



УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКЦИИ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

В двух томах

Том 1

Физико-химические процессы,
протекающие в пищевых продуктах
при их кулинарной обработке

Под редакцией
доктора технических наук,
профессора А. С. Ратушного

Допущено Министерством образования
Российской Федерации в качестве учебного пособия
для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по специальности
«Технология продуктов общественного питания»
направления подготовки дипломированных специалистов
«Технология продовольственных продуктов
специального назначения и общественного питания»

Москва
«Мир»
«Колос»
2003

УДК 641.5(075.8)
ББК 36.99:36.81я73
Т38

Авторы: А. С. Ратушный, В. И. Хлебников, Б. А. Баранов, Т. В. Жубрева, Л. В. Бабиченко, Е. Я. Троицкая, Л. М. Алешина, Н. С. Алекаев

Рецензенты: доктор технических наук, профессор Е. Н. Артёмова (Орловский государственный технический университет), доктор технических наук, профессор Е. И. Иванникова (Московский государственный университет сервиса)

Редактор Л.Л.Кожина

Т38 **Технология продукции общественного питания. В 2-х т. Т. 1.** Физико-химические процессы, протекающие в пищевых продуктах при их кулинарной обработке / А. С. Ратушный, В. И. Хлебников, Б. А. Баранов и др.; Под ред. д-ра техн. наук, проф. А. С. Ратушного. — М.: Мир, 2003. — 351 с: ил. (Учебники и учеб. пособия для студентов высших учебных заведений).

ISBN 5-03-003580-X (Т. 1)

ISBN 5-03-003579-6.

Учебное пособие подготовлено в двух томах.

В первом томе на современном научно-теоретическом уровне описаны физико-химические процессы, протекающие в пищевых продуктах при их кулинарной обработке, влияние этих процессов на качество кулинарной продукции.

Второй том посвящен описанию технологии кулинарной продукции, мучных кулинарных, кондитерских и булочных изделий. Технология изложена универсально, применительно к предприятиям общественного питания, а также кулинарным и кондитерским цехам малых предприятий.

Во всех разделах учебного пособия рассмотрены критерии качества и безопасности продукции.

Для студентов вузов, обучающихся по специальностям «Технология продуктов общественного питания». Учебное пособие может быть использовано студентами экономических специальностей в области общественного питания и пищевой инженерии малых предприятий.

УДК 641.5(075.8)
ББК 36.99:36.81я73

ISBN 5-03-003580-X (Т. 1)
ISBN 5-03—003579-6

© Издательство «Мир», 2003

ПРЕДИСЛОВИЕ

Кулинарную продукцию, а также мучные кондитерские и булочные изделия вырабатывают на предприятиях общественного питания и пищевых предприятиях. В отличие от домашних условий на предприятиях пищу готовят дипломированные профессионально подготовленные мастера с соблюдением технологических, организационных и санитарно-гигиенических правил. Это позволяет обеспечить высокую пищевую ценность и безопасность реализуемой населению продукции.

Технология продукции общественного питания как учебная дисциплина базируется на химии, физике и других фундаментальных науках и тесно связана с микробиологией, товароведением продовольственных товаров, санитарией и гигиеной питания, оборудованием пищевых производств и технологиями пищевых отраслей промышленности.

С учетом большого разнообразия вкусов потребителей технология продукции общественного питания должна быть универсальной, пригодной как для крупного механизированного производства, так и для малых пищевых предприятий. Независимо от масштабов производства и уровня его механизации, продукция должна вырабатываться на единой научной и санитарно-гигиенической основе.

Научно-теоретическое обоснование технологических процессов производства продукции общественного питания впервые дал доктор технических наук, профессор Д. И. Лобанов на кафедре технологии продуктов общественного питания Московского института народного хозяйства имени Г. В. Плеханова и в Технологическом отделе Института питания РАМН. Первые экспериментальные и теоретические исследования в этой области были выполнены в 1935-1960 гг.

В последующие годы технологическая наука углублялась и расширялась благодаря вкладу ученых Санкт-Петербургского торгово-экономического института, Харьковского института общественного питания, НИИ общественного питания и других научных учреждений.

В настоящее время кафедры технологии продуктов общественного питания образованы в более чем 30 вузах России. Результаты исследований физико-химических процессов, протекающих в пищевых продуктах при их кулинарной обработке, выполненных в научных учреждениях России, а также ближнего и дальнего зарубежья, обобщены и использованы авторами при подготовке первого тома учебного пособия.

В первый том включены два раздела. В первом разделе изложены общая характеристика технологического процесса, классификация продукции, принципы построения рецептур, основные критерии качества и контроль качества продукции; во втором — физико-химические процессы, протекающие в пищевых продуктах при кулинарной обработке, их влияние на пищевую ценность и безопасность продукции (изменения белков и низкомолекулярных азотистых веществ, липидов, Сахаров, крахмала, витаминов, образование новых вкусовых и ароматических веществ), изменение структурно-механических характеристик продукции и другие вопросы. Таким образом, в первом томе рассмотрены научно-теоретические основы технологии продукции общественного питания на базе новейших исследований, выполненных в нашей стране и за рубежом. Показано, что кулинарная обработка оказывает двойное влияние на пищевые продукты: с одной стороны, улучшаются вкус, запах, консистенция и внешний вид продукта, с другой — разрушаются витамины и другие биологически активные вещества, образуются новые химические соединения, чуждые организму человека. Изучение физико-химических процессов необходимо для усиления положительного и минимизации отрицательного влияния кулинарной обработки на качество готовых изделий.

Во втором томе учебного пособия описаны технологические процессы механической, гидромеханической и тепловой кулинарной обработки продуктов, приготовления кулинарных полуфабрикатов, а также готовых к употреблению закусок, блюд, напитков, мучных кулинарных и кондитерских изделий. Должное внимание уделено технологии приготовления продуктов для детского, диетического и других видов специального питания, требованиям к качеству продукции, условиям и срокам ее хранения. Технологические процессы описаны в тесной увязке с физико-химическими изменениями основных пищевых веществ в результате их кулинарной обработки.

Учебное пособие подготовлено коллективом ученых Московского университета потребительской кооперации, Московского государственного университета сервиса, Санкт-Петербургского торгово-экономического института и Российской экономической академии имени Г. В. Плеханова.

В первом томе главы 1...6, 12 написаны доктором технических наук, профессором А. С. Ратушным; глава 7 — доктором технических наук, профессором Л. В. Бабиченко; 8 — кандидатом технических наук Н. С. Алекаевым; 9 — кандидатами технических наук Л. М. Алешиной и Т. В. Жубревой; 10 — кандидатом технических наук Е.Я.Троицкой; 11 — доктором технических наук, профессором В. И. Хлебниковым; главы 13 и 14 — доктором технических наук, профессором Б. А. Барановым.

Содержание учебного пособия соответствует требованиям Государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования по направлениям подготовки дипломированных специалистов 655700 «Технология продовольственных продуктов специального назначения и общественного питания».

Авторы выражают глубокую благодарность рецензентам за ценные рекомендации, направленные на улучшение содержания учебного пособия.

Раздел I

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

Глава 1

ОСНОВНЫЕ СТАДИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

Продовольственное сырье и пищевые продукты представляют собой сложные многокомпонентные биологические системы, претерпевающие необратимые изменения на разных стадиях технологического процесса производства продукции на предприятиях общественного питания. Эти стадии включают:

- прием продовольственного сырья и пищевых продуктов;
- транспортирование сырья и продуктов;
- хранение сырья и продуктов;
- механическую и гидромеханическую обработку сырья и продуктов и приготовление кулинарных полуфабрикатов;
- тепловую обработку полуфабрикатов и приготовление готовой пищи;
- хранение готовой пищи;
- организацию потребления пищи.

ПРИЕМ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО СЫРЬЯ И ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Исходным сырьем в технологических процессах предприятий общественного питания служат сельскохозяйственные продукты, не прошедшие технологической обработки, а также разнообразные пищевые продукты, подвергшиеся полной или частичной переработке на предприятиях пищевых отраслей промышленности. К первой группе сырья относятся: свежие картофель, овощи, зелень, плоды, ягоды, цитрусовые, бахчевые, живая и охлажденная рыба, нерыбные морепродукты, пернатая дичь, грибы и др.

Ко второй группе сырья относятся: мука, крахмал, крупы, макаронные изделия, бобовые, сахар, пищевые жиры, молоко и молочные продукты, мясо и мясопродукты, рыбопродукты, яйца и яичные товары, сельскохозяйственная птица, субпродукты, овощные, мясные, рыбные и комбинированные полуфабрикаты, специи, приправы и др.

Продовольственное сырье и пищевые продукты, поступающие на предприятия общественного питания, должны по качеству соответствовать стандартам и гигиеническим требованиям и сопровождаться документами, удостоверяющими их качество и безопасность. Для предотвращения возникновения и распространения инфекционных заболеваний и пищевых отравлений запрещается принимать:

- продовольственное сырье и пищевые продукты без документов, подтверждающих их качество и безопасность;
- мясо и мясопродукты всех видов сельскохозяйственных животных без клейма ветосмотра и ветеринарного свидетельства;
- рыбу, раков, сельскохозяйственную птицу без ветеринарного свидетельства;
- непотрошеную птицу (кроме дичи);
- яйца с загрязненной скорлупой, с насечкой, с дефектами «тек» и «бой», а также из хозяйств, неблагополучных по сальмонеллезам;
- утиные и гусиные яйца;
- консервы с нарушениями герметичности банок, бомбажные, «хлопуши», банки с ржавчиной, деформированные, без этикеток, с просроченными сроками реализации;
- крупу, муку и другие сухие продукты, зараженные вредителями хлебных запасов;
- свежие овощи и фрукты с плесенью и признаками гнили;
- грибы несъедобные, некультивируемые съедобные, червивые, мятые;
- пищевые продукты с истекшими сроками годности и признаками недоброкачества;
- продукцию домашнего изготовления (консервированные грибы, овощи, фрукты, мясные, рыбные, молочные продукты, готовые к употреблению).

Тара и упаковка поступающих пищевых продуктов должна быть целой, неповрежденной и незагрязненной.

Продовольственное сырье и пищевые продукты принимают по количеству и качеству. Количество фасованного товара в фирменной упаковке производителя обычно определяют путем подсчета единиц упаковки без взвешивания, нефасованные продукты взвешивают в соответствующей таре на весах определенной грузоподъемности. Факт приемки оформляют товарной накладной с подписями поставщика и получателя товара.

ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО СЫРЬЯ И ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Транспортирование продовольственного сырья и пищевых продуктов на предприятия общественного питания может осуществляться транспортом поставщика или получателя (покупателя). Независимо от принадлежности транспортного средства в процессе транспортирования пищевых продуктов качество их не должно ухудшаться. В связи с этим к транспортным средствам, таре, продолжительности и температурным условиям транспортирования пищевых продуктов предъявляют определенные технические и санитарно-гигиенические требования.

В соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими правилами транспортирование сырья и пищевых продуктов на предприятия общественного питания должно осуществляться специальным чистым транспортом, на который в установленном порядке должен быть получен санитарный паспорт, оформляемый местным органом санэпиднадзора. Транспортное средство должно быть специализированным, т. е. предназначенным исключительно для перевозки пищевых продуктов. Внутренняя поверхность кузова должна быть облицована нержавеющей листовым металлом. Двери кузова должны плотно закрываться и быть обеспечены замками для предупреждения случайного открывания во время движения. Водитель автотранспортного средства может по совместительству выполнять обязанности экспедитора и рабочего по перемещению грузов. В этом случае водитель должен иметь личную медицинскую книжку установленного образца с отметками о прохождении медицинских осмотров, профессиональной гигиенической подготовки и аттестации, результатах лабораторных исследований.

Для транспортирования пищевых продуктов используют специализированный автотранспорт двух типов: с изотермическим или рефрижераторным кузовом.

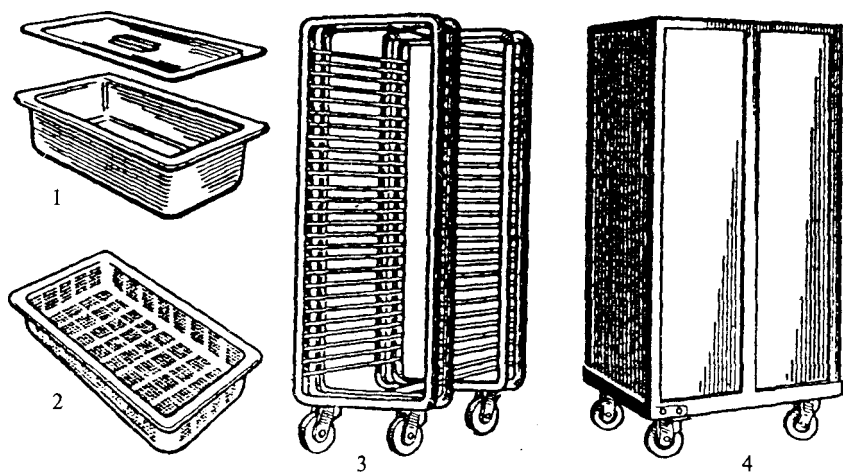


Рис. 1.1. Функциональные емкости и средства их перемещения:

1 — цельнометаллическая емкость с крышкой; 2 — перфорированная емкость; 3 — стеллаж передвижной; 4 — контейнер передвижной

Продовольственное сырье и пищевые продукты транспортируют в упаковке и таре производителя или в специальной многооборотной таре (полуфабрикаты, мучные кондитерские изделия, фасованные молочные продукты, колбасные изделия и др.). В системе общественного питания широкое распространение получили функциональные емкости в виде ящиков определенного типоразмера (длина 650, ширина 530 мм), снабженных фиксируемыми крышками и вентиляционными отверстиями (рис. 1.1). Для их перемещения используют передвижные стеллажи и контейнеры, выполненные по приведенным выше типоразмерам, соответствующим Международному стандарту «Гастронорм» (рис. 1.2). Высота функциональных емкостей 100...230 мм. Их изготавливают из нержавеющей стали, сплава на основе алюминия или из пластмассы. Вместимость гастроемкостей приведена в табл. 1.1.

Продолжительность транспортирования пищевых продуктов в изотермических кузовах не должна превышать 2 ч, включая погрузочно-разгрузочные работы. Продолжительность транспортирования пищевых продуктов в рефрижераторных кузовах не ограничена, однако по экономическим соображениям она должна быть минимальной.

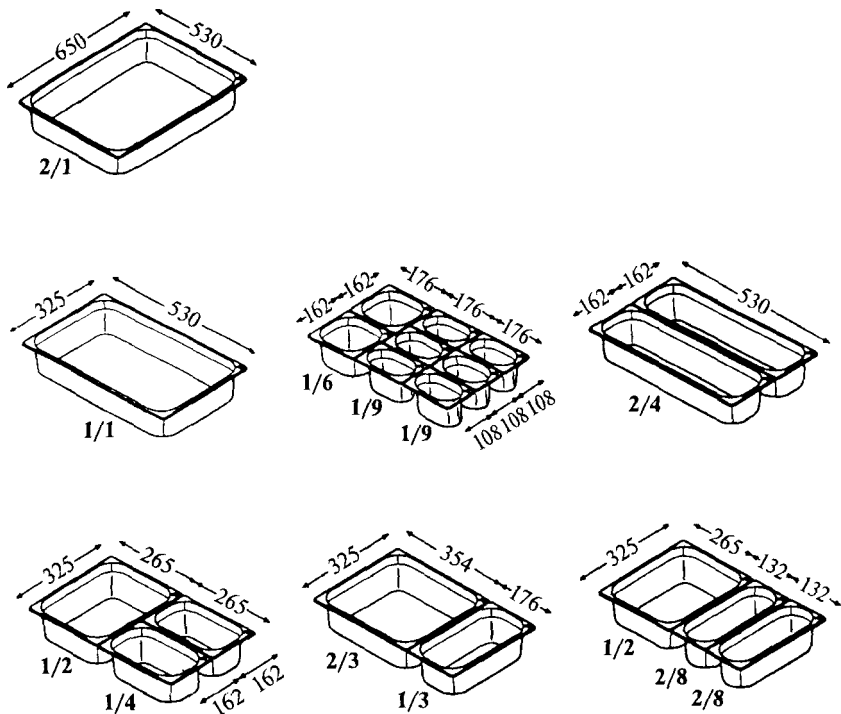


Рис. 1.2. Типоразмеры функциональных емкостей, соответствующие Международному стандарту «Гастронорм»

1.1. Вместимость гастроемкостей (л)

Глубина, мм	2/1	1/1	2/3	1/2	2/4	1/3	1/4	2/8	1/6	1/9
20	6,5	2,5	1,8	1,2	1,1	0,7	0,5			
40	12,0	5,5	3,5	2,5	2,4	1,5	1,0			
65	19,5	9,0	5,5	4,0	4,0	2,5	1,8	1,5	1,0	0,5
100	30,0	14,0	9,0	6,5	6,0	4,0	2,8	2,7	1,6	0,9
150	44,5	21,0	13,5	9,5	9,0	5,7	4,0	4,2	2,4	
200	58,5	28,0	18,0	12,5		7,7	5,5		3,4	

ХРАНЕНИЕ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО СЫРЬЯ И ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

В пределах сроков, необходимых для обеспечения бесперебойной работы предприятия общественного питания, хранение определенного запаса сырья является частью технологического процесса. Кроме того, небольшой запас нескоропортящегося сырья (мука, сахар, крахмал, специи и др.) целесообразно создавать для рационального использования транспорта.

На каждом предприятии общественного питания оборудуют продовольственный склад, обычно состоящий из нескольких компактно расположенных и размещенных вблизи разгрузочной площадки и грузовых лифтов помещений. В состав склада входят охлаждаемые и неохлаждаемые помещения (кладовые). Охлаждаемые камеры и кладовые должны соответствовать определенным техническим, технологическим и санитарно-гигиеническим требованиям, основные из которых приведены ниже.

Все складские помещения, включая загрузочную площадку, должны иметь ровные полы (без ступеней и порогов) на одном уровне со всеми производственными помещениями предприятия, что позволяет использовать тележки для перемещения грузов. Полы, стены, потолки и двери должны быть гладкими для облегчения их санитарной обработки.

Складские помещения оборудуют приточно-вытяжной вентиляцией, искусственным освещением, плотно закрывающимися дверями, а холодильные камеры, кроме того, влагоустойчивой теплоизоляцией по всему объему. Загрузочную площадку оборудуют товарными весами. Естественное освещение складских помещений не предусматривается, так как свет служит катализатором окислительных процессов, протекающих в продуктах при их хранении. В связи с этим продукты хранят в темноте, без доступа света. Складские помещения оборудуют приборами для измерения температуры и влажности воздуха.

Качество продукции общественного питания в значительной степени зависит от соблюдения правил хранения сырья. В основном эти правила сводятся к следующему.

Сухие продукты — муку, сахар, крупы, макаронные изделия, чай, кофе, кондитерские изделия и др. хранят в сухих, хорошо проветриваемых помещениях при температуре примерно 20 °С и относительной влажности воздуха 70...75 %. Содержание влаги в сухих продуктах колеблется от 0,1 % (сахар) до 20 % (крахмал). Из-за капиллярно-пористого строения сухие продукты лег-

ко впитывают влагу из окружающего воздуха, в результате влажность продуктов может повышаться, а устойчивость к хранению снижаться. Для стабилизации влажности воздуха в кладовой сухих продуктов рекомендуется систематически проветривать помещение, не допускать хранения здесь овощей, фруктов и других продуктов, отдающих в окружающую среду много влаги.

Капиллярно-пористое строение пищевых продуктов является также причиной потерь влаги переувлажненными сухими продуктами при их хранении в кладовой сухих продуктов. Масса таких продуктов при хранении убывает.

Наряду с повышенной гигроскопичностью сухие продукты обладают способностью поглощать и прочно удерживать посторонние запахи. В связи с этим специи и другие остро пахнущие пищевые продукты хранят в плотно закрытых коробках в стороне от основных продуктов.

Склад сухих продуктов оборудуют подтоварниками, стеллажами, столом и весами средней грузоподъемности.

Мясо, мясопродукты, птицу и рыбу хранят в охлаждаемых камерах при температуре 0...5 °С и относительной влажности воздуха 90...95%. Камеру оборудуют подтоварниками, стеллажами и вешалами с крючьями для хранения мясных туш в подвешенном состоянии. Туши, полутуши и четвертины в подвешенном состоянии не должны соприкасаться между собой для обеспечения циркуляции воздуха. Такие же требования предъявляют к мясопродуктам, поступающим в блоках и размещаемым на полках стеллажей.

Охлажденное мясо в тушах, полутушах и четвертинах при температуре 0...5 °С в подвешенном состоянии может храниться до 5 сут. Замороженное мясо в этих же условиях может храниться в следующих пределах: говяжьи полутуши и задние четвертины 5 сут, передние четвертины говяжьих туш, свиные полутуши, телячьи и бараньи туши до 3...4 сут. При этом хранение совмещают с медленным размораживанием мяса.

Охлажденная птица в тушках может храниться при температуре 0...5 °С не более 2...3 сут.

Мясные и рыбные полуфабрикаты и полуфабрикаты из птицы в охлажденном виде хранят в пределах одних суток, а из рубленого мяса — не более 12 ч с момента изготовления.

При размещении продовольственного сырья в мясорыбной холодильной камере необходимо исключить контакт мяса с рыбой и птицей независимо от их термического состояния. Это тре-

бование объясняется высокой бактериальной обсемененностью сельскохозяйственной птицы и рыбы, в том числе бактериями из рода сальмонелл, потенциально опасными для человека.

В процессе холодильного хранения мясное, рыбное сырье и полуфабрикаты должны быть под наблюдением. Признаки доброкачественности мяса: ярко-красная окраска на разрезе, отсутствие гнилостного (аммиачного) запаха и слизи на поверхности, упругая консистенция мышечной ткани, блестящий жир (без матового оттенка и мажущейся консистенции).

Показатели качества сельскохозяйственной птицы в основном те же, что и для мяса.

Охлажденная рыба может храниться не более 2 сут при температуре близкой к 0 °С. Признаки доброкачественности охлажденной рыбы: отсутствие гнилостного (аммиачного) или другого постороннего запаха; упругая мышечная ткань (после надавливания пальцем образовавшееся углубление быстро восстанавливается); выпуклые глаза; яркий цвет жабр; отсутствие большого количества слизи на поверхности и красно-бурого кольца вокруг анального отверстия.

Живая рыба может поступать только на те предприятия общественного питания, которые оборудованы аквариумами для ее хранения.

При отсутствии низкотемпературного холодильного оборудования мороженая рыба может поступать с учетом дневной потребности. Хранят ее в нераспакованном виде при температуре около 0 °С.

Размороженные пищевые продукты очень неустойчивы в хранении. Медленно размороженные мясопродукты и птица могут храниться не более суток, а размороженная рыба хранению не подлежит, ее следует немедленно направлять на переработку.

Молочные продукты, жиры, мясную и рыбную гастрономию, яйца, сыры хранят в холодильных камерах при температуре 5 °С и относительной влажности воздуха 85...90 %. Остро пахнущие продукты (рыбная гастрономия, сыры) хранят на отдельных стеллажах, в таре, в стороне от других продуктов. Яйца хранят в упаковке и таре на отдельном подтоварнике. Распаковывать яйца и перекалывать их в холодильной камере запрещается в связи с тем, что яйца часто бывают обсеменены бактериями из рода сальмонелл, которые могут попасть на другие продукты и размножиться при пониженных температурах.

На небольших предприятиях общественного питания в камере молочно-жировых продуктов можно хранить фрукты и напитки.

Овощи и зелень рекомендуется хранить в охлаждаемых холодильных камерах при температуре 5... 10 °С и относительной влажности воздуха 90...95 %. Камеру оборудуют подтоварниками, стеллажами. Овощи и зелень хранят в таре с вентиляционными отверстиями, обеспечивающими доступ воздуха к продуктам во избежание развития плесеней.

Квашеные и соленые овощи хранят в бочках и других емкостях, при этом надо следить за тем, чтобы овощи были погружены в рассол. При отсутствии рассола на поверхности овощей развиваются плесени, которые быстро проникают внутрь продукта, в результате чего соления и квашения становятся непригодными в пищу.

Замороженные пищевые продукты хранят в низкотемпературных холодильных камерах, шкафах и прилавках при температуре минус 15 °С. В этих же условиях хранят централизованно вырабатываемое мороженое (закаленное). Размораживание продуктов в процессе хранения не допускается. Пельмени, вареники, овощные наборы для супов и гарниров, пищу и другие кулинарные изделия, мясные, рыбные полуфабрикаты, прочую полуготовую и готовую кулинарную продукцию направляют на тепловую обработку без предварительного размораживания.

Хлеб, мучные кондитерские и булочные изделия хранят в отдельных помещениях на производстве. Изделия с кремом хранят в холодильных шкафах при температуре 0...5 °С от 12 до 24 ч. Изделия с заварным кремом вырабатывают только в осенне-зимний период и хранят не более 6 ч.

На небольших предприятиях общественного питания число складских помещений может быть сокращено, однако совместное хранение необработанного сырья и готовых к употреблению продуктов не допускается.

МЕХАНИЧЕСКАЯ И ГИДРОМЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СЫРЬЯ И ПРИГОТОВЛЕНИЕ КУЛИНАРНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

Конечная цель механической и гидромеханической обработки продовольственного сырья — получение полуфабрикатов, предназначенных для тепловой обработки и приготовления блюд и кулинарных изделий.

На стадии механической и гидромеханической обработки сырье распаковывают, размораживают, сортируют, калибруют,

моют, разделяют не съедобные и малоценные в пищевом отношении части (очистка картофеля, овощей, плодов и грибов от кожуры и семян, отделение костей от мяса и т. д.), измельчают, порционируют, перемешивают многокомпонентные котлетные и фаршевые массы, панируют.

Все операции на этой стадии технологического процесса выполняют в заготовочных цехах предприятий общественного питания.

Распаковке замороженных продуктов иногда предшествует отепление блоков мяса, рыбы, нерыбных морепродуктов. Это бывает необходимо для отделения примерзшего упаковочного материала.

Размораживание продовольственного сырья проводят одним из двух способов: на воздухе или в воде. На воздухе размораживают обычно мясо, субпродукты первой категории (языки, печень, сердце, почки, мозги), птицу, пернатую дичь, рыбу ценных пород (осетровые, лососевые, палтус и др.). В холодной воде размораживают рыбу с костным скелетом, субпродукты второй категории (головы, ноги, вымя, легкое, рубцы и др.). Сырье считается размороженным, если температура в его толще повысилась до минус 1 °С. На воздухе размораживают обычно продукты, свойства которых стремятся максимально восстановить после размораживания. Для этого применяют медленное размораживание при температуре окружающего воздуха 5... 10 °С. Размораживание в воде происходит быстро, его применяют обычно для сырья, скорость размораживания которого не влияет на технологические свойства и пищевую ценность полуфабрикатов.

Запрещается для ускорения процесса размораживать продукты погружением их в теплую воду. Предпочтительная температура воды 15 °С.

Размороженные продукты неустойчивы в хранении, их следует немедленно направлять на приготовление полуфабрикатов.

Сортировке подвергают в основном овощи и фрукты, но ее можно применять и для нерыбных морепродуктов. При сортировке продовольственное сырье разделяют по степени зрелости, отделяют поврежденные экземпляры и примеси.

Калибровка предназначена для отделения одинаковых по размеру экземпляров, например для фарширования, обеспечения равномерной тепловой обработки.

Мытье применяют для удаления механических и бактериальных загрязнений и улучшения санитарно-гигиенических

условий дальнейшей обработки сырья. В некоторых случаях сырье моют дважды: до очистки и после очистки. Для мытья продовольственного сырья используют специальные ванны с подводкой холодной и горячей воды. Слив ванны подключают к канализации.

Отделение несъедобных и малоценных в пищевом отношении частей повышает пищевую ценность полуфабрикатов и готовой продукции. Овощи освобождают от кожуры, а иногда и от семян; рыбу очищают от чешуи, внутренностей, удаляют голову, плавники, кости; мясо отделяют от костей, грубых сухожилий и излишней жировой ткани; сыпучие продукты просеивают, отделяя примеси; сахар, соль (натрия хлорид) растворяют, дают раствору отстояться, после чего процеживают; сгущенное молоко, яичный меланж и другие жидкие продукты процеживают. Очистку и зачистку сырья от несъедобных частей иногда сочетают с бланшированием продукта в горячей воде или паром (зачистка кожного покрова некоторых видов рыб).

Измельчению подвергают продукты в процессе изготовления полуфабрикатов, причем степень измельчения может быть разной: от порционных или мелких кусков до тонко измельченной гомогенной массы с частицами размером 2...3 мм. Для обеспечения равномерной тепловой обработки при измельчении продукта стремятся получить кусочки определенной формы и размеров.

На стадии приготовления кулинарного полуфабриката измельченные продукты механически соединяются и перемешиваются с образованием многокомпонентной котлетной или фаршевой массы. Далее следуют операции порционирования и панирования изделий (котлет, биточков, шницелей и пр.). Некоторые кулинарные полуфабрикаты представляют собой более или менее сложные изделия индивидуального художественного оформления (фаршированные котлеты, фаршированные овощи, фаршированная рыба, шашлыки, выпеченные изделия из теста и пр.).

Панирование мясных, рыбных и овощных полуфабрикатов, предназначенных для жарки, применяют для сохранения их формы, получения при жарке характерной поджаристой корочки, а также для снижения потерь массы и насыщения продукта жиром, используемым для жарки.

При изготовлении полуфабрикатов пищевые продукты испытывают разнообразные механические, химические и биохимические

мические воздействия. Так, порционные куски мяса подвергают рыхлению на специальных машинах или вручную; мясо для шашлыков выдерживают несколько часов в холодильнике с добавлением лимонного сока (или сухого виноградного вина); дрожжевое тесто для пирожков получают путем спиртового и молочнокислого брожения, благодаря чему готовые изделия получают пористыми с характерным вкусоароматическим «букетом».

При механической и гидромеханической обработке продовольственного сырья образуются отходы и потери, величина которых для разных видов сырья колеблется в широких пределах. Так, при очистке свежего молодого картофеля до 1 сентября отходы и потери составляют 20 %, с 1 сентября по 31 октября — 25, с 1 ноября по 31 декабря — 30, с 1 января по 28 (29) февраля — 35, с 1 марта — 40 %. При зачистке белокочанной капусты отходы и потери составляют 20 %, цветной капусты — 48 %. При разделке судака в виде порционных кусков с кожей без костей отходы и потери достигают 49 %. При разделке мясных туш отходы и потери составляют: для говядины 26,4 %, свинины мясной 26,5, баранины 29,9, телятины 34 %.

ТЕПЛОВАЯ ОБРАБОТКА ПОЛУФАБРИКТОВ И ПРИГОТОВЛЕНИЕ ГОТОВОЙ ПИЩИ

В процессе тепловой кулинарной обработки продукт доводят до состояния кулинарной готовности, которая характеризуется определенными органолептическими показателями качества (внешний вид, вкус, запах, консистенция), а также отмиранием большей части бактерий, в том числе потенциально опасных для человека.

При тепловой обработке полуфабрикатов температура их достигает 80 °С и выше. В этих условиях основные пищевые вещества продуктов претерпевают глубокие физико-химические изменения, которые неоднозначно влияют на пищевую ценность готового продукта. Так, в результате тепловой кулинарной обработки усвояемость белков и углеводов повышается, жиров — снижается, одна часть витаминов разрушается, а другая при варке переходит в отвар вместе с экстрактивными и минеральными веществами. При жарке температура в поверхностном слое продукта достигает 120... 130 °С в результате его обезвоживания. В этих условиях происходит разрушение пи-

щевых веществ, в норме содержащихся в продукте (пиролиз), и образование новых веществ, многие из которых обладают мутагенным и канцерогенным действием на организм человека.

При тепловой обработке кулинарных полуфабрикатов образуются новые вкусовые, ароматические и окрашенные вещества. Наряду с этим в результате тепловой обработки заметно изменяется масса продуктов, как правило, уменьшается. Потери массы продуктов при тепловой обработке связаны в основном с потерями воды. Так, говядина в результате варки теряет около 50 % содержащейся в ней воды. Масса картофеля после варки практически не изменяется, однако при жарке она уменьшается на 30...60 % в зависимости от степени измельчения и способа жарки. Технологические факторы, влияющие на величину потерь массы продуктов, будут рассмотрены в соответствующих главах учебного пособия.

Нормативы отходов и потерь сырья при механической и тепловой обработках были разработаны Научно-исследовательским институтом общественного питания, утверждены Министерством торговли СССР и опубликованы в Сборниках рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания. Этими нормативами следует пользоваться при составлении рецептур на новую продукцию общественного питания и для других производственных целей.

ХРАНЕНИЕ ГОТОВОЙ ПИЩИ

Сроки хранения готовой продукции общественного питания, в течение которых снижения ее качества не происходит, ограничены.

Температурные условия хранения готовой пищи регламентированы санитарными правилами, согласно которым температура холодных закусок и холодных сладких блюд должна составлять при отпуске потребителям 12... 14 °С, горячих супов и напитков 75 °С, мясных, рыбных, овощных и прочих горячих блюд 65 °С. Указанные температуры должны быть обеспечены при хранении готовых блюд. Наиболее благоприятная температура для развития микробиологических процессов в готовой пище 25...50 °С. В связи с этим повышение температуры хранения охлажденной пищи и понижение температуры хранения горячей пищи не допускается.

Для хранения готовой пищи применяют специализированное технологическое оборудование. Холодные закуски хранят в охлаждаемых прилавках и шкафах-витринах, супы — на воздушных мармитах, горячие напитки — в термостатах, прочие горячие блюда, гарниры и соусы — на водяных и воздушных мармитах.

Сроки хранения готовой пищи индивидуальны для разных блюд и кулинарных изделий. В группе холодных закусок наименее устойчивы в хранении студни, паштеты, заливные мясные и рыбные продукты, салаты. В группе холодных сладких блюд ограниченные сроки хранения установлены для десертов со взбитыми сливками, кремов, муссов, желе. Порционированное мороженое хранению не подлежит. Ограниченные сроки хранения установлены для натурального жареного мяса, жареной рыбы, отварной цветной капусты, жареных овощей. При прочих равных условиях блюда в соусе сохраняются лучше, чем натуральные. С учетом индивидуального подхода к срокам хранения отдельных блюд санитарными правилами установлено, что холодные закуски, десерты и напитки можно хранить до 1 ч, а горячие блюда — до 2 ч. Для соблюдения указанных сроков хранения готовой продукции на производстве организуют поточное приготовление блюд небольшими партиями, максимально используя полуфабрикаты, в том числе высокой степени готовности.

Пищу, оставшуюся не реализованной, в исключительных случаях быстро охлаждают и хранят при температуре 2...4 °С не более 18 ч. Перед реализацией охлажденную пищу дегустируют, после чего вновь подвергают тепловой обработке (кипячению, прожариванию в жарочном шкафу, прогреванию в микроволновых печах и т. д.) с последующей дегустацией. Срок реализации пищи после вторичной тепловой обработки не должен превышать 1 ч. Оставшуюся от предыдущего дня пищу не следует смешивать со свежеприготовленной. В день закладки нереализованной пищи на хранение и в день ее реализации делают соответствующие записи в бракеражном журнале. Однако некоторые виды кулинарной продукции оставлять для реализации на другой день не разрешается, например салаты, винегреты, паштеты, студни, заливные блюда, изделия с кремом и другие особо скоропортящиеся холодные блюда; супы молочные, холодные, сладкие, супы-пюре; мясо отварное порционированное для супов, блинчики с мясом и творогом, рубленные изделия из мяса, птицы, рыбы; соусы, омлеты, картофельное пюре, отварные макароны, напитки собственного производства.

Кондитерские изделия с кремом хранят в холодильных камерах и шкафах при температуре не выше 6 °С в пределах сроков, установленных гигиеническими требованиями для особо скоропортящихся продуктов (СанПиН 2.4.6.664—97).

ОРГАНИЗАЦИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ПИЩИ

Завершающая стадия технологического процесса на предприятиях общественного питания — организация потребления пищи. Перед персоналом предприятия стоит двуединая задача: довести свежеприготовленную пищу до потребителя без снижения ее качества и создать приятные, комфортные условия для ее потребления в зале столовой, кафе, ресторана или другого предприятия общественного питания.

В ресторанах и других фирменных предприятиях общественного питания высокого класса проблема организации потребления пищи решается классическим методом индивидуального обслуживания каждого потребителя. Закуски, блюда и некоторые напитки готовят по индивидуальным заказам, которые принимают официанты. В залах ресторанов используют специализированное оборудование, фирменную посуду, оригинальные столовые приборы, инвентарь, столовое белье. Практикуется подача холодных закусок на льду, а горячих закусок — в красочно оформленных жаровнях, подогреваемых на древесных углях или спиртовых горелках. В холодное время года тарелки подогревают, а в жаркое — подают напитки со льдом, в распоряжении официанта имеется красивый термос с пищевым льдом и щипцы для раскладывания льда в бокалы. Рестораны обладают достаточно широким ассортиментом закусок, блюд, напитков, кулинарных, кондитерских изделий, прохладительных и алкогольных напитков, что практически исключает проблемы выбора блюд в соответствии со вкусами посетителей.

В кафе, закусовых и других предприятиях массового питания применяемый в последние годы метод самообслуживания претерпел принципиальные изменения. В настоящее время в мировой практике в залах предприятий общественного питания уже нет раздаточных линий, вдоль которых посетители стоят в затылок друг другу, чтобы получить обед или выбрать отдельные блюда по своему вкусу.

В городской общедоступной сети, а также на производственных предприятиях и в учебных заведениях в настоящее время

преобладают три системы массового питания: шведский стол; предварительная сервировка и накрытие столов; свободный выбор в зале с последующим расчетом.

Принцип шведского стола в настоящее время применяют не только для обеспечения отдельных приемов пищи (завтрак, обед, ужин), но и для организации работы целых предприятий — кафе, закусочных, небольших ресторанов. Устанавливают фиксированную плату за вход в зал, где посетитель по принципу самообслуживания отбирает для себя закуски, блюда, напитки. Хороший, продуманный ассортимент кулинарной продукции и удобный, уютный зал создают приятные условия для приема пищи в спокойной обстановке.

Предварительную сервировку и накрытие столов применяют при организации питания определенных контингентов — туристов, рабочих и служащих производственных предприятий и пр., когда необходимо за короткое время обслужить большое число людей. Для этого зал оборудуют 4...6-местными обеденными столами, которые устанавливают так, чтобы оставались широкие проходы для сервировочных тележек. Столы сервируют холодной закуской, десертом, хлебом, супом в супнице, необходимой посудой и столовыми приборами. В определенный час столы заполняются обедающими, после чего в проходах появляются официанты с тележками, на которых установлены мясные, рыбные и другие горячие блюда свободного выбора. Преимущества этого метода в том, что потребителям предлагается свежеприготовленная пища, в обеденном зале спокойно, нет излишнего движения людей, уборкой использованной посуды занимаются официанты. Затраты времени и средств минимальные. Расчеты за питание — безналичные, в том числе в кредит.

Свободный выбор в зале с последующим расчетом предусматривает наличие двух смежных залов, разделенных легкой перегородкой и связанных между собой узлом расчета для посетителей. Зал *А* имеет только вход, зал *Б* — только выход для посетителей. Посетитель, войдя в зал *А*, берет поднос и набор столовых приборов, после чего, свободно перемещаясь по залу, отбирает интересующие его закуски, блюда и напитки. Прилавки располагают в зале так, чтобы не создавались очереди. Прилавки с супами и горячими закусками обслуживают повара. В центре зала устанавливают открытые холодильные прилавки, заполненные пищевым чешуйчатым льдом, на которые ставят

красивые пластмассовые миски с тонко нашинкованными свежими (не заправленными!) овощами — белокочанной и краснокочанной капустой, редисом, морковью, кочанным и листовым салатом и пр. Отсутствие заправки позволяет дольше сохранить свежесть овощей. Эти салаты можно использовать как овощной гарнир к мясу и рыбе.

После того как отбор кулинарной продукции закончен, посетитель через узел расчета переходит в зал *Б*, оборудованный двух- и четырехместными столами, сервированными следующими специями и приправами: солью, сахаром, перцем молотым черным и красным, горчицей, ароматизированным уксусом, растительным маслом. Это дает возможность посетителю самостоятельно по своему вкусу заправить овощи. Такое простое и недорогое решение создает для потребителей условия, близкие к домашним, когда каждый приправляет пищу по своему вкусу.

При организации потребления пищи руководствуются санитарно-эпидемиологическими правилами СанПиН 2.3.6.959—00, утвержденными Минздравом РФ 1 июня 2000 г.

Контрольные вопросы и задания

1. Какое продовольственное сырье и пищевые продукты не допускаются к приему для использования на предприятиях общественного питания?
2. Каковы основные правила транспортирования пищевых продуктов?
3. В чем заключаются требования к оборудованию продовольственного склада предприятия общественного питания?
4. При какой температуре и влажности воздуха хранят овощи, сухие продукты, мясо, рыбу, молочно-жировые продукты?
5. Назовите признаки доброкачественности охлажденных мяса и рыбы.
6. Как называется конечный продукт механической и гидромеханической обработки сырья на предприятиях общественного питания?
7. Какие цели преследует тепловая кулинарная обработка продуктов?
8. При какой температуре и как долго хранят холодные закуски и холодные сладкие блюда на предприятиях общественного питания?
9. Какое технологическое оборудование применяют для текущего хранения готовой горячей пищи на предприятиях общественного питания?
10. Какую готовую кулинарную продукцию нельзя оставлять для реализации на второй день на предприятиях общественного питания?
11. В чем заключаются правила реализации готовой пищи, оставшейся не реализованной от предыдущего дня?
12. Перечислите основные методы и приемы организации потребления пищи на предприятиях общественного питания.

Глава 2

КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОДУКЦИИ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

Продукцию, вырабатываемую предприятиями общественного питания, подразделяют на две большие группы: кулинарная продукция и мучные кулинарные, кондитерские и булочные изделия.

Такой подход к классификации продукции общественного питания обусловлен тем, что производство мучных кондитерских и булочных изделий требует особых санитарно-гигиенических и организационно-технических условий. Мучные кондитерские изделия с кремом, сливками относятся к особо скоропортящейся продукции. В соответствии с санитарными правилами и нормами мучные кондитерские изделия разрешается вырабатывать только в специализированных кондитерских цехах, имеющих необходимые производственные и подсобные участки, оснащенные механическим, тепловым и холодильным оборудованием. Максимальное по объемам кондитерское производство по нормативам должно иметь не менее 12 производственных и подсобных помещений, удовлетворяющих определенным требованиям.

Кондитеров готовят отдельно от поваров из-за необходимости глубокой профессиональной специализации.

Исходя из приведенных выше соображений кондитерские цехи оборудуют только при крупных комбинатах питания, ресторанах и специализированных кафе.

КУЛИНАРНАЯ ПРОДУКЦИЯ

К кулинарной продукции относятся: полуфабрикаты, холодные и горячие закуски, супы, мясные и рыбные блюда, блюда и гарниры из картофеля, овощей, грибов, круп, бобовых и макаронных изделий, блюда из птицы, дичи и кроликов, из яиц и творога, мучные и сладкие блюда, горячие и холодные напитки, мучные кулинарные изделия, охлажденные готовые блюда.

Кулинарные полуфабрикаты

Кулинарные полуфабрикаты, для краткости именуемые в дальнейшем «полуфабрикаты» — это промежуточные продукты технологического процесса предприятий общественного питания по приготовлению готовой пищи, одновременно они отно-

сятся к продукции предприятий общественного питания, реализуемой населению через торговую сеть для приготовления в домашних условиях.

В зависимости от вида полуфабрикатов, их производства и использования предприятия общественного питания можно условно разделить на три группы. К первой относятся рестораны и специализированные предприятия, работающие на сырье. Полуфабрикаты, вырабатываемые в заготовочных цехах этих предприятий, поступают в горячий и кулинарный цехи для тепловой обработки и выпуска готовой продукции, а также могут передаваться в розничную торговую сеть для реализации населению. Ко второй группе предприятий относятся так называемые доготовочные предприятия, которые получают полуфабрикаты от других предприятий общественного питания, а также от предприятий пищевой промышленности (мясо-, рыбокомбинатов, консервных заводов и др.). К третьей группе относятся предприятия общественного питания со смешанным снабжением сырьем и полуфабрикатами разной степени готовности.

Из картофеля и овощей вырабатывают следующие полуфабрикаты:

- картофель сырой очищенный, целый, сульфитированный, не темнеющий на воздухе в течение 24 ч;
- морковь, свекла свежие очищенные, целые;
- пряно-ароматические корни свежие, обработанные (петрушка, сельдерей, пастернак);
- редис, редька обработанные, нарезанные соломкой;
- капуста белокочанная свежая, зачищенная, целая;
- лук репчатый свежий, очищенный, целый;
- листовой салат и пряно-ароматическая зелень свежая, обработанная (фенхель, петрушка, эстрагон, сельдерей, лук зеленый);
- капуста белокочанная свежая, нарезанная, бланшированная (соломка);
- огурцы соленые нарезанные, припущенные (для рассольников и солянок);
- картофель, морковь, свекла очищенные, отварные (целые или нарезанные кубиками);
- свекла, нарезанная кубиками, маринованная (для салатов);
- свекла, нарезанная соломкой, тушенная для борща (с томатом, жиром, сахаром, уксусом);

- капуста квашеная тушеная (для шей и борщей);
- лук, морковь, нарезанные соломкой, пассерованные;
- биточки, котлеты капустные, морковные, свекольные, картофельные, из смеси овощей;
- запеканка капустная, морковная, свекольная, картофельная, картофельная с мясом, из смеси овощей;
- голубцы с фаршами: овощным, грибным, мясным с рисом, рыбным с рисом, творожным с рисом, пшенной кашей со шпиком и жареным луком;
- картофель сырой очищенный, целый или нарезанный, в пене, предохраняющей его от потемнения при хранении на воздухе;
- пюре картофельное сухое в виде крупки, хлопьев или гранул;
- пюре сухое из моркови, свеклы в виде хлопьев или гранул;
- жареный хрустящий картофель;
- консервированные суповые заправки (для борщей, шей, рассольников);
- капуста свежая или квашеная (для гарнира);
- консервированный маринад с томатом (для приготовления холодной закуски «рыба под маринадом»);
- консервированная солянка из свежей или квашеной капусты, овощная или овощно-грибная (горячая закуска или гарнир);
- консервированная овощная фасоль, нарезанная, в отваре и лопаточки овощного гороха (для гарнира или супов);
- капуста цветная отварная консервированная (для салатов, гарниров и супов);
- гарнирная морковь, нарезанная кубиками, отварная консервированная;
- шампиньоны вареные, в отваре, консервированные (для салатов, супов, горячих закусок, фаршей);
- пюре из щавеля и шпината (для зеленых шей);
- спаржа консервированная отварная (для салатов и супов);
- пюре овощное консервированное из тыквы, кабачков, моркови;
- пюре фруктовое консервированное с сахаром из яблок, груш, айвы, слив, абрикосов;
- пюре ягодное консервированное с сахаром из вишни, клубники, черной и красной смородины, крыжовника, ежевики, клюквы, брусники, морошки, голубики, рябины, калины, малины;
- салаты овощные и фруктово-овощные консервированные.

Из мяса (говядины, баранины, свинины, телятины) в соответствии с отраслевым стандартом мясной промышленности для предприятий общественного питания вырабатывают полуфабрикаты крупнокусковые, порционные и мелкокусковые.

Крупнокусковые полуфабрикаты представляют собой одну крупную мышцу или группу мышц, близких по пищевой ценности и технологическим свойствам, освобожденные от костей и грубых сухожилий (кроме корейки и грудинки туш мелкого скота, которые могут вырабатываться с реберными костями).

Из говядины готовят следующие крупнокусковые полуфабрикаты: вырезку, толстый и тонкий края, верхний, внутренний, наружный и боковой куски тазобедренной части, подлопаточную, грудную, лопаточную части, покромку. Мякоть шеи, пашина и зачистки образуют так называемое котлетное мясо.

Из телятины, баранины и свинины вырабатывают следующие крупнокусковые полуфабрикаты: шейная часть, корейка, грудинка, тазобедренная (окорок), лопаточная часть, котлетное мясо.

Порционные полуфабрикаты представляют собой 1...2 куска на порцию фиксированной массы, натуральные или панированные.

Из говядины вырабатывают следующие порционные полуфабрикаты: бифштекс, филе, лангет (из вырезки), антрекот, ромштекс (панированное мясо), говядина духовая, зразы натуральные.

Из телятины, баранины и свинины вырабатывают: котлеты натуральные (в панировке и без), эскалоп, шницель (в панировке и без), мясо духовое (кроме телятины).

Мелкокусковые полуфабрикаты представляют собой кусочки мяса массой 30...50 г; мясо грудинки рубят с реберными костями. В качестве мелкокусковых полуфабрикатов вырабатывают поджарку и гуляш из говядины, свинины; рагу из баранины и свинины; мясо для плова из говядины и баранины; мясо для шашлыка из говядины, баранины и свинины; гуляш из говядины и свинины; азу из говядины; поджарку из говядины и свинины; суповой набор из говядины и баранины. Выработка мелкокусковых полуфабрикатов из телятины стандартом не предусмотрена.

Мясные полуфабрикаты описанного выше ассортимента вырабатывают как на предприятиях общественного питания, так и на мясоперерабатывающих предприятиях. Предприятия общественного питания, кроме того, могут вырабатывать мясные полуфабрикаты и другого ассортимента, например грудинку телячью фаршированную, полуфабрикаты для национальных блюд и др.

Мясные рубленые полуфабрикаты вырабатывают двух разновидностей: из натурального рубленого мяса и из котлетной массы, в состав которой входит хлеб. Из натурального рубленого мяса вырабатывают бифштекс рубленый, шницель натуральный рубленый, котлеты натуральные рубленые, люля-кебаб, биточки по-селянски, котлеты «Полтавские», купаты и др. Из мясной котлетной массы готовят котлеты, биточки рубленые, шницель рубленый, зразы рубленые, тефтели, рулеты, фрикадельки. Некоторые полуфабрикаты из перечисленного ассортимента можно вырабатывать централизованно для снабжения доготовочных предприятий общественного питания и продажи населению в розничной торговой сети. В этом случае руководствуются соответствующими нормативными документами (ОСТами, ТУ и др.).

Из сельскохозяйственной птицы, пернатой дичи и кроликов вырабатывают полуфабрикаты следующего ассортимента.

Из кур — тушку, подготовленную к тепловой кулинарной обработке; филе (с косточкой и без); окорочок; крылья; печень; рагу; наборы для студня, бульона, супа.

Из цыплят — тушку, подготовленную к тепловой кулинарной обработке, а также наборы для студня, рагу, супа.

Из уток и утят — тушку, подготовленную к тепловой кулинарной обработке; грудку; окорочок; кожу шеи для фарширования; крылья; печень; наборы для студня, рагу, супа.

Из индеек — тушку, подготовленную к тепловой кулинарной обработке; филе; окорочок; бедро; голень; кожу шеи для фарширования; наборы для студня, рагу, бульона, супа.

Полуфабрикаты из рубленого мяса кур и индеек вырабатывают двух разновидностей: из мяса с кожей и из мяса без кожи (котлеты «Пожарские»), те и другие могут быть натуральные и из котлетной массы с хлебом.

Из пернатой дичи (рябчики, куропатки, глухари, тетерева, утки, гуси) вырабатывают тушки, филе, рагу. Потроха пернатой дичи в пищу не используют, так как они горькие.

Из кролика вырабатывают порционные и рубленые полуфабрикаты: окорочка, поясничная часть, лопатки, котлеты и биточки рубленые из котлетной массы.

Из рыбы и нерыбных морепродуктов централизованно вырабатывают два вида полуфабрикатов: рыба специальной разделки незамороженная и рыба специальной разделки замороженная. Эти полуфабрикаты изготавливают из всех видов

рыб, за исключением осетровых, лососевых и других ценных пород. Внутри предприятий общественного питания из рыбы вырабатывают филе, порционные куски, фаршированную рыбу и др.

Из нерыбных морепродуктов вырабатывают мясо устриц и мидий, мясо морского гребешка, обработанных трепангов и кальмаров, мясо креветок, омаров, лангустов, речных раков, крабов. Морскую капусту вырабатывают вареную до готовности и нашинкованную соломкой.

Соусы в качестве полуфабрикатов вырабатывают в виде соусных паст, требующих несложной доработки в доготовочном предприятии общественного питания: красный мясной основной, белый мясной и рыбный основной, томатный, сметанный, яблочный, маринад овощной с томатом. Наряду с этим предприятия консервной промышленности вырабатывают широкий ассортимент готовых к употреблению соусов из овощей, фруктов, майонезы, кетчупы, барбекю и др.

Из теста вырабатывают следующие полуфабрикаты: пельмени, вареники, блинчики, тесто дрожжевое, дрожжевое слоеное, пресное слоеное, песочное. Пельмени и вареники вырабатывают замороженные, остальные полуфабрикаты — охлажденные или замороженные.

Готовая кулинарная продукция

Холодные закуски подают в начале завтрака, обеда и ужина. В то же время они могут иметь самостоятельное значение при промежуточном приеме пищи. Масса одной порции холодной закуски составляет обычно 50... 100 г, в том числе основной продукт — 20...50 г, остальное соус и(или) гарнир. Закуска не должна содержать несъедобных частей продукта. Компоненты закуски должны быть нарезаны тонко в виде ломтиков или брусочков небольшого размера так, чтобы закуску можно было есть вилкой или ложкой без ножа.

Холодные закуски подразделяются на рыбные, мясные, салаты, овощные закуски и пр.

Ассортимент рыбных закусок включает малосольную зернистую, паюсную, кетовую икру, малосольную икру других рыб, малосольную рыбу ценных пород (семга, кета и др.), солено-копченые балычные изделия осетровых и других ценных рыб, рыбу специального посола (сельдь, анчоусы, салака, килька и др.), горячего копчения (осетр, лосось, угорь, морской окунь и др.),

отварную с соусами хрен, майонез, под маринадом, нерыбные морепродукты натуральные и в соусе, заливные, рыбные студни и др.

В ассортимент мясных холодных закусок входят: ветчина, карбонад и другие балычные изделия, буженина, зельцы, бекон, соленый шпик, колбасы, паштеты, холодные отварные или жареные мясные продукты с соусом и(или) гарниром (поросенок, язык, птица, дичь, телятина, говядина, баранина, кролик), заливные мясные продукты, мясные студни.

Салаты могут быть овощные, фруктовые, овошефруктовые, мясные и рыбные (в том числе из нерыбных морепродуктов).

Ассортимент овощных холодных закусок включает овощи фаршированные (помидоры, баклажаны и др.), жареные, тушеные в соусе, соленые, квашеные, маринованные, овощную икру.

К прочим холодным закускам относятся: грибы соленые и маринованные, плоды и ягоды маринованные, маслины, оливки, пряно-ароматическая зелень (кориандр, базилик, фенхель, черемша, лук и др.), сыры твердые и мягкие, брынза, сливочное масло, а также масло селедочное, сырное, икорное и др., сметана и другие кисломолочные продукты, лимон, бутерброды.

На банкетах холодные закуски обычно подают в виде рыбных, мясных, овощных ассорти, при индивидуальном обслуживании — в небольших тарелках, салаты — в салатницах, а также в выпеченных миниатюрных изделиях из теста — тарталетках, валованах, крутонах, на ломтиках хлеба и пр.

Горячие закуски на обедах подают после холодных. В ассортимент горячих закусок входят: рыба и нерыбные морепродукты в паровом соусе или запеченные, рыба в тесте жареная, почки телячьи жареные с луком, почки по-русски, бефстроганов, печень по-строгановски, куриная, утиная или гусиная печень в соусе, маленькие шашлыки из рыбы ценных пород и мяса, грибы в сметане, лобио, фрикадельки в соусе, омлеты, кнели из птицы или дичи и др.

Горячие закуски подают в специальной посуде или небольших (пирожковых) тарелках.

Горячие супы подразделяются на заправочные (щи, борщи, рассольники, солянки и разнообразные овощные, крупяные, бобовые, макаронные); пюреобразные из картофеля, овощей, круп, бобовых, птицы, дичи, печени; прозрачные, представляющие собой осветленные, обезжиренные мясные и рыбные бульоны, насыщенные экстрактивными, минеральными веществами и

глутинум; молочные с крупами, овощами или макаронными изделиями.

Холодные супы готовят на хлебном квасе (окрошки, свекольники, ботвиньи), овощных отварах (холодные борщ, щи), простокваше или молочной сыворотке, на фруктовых отварах.

Соусы — горячие и холодные — самостоятельного значения не имеют, они входят в состав мясных, рыбных, овощных и других блюд, улучшая их вкус и повышая пищевую ценность блюда.

Горячие соусы готовят на мясных, рыбных, грибных бульонах, молоке, сметане, сливочном масле. В соусах, приготовляемых на жидкой основе, загустителем служит пассерованная мука. В гарнирную часть соуса входят разнообразные продукты — лук, морковь, петрушка, сельдерей (корни), соленые огурцы, грибы, яйца, маслины, оливки, каперсы, помидоры. В качестве вкусоароматических добавок используют сухое виноградное вино, томат-пюре, чеснок, перец, лавровый лист, мускатный орех, гвоздику, пряную зелень, крепленые вина типа мадеры и др.

Холодные соусы подразделяются на овощные (томатные, кетчупы, барбекю и др.), яично-масляные (майонезы, салатные и селедочные заправки), масляные смеси (зеленое, раковое, анчоусное масло), фруктовые, к ним относятся также столовая горчица и соус хрен.

Блюда из рыбы, мяса, картофеля, овощей, круп, бобовых, макаронных изделий, яиц, творога, муки подразделяются по способу тепловой кулинарной обработки на отварные (припущенные), жареные, тушеные, запеченные, а также по виду основного продукта, например судак отварной, телятина жареная, каша рисовая молочная и т. д.

Сладкие блюда подразделяются на холодные и горячие.

Холодные сладкие блюда составляют наиболее обширную группу, к ним относятся: свежие плоды, ягоды, бахчевые натуральные или с добавками (сахарная пудра, сливки и др.), в сиропе плоды, ягоды, компоты, кисели, муссы, самбуки, желе, кремы, мороженое.

К горячим сладким блюдам относятся шарлотки яблочные, яблоки в тесте жареные, яблоки печеные, яблоки с рисом, пудинг яблочный с орехами, пудинг сухарный, корзиночки с плодами и ягодами, зефир персиковый или абрикосовый.

Напитки, приготовляемые на предприятиях общественного питания, подразделяются на горячие и холодные.

К горячим напиткам относятся чай (с молоком, сливками, лимоном и другими добавками); кофе натуральный (черный, с молоком, сливками и др.); кофейные напитки на основе цикория; какао с молоком; шоколад; сбитень медовый; горячие слабоалкогольные напитки (гrog, пунш, глнтвейн и др.).

К холодным напиткам относятся холодный чай, холодный кофе, квас, морс, фруктово-ягодные напитки, коктейли, крошоны, шербеты, коблеры, джулепы, айс-кримы, фizes и др. Большинство холодных напитков подают со льдом или с мороженым в фирменной посуде.

Кулинарные изделия подразделяются на две группы: мучные кулинарные изделия и прочие.

Ассортимент мучных кулинарных изделий включает пирожки, пироги, кулебяки, расстегаи, ватрушки, хачапури, беляши, чебуреки, пончики, гренки, пампушки, профитроли и др.

Пирожки, пироги и кулебяки готовят из дрожжевого и бездрожжевого теста, в том числе из слоеного с разнообразными фаршами-начинками: мясом, рыбой, капустой, картофелем, морковью, творогом, рисом, грибами, яблоками, повидлом и др. Фарши, как правило, многокомпонентные, например к картофелю добавляют грибы или жареный лук, к капусте и рису — рубленые крутые яйца и т. д. Некоторые мучные кулинарные изделия имеют фарши-начинки определенного вида. Так, расстегаи выпекают с рыбой, ватрушки — с творогом, беляши — с мясом. Без начинки готовят пончики, пампушки и профитроли.

К прочим кулинарным изделиям относятся вырабатываемые централизованно салаты (мясной, рыбный, из квашеной капусты и др.), отварное и жареное мясо, рыбные тефтели и фрикадельки в томатном соусе, рыба отварная семейства осетровых, запеканка из творога и др.

Охлажденные блюда относятся к кулинарной продукции нового ассортимента. Готовые свежеприготовленные блюда и их компоненты в горячем виде расфасовывают в соответствующую тару, быстро охлаждаются до 10 °С (не более 2 ч), после чего помещают для хранения при температуре 0...4 °С в течение от одних до нескольких суток в зависимости от состава. Допустимые сроки хранения конкретных блюд и их компонентов установлены экспериментально на основании физико-химических, микробиологических исследований и органолептической оценки качества. Высокая скорость охлаждения позволяет быстро преодолевать температурный интервал, наиболее благоприят-

ныи для роста микроорганизмов, а также снизить отрицательное влияние высоких температур на качество готовой пищи.

В местах потребления охлажденные блюда разогревают до достижения температуры в геометрическом центре изделия 85 °С, что обеспечивает их санитарно-эпидемиологическую безопасность.

Охлажденные блюда производят в специализированных цехах предприятий общественного питания в соответствии с ТУ, ТИ и санитарными правилами, согласованными с Минздравом.

Охлажденные блюда и их компоненты служат дополнением к свежеприготовленной пище, их обычно используют в условиях, когда приготовление обедов из сырья и полуфабрикатов невозможно по техническим причинам или нецелесообразно по организационно-экономическим соображениям. В мировой практике использование охлажденных блюд хорошо себя зарекомендовало при организации питания рассредоточенных коллективов рабочих, в больницах, в районах стихийных бедствий и других экстремальных условиях. Эти блюда продаются также в магазинах, что облегчает труд по домашнему приготовлению пищи.

В настоящее время существует нормативная документация на производство и реализацию охлажденных блюд 67 наименований, в том числе: закусок холодных 10, супов 16, мясных, рыбных и прочих вторых блюд 33, сладких 8.

При фасовке и упаковке охлажденных блюд в каждую упаковочную единицу вкладывают ярлык, на котором указывают: наименование предприятия-изготовителя, вид продукции, массу нетто, количество порций, дату изготовления и конечный срок реализации, температуру хранения, обозначение нормативной документации.

МУЧНЫЕ КОНДИТЕРСКИЕ И БУЛОЧНЫЕ ИЗДЕЛИЯ

На предприятиях общественного питания вырабатывается около половины общего объема потребляемых в нашей стране мучных кондитерских и булочных изделий. Это объясняется территориальной близостью этих предприятий к потребителям, что имеет решающее значение при выработке особо скоропортящейся продукции с ограниченными сроками хранения.

Мучные кондитерские изделия представляют собой выпеченные из теста заготовки, отделанные после охлаждения помадами, кремами, орехами, цукатами, шоколадом и другими ценными продуктами. Классифицируют мучные кондитерские изделия по виду теста и другим признакам.

Торты — песочные, бисквитные и слоеные. По выбору отделочных продуктов они могут быть кремовые или фруктовые, по форме — круглые, квадратные и прямоугольные, по массе — от 500 г до нескольких килограммов. По заказам покупателей торты изготавливают тематические в связи с днем рождения, юбилеем, свадьбой и пр. В этих случаях по согласованию с заказчиком торт может быть изготовлен в виде шкатулки с цветами, корзины с ягодами или грибами, в виде раскрытой или закрытой книги и в других вариантах. Соответственно тематике торта разрабатывают варианты его украшения.

Пирожные — песочные, бисквитные, слоеные, заварные, миндальные, воздушные (меренги). Для отделки пирожных используют те же продукты, что и для отделки тортов. Масса одного пирожного 40...75 г.

Кексы — выпеченные мучные кондитерские изделия с большим содержанием сахара, яиц, масла, с добавлением изюма, цукатов, орехов и других вкусоароматических продуктов. Кексы выпекают из пресного или дрожжевого теста в формах.

Печенье разной формы и размеров вырабатывают из песочного, бисквитного и миндального теста с различными вкусоароматическими добавками.

Вафли (фруктовые, молочные, ореховые и пр.) — особый вид кондитерских изделий в виде выпеченных тонких хрустящих пластин, скрепленных между собой послойно помадой. Разнообразие ассортимента достигается благодаря разнообразию вкуса и аромата помад.

Пряники (заварные, сырцовые, весовые, штучные) — выпеченные изделия из муки, сахара, патоки, меда с добавлением «сухих духов», представляющих собой смесь тонко измельченных пряностей — корицы, гвоздики, перца черного и душистого, бадьяна, мускатного ореха, кардамона, имбиря. Штучные пряники могут быть с фруктово-ягодной начинкой.

Пряники — это типично российские кондитерские изделия; во многих республиках, краях и областях вырабатывают фирменные пряничные изделия: пряники тульские, орловские, вяземские, городецкие и др.

Куличи — сдобные изделия, выпекаемые из опарного теста с добавлением изюма, цукатов, корицы в форме цилиндра, верхнюю часть которого после охлаждения глазируют помадой или тиражным сиропом либо посыпают сахарной пудрой. Масса одного кулича — от 100 г до 1 кг.

Коврижка по вкусу и консистенции напоминает пряники. Ее выпекают в виде пласта по форме кондитерского листа, пласты промазывают фруктовой начинкой, накладывают один на другой. Верхний пласт глазируют тиражным сиропом или помадой. Охлажденную коврижку разрезают на куски определенной формы (прямоугольные, квадратные).

Сдобные пироги с фруктово-ягодными начинками бывают закрытые и открытые. Перед выпечкой их украшают орнаментом из теста, фигурно нарезанными плодами (яблоками, персиками и др.) и целыми ягодами. По форме пироги могут быть круглыми, овальными, квадратными, прямоугольными. Пироги, выпекаемые по заказу к праздничному столу, дополнительно украшают надписями из выпеченного теста.

Булочные изделия выпекают из сдобного опарного теста, используя пшеничную муку высшего сорта с высоким содержанием клейковины. По форме и количеству сдобы булочные изделия подразделяют на рулеты, ромовые бабы, калачи, крендели и всевозможные булочки. Рулеты вырабатывают весовыми, ромовые бабы — весовыми и штучными, остальные изделия — штучными массой 50... 100 г.

В зависимости от количества сдобы, вида добавок и формы булочки имеют фирменные названия: калорийная, школьная, шафранная, сдоба венская и т. д.

Контрольные вопросы и задания

1. Какие санитарно-гигиенические и технологические принципы положены в основу деления продуктов общественного питания на кулинарную продукцию и мучные кондитерские и булочные изделия?
2. Какие полуфабрикаты вырабатывают и используют на предприятиях общественного питания?
3. Назовите холодные и горячие закуски, составляющие ассортимент предприятий общественного питания.
4. Как классифицируют супы и соусы, приготовляемые на предприятиях общественного питания?
5. Как классифицируют сладкие блюда и напитки, приготовляемые на предприятиях общественного питания?
6. Какой ассортимент кулинарных изделий вырабатывают предприятия общественного питания?
7. Что такое охлажденные блюда, какова область их применения при организации питания населения?
8. Назовите ассортимент тортов и пирожных, изготовляемых в кондитерских цехах предприятий общественного питания.

Глава 3

СПОСОБЫ И ПРИЕМЫ ТЕПЛОВОЙ КУЛИНАРНОЙ ОБРАБОТКИ ПРОДУКТОВ

При доведении продуктов до состояния кулинарной готовности стремятся обеспечить такой режим тепловой обработки, при котором готовая продукция высокого качества получается с минимальными затратами.

Способы тепловой кулинарной обработки, применяемые на предприятиях общественного питания, основаны на определенных теплофизических и технологических принципах передачи тепла продукту: поверхностный нагрев (контактный); излучениями инфракрасного спектра (ИК-нагрев); объемный нагрев проникающим излучением сверхвысокой частоты (СВЧ-нагрев); комбинированный нагрев (ИК-нагрев в сочетании с поверхностным или СВЧ-нагревом).

В результате тепловой кулинарной обработки температура продукта повышается до 80... 100 °С, а в поверхностном слое при жарке — до 120... 130 °С. Движущей силой процесса при поверхностном нагреве служит разность температур между продуктом и греющей средой, а также между наружными и внутренними слоями продукта; при нагреве электромагнитными излучениями — ускорение движения атомов и молекул пищевых веществ.

Под действием тепловой энергии в продукте возникают такие сложные физико-химические процессы, как клейстеризация крахмала, денатурация белков, гидротермическая дезагрегация биополимеров (коллаген мяса, рыбы, протопектин растительных продуктов), образование новых вкусовых и ароматических веществ, изменение цвета продукта, разрушение витаминов и др. В результате протекания перечисленных, часто накладывающихся друг на друга процессов, в окружающую среду выделяются водорастворимые вещества и жиры; происходят потеря воды и уменьшение массы продукта (мясо, птица, рыба); поглощение воды продуктом и увеличение его массы (крупы, бобовые, макаронные и мучные изделия); разрушение некоторой части витаминов; переход в воду при варке витаминов, экстрактивных, минеральных и других веществ. Подробно физико-химические процессы, протекающие в продуктах при тепловой кулинарной обработке, и их влияние на качество готовой продукции будут рассмотрены в последующих главах учебного пособия.

СПОСОБЫ И ПРИЕМЫ ТЕПЛОВОЙ КУЛИНАРНОЙ ОБРАБОТКИ, ОСНОВАННЫЕ НА ПОВЕРХНОСТНОМ НАГРЕВЕ ПРОДУКТОВ

При поверхностном нагреве продукт непосредственно контактирует с теплопередающей (греющей) средой или объектом (вода или другая жидкость, водяной пар, жир, разогретая металлическая поверхность и пр.). Практическое значение при этом имеют следующие технологические и теплофизические параметры процесса: температура продукта; температура теплопередающей среды; продолжительность нагревания продукта; удельная мощность теплового аппарата и возможность плавного регулирования плотности теплового потока от источника тепловой энергии к нагреваемому продукту.

В результате контакта продукта с теплопередающей средой тепловая энергия постепенно передается от поверхностных слоев к внутренним, разность температур в объеме продукта уменьшается. В геометрическом центре кулинарно готового продукта температура составляет 80... 100 °С. Однако достижение этой температуры не всегда является конечным моментом тепловой обработки, подвод некоторого количества теплоты к продукту необходим и в дальнейшем, так как физико-химические процессы, протекающие в продукте на стадии доведения его до состояния кулинарной готовности, носят эндотермический характер и протекают во времени (клейстеризация крахмала, гидротермическая деструкция биополимеров и др.).

Подвод теплоты для поддержания температуры греющей среды и продукта необходим также в связи с неизбежными потерями ее в окружающую среду.

Продолжительность тепловой обработки зависит от свойств продукта, его температуры и температуры греющей среды. Так, мясо и рыба нуждаются в подводе теплоты для достижения температуры 80... 100 °С и выдержке более или менее продолжительное время при этой температуре. Что касается растительных продуктов, овощей, круп, бобовых, макаронных изделий, то для доведения их до состояния кулинарной готовности требуются температуры, близкие к 100 °С. Таким образом, продолжительность тепловой обработки растительных продуктов при прочих равных условиях зависит от возможности поддержания указанной температуры в процессе варки. Как будет показано ниже, понижение температуры теплопередающей среды неизбежно ведет к увеличению продолжительности тепловой обработки.

В справочной литературе приводятся примерные значения продолжительности тепловой кулинарной обработки, которые могут быть большими или меньшими на 10... 15% в зависимости от сортовых и других особенностей продукта, колебаний температуры греющей среды и других факторов.

Вопросы, касающиеся удельной мощности теплового аппарата и возможности ее регулирования, будут рассмотрены ниже на конкретных примерах.

К способам и приемам тепловой кулинарной обработки, основанным на поверхностном нагреве продуктов, относятся: варка в жидкой среде и паром, припускание, тушение, пассерование, жарка с небольшим количеством жира, с полным погружением продукта в жир (во фритюре), в полуфритюре (брезирование), на розогретой металлической поверхности без жира, запекание и выпекание продуктов в жарочных шкафах, термостатирование готовой пищи.

В технической литературе обычно выделяют два основных способа тепловой кулинарной обработки продуктов — варку и жарку, остальные перечисленные выше приемы рассматриваются как их разновидности. Деление способов тепловой кулинарной обработки продуктов на варку и жарку обусловлено тем, что при жарке происходят принципиально иные по сравнению с варкой физико-химические изменения пищевых веществ в поверхностном слое продукта: обезвоживание, повышение температуры до 120... 130 °С, пиролиз пищевых веществ, меланоидинообразование, впитывание жира. В результате протекания перечисленных выше процессов на поверхности продукта образуется окрашенная корочка, по внешнему виду, вкусу и аромату характерная для жареного продукта.

При варке происходит влажный нагрев продуктов, так как теплопередающей средой служат вода, влажный насыщенный пар или смесь воды и пара.

Температура теплопередающей среды при варке составляет 100... 107 °С, а конечная температура продукта к моменту кулинарной готовности — 85...98 °С. В процессе варки тепловая энергия постепенно передается от поверхностных слоев к внутренним, достигая геометрического центра продукта. Разность температур постепенно уменьшается и становится равной нулю.

Варка — универсальный способ тепловой кулинарной обработки. С ее помощью можно довести до кулинарной готовности любой продукт или полуфабрикат. Однако некоторые продукты,

например рыбы семейства карповых, сом, навага, палтус и др., изделия из творога, дрожжевого теста и некоторых видов бездрожжевого теста, обладают более высокими вкусовыми достоинствами в жареном виде.

Варка в жидкой среде с полным погружением продукта в жидкость (воду, бульон, молоко, сахарный сироп) широко применяется в технологии продукции общественного питания. Соотношения воды и продукта при варке (гидромодуль), начальная температура жидкости и режим кипения зависят от вида продукта.

При варке в жидкой среде в продуктах протекают физико-химические процессы, в результате которых содержание воды и сухих веществ в них изменяется. Из продукта в воду переходят растворимые вещества: белки, низкомолекулярные азотистые вещества, сахара, минеральные вещества, витамины и др. Движущей силой этого перехода является разность концентраций соответствующих веществ в продукте и жидкой среде (диффузия). Чем выше гидромодуль, тем больше растворимых веществ переходит из продукта в жидкую среду. При варке мяса, птицы и рыбы наряду с диффузией на переход растворимых веществ из продукта в окружающую среду существенное влияние оказывает тепловая денатурация и постденатурационные изменения белков продукта. Эти же процессы, которые будут подробно рассмотрены в соответствующих главах учебного пособия, влияют на частичное обезвоживание мяса, птицы и рыбы при варке.

Таким образом, абсолютное количественное содержание сухих веществ в продукте в результате варки уменьшается. Что касается относительного содержания сухих веществ, то в мясе и рыбе оно возрастает, а в крупах, бобовых, макаронных и мучных изделиях понижается ввиду значительного вбоднения этих продуктов. Отсюда следует, что варка продуктов в жидкой среде является не только тепловым, но и массообменным процессом. В справочной литературе приводятся средние величины потерь массы и растворимых веществ при варке, которые могут колебаться в большую или меньшую сторону в зависимости от сортовых и других особенностей продукта и некоторых технологических факторов.

Для варки продуктов в жидкой среде применяют пищеvarочные котлы разных конструкций, наплитную посуду и специальные тепловые аппараты (сосисковарки, яйцеварки и пр.).

Независимо от вида применяемой varочной аппаратуры подачу тепловой энергии в varочную среду осуществляют в два эта-

па: на первом — нагрев максимальный, на втором, после закипания жидкости — минимальный для поддержания режима тихого кипения.

Необходимость поддержания режима тихого кипения при варке продуктов в жидкой среде обусловлена заботой о качестве готового вареного продукта и экономией тепловой энергии. При интенсивном, бурном кипении возрастает вероятность нарушения целостности продукта, усиления эмульгирования жира и окислительных процессов, чрезмерно быстрого выкипания жидкости, подгорания продуктов на дне посуды. Последнее характерно для варки таких крахмалистых продуктов, как крупы, бобовые, макаронные и мучные изделия. Экономия тепловой энергии при тихом кипении объясняется тем, что продолжительность варки продукта определяется температурой теплопередающей среды, которая в режиме кипения жидкости зависит от величины атмосферного давления. Из этого следует, что ускорить варку продукта путем усиления режима кипения невозможно.

Повысить температуру теплопередающей (варочной) среды и существенно ускорить процесс варки продуктов возможно в пищеварочных котлах, называемых автоклавами, которые работают при повышенном давлении. В варочном сосуде автоклава давление достигает 300...350 кПа, ему соответствуют температуры до 135... 140 °С. Автоклавы применяют на предприятиях пищевой промышленности. На предприятиях общественного питания автоклавы не применяют, так как под герметически закрытой крышкой варочного сосуда невозможно регулировать режим кипения жидкости со всеми отрицательными последствиями бурного кипения, описанными выше.

Высокое качество готовой кулинарной продукции при варке с полным погружением продукта в жидкость обеспечивается путем выполнения определенных технологических приемов. Основные из них следующие.

При варке картофеля, овощей и мяса подготовленные продукты складывают в посуду и заливают горячей или холодной водой так, чтобы вода покрывала продукт на 1...2 см, гидромодуль 1... 1,5. Увеличение гидромодуля нецелесообразно из-за дополнительного расхода тепловой энергии и увеличения количества растворимых веществ, переходящих при варке из продукта в воду.

Порционные куски рыбы заливают горячей водой, доводят до кипения и варят при температуре 90...95 °С без кипения. Целую рыбу, в том числе фаршированную, филе и куски осетровой ры-

бы заливают холодной водой, доводят до кипения и варят при очень тихом кипении.

Креветок, лангустов, омаров, речных раков, а также макаронные изделия, пельмени и вареники закладывают в кипящую воду при гидромодуле 5...6, доводят до кипения, после чего варят при тихом кипении. Высокий гидромодуль в данном случае применяется для того, чтобы не допускать значительного понижения температуры жидкости после закладки продуктов. Уменьшение гидромодуля приводит к увеличению времени, необходимого для восстановления кипения жидкости и начала собственно процесса варки. Сроки восстановления режима кипения можно сократить путем увеличения теплового потока от нагревательных элементов к варочному сосуду, для этого надо использовать варочную аппаратуру с более высокой удельной мощностью по сравнению с той, которую используют в настоящее время.

При варке многокомпонентных супов после закладки в кипящий бульон сырых продуктов температура бульона понижается до 80...85 °С, что совершенно недостаточно для перехода протопектина овощей в пектин и размягчения овощей. Варка заложенных в бульон овощей начинается после восстановления режима кипения, т. е. после достижения температуры бульона 98... 100 °С. Нестационарный температурный режим варки многокомпонентных супов снижает качество готовой продукции, в частности способствует разрушению аскорбиновой кислоты, устойчивость которой при прочих равных условиях зависит от скорости прогрева овощей и инактивации окислительных ферментов. Интенсифицировать технологический процесс варки супов возможно только путем повышения удельной мощности электрических пищеварочных котлов и электроплит.

Описание варки продуктов в жидкой среде будет неполным, если не сказать о технологической необходимости кратковременной варки продуктов в воде в течение 2... 10 мин, которая называется бланшированием или варкой до полуготовности. Такая тепловая обработка применяется для бланширования порционных кусков осетровой рыбы, проваривания белокочанной капусты и других овощей, предназначенных для фарширования некоторых видов продовольственного сырья на стадии его гидромеханической обработки. Продукты в этих случаях погружают в кипящую воду с высоким гидромодулем.

Варка продуктов в среде влажного насыщенного водяного пара осуществляется в паровых камерах, снаб-

женных автономным парогенератором. На оснащении предприятий общественного питания в настоящее время имеются паровые камеры двух типов: работающие при атмосферном давлении, с температурой пара в рабочем объеме 105... 107 °С и работающие при повышенном давлении (до 200 кПа), с температурой пара в рабочем объеме около 120 °С.

Пароварочные камеры представляют собой аппараты периодического действия, предусматривающие следующие эксплуатационные операции: загрузку подготовленных продуктов в перфорированные функциональные емкости; герметизацию камеры; включение электронагрева и вывод аппарата на рабочий режим (обычно через 20 мин); варка; выключение аппарата; выпуск избытка пара; разгрузку камеры.

Варка продукта влажным насыщенным паром основана на конденсации пара на поверхности продукта и передаче продукту скрытой теплоты парообразования. Продолжительность варки продуктов паром при атмосферном давлении примерно на 50 % больше по сравнению с варкой в воде. В паровых камерах, работающих при повышенных давлениях, продолжительность варки продуктов такая же, как и в воде.

В среде влажного насыщенного водяного пара можно варить любые продукты и полуфабрикаты. При этом надо стремиться к тому, чтобы масса отдельных полуфабрикатов и сроки варки были примерно одинаковыми.

Варка паром обладает некоторыми преимуществами по сравнению с варкой в воде: продукт не деформируется, в конденсат из продукта переходит меньше растворимых веществ. Этот способ варки применяют при организации диетического и лечебно-профилактического питания, а также в ресторанах и специализированных предприятиях общественного питания.

Производительность пароварочных шкафов, работающих при атмосферном давлении, в 2 раза меньше, чем пищеварочных котлов такой же вместимости, а удельные затраты на единицу готовой продукции в 2 раза выше. Это сдерживает применение варки паром для нужд массового питания.

В последние годы на предприятия общественного питания поступают конвектоматы — универсальные тепловые аппараты, предназначенные для варки продуктов влажным насыщенным водяным паром и жарки продуктов в среде перегретого пара. При эксплуатации конвектоматов необходимо руководствоваться инструкцией, поставляемой в комплекте с аппаратом. Конвекто-

маты оснащены компьютерами и другими средствами автоматического управления технологическим процессом.

Припускание продуктов в пароводяной среде осуществляют в закрытом пространстве, в котором присутствуют вода (10...30 % к массе продукта) и влажный насыщенный водяной пар, образующийся в процессе нагревания. К сожалению, специализированная аппаратура для припускания отсутствует. В связи с этим для припускания используют наплитную посуду — невысокие кастрюли и сотейники с плотно прилегающими крышками. При припускании меньшая часть продукта находится в воде, а большая — в среде пара. Температура в варочном пространстве при припускании примерно 100 °С. Продолжительность припускания продуктов близка к продолжительности варки в воде.

Варку припусканием обычно применяют для продуктов, не требующих длительной тепловой обработки: картофеля, моркови, рыбы ценных пород, цыплят и др.

При припускании из продукта в воду переходит меньше растворимых веществ, чем при варке с полным погружением продукта в воду. Это объясняется низким гидромодулем и, следовательно, замедленным процессом диффузии растворимых веществ между продуктом и жидкой средой. Отвары, образующиеся в результате припускания, рекомендуется использовать для приготовления супов и соусов.

Тушение продуктов, как и припускание, проводят в закрытом пространстве в пароводяной среде. Отличие заключается в более высоком гидромодуле (0,3...0,5). Некоторые продукты перед тушением слегка обжаривают, при тушении добавляют специи, приправы, воду или бульон иногда заменяют готовым соусом, состав блюд, приготовляемых тушением, обычно многокомпонентный. Тушением готовят картофель, овощи, мясо, птицу. Температура в варочном пространстве в процессе тушения составляет примерно 100 °С, такую же температуру поддерживают во всем объеме продукта, подвергаемого тушению. Продолжительность тушения обычно на 15...20 % больше, чем варки и припускания.

Жарка продуктов с небольшим количеством жира (5...8 % к массе продукта) представляет собой сухой нагрев продукта. Поверхность продукта контактирует с жиром, разогретым до 150... 160 °С. Жир выполняет роль теплопередающей среды и ограничителя температуры. Жарку с небольшим количеством жира обычно проводят на открытой поверхности в

функциональных емкостях, обычных противнях, сковородах, температуру которых в период жарки поддерживают на уровне 220...250 °С.

Для доведения до кулинарной готовности полуфабрикатов, полученных жаркой с небольшим количеством жира, используют один из следующих технологических приемов:

- полуфабрикаты обжаривают на открытой поверхности с двух сторон, переворачивая их вручную, после чего при необходимости дожаривают в жарочном шкафу 5...7 мин при 250...270 °С;
- функциональные емкости с полуфабрикатами помещают в жарочный шкаф и жарят без переворачивания, при этом нижняя поверхность изделия нагревается благодаря контакту с жиром и посудой, а верхняя — инфракрасными лучами, исходящими от нагревательных элементов и стенок шкафа.

При использовании жарочных шкафов необходимо руководствоваться инструкцией по их эксплуатации.

С небольшим количеством жира жарят картофель, кабачки, баклажаны, помидоры, лук, мясные полуфабрикаты, рыбу, полуфабрикаты из птицы и дичи, овощные и крупяные котлеты, сырники, яичные и мучные блюда. Изделия из натурального мяса считаются готовыми, когда температура в их геометрическом центре достигает 80...85 °С, а мясные, рыбные, овощные и крупяные котлеты — 90 °С. В результате обезвоживания поверхностного слоя продукта и сложных физико-химических превращений пищевых веществ жареные изделия приобретают равномерно окрашенную поджаристую корочку. Для жарки рекомендуется использовать безводные жиры: рафинированное растительное масло (для картофеля, овощей, рыбы), топленые животные (для мяса, птицы), а также специальные кулинарные.

Жарку продуктов с полным погружением в жир (во фритюре) широко применяют для приготовления картофеля, лука, рыбы, нерыбных морепродуктов, мучных кулинарных изделий. Мясные продукты и птицу обжаривают во фритюре после предварительной варки до готовности.

Для жарки во фритюре используют электрофритюрницы, представляющие собой жарочные ванны из нержавеющей стали. В нижней части фритюрницы располагается холодная зона, туда оседают частицы продукта, которые затем удаляются. При отсутствии холодной зоны создаются условия для обугливания частиц и загрязнения фритюра. Использовать для жарки во фритюре по-

суду из чугуна или углеродистой стали не рекомендуется, так как ионы тяжелых металлов катализируют окисление фритюрного жира.

Подготовка продуктов для жарки во фритюре заключается в обсушивании сильно обводненных продуктов, панировании полуфабрикатов в муке, яичном льезоне и сухарях (или хлебной крошке). При жарке во фритюре масса полуфабриката не должна превышать 50...80 г. Соотношение между жиром и продуктом должно быть 4 : 1 для обеспечения необходимого температурного режима жарки.

Фритюрный жир разогревают до 170... 180 °С, продукт обжаривают 3...5 мин, при этом температура в толще продукта достигает 85... 100 °С, а в поверхностном слое — 120... 130 °С, что способствует образованию на всей поверхности обжариваемого продукта окрашенной поджаристой корочки.

В качестве фритюрных используют безводные рафинированные жиры, термостойкие к дымообразованию и окислению кислородом воздуха. Физико-химические изменения фритюрных жиров будут рассмотрены во втором разделе.

Жарку продуктов в полуфритюре, которую иногда называют брезированием, применяют для обжаривания цыплят и дичи целыми тушками и полутушками с последующим дожариванием в жарочном шкафу. Для жарки используют высококачественные топленые животные жиры (говяжий, свиной) или топленое масло в соотношении с продуктом 3:1.

Обработанные тушки птицы и дичи солят снаружи и изнутри, выдерживают в холодильнике несколько часов, после чего ножки заправляют в кармашек или прикрепляют нитками, обсушивают салфетками разового пользования и погружают в жир, разогретый до 160... 170 °С. В процессе жарки тушки переворачивают для образования равномерно окрашенной поджаристой корочки по всей поверхности. Обжаренные тушки укладывают на противень спинкой вниз и помещают в жарочный шкаф с температурой 250...270 °С на 15...20 мин. Общая продолжительность жарки тушек цыплят, рябчиков, куропаток должна составлять 30 мин, тетеревов, фазанов и цыплят-бройлеров — 50...60 мин.

Жарку продуктов без жира применяют для приготовления мясных порционных изделий (бифштекс, лангет, антрекот, эскалоп и др.). Порционные куски натурального мяса выравнивают по толщине до 5...8 мм, солят, перчат, укладывают на разогретую до 160... 170 °С поверхность жарочного аппарата, жа-

рят 3...4 мин, после чего переворачивают и обжаривают с другой стороны.

Мясо должно быть нежирным, высших сортов, без костей: от говяжьей туши — вырезка, толстый и тонкий края, от телячьей и бараньей туш — корейка и мякоть задней ноги. Птицу и дичь используют в виде зачищенных филе без костей. Температура в геометрическом центре готовых жареных изделий достигает 80 °С.

Плиты, предназначенные для жарки мяса без жира, обычно настольного типа, жарочная поверхность их выполнена из легированного чугуна, обладающего повышенной устойчивостью к тепловым ударам.

Запекание широко применяют для приготовления закусок и блюд из овощей, грибов, круп, рыбы, мяса. Для запекания используют жарочные шкафы разной конструкции, но обязательно с нижним и верхним обогревом, естественной или принудительной циркуляцией горячего воздуха или перегретого водяного пара.

В зависимости от вида кулинарной продукции температуру в шкафах поддерживают в пределах 220...280 °С, критерием готовности запеченной продукции служит образование на поверхности изделий окрашенной поджаристой корочки и достижение в центре изделий температуры 80 °С.

Однопорционные закуски из грибов, рыбы, нерыбных морепродуктов, птицы, дичи, расфасованные в кокотницы, кокильницы (раковины) или порционные сковородки, устанавливают на противень и запекают при 270...280 °С в течение 15...20 мин.

Закуски и блюда в многопорционных сковородах и противнях или в функциональных емкостях (фаршированные овощи, овощные, крупяные и творожные запеканки, рыба, мясо, птица, дичь в соусе и пр.) запекают при 220...250 °С от 30 мин до 1 ч.

При запекании теплота передается продукту одновременно теплопроводностью от нагретой посуды, от нагретого воздуха или пара, а также ИК-лучами от нагревательных элементов и стенок шкафа.

Выпекание применяют для приготовления кулинарных и кондитерских изделий из теста. Пекарские шкафы оборудованы устройствами нижнего и верхнего обогрева, естественной или принудительной циркуляции воздуха, для увлажнения его в камере. Выпекаемые изделия размещают на кондитерских листах или в функциональных емкостях. Мелкоштучные изделия (пирожки, ватрушки и пр.) выпекают 8... 10 мин при 230...240 °С, более крупные изделия (кулебяки, пироги) — 30...40 мин при 220...230 °С.

При выпекании мучных изделий теплота передается продукту так же, как и при запекании.

Термостатирование готовой пищи необходимо для ее текущего хранения на предприятиях общественного питания. Для термостатирования готовой горячей пищи используют водяные и воздушные мармиты, которые обеспечивают поддержание температуры супов и напитков на уровне 85 °С, прочих горячих блюд — 65 °С в течение 2 ч.

Пассерование — вспомогательный способ тепловой кулинарной обработки. При пассеровании измельченные продукты (лук, морковь, белые ароматические корни петрушки, сельдерея, пастернака, томат-пюре, муку) прогревают в жире при 120... 130 °С. Овощи пассеруют либо до полуготовности (для соусов, супов, тушеных и других блюд, в составе которых пассерованные овощи подвергают дополнительной тепловой обработке до готовности), либо до готовности (для фаршей-начинок, солянок и др.).

При пассеровании овощей и томата-пюре из продуктов в жир переходят вкусовые, ароматические и красящие вещества, в результате чего они как бы фиксируются и удерживаются жиром.

Для пассерования муки используют безводные жиры, при этом применяют два приема пассерования: без изменения цвета муки (для белых соусов и супов) и более глубокий прогрев муки до желтого цвета разных оттенков (для красных соусов).

При пассеровании муки происходит денатурация белков и частичная деструкция крахмала. В результате этих процессов мука приобретает приятный вкус и аромат, а мучные клейстеры — лучшую консистенцию.

СПОСОБ ТЕПЛОВОЙ КУЛИНАРНОЙ ОБРАБОТКИ, ОСНОВАННЫЙ НА ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Тепловая кулинарная обработка продуктов в потоке электромагнитного излучения инфракрасного спектра происходит без их контакта с какой-либо теплопередающей поверхностью или теплоносителем. Способ основан на том, что свободная вода, содержащаяся в кулинарных полуфабрикатах, интенсивно поглощает ИК-излучение с длиной волны 0,75...2,5 мкм, нагревая поверхностный слой продукта. Энергия излучения, преобразованная в тепловую энергию, по законам теплопроводности передается нижним слоям продукта вплоть до центральной его области.

При этом температура глубинных слоев продукта достигает 80...85 °С, а температура поверхностного слоя — 130 °С, что способствует образованию на продукте окрашенной поджаристой корочки. Таким образом, тепловая кулинарная обработка инфракрасным излучением представляет собой жарку. Отсюда становится ясной область применения ИК-нагрева в технологии продуктов общественного питания.

ИК-нагрев как самостоятельный способ тепловой кулинарной обработки применяют для жарки в гриль-аппаратах мяса, птицы, рыбы как в натуральном виде, так и в виде разных полуфабрикатов. Наибольшее распространение на предприятиях общественного питания получили электрогрили, в которых источником инфракрасного излучения служат герметичные трубчатые электронагреватели, выполненные из металла или огнеупорного кварцевого стекла. В грилях полуфабрикаты либо нанизывают на шпажки (шампуры), либо раскладывают на решетках. В обоих вариантах конструкцией аппаратов предусматривается направление всего потока лучистой энергии на продукт, а также поддержание сравнительно высокой температуры в жарочном объеме (170...250 °С). На предприятиях общественного питания применяют аппараты инфракрасного нагрева периодического действия с разной степенью механизации и автоматизации и защиты персонала от поражения ИК-лучами.

Наряду с электрогрилями применяют грили, в которых источником инфракрасного нагрева служат газовые беспламенные инжекционные горелки.

В специализированных предприятиях общественного питания (шашлычных, национальных ресторанах и др.) для жарки шашлыков и других изделий из мяса, птицы и рыбы применяют печи (мангалы), в которых в качестве источника инфракрасного излучения используют горящие древесные угли. Над мангалами устанавливают вытяжные вентиляционные короба.

СПОСОБ ТЕПЛОЙ КУЛИНАРНОЙ ОБРАБОТКИ ПРОДУКТОВ ОБЪЕМНЫМ НАГРЕВОМ (ТОКАМИ СВЕРХВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ)

Объемный нагрев в электрическом поле сверхвысокой частоты (СВЧ) основан на диэлектрических свойствах практически всех пищевых продуктов и кулинарных полуфабрикатов. В продукте, помещенном в поле СВЧ, происходит поляризация моле-

кул и ионов воды и пищевых веществ, преодоление ими сопротивления, связанного с ориентацией этих молекул и ионов в направлении приложенного электромагнитного поля, и превращение электромагнитной энергии в тепловую. Тепловая энергия распространяется спонтанно по всему объему продукта, в результате чего он нагревается до 100 °С за несколько минут. Однако продукт при этом не достигает кулинарной готовности, так как физико-химические превращения пищевых веществ, в результате которых формируются вкус, запах и консистенция готового продукта, протекают во времени. В связи с этим СВЧ-аппараты (микроволновые печи) более эффективны при разогревании готовой охлажденной и замороженной пищи, а также в сочетании с другими видами нагрева.

СВЧ-аппараты работают от обычной городской сети переменного тока, в магнетроне аппарата электрическая энергия преобразуется в электромагнитные колебания (излучения) сверхвысокой частоты. Затраты электроэнергии на это преобразование достаточно высоки.

КОМБИНИРОВАННЫЕ СПОСОБЫ ТЕПЛОВОЙ КУЛИНАРНОЙ ОБРАБОТКИ ПРОДУКТОВ

Каждому способу тепловой кулинарной обработки продуктов присущи те или иные недостатки, снижающие качество готовой продукции и повышающие затраты на приготовление пищи. В связи с этим получают распространение комбинированные способы тепловой обработки, в которых поверхностный нагрев сочетается с объемным, СВЧ-нагрев с ИК-нагревом. Так, в последние годы СВЧ-аппараты выпускают в комбинации с инфракрасным нагревом, что делает их весьма эффективными для приготовления блюд широкого ассортимента.

В жарочных и пекарских шкафах, применяемых на предприятиях общественного питания, наряду с поверхностным нагревом используют и инфракрасный нагрев, хотя доля его в общих затратах на приготовление пищи невелика. Инфракрасное излучение на поверхность запекаемых и выпекаемых изделий поступает от нагревательных элементов и разогретых стенок шкафа. Наряду с этим применяют жарочные шкафы со специально встроенными трубками инфракрасного излучения. В результате получается эффективный тепловой аппарат для приготовления пищи.

В больших кондитерских цехах предприятий общественного питания применяют высокопроизводительные тепловые аппараты для выпекания мучных кондитерских изделий. В этих аппаратах сочетаются ИК-нагрев, принудительное движение нагретого воздуха в рабочем объеме шкафа, подача в рабочий объем перегретого водяного пара и вращение вокруг вертикальной оси стеллажа с выпекаемыми изделиями.

Контрольные вопросы и задания

1. Какие способы передачи тепла продукту применяют в процессе тепловой кулинарной обработки?
2. В чем сущность поверхностного (контактного) способа нагрева пищевых продуктов?
3. Назовите способы варки продуктов и области их применения на предприятиях общественного питания.
4. Зачем необходимо поддерживать режим тихого кипения при варке продуктов в жидкой среде?
5. Как изменяется температура варочной среды в процессе приготовления многокомпонентных супов? Как это влияет на продолжительность приготовления супов?
6. Перечислите теплофизические параметры варки продуктов в среде влажного насыщенного водяного пара.
7. Чем отличается варка припусканием и тушением от других способов варки?
8. Чем принципиально отличается жарка продуктов от варки?
9. Назовите способы жарки продуктов и области их применения на предприятиях общественного питания.
10. В чем сущность пассерования пищевых продуктов?
11. Каковы теплофизические и технологические основы тепловой кулинарной обработки продуктов ИК-излучением?
12. Каковы теплофизические и технологические основы кулинарной обработки продуктов СВЧ-нагревом?

Глава 4

ПРИНЦИПЫ СОСТАВЛЕНИЯ РЕЦЕПТУР НА ПРОДУКЦИЮ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

Рецептуры на продукцию общественного питания существенно отличаются от рецептур продукции, выпускаемой пищевой промышленностью. На кулинарную продукцию рецептуры составляют на одну порцию или на 1 кг блюда, либо на 100 шт. кулинарных изделий, в то время как в пищевой промышлен-

ности рецептуры составляют на 1 т или 1000 шт. изделий. На мучные кондитерские и булочные изделия рецептуры в общественном питании составляют на 10 кг весовых и 100 штучных изделий.

В общественном питании отсутствуют нормативы производственных потерь сырья, эти потери заложены в рецептуры.

В рецептуры на кулинарную продукцию обычно включают все компоненты, необходимые для приготовления блюда. В большинстве рецептов не указывают количество воды, соли (натрия хлорида), специй, зелени и приправ. Предполагается, что в зависимости от качества основного сырья воду добавляют для обеспечения выхода блюда и его хороших органолептических показателей по усмотрению кулинара. Соль, специи и приправы добавляют по вкусу, однако предельные нормы их расходования указаны в технологических инструкциях, например средний расход соли установлен из расчета 1 г на 100 г готового продукта.

Важная особенность рецептов на кулинарную продукцию заключается в том, что большинство из них составляют в двух или трех вариантах на одноименные блюда и изделия: 1-й вариант — для ресторанов и специализированных предприятий высшего класса; 2-й вариант — для закусочных, кафе, общедоступных городских и сельских столовых; 3-й вариант — для столовых при производственных предприятиях, учебных заведениях, учреждениях.

Первый вариант отличается от второго большим выходом основного продукта (мяса, птицы, рыбы), повышенной закладкой сливочного масла, сметаны и других ценных продуктов. Второй вариант рецептур отличается от третьего по этим же показателям. Отдельные рецептуры составлены только во втором и третьем вариантах (массовые овощные, крупяные, макаронные, бобовые блюда и гарниры), некоторые блюда повышенной трудоемкости из дорогостоящих продуктов не имеют третьего варианта, и, наконец, существуют одновариантные рецептуры (напитки, сладкие блюда, некоторые национальные блюда). Выбор варианта той или иной рецептуры зависит от конкретных условий работы предприятия общественного питания.

Описанные выше особенности составления рецептов на продукцию общественного питания объясняются, с одной стороны, небольшими объемами производства на отдельном предприятии, с другой — ограниченными сроками хранения готовой продук-

ции, организацией потребления на месте ее производства и необходимостью в связи с этим более гибкого реагирования на запросы потребителей.

К нормативным документам, содержащим рецептуры и технологические инструкции, относятся: сборники рецептов на кулинарную продукцию, мучные кондитерские и булочные изделия; отраслевые стандарты (ОСТы); технические условия и технологические инструкции (ТУ и ТИ); стандарты предприятия (СТП); технико-технологические карты (ТТК).

Указанная нормативная документация предназначена для предприятий общественного питания всех типов, классов и форм собственности.

СБОРНИКИ РЕЦЕПТУР БЛЮД, КУЛИНАРНЫХ И КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

Сборники рецептов для предприятий общественного питания представлены несколькими видами: Сборник рецептов блюд и кулинарных изделий для розничной торговой сети предприятий общественного питания; Сборник рецептов блюд диетического питания; Сборник рецептов национальных блюд; Сборник рецептов мучных кондитерских и булочных изделий.

Сборник рецептов состоит из трех взаимно связанных частей: нормативов расхода сырья, выхода полуфабрикатов и готовой продукции; рецептов закусок, блюд, кулинарных изделий, соусов и гарниров; технологических инструкций, при условии выполнения которых можно вырабатывать кулинарную продукцию с заданными свойствами.

Нормативы расхода сырья, выхода полуфабрикатов и готовой продукции, как уже отмечалось, были разработаны НИИ общественного питания на основе экспериментальных исследований в лабораторных и производственных условиях предприятий общественного питания с математико-статистической обработкой экспериментальных данных, утверждены Министерством торговли СССР и являются обязательными для предприятий и организаций общественного питания на территории Российской Федерации. Указанные нормативы опубликованы в виде приложений в Сборнике рецептов блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания, выпущенном в 1981-1983 гг. издательством «Экономика».

Нормативы расхода сырья и выхода полуфабрикатов разработаны с учетом возможности использования сырья разной кондиции. Так, нормативы отходов и потерь при обработке мяса и птицы разработаны с учетом поступления сырья I и II категорий упитанности, а свинины — мясной, обрезной и жирной. Нормативы отходов и потерь при обработке рыбного сырья разработаны с учетом поступления рыбы разных размеров и промышленной разделки (потрошенная, без головы, тушка, филе с кожей или без кожи). Для картофеля, моркови и свеклы нормы отходов и потерь при механической обработке установлены с учетом сезонности, так как по мере хранения количество отходов возрастает. Величина отходов и потерь при кулинарной обработке гастрономических товаров установлена с учетом их промышленной обработки.

Несомненную ценность представляет та часть нормативов, которая относится к потерям массы продуктов при разных способах тепловой кулинарной обработки, так как без этих данных невозможно подойти к обоснованному выходу кулинарной продукции.

В нормативной части Сборника рецептов помещены таблицы норм взаимозаменяемости продуктов и продолжительности тепловой кулинарной обработки.

Рецептурная часть Сборника по объему самая большая, так как включает рецепты закусок, блюд, соусов, гарниров, напитков широкого ассортимента. Все рецепты составлены на основе нормативов, что можно проиллюстрировать на примере конкретного блюда «Бефстроганов» (табл. 4.1). Бефстроганов представляет собой мясо (говядину или телятину), нарезанное тонкими брусочками (массой 5...7 г), обжаренное с луком и прокипяченное со сметанным, соевым или томатным соусом. Рассмотрим I вариант рецептуры. Для получения 100 г жареного мяса необходимо взять 159 г полуфабриката говядины или телятины. При поступлении мяса в тушах (полутушах) для получения полуфабриката массой 159 г надо израсходовать 216 г говядины I категории упитанности (мясо на костях) или 214 г телятины (телятина по категориям упитанности не подразделяется). Если поступит говядина на костях II категории упитанности, то ее расход для выработки полуфабриката массой 159 г составит 226 г. Такое различие объясняется тем, что при механической обработке говяжьих полутуш I категории упитанности отходы (кости, сухожилия, пленки) и потери составляют 26,4 %, а II категории упитанности — 29,5 %. Если для приготовления бефстроганов поступит вырезка, замороженная блоками, то для получения

4.1. Рецептuru блюда «Бефстроганов» (г)

Сырье	Вариант рецептур					
	I		II		III	
	брутто	нетто	брутто	нетто	брутто	нетто
Говядина (вырезка, толстый, тонкий края, верхний и внутренний куски тазобедренной части)	216	159	162	119	107	79
Телятина	241	159	180	119	120	79
Лук репчатый	57	48	43	36	29	24
Маргарин столовый	15	15	10	10	7	7
Лук пассерованный		24		18		12
Мука пшеничная	6	6	5	5	4	4
Сметана	40	40	30	30	20	20
Соус соевый или томатный	5	5	4	4	3	3
Масса жареного мяса		100		75		50
Масса соуса и пассерованного лука		100		75		50
Гарнир № 757, 760...762, 764						
Выход	350		300		250	

полуфабриката массой 159 г расход брутто вырезки составит 187 г, так как 15 % массы вырезки — это отходы и потери, образующиеся при размораживании и зачистке вырезки от пленок.

Масса брутто расходуемого лука репчатого 57 г, а масса нетто очищенного промытого — 48 г, т. е. отходы и потери при очистке лука составляют 16 %. Остальные продукты при механической обработке отходов не имеют.

Масса гарнира (картофель отварной или жареный) может быть уменьшена или увеличена в зависимости от конкретных условий, соответственно этому должен быть изменен выход блюда. Вместо картофеля допускается использовать овощи: жареные помидоры, баклажаны, кабачки, отварную цветную капусту, овощную фасоль и др.

Во втором и третьем вариантах, в которых выход жареного мяса составляет соответственно 75 и 50 г, по нормативам масса полуфабриката и мяса на костях также ниже, пропорционально этому уменьшена закладка жиров, сметаны и других продуктов.

Предусмотренное рецептурой соотношение жареного мяса и соуса 1 : 1 оптимально, оно установлено на основании экспериментальных лабораторных и производственных проработок.

Из рассмотренной нами рецептуры блюда «Бефстроганов» видно, что при составлении рецептов каждая цифра должна быть обоснована, при этом последовательность действий должна быть следующей: принимают массу готового продукта (выход основного продукта); с помощью нормативных таблиц переходят от массы готового продукта к массе полуфабриката; с помощью этих же нормативных таблиц от массы полуфабриката переходят к массе сырья брутто, которая обычно зависит от степени промышленной обработки продовольственного сырья; в нашем примере для получения 100 г жареного мяса масса полуфабриката постоянная, а масса сырья брутто изменяется в зависимости от его качества.

Завершая рассмотрение рецептуры мясного блюда «Бефстроганов», следует отметить, что говядина и телятина выбраны для его приготовления не случайно, так как свинина и баранина плохо сочетаются со сметанным соусом из-за их повышенной жирности.

Если внимательно рассмотреть кулинарные рецептуры, помещенные в Сборнике, то легко заметить, что различные компоненты блюда находятся в определенной пропорции, оптимальной по органолептическим и физико-химическим показателям качества изделия и его стойкости при текущем хранении. Так, в соусах (мясных, рыбных, грибных, сметанных, молочных) мука, используемая как загуститель, и жир для ее пассерования расходуются в соотношении 1:1. После разведения мучной жировой пассеровки бульоном и кратковременного проваривания образуется эмульсия жира в крахмальном клейстере, стабилизатором которой служат белки, углеводы, липиды и минеральные вещества муки. Однако эмульгирующая способность мучного клейстера не безгранична, при увеличении закладки жира эмульсия получается нестойкой, излишний жир отделяется от эмульсии и всплывает на поверхность соуса.

Вторым примером из этой области может служить количество вкусоароматических компонентов — вина, корней петрушки, сельдерея и др. Например, в рецептуру грибного кисло-сладкого соуса кроме грибов входят изюм и чернослив. Увеличение закладки чернослива всегда приводит к отрицательному результату: сильные вкус и аромат чернослива маскируют, подавляют нежный приятный аромат грибов. В рецептурах блюд типа «мясо

в соусе» закладка лука репчатого составляет обычно 20...30 % к массе мяса. Лук усиливает вкус и аромат мясного блюда, однако дальнейшее увеличение его закладки не рекомендуется, так как это приводит к появлению сладкого привкуса, не свойственного мясному блюду, вследствие высокого содержания в луке Сахаров (8... 10 %). Определенный интерес в этом отношении представляют фаршированные кулинарные изделия (овощные, мясные, мучные). Например, «философия» мучных блюд состоит в том, чтобы в тонкой тестовой оболочке содержалось много вкусного сочного фарша.

Таким образом, рецептуры Сборника представляют собой количественные и качественные композиции продуктов, выработанные многими поколениями кулинаров и позволяющие приготавливать вкусную и внешне привлекательную пищу. Прежде чем вносить изменения в эти рецептуры или разрабатывать новые, необходимо глубоко изучить химический состав и свойства пищевых продуктов, понимать характер происходящих в них при кулинарной обработке физико-химических изменений и обладать данными дегустатора, способного воспринимать оттенки вкуса и запаха, а также вкусоароматический букет блюда или кулинарного изделия в целом.

Технологические инструкции, содержащиеся в Сборнике рецептов, представляют собой описательную часть технологического процесса механической обработки сырья и приготовления полуфабрикатов, закусок, блюд, напитков и мучных кулинарных, кондитерских и булочных изделий. Технологические инструкции дополняют рецептурную часть Сборника в отношении требований к качеству сырья, включения в рецептуру дополнительных компонентов, изменений выхода блюд.

Описательная часть Сборника, выполняющая роль технологических инструкций, включает введение, вступительные статьи к каждому разделу и подразделу, технологию приготовления каждого блюда, а также описание механической обработки сырья и выработки полуфабрикатов с ссылкой на соответствующие нормативные таблицы.

В технологических инструкциях приведены такие параметры технологического процесса, как температура греющей среды и продукта, продолжительность технологической операции и др.; содержатся рекомендации по использованию посуды, инвентаря, технологического оборудования. В последние годы на предприятиях общественного питания применяют много нового тех-

нологического оборудования: микроволновые печи, тостеры, грили, пароконвектоматы и др. Некоторые параметры тепловой кулинарной обработки могут изменяться в соответствии с инструкциями к этим аппаратам.

ОТРАСЛЕВЫЕ СТАНДАРТЫ

Отраслевые стандарты (ОСТы) на кулинарную продукцию разрабатываются специалистами соответствующих отраслей пищевой промышленности: мясной, птицеперерабатывающей, рыбной, консервной.

В настоящее время существуют ОСТы на кулинарные полуфабрикаты следующего группового ассортимента: мясные натуральные (крупнокусковые, порционные, мелкокусковые), мясные рубленые, из кур, цыплят, индеек, уток, утят, из рыбы (в виде тушки), картофеля и овощей.

Особенность ОСТа как нормативного документа состоит в том, что его требования к ассортименту кулинарной продукции, показателям ее качества и другие условия распространяются на предприятия всех ведомств и форм собственности, в том числе и на предприятия общественного питания. Это означает, что качество полуфабрикатов того ассортимента, который определен ОСТом, должно быть одинаковым на всей территории Российской Федерации независимо от того, какое предприятие эти полуфабрикаты вырабатывает.

ОСТы включают следующую информацию: название продукции, номер ОСТа, номер отраслевого классификатора продукции, срок действия, взамен какого нормативного документа вводится; область действия ОСТа; ассортимент продукции; технические требования к продукции, на которую разработан ОСТ; правила приемки и методы испытаний; упаковка, маркировка, хранение и транспортирование; перечень нормативной документации, на которую делались ссылки при разработке ОСТа.

ОСТ подписывается разработчиками, согласовывается с органом Санэпидслужбы РФ и утверждается руководителем ведомства — разработчика стандарта; к нему прилагается технологическая инструкция.

В системе общественного питания разработана своя технологическая инструкция на производство кулинарных полуфабрикатов, отражающая специфику предприятий и требования ОСТов.

Предприятия общественного питания не обязаны организовывать выработку полуфабрикатов и другой кулинарной продукции, на которую имеются ОСТы, они могут получать эту продукцию от пищевых предприятий по контрактам.

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИНСТРУКЦИИ НА ПРОДУКЦИЮ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

Технические условия и технологические инструкции (ТУ и ТИ) на продукцию общественного питания разрабатываются как отраслевые нормативные документы (действующие только в системе общественного питания). В настоящее время в системе общественного питания действует более 100 наименований ТУ и ТИ на продукцию общественного питания, в том числе и на полуфабрикаты, готовые кулинарные изделия, охлажденные блюда.

Технические условия включают следующую информацию: название ТУ, номер, срок действия, список разработчиков, согласование с органом Санэпидслужбы РФ, утверждение руководителем ведомства; ассортимент продукции общественного питания; технические требования, включая органолептические, микробиологические и физико-химические показатели качества; правила приемки; методы испытаний; расфасовка, упаковка, маркировка; перечень документов, на которые даны ссылки в ТУ; технологическая инструкция с подробным описанием процесса, включая правила хранения и использования продукции.

ТУ и ТИ обычно разрабатывают на продукцию общественного питания, которая вырабатывается большими партиями централизованно и предназначена для использования на предприятии-изготовителе, а также для снабжения других предприятий общественного питания и розничной торговой сети.

СТАНДАРТ ПРЕДПРИЯТИЯ

Стандарт предприятия (СТП) разрабатывают на кулинарные изделия, приготавливаемые с применением нетрадиционных способов холодной и тепловой обработки пищевых продуктов, а также на новые торгово-технологические процессы.

Проект стандарта предприятия согласовывается с территориальным органом санэпидслужбы и утверждается руководителем предприятия.

СТП по своему содержанию не должны противоречить ГОСТам и другим нормативным документам.

СТП содержит следующую информацию: наименование изделия и область применения СТП; перечень сырья, применяемого для приготовления блюда или кулинарного изделия, с указанием нормативной документации на сырье; требования к качеству сырья в части соответствия его ГОСТам, ОСТам, ТУ, медико-биологическим требованиям и санитарным нормам, сертификат соответствия и удостоверение качества; нормы закладки сырья массой брутто и нетто, выхода полуфабриката и готовой продукции; описание технологического процесса приготовления продукции с выделением параметров, обеспечивающих безопасность продукции, специфики нетрадиционных технологических приемов, перечень применяемых пищевых добавок и пр.; требования к оформлению, подаче, реализации и хранению продукции в соответствии с ГОСТ Р 50763-95 «Общественное питание. Кулинарная продукция, реализуемая населению. Общие технические условия» и санитарно-эпидемиологическими правилами СанПиН 2.3.6.959-00; способ транспортирования — в соответствии с санитарными правилами; тип упаковки и маркировки с указанием вида тары, упаковочного материала, разрешенного Минздравом для контакта с пищевыми продуктами в соответствии с ГОСТ Р 50763-95; показатели качества и безопасности с указанием органолептических свойств и основных физико-химических и микробиологических показателей в соответствии с СанПиН 2.3.6.959—00; методы испытаний с указанием методов контроля и периодичности каждого исследования по проверяемым характеристикам безопасности продукции, контрольных нормативов и объемов контролируемой партии; требования охраны окружающей среды с указанием экологических требований для предупреждения нанесения вреда окружающей природной среде, здоровью и генетическому фонду человека при производстве продукции; информационные данные о пищевой и энергетической ценности продукции с указанием содержания белков, жиров, углеводов и калорийности.

Стандарт предприятия вводится в действие приказом по предприятию общественного питания.

ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ

Технико-технологические карты (ТТК) на блюда и кулинарные изделия составляют на новые виды продукции, вырабатываемые и реализуемые только на данном предприятии обществен-

ного питания (на продукцию, поставляемую другим предприятиям общественного питания, ТТК не распространяются).

ТТК включают следующую информацию о продукции: наименование изделия и область применения; перечень сырья, необходимого для приготовления блюда (изделия); требования к качеству сырья с указанием о его соответствии нормативным документам (ГОСТам, ОСТам, ТУ), наличие сертификата соответствия и удостоверения качества; нормы закладки сырья массой брутто, нетто, выхода полуфабриката и готовой продукции на 1, 10 и более порций; описание технологического процесса приготовления блюда или кулинарного изделия с указанием параметров и приемов, обеспечивающих выполнение требований безопасности, установленных действующими нормативами; требования к оформлению, подаче, реализации, хранению в соответствии с ГОСТ Р 50763-95 «Общественное питание. Кулинарная продукция, реализуемая населению. Общие технические условия», СанПиН 2.3.6.959-00, условиями и сроками хранения особо скоропортящихся продуктов; критерии качества и безопасности с указанием органолептических, физико-химических и микробиологических показателей в соответствии с действующими нормативами; показатели пищевой ценности с указанием содержания белков, жиров, углеводов, минеральных веществ, витаминов и калорийности.

Для каждой ТТК устанавливают срок действия.

ТТК подписывает разработчик и утверждает директор предприятия.

Каждой технико-технологической карте присваивают порядковый номер в картотеке предприятия общественного питания.

В настоящей главе рассмотрена только та нормативная документация, которая относится к правилам составления рецептов на продукцию общественного питания, основным технологическим приемам приготовления пищи. Нормативные документы, регулирующие безопасность и пищевую ценность продукции общественного питания, рассматриваются в дисциплинах «Санитария и гигиена питания», «Физиология питания», «Исследование и контроль качества продукции общественного питания».

Контрольные вопросы и задания

1. Из каких основных разделов состоят сборники рецептов блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания?

2. В чем заключаются основные принципы построения рецептуры на блюдо или кулинарное изделие?
3. Для чего нужны нормативы расхода сырья, выхода полуфабрикатов и готовой продукции, содержащиеся в сборниках рецептов?
4. Какую роль играют технологические инструкции в обеспечении качества продукции общественного питания?
5. Расскажите об основных положениях СТП на продукцию общественного питания.

Глава 5

ОСНОВНЫЕ КРИТЕРИИ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

Качество продукции общественного питания представляет собой совокупность свойств, обуславливающих ее способность удовлетворять рациональные потребности человека в питании.

Основные критерии качества продукции общественного питания—пищевая ценность и безопасность для человека.

ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ ПРОДУКЦИИ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

Как один из основных критериев качества пищевая ценность продукции общественного питания характеризуется количественным содержанием и качественным составом белков, жиров, углеводов, минеральных веществ, витаминов, а также энергетической ценностью и органолептическими показателями.

Количественное содержание основных пищевых веществ в закусках, блюдах, напитках, мучных кулинарных и кондитерских изделиях определяют физико-химическими методами анализа, после чего рассчитывают энергетическую ценность разных видов кулинарной продукции, отдельных приемов пищи (завтрака, обеда, ужина) и всего суточного рациона питания.

Судить о том, насколько фактическое содержание пищевых веществ в продукции соответствует рациональным потребностям людей, можно, сравнивая полученные данные с Нормами физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии для взрослого человека (18...59 лет), разработанными учеными НИИ питания РАМН.

Для среднестатистического человека эти суточные нормы приведены ниже.

Основное пищевое вещество	Норма
Белки	88 г
в том числе животные	48 г
Жиры	107 г
в том числе растительные	32 г
Усвояемые углеводы	422 г
в том числе моно- и дисахариды	75 г
Пищевые волокна	22,5 г
в том числе клетчатка и пектин	12,5 г
Жирные кислоты:	
полиненасыщенные	10 %
насыщенные	30 %
мононенасыщенные	60 %
Макроэлементы:	
кальций	800 мг
фосфор	1200 мг
кальций: фосфор	1:1,5
магний	400 мг
кальций: магний	1:0,7
калий	3750 мг
натрий	5000 мг
хлор	8500 мг
сера	1000 мг
Микроэлементы:	
железо	14 мг
цинк	15 мг
йод	0,15 мг
фтор	3 мг
Витамины:	
тиамин (В ₁)	1,6 мг
рибофлавин (В ₂)	1,8 мг
пиридоксин (В ₆)	1,9 мг
пантотеновая кислота (В ₃)	12,5 мг
фолацин (В ₉)	200 мкг
кобаламин (В ₁₂)	3 мкг
ниацин (РР) (ниацин-эквивалент)	21 мг
аскорбиновая кислота (С)	85 мг
А (эквивалент ретинола)	900 мкг
Е (эквивалент токоферола)	10...20 мг
группы D (холекальциферол)	2,5 мкг
Энергетическая ценность	3000 ккал

Приведенные выше средние нормы могут быть выше или ниже на 20...30 % для конкретного человека в зависимости от его возраста, пола и интенсивности трудовой деятельности. Коррективы в нормы внесены также для жителей Крайнего Севера, беременных и кормящих женщин, детей и подростков, людей пожилого возраста.

Нормы физиологических потребностей — составная часть концепции сбалансированного питания, разработанной под руководством акад. А. А. Покровского.

В соответствии с нормами физиологических потребностей Институтом питания РАМН разработаны примерные величины потребления пищевых продуктов в среднем на душу населения, (г в день): хлеб и хлебопродукты (в пересчете на муку) — 279, картофель — 310, овощи, зелень, бахчевые — 381, свежие фрукты и ягоды — 194, сахар — 112, пищевые жиры — 33, мясо и мясопродукты — 232, молоко и молочные продукты (в пересчете на молоко) — 1096, рыба и рыбопродукты — 65, яйца (шт.) — 0,8.

Для отдельных групп населения (беременные и кормящие женщины, спортсмены, дети, подростки и др.) также разработаны примерные величины потребления пищевых продуктов, соответствующие физиологическим потребностям.

Приведенный выше перечень пищевых продуктов для среднесуточного потребления свидетельствует о том, что питание должно быть разнообразным, отдавать предпочтение какому-либо одному продукту или группе продуктов нежелательно. При включении в рацион блюд из круп, бобовых, макаронных и мучных изделий потребление печеного хлеба, мучных кулинарных и кондитерских изделий должно быть соответственно сокращено. Потребление сахара предусматривается в составе блюд и напитков и в небольших количествах в виде сахаристых кондитерских изделий. Сравнительно небольшая норма пищевых жиров связана с тем, что жиры входят в состав мяса, рыбы, молочных продуктов и яиц.

В рационе питания должны преобладать: хлеб — из пшеничной и ржаной муки низших сортов; овощи, фрукты и ягоды — натуральные (неконсервированные); молочные продукты — из натурального (а не восстановленного) молока; пищевые жиры натуральные. Желательно, чтобы в рационе было как можно меньше продуктов длительного хранения. Указанные выше предпочтения и ограничения связаны с тем, что переработанные продукты и продукты длительного хранения практически лишены витаминов.

В рационе всех групп населения должны присутствовать кисломолочные продукты (простокваша, ацидофилин, кефир, ря-

женка, йогурт без сахара) промышленной выработки на чистых заквасках.

В квашеных и соленых овощах витамины сохраняются хорошо, если они хранились погруженными в рассол при температуре 10... 12 °С, что позволяет в зимний период заменять часть свежих овощей солеными и квашеными.

В соответствии с принципами рационального питания в суточном рационе необходимо поддерживать определенное соотношение основных пищевых веществ. Если энергетическую ценность суточного рациона принять за 100 %, то энергетическая ценность белков в нем должна составить 12 %, жиров — 33, углеводов (крахмал, сахара) — 55 %. При расчете фактической энергетической ценности рациона питания исходят из того, что 1 г белка и 1 г углеводов дают организму по 4 ккал энергии, а 1 г жира — 9 ккал. Лимитирующим веществом в указанном соотношении является белок, снижение или увеличение его содержания в рационе питания более или менее длительное время приводит к нарушению обмена веществ в организме людей. Потребность в белке составляет 1... 1,5 г в день в расчете на 1 кг массы тела. Низшие значения этой нормы относятся к пожилым людям, занятым легким физическим трудом, высшие — к молодым людям, занятым тяжелым физическим трудом. Норма потребления белка для женщин на 10... 15 % меньше, чем для мужчин.

Биологическая ценность белков — важный критерий качества продукции общественного питания. В приведенных выше нормах физиологических потребностей в пищевых веществах указано, что животные белки должны составлять 55 % их общей потребности. Это требование объясняется тем, что большинство животных белков является полноценными, т. е. содержат все 8 незаменимых аминокислот, не синтезирующихся в организме человека. Недостаток в рационе питания даже одной из незаменимых аминокислот приводит к задержке синтеза белка в организме человека и, как следствие этого, задержке роста, снижению массы тела и другим отклонениям от нормы. Из восьми незаменимых аминокислот наибольшее физиологическое значение имеют три: триптофан, лизин и метионин + цистин, соотношение их в пищевом рационе должно быть 1:3:3.

При оценке белковой питательной ценности кулинарной продукции следует руководствоваться принципом сбалансированности незаменимых аминокислот в белковом компоненте пищи, которая адекватна сбалансированности их в организме человека.

**5.1. Содержание аминокислот (г/100 г белка)
и аминокислотный скор белков (%)**

Незаменимая аминокислота	Шкала ФАО/ВОЗ		Говядина		Мясо трески		Пшенич- ная мука		Рисовая крупа	
	г/100 г	%	г/100 г	%	г/100 г	%	г/100 г	%	г/100 г	%
Изолейцин	4,0	100	4,8	120	4,7	117	3,5	87	4,4	110
Лейцин	7,0	100	8,1	116	8,5	121	7,2	103	8,6	123
Лизин	5,5	100	8,9	162	10,0	182	3,1	56	3,8	69
Метионин + + цистин	3,5	100	4,0	114	4,5	129	4,3	123	3,8	108
Фенилаланин+ + тирозин	6,0	100	8,0	133	9,0	150	8,1	135	8,6	143
Треонин	4,0	100	4,6	115	5,2	130	3,1	77	3,5	87
Валин	5,0	100	5,0	100	5,2	104	4,7	94	6,1	122
Триптофан	1,0	100	1,1	110	1,1	110	1,2	120	1,4	140

Соотношение незаменимых аминокислот в исследуемом продукте сравнивают с соотношением их в стандартной шкале для идеального белка, рекомендованной объединенным комитетом ФАО/ВОЗ при ООН (ФАО — Комитет по продовольствию и сельскому хозяйству, ВОЗ — Всемирная организация здравоохранения).

В табл. 5.1 представлены стандартная шкала и аминокислотный скор белков некоторых растительных и животных продуктов. Скор рассчитывают как отношение количества аминокислоты в исследуемом белке к количеству этой аминокислоты в стандартной шкале идеального белка и выражают в процентах. Аминокислота, скор которой меньше 100 %, считается лимитирующей. Из таблицы видно, что в пшеничной муке и рисовой крупе белки неполноценные, лимитирующей аминокислотой в белках этих продуктов является лизин. В то же время в белках говядины и мяса трески лимитирующих аминокислот нет, белки этих продуктов полноценные. Для продукции общественного питания, вырабатываемой по известным рецептурам, аминокислотный скор можно рассчитать, руководствуясь таблицами химического состава пищевых продуктов. Если рецептура продукции не известна, то для расчета аминокислотного сора надо химическим путем определить аминокислотный состав белков этой продукции по общепринятой методике.

В качестве критерия качества мясных полуфабрикатов может быть использован белковый качественный показатель, представ-

ляющий собой отношение триптофана к оксипролину. Триптофан — аминокислота, типичная для мышечных белков мяса, она полностью отсутствует в соединительной ткани. Оксипролин — аминокислота, типичная для белков соединительной ткани (коллагена и эластина), она полностью отсутствует в мышечных белках. Чем больше белковый качественный показатель, тем выше пищевая ценность мяса, тем больше в мясе мышечной ткани, мышечных белков, незаменимых аминокислот. Так, в говяжьей туше белковый качественный показатель мышц, расположенных в спинной, поясничной и тазобедренной областях равен 13,2...8,6; мышц лопаточной, грудной и шейной частей 7,2...6,0; голяшек, пашины, покромки, обрезки 5,5...4,0. Таким образом, по величине белкового качественного показателя можно судить о пищевой ценности мясного кулинарного полуфабриката и готового мясного изделия.

Усвояемость белков так же, как и описанные выше показатели, характеризует их биологическую ценность для человека. По данным медико-биологических исследований, белки животного и растительного происхождения усваиваются соответственно на 90...95 и 70...80%. Тепловая кулинарная обработка продуктов может существенно влиять на усвояемость белков. Мягкие режимы тепловой обработки, при которых продукт нагревается до 80...90 °С, как правило, повышают усвояемость белков. Жесткие режимы, при которых продукт нагревается до 100 °С более или менее продолжительное время, снижают усвояемость белков вследствие чрезмерного уплотнения белковых гелей, образования белково-липидных и белково-углеводных комплексов.

О степени усвояемости белков кулинарной продукции можно судить по переваримости белков препаратами пищеварительных ферментов в лабораторных условиях, имитирующих их переваримость в пищеварительном тракте человека. Метод основан на последовательном воздействии на навеску белкового продукта пепсином, а затем трипсином. Анализ проводят *in vitro* в специальном приборе при температуре 37 °С. Гидролиз белков пепсином при рН 1,2 в течение 4 ч в присутствии соляной кислоты воспроизводит переваримость белков в желудке. После нейтрализации соляной кислоты и доведения рН среды до 8,2...8,6 добавляют трипсин (или химотрипсин), продолжают гидролиз белков этой же навески, воспроизводя переваримость белков в двенадцатиперстной кишке и тонком кишечнике. При этом надо иметь в виду, что в естественных условиях (*in vivo*) гидролиз белков идет значительно сложнее, с участием большего набора ферментов,

поэтому данные лабораторных исследований можно использовать лишь как предварительный прогноз о влиянии каких-либо технологических или других факторов на усвояемость белков продукции общественного питания. Для сравнения в качестве контрольного проводят опыт с белком, переваримость которого известна как хорошая (казеин молока, яичный альбумин и др.).

Биологическую ценность белков в продукции общественного питания можно определить и микробиологическим методом с использованием тест-организма *Tetrahymena rugiformis* (реснитчатая инфузория). Метод основан на том, что исследуемый белок используют в качестве питательной среды для жизнедеятельности и размножения инфузории. В качестве контроля берут казеин молока. Относительную биологическую ценность исследуемого белка рассчитывают как отношение числа инфузорий, выросших в единице объема раствора с испытуемым белком, к числу инфузорий, выросших на казеине.

Биологическая ценность липидного компонента продукции общественного питания (жиров) характеризует пищевую ценность продукции. Жиры служат источником энергии для организма человека, а также участвуют в пластических процессах, входя в структуру клеточных мембран, и в обмене веществ. Жиры поставляют в организм витамины А, D, Е и К и ненасыщенные (непредельные) жирные кислоты, являющиеся незаменимыми факторами питания. Как уже отмечалось, нормы физиологических потребностей в пищевых веществах предусматривают содержание в пищевом рационе жиров как животного, так и растительного происхождения в соотношении примерно 6:4. Наряду с этим с жирами в организм человека поступают такие биологически активные вещества, как фосфолипиды и стерины.

Биологически активным началом в растительных маслах являются ненасыщенные жирные кислоты: олеиновая, линолевая, линоленовая и арахидоновая, имеющие в углеродной цепи соответственно одну, две, три и четыре ненасыщенных (двойных) связей. Кроме того, растительные масла служат источниками фосфолипидов и токоферола (витамина Е).

Животные жиры являются поставщиками насыщенных жирных кислот, олеиновой кислоты, а также р-ситостерина, холестерина и витаминов А и D.

Таким образом, основной критерий качества продукции общественного питания — содержание в пище разнообразных жиров в рекомендуемых соотношениях.

Важная особенность жиров, которую необходимо учитывать в технологии — высокая химическая активность к кислороду, содержащемуся в окружающем воздухе, в самом продукте и в воде. При хранении продуктов, кулинарных полуфабрикатов и готовой продукции общественного питания, а также в процессе тепловой кулинарной обработки жиры окисляются. Кислород присоединяется по месту двойных связей, в результате чего жирные кислоты превращаются в насыщенные соединения и утрачивают свою биологическую активность. Более того, образующиеся при этом перекиси, гидроперекиси, окислительные, карбонильные, дикарбонильные соединения, эпокисы, продукты их взаимодействия и распада обладают неприятными вкусом и запахом. При тепловой кулинарной обработке продуктов, особенно при жарке, окисление жиров усиливается с образованием продуктов полимеризации жирных кислот с сопряженными двойными связями.

Катализаторами процесса окисления жиров служат свет, повышенная температура, контакт с кислородом (например, воздуха), ионы тяжелых металлов. Свободные жирные кислоты окисляются легче, чем жирные кислоты, связанные в триглицеридах. В связи с этим в технологии продукции общественного питания целесообразно использовать свежие жиры, срок использования которых не истек. Накопление в жирах свободных жирных кислот происходит под действием липолитических ферментов. Рафинированные растительные масла более устойчивы при хранении по сравнению с нерафинированными, однако они лишены такого важного биологически активного вещества, как фосфолипиды. Стандарты ограничивают содержание свободных жирных кислот в пищевых жирах. Для каждого вида жира установлено предельно допустимое кислотное число (обычно 0,2...2,25), которое указывает на количество мг КОН, необходимое для нейтрализации свободных жирных кислот в 1 г жира.

О степени окисленности жира можно судить по увеличению его плотности в результате присоединения кислорода, по снижению йодного числа, указывающего на степень ненасыщенности жирных кислот, по увеличению коэффициента преломления, по наличию перекисей, окислительных, карбонильных соединений и другим показателям.

В технологии продукции общественного питания широко применяют жарку продуктов во фритюре, когда нагретый жир используется несколько часов. В этих условиях перекиси, гидроперекиси и другие первичные продукты окисления жира распа-

даются с образованием термостабильных продуктов окисления, которые обладают мутагенным и канцерогенным действием на живые организмы. Предельно допустимые уровни содержания продуктов окисления в пищевых жирах пока не установлены. Считают, что во фритюре общее количество термостабильных продуктов окисления не должно превышать 1%.

Таким образом, для обеспечения высокой пищевой ценности продукции общественного питания для жарки необходимо использовать термостойкие жиры, температура и продолжительность жарки продуктов должны быть минимальными, фритюрные жиры следует периодически проверять на содержание продуктов окисления.

Кулинарная обработка продуктов сопровождается потерями некоторого количества пищевых веществ. Особенно велики потери при тепловой обработке. Расчеты комплексного показателя качества кулинарной продукции методами квалиметрии показали, что комплексный показатель качества пищи, приготовленной варкой, составляет 0,932...0,863, жаркой — 0,830...0,765. Это обстоятельство необходимо учитывать при составлении рационов питания для населения, в том числе для детей.

Пищевая ценность продукции общественного питания может быть достаточно высокой при условии, что она обладает хорошими органолептическими показателями качества. К органолептическим показателям относятся внешний вид продукции, ее вкус, запах и консистенция. В дополнение к этим основным показателям иногда оценивают прозрачность (бульоны, соки), цвет на разрезе (мясные рубленые изделия) и др. Органолептический анализ качества пищи осуществляют при помощи органов чувств. На предприятиях общественного питания органолептическую оценку качества продукции проводят профессионалы, работающие в этой области: ведущие кулинары и кондитеры, начальники цехов, шеф-повара, директора предприятий и их заместители, инженеры-технологи, санитарные врачи и врачи-диетологи, а также повара и кондитеры, непосредственно связанные с приготовлением пищи. Органолептический анализ качества продукции общественного питания обычно предшествует инструментальному анализу. Каждый показатель органолептической оценки является комплексным. Так, при оценке внешнего вида обращают внимание на форму кулинарного изделия, характер поверхности, форму и однородность нарезки, цвет или цветовой оттенок, равномерность распределения компонентов и другие показатели.

Запах обычно оценивают как свойственный или несвойственный данному изделию, посторонний, ослабленный и пр.

Вкус может быть типичным для данного вида продукции или нетипичным, с посторонним привкусом, с преобладанием вкуса какого-либо второстепенного компонента. Вкус оценивают как соленый, сладкий, кислый и горький, а также их сочетанием. Так, вкус борща должен быть кисло-сладким.

Консистенция может быть густой или жидкой, упругой, рыхлой, волокнистой, клейкой, крошливой и т. д., свойственной данному кулинарному изделию или нет.

Органолептическая оценка качества продукции обычно сопровождается сложной характеристикой отдельных показателей. Так, при оценке качества блюда «Овощи, припущенные в молочном соусе» указывают следующее:

- внешний вид — овощи нарезаны кубиками, форма их сохранилась хорошо, заправлены соусом кремового цвета;
- запах — вареных овощей, молока и сливочного масла, приятный;
- вкус — вареных овощей, слегка сладковатый, приятный;
- консистенция: овощей — мягкая, сочная; соуса — однородная, жидкой сметаны.

Приведенные выше показатели качества блюда дают основания оценить его как отличное, а при балльной оценке — 5 баллов. В то же время на практике, в условиях конкретного предприятия, в рассматриваемом блюде могут быть выявлены следующие отклонения от приведенного выше эталона качества: во внешнем виде — часть овощей имеет произвольную форму, некоторые кусочки разрушились при припускании, цвет соуса имеет темный оттенок в результате высокой температуры пассерования муки; в запахе — запах подгоревшего молока, несвежего сливочного масла; во вкусе — привкус прогорклого сливочного масла (или сливочного маргарина); в консистенции — морковь и репа недостаточно мягкие, соус слишком густой. Выявленные дефекты подразделяют на допустимые и недопустимые. В нашем примере к недопустимым дефектам относятся запах подгоревшего молока и прогорклый вкус и запах сливочного масла. Остальные дефекты в той или иной степени снижают общую оценку качества блюда.

На предприятиях общественного питания органолептическую оценку качества продукции проводят ежедневно, причем

оценивают каждую партию продукции, о чем делают запись в бракеражном журнале. В отдельных случаях при подготовке к выпуску новой продукции или внесении изменений в рецептуру и технологию ранее выпускавшейся продукции, органолептическую оценку качества проводят на дегустационных совещаниях, с обсуждением результатов дегустации и принятием рекомендаций. В некоторых отраслях пищевой промышленности для органолептической оценки качества продуктов привлекают профессиональных дегустаторов (дегустаторы чая, кофе, вин, ликероводочных, кондитерских изделий и пр.).

Таким образом, пищевая ценность продукции общественного питания зависит, с одной стороны, от пищевой ценности используемого продовольственного сырья и пищевых продуктов, их рационального сочетания в рецептурах, с другой стороны, от правильности проведения технологического процесса приготовления пищи (соблюдения температурных и других параметров, последовательности технологических операций и пр.).

БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОДУКЦИИ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

Проблема безопасности продукции общественного питания включает три аспекта:

- безопасность продовольственного сырья и пищевых продуктов, используемых для приготовления пищи;
- строгое выполнение санитарно-эпидемиологических правил работы предприятий общественного питания для предотвращения возникновения и распространения инфекционных заболеваний и пищевых отравлений;
- выявление вредных веществ эндогенной природы, образующихся в пищевых продуктах в процессе их кулинарной обработки.

Безопасность продовольственного сырья и пищевых продуктов обеспечивается защитой пищевых продуктов и сырья от попадания в них токсинов, вырабатываемых микроорганизмами, антибиотиков, пестицидов, нитратов, нитритов, диоксинов и диоксиноподобных соединений, окислов и солей тяжелых металлов, полициклических ароматических углеводородов, радионуклидов, не разрешенных в установленном порядке пищевых добавок.

Стандартами и другой нормативной документацией на пищевые продукты и продовольственное сырье установлены предель-

но допустимые уровни содержания в них перечисленных выше вредных веществ. Это дает основание считать, что использование на предприятиях общественного питания сертифицированного продовольственного сырья и пищевых продуктов служит гарантией от попадания в готовую пищу вредных веществ экзогенной природы.

В соответствии с Федеральным законом «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» № 52-ФЗ от 30 марта 1999 г. при организации общественного питания все юридические и физические лица должны соблюдать Санитарно-эпидемиологические требования к организациям общественного питания, изготовлению и оборотоспособности в них продовольственного сырья и пищевых продуктов (СП 2.3.6.959—00). Эти требования относятся к территориальному размещению и проектированию предприятий общественного питания; водоснабжению и канализации (включая нормы расходы воды на обработку сырья и другие нужды); условиям работы в производственных помещениях; устройству и содержанию помещений; технологическому, холодильному и прочему оборудованию, инвентарю, посуде и таре; транспортировке, приему и хранению сырья, пищевых продуктов; технологической обработке сырья и производству продукции; раздаче блюд и отпуску полуфабрикатов и кулинарных изделий; выработке кондитерских изделий с кремом; производству мягкого мороженого; борьбе с насекомыми и грызунами; личной гигиене персонала; к организации производственного контроля за качеством продукции, включая микробиологические исследования.

Микробиологические нормативы для кулинарной продукции, вырабатываемой предприятиями общественного питания, ограничивают содержание общего количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, бактерий группы кишечной палочки, коагулазоположительных стафилококков, бактерий группы протей, патогенных микроорганизмов, в том числе рода сальмонелл. Более жесткие ограничения установлены для кондитерских изделий с кремом. Кроме того, установлен порядок проведения медицинских осмотров работников цехов перед началом рабочего дня.

Технологические инструкции, действующие на предприятиях общественного питания, так же, как и санитарные правила, направлены на обеспечение микробиологической безопасности потребителей. В качестве примера можно привести правила жар-

ки полуфабрикатов из рубленого мяса, птицы, рыбы, согласно которым обжаренные с двух сторон изделия следует дожарить 5...7 мин в жарочном шкафу при температуре 250...270 °С для достижения в геометрическом центре изделий температуры 85...90 °С. При указанных температурах отмирают все вегетативные формы микроорганизмов, в том числе потенциально опасные для человека. Последующее хранение жареных изделий при температуре 65...70 °С исключает возможность размножения остаточной микрофлоры.

Таким образом, гарантией санитарно-эпидемиологического благополучия продукции общественного питания является строгое соблюдение санитарных правил и технологических инструкций.

Вещества эндогенной природы, вредные для организма человека, образуются при тепловой кулинарной обработке, в особенности при жарке в ходе карбонил-аминных реакций с образованием окрашенных веществ разного химического состава, называемых меланоидинами. Медико-биологические исследования последних лет указывают на то, что меланоидины являются предшественниками канцерогенных веществ.

При тепловой кулинарной обработке мяса, птицы и рыбы в результате реакций между креатином, свободными аминокислотами и редуцирующими сахарами образуются гетероциклические ароматические амины, обладающие высокой мутагенной и канцерогенной активностью, намного превышающей активность афлатоксинов и других канцерогенов, встречающихся в составе пищевых продуктов.

Таким образом, критериями безопасности продуктов общественного питания являются полное отсутствие в продукте или содержание в пределах допустимых уровней чужеродных веществ экзогенной природы, оказывающих отрицательное воздействие на человека; минимизация содержания в готовой продукции мутагенных и канцерогенных веществ эндогенной природы, образующихся в продуктах в процессе технологической обработки продовольственного сырья и последующего хранения полуфабрикатов и готовой продукции (карбонильных соединений, фурфурола и оксиметилфурфурола, перекисей и гидроперекисей, гетероциклических ароматических аминов, продуктов декарбокислирования свободных аминокислот, продуктов карбонил-аминных реакций и др.), а также отсутствие или содержание в допустимых пределах санитарно-показательных и потенциально опасных бактерий, плесеней и продуцируемых ими токсинов.

Максимально допустимые нормы содержания чужеродных веществ, микроорганизмов и их метаболитов регламентированы СанПиН 2.3.6.1079-01.

Контроль качества продукции общественного питания проводят на всех этапах ее производства, хранения и реализации. На предприятиях его осуществляют руководители и их заместители, инженеры-технологи, шеф-повара, начальники цехов и другие работники, которые должны иметь соответствующую профессиональную подготовку. Наряду с этим качество продукции предприятий общественного питания контролируют санитарные врачи местных организаций санэпидслужбы системы Минздрава РФ, а также специалисты департаментов потребительского рынка и услуг местных администраций.

Проверка качества продукции общественного питания включает органолептическую оценку (внешний вид, вкус, запах, консистенция и другие показатели) и в случае сомнительного качества — лабораторный контроль в специализированных пищевых лабораториях.

Результаты проверки качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции фиксируют в бракеражном, контрольном или санитарном журнале, имеющемся на каждом предприятии общественного питания, а также актами. Администрация предприятия общественного питания обязана быстро устранять выявляемые недостатки, наказывать виновных и анализировать материалы проверок для обеспечения отличного стабильного качества продукции в соответствии с технологическими инструкциями и другими нормативными документами.

Контрольные вопросы

1. Что включает в себя понятие пищевой ценности продукции общественного питания?
2. Для чего служат нормы физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии?
3. Чем обусловлена биологическая ценность белков?
4. По каким показателям можно судить о степени усвояемости белков?
5. Какие жиры рекомендуется включать в состав пищевого рациона?
6. Может ли снижаться пищевая ценность жиров при их хранении и тепловой кулинарной обработке?
7. В чем заключается сущность органолептической оценки качества продукции общественного питания?
8. Каковы основные критерии безопасности продукции общественного питания?

Раздел II

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ ПРИ ИХ КУЛИНАРНОЙ ОБРАБОТКЕ

Глава 6

ИЗМЕНЕНИЯ БЕЛКОВ И ДРУГИХ АЗОТИСТЫХ ВЕЩЕСТВ

В технологических процессах производства продукции общественного питания белки пищевых продуктов подвергаются гидратации, дегидратации, денатурации и деструкции, а низкомолекулярные азотистые вещества — пиролизу с образованием новых химических веществ.

Указанные процессы по-разному влияют на пищевую ценность и безопасность пищи и требуют более детального рассмотрения.

ГИДРАТАЦИЯ И ДЕГИДРАТАЦИЯ БЕЛКОВ

Пищевая ценность, вкусовые качества пищевых продуктов, их стойкость при хранении обусловлены входящими в их состав веществами органического и неорганического происхождения. Из всех компонентов продуктов питания наибольшее влияние на их свойства оказывает вода. Во многих пищевых продуктах, и даже в тех, в которых содержание воды было преднамеренно снижено в процессе обработки с целью повышения их стойкости при хранении, на ее долю приходится наибольший удельный вес. Так, в сушеном картофеле, общая влажность которого составляет 6,5 %, на каждые 3,6 моль воды приходится 3,1 моль крахмала и 0,46 моль белка.

Характер воздействия воды на процессы, протекающие при производстве пищевых продуктов, определяется прежде всего общим количеством воды и формами связи ее с другими компонентами, в основном с белками.

По количеству влаги пищевые продукты целесообразно разделить на три основные группы: продукты с высокой влажностью (более 40 % воды), со средней, или промежуточной, влажностью (10...40 % воды), и с низкой влажностью (менее 10 % воды).

Влажность пищевых продуктов непосредственно связана с таким показателем их качества, как активность воды (a_w), величина которой влияет на течение химических реакций и размножение микроорганизмов в продукте. Более подробно этот вопрос рассмотрен в главе 14.

Различают четыре формы связи влаги с материалами, и в частности с компонентами пищевых продуктов: химическую, адсорбционную, осмотическую и капиллярно-связанную.

Химически связанную воду подразделяют на воду гидрата в составе гидроксильных групп (ионная связь) и воду молекулярных соединений в виде кристаллогидратов (молекулярная связь). Из всех форм связи химически связанная вода обладает наибольшей энергией.

Адсорбционно-связанная вода характеризуется средней интенсивностью прочности связи. Она образуется в результате притяжения диполей воды полярными молекулами, расположенными на поверхности субстрата. При образовании такой связи молекулы воды могут сохранять свои свойства, в этом случае происходит физическая адсорбция. Если молекула воды расщепляется на ионы, то происходит химическая адсорбция, или хемосорбция.

Одновременно с адсорбцией водяных паров или воды на поверхности молекул продукта возможна диффузия влаги в массу сорбента. В этом случае наблюдается процесс абсорбции.

Увлажнение капиллярно-пористых тел, к которым относится большинство пищевых продуктов, происходит в результате адсорбции влаги, образования раствора и проникания его в клетки пищевого продукта за счет разности концентраций растворенных веществ. Образуется осмотически связанная вода.

Пищевые продукты представляют собой капиллярно-пористые тела с порами различного диаметра, которые могут быть заполнены жидкостью. Капиллярно-связанная влага образуется в результате адсорбции воды стенками капилляров и понижения давления водяного пара над вогнутым мениском жидкости.

Гидратация белков пищевых продуктов в основном обусловлена адсорбционно- и химически связанной водой.

Аминокислоты, из которых состоит белок, относятся к амфотерным веществам, обладающим одновременно свойствами кис-

лот и оснований. Это объясняется тем, что все амино- и карбоксильные группы аминокислот заняты в образовании пептидных связей. В молекулах диаминокислот остаются свободными аминогруппы, а в молекулах моноаминодикарбоновых кислот — карбоксильные группы. Например, при растворении белка в воде от карбоксильных групп отщепляются протоны, и белок приобретает свойства слабой кислоты.

Появляющиеся в растворе протоны присоединяются к NH_2 -группам, вследствие чего они переходят в ионизированную форму — NH_3^+ . В сильноокислой среде биполярный ион аминокислоты превращается в катион, способный двигаться к катоду в электрическом поле. В щелочной среде биполярный ион аминокислоты превращается в анион. Таким образом, молекула белка несет положительный или отрицательный заряд.

Амфотерность белков определяется не только присутствием свободных карбоксильных или аминогрупп в белке, но и наличием других функциональных группировок. Слабо выраженными кислотными свойствами обладают SH-группа цистеина и OH-группа тирозина.

Поскольку молекула воды также обладает полярностью, то при контакте белка с водой диполи воды адсорбируются поверхностью белковой молекулы, группируясь вокруг полярных групп. Эти группы называют гидрофильными (рис. 6.1).

Адсорбционная вода удерживается белком благодаря образованию между их молекулами водородных связей, которые относятся к разряду относительно слабых. Однако это свойство компенсируется значительным их числом: каждая молекула воды способна образовать 4 водородные связи, которые распределяются между полярными группами белка и соседними молекулами воды. В результате адсорбционная вода в белке оказывается довольно прочно связанной: она не отделяется от белка самопроизвольно и не может служить растворителем для других веществ.

На поверхности белковой молекулы имеется два вида полярных групп: связанные и свободные. Связанные полярные группы (пептидные группы главных полипептидных цепей, гидроксильные, сульфгидрильные) присоединяют молекулу воды благодаря молекулярной адсорбции, величина которой постоянна для каждого вида белка и незначительно влияет на изменение степени гидратации белков.

Свободные полярные группы (аминогруппы диаминокислот, карбоксильные группы дикарбоновых кислот), диссоциируя в

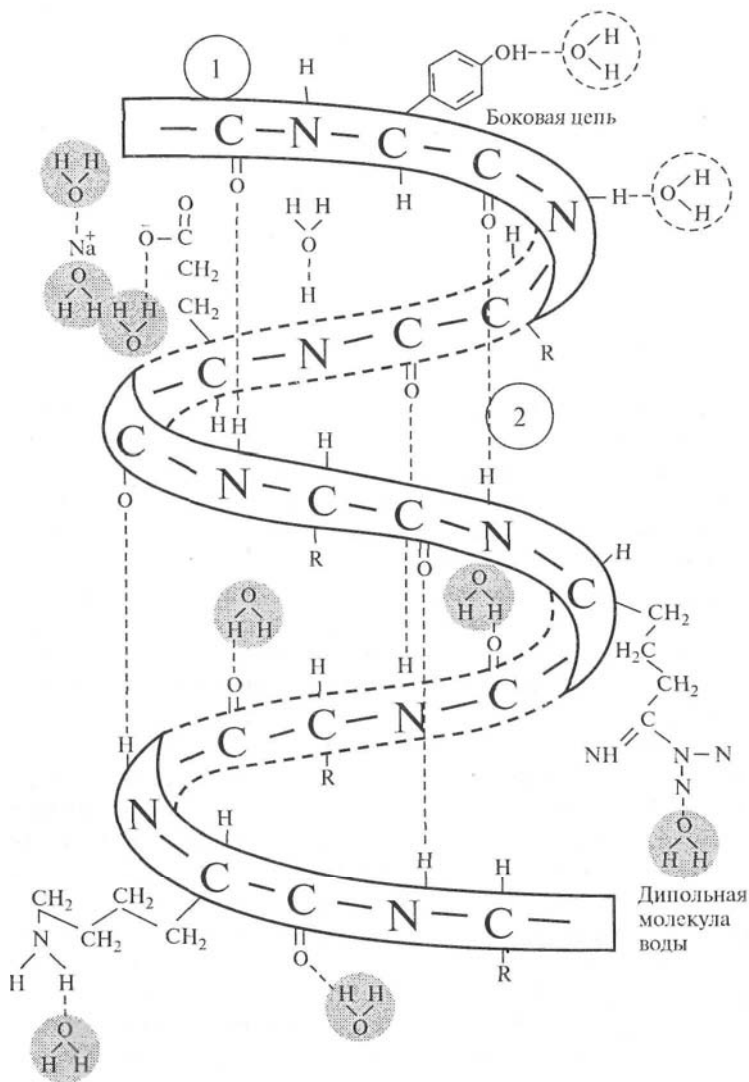


Рис. 6.1. Схема вероятного присоединения молекул воды к полярным группам белка (интерпретация Х. Хмары):

1 — связь структуры первого порядка; 2 — связь структуры второго порядка

растворе, определяют суммарную величину заряда белковой молекулы. Адсорбирование воды свободными полярными группами называется ионной адсорбцией.

Среди факторов, обуславливающих степень гидратации белков, следует выделить рН среды, концентрацию белковых растворов, природные свойства белка и др.

Ионизация ионогенных групп в результате ионной адсорбции приводит к тому, что в растворе белковые глобулы ведут себя как макроионы, знак и величина заряда которых зависят от рН и состава растворителя. Величину рН, отвечающую равенству общего числа положительных зарядов общему числу отрицательных, т. е. суммарному или эффективному заряду глобулы, равному нулю, называют изоэлектрической точкой (ИЭТ) белка. Изоэлектрическая точка — основная электрохимическая константа белков. Белки в этой точке электронейтральны, а их набухаемость и растворимость наименьшие. Снижение растворимости белков при достижении электронейтральности их молекул широко используется для выделения их из растворов, например при получении белковых изолятов.

Каждый белок характеризуется своей изоэлектрической точкой (рН): пепсин — 1,0; яичный альбумин — 4,7; сывороточный альбумин — 4,59; желатин — 5,05; лактоглобулин — 5,1; фосфоорилаза — 5,8; гемоглобин — 6,87; химотрипсин — 8,6; рибонуклеаза — 9,4; лизоцим — 10,5; цитохром — 10,65.

Значение рН белкового раствора в ИЭТ соответствует прекращению переноса макроионов белка в электрическом поле. Если величина рН раствора будет отклоняться от ИЭТ белка, то его эффективный заряд увеличится. В области рН выше ИЭТ он будет отрицательным в результате подавления диссоциации основных групп в щелочной среде. Напротив, при рН ниже ИЭТ белок будет обладать суммарным положительным зарядом вследствие подавления диссоциации карбоксильных и других кислотных групп.

В ИЭТ наблюдается стабильность белковых пен. С изменением растворимости белка при отклонении рН от ИЭТ, а также с изменением ионной силы белкового раствора хорошо коррелирует изменение эмульгирующей емкости белка. Это обстоятельство используют при выделении белков из животного и растительного сырья и переработке белков в пищевых производствах.

Таким образом, изменяя рН среды в ту или иную сторону от изоэлектрической точки, можно повышать степень гидратации белка за счет адсорбционно-связанной воды.

В общественном питании способность белков мяса к дополнительной гидратации используют при мариновании мяса перед жаркой. При этом мясо и рыбу обрабатывают пищевой кислотой (уксусной, лимонной, молочной и др.) или натуральными фруктовыми соками, содержащими смесь пищевых кислот. При этом рН мяса снижается до 3,0...3,5, т. е. ниже изоэлектрической точки основных белков мяса. При тепловой кулинарной обработке такое мясо меньше обезвоживается, что позволяет получать готовые изделия с более высокими органолептическими показателями качества (сочность, вкус, консистенция). В мясной фарш также добавляют до 8 % воды для получения более сочных рубленых мясных изделий (бифштексы, шницели, котлеты, биточки, зразы, рулеты, фрикадельки, тефтели, люля-кебаб).

В мясной промышленности дополнительная гидратация белков мяса достигается добавлением пищевых фосфатов, смещающих рН мяса в нейтральную и слабощелочную сторону от изоэлектрической точки белков мяса.

В растворах небольшой концентрации молекулы белка полностью гидратированы из-за присутствия избыточного количества воды. Такие белковые растворы содержатся в молоке, жидком тесте, в некоторых смесях на основе яичного меланжа и пр.

В концентрированных белковых растворах и обводненных белковых студнях при добавлении воды происходит дополнительная гидратация белков. Это наблюдается, например, при добавлении к яичной массе, предназначенной для изготовления омлетов, воды или молока. При последующей тепловой обработке в результате денатурации белков и структурообразования получается студень, удерживающий всю содержащуюся в белковом растворе влагу. Эффективность дополнительной гидратации в данном случае заключается в улучшении реологических показателей студня — снижении его механической прочности и упругости. Все вместе взятое создает ощущение нежности и сочности готового продукта.

При высоких концентрациях хорошо растворимых солей в растворе присутствует несравненно больше ионов соли, чем заряженных групп белка. При этом гидратация белка водой может уменьшаться, так как раствор соли становится плохим растворителем для белка. Иначе говоря, снижение активности воды в растворе при введении большого количества диссоциирующих солей соответствует повышению активности белка в растворе и соответствующему снижению его растворимости.

Повышение концентрации солей в растворе соответствует также увеличению гидрофильности растворителя и усилению гидрофобного взаимодействия между молекулами белка. Высаживание (осаждение белка из водных растворов при высоких концентрациях соли) наиболее эффективно при ИЭТ белка. Обратный эффект — увеличение растворимости белка в присутствии солей — называют солевым растворением.

В результате гидратации белки растворяются и набухают. Растворению белка всегда предшествует процесс набухания. Оно характерно для всех высокомолекулярных соединений и никогда не наблюдается у низкомолекулярных веществ.

Процесс растворения условно можно разделить на четыре стадии. В первой стадии до начала растворения система состоит из чистых компонентов: низкомолекулярной жидкости и полимера (белка). Вторая стадия процесса — набухание — заключается в том, что молекулы жидкости проникают в погруженный в нее белок, раздвигают полипептидные цепочки и разрывают его. Расстояние между молекулами в белке, а также его масса и объем увеличиваются. Третья стадия растворения заключается в том, что по мере набухания объем белка и расстояние между макромолекулами увеличиваются настолько, что макромолекулы начинают отрываться друг от друга и переходить в слой низкомолекулярной жидкости. В четвертой стадии растворения молекулы полимера равномерно распределены по всему объему системы, образуя истинный гомогенный раствор.

Набухание, как и растворение, носит избирательный характер. Белки (полярные полимеры) хорошо набухают в полярных жидкостях. Например, желатин хорошо набухает в воде.

Скорость набухания зависит от температуры. Однако существуют определенные температурные интервалы, в которых белок под воздействием тепла денатурирует, а следовательно, теряет способность к гидратации и набуханию. Скорость набухания увеличивается с увеличением степени измельченности полимера, так как это вызывает увеличение поверхности соприкосновения набухающего вещества с растворителем. На степень и скорость набухания влияет возраст белка: чем он меньше, тем степень и скорость набухания больше. Скорость и степень набухания некоторых белков зависят от рН среды. Например, белки муки набухают лучше при $\text{pH} < 7$, т. е. в кислой среде. Эту зависимость к набуханию от величины рН используют в процессе приготовления некоторых пищевых продуктов, например при производстве слоеного теста.

Дополнительная гидратация белков имеет большое практическое значение при производстве мясных рубленых полуфабрикатов, когда к измельченному мясу добавляют воду, поваренную соль и другие компоненты. При перемешивании этих компонентов процесс гидратации белков состоит из накладывающихся друг на друга двух процессов: растворения одних белков и набухания других с образованием студней. При этом повышается липкость массы, в результате чего она хорошо формируется в виде полуфабрикатов, предназначенных для тепловой обработки.

Фарш представляет собой сложную полидисперсную систему, в которой роль дисперсионной среды выполняет водный раствор белков, низкомолекулярных органических и неорганических веществ, а дисперсной фазой служат обрывки (частицы) мышечной, соединительной и жировой тканей, а также хлеба и других компонентов. Частицы в фарше связаны между собой молекулярными силами сцепления и образуют сплошную объемную сетку или своеобразный пространственный каркас. Одновременно частицы взаимодействуют и с дисперсионной средой, с которой они составляют единое целое, причем часть дисперсионной среды связана с частицами дисперсной фазы прочнее, чем частицы между собой.

Важной характеристикой сырого фарша является липкость, которая зависит от количества белка, находящегося в растворенном состоянии в водяной фазе. Липкость определяет связность структуры готового фарша.

Свойства мясного фарша зависят от его состава, степени измельчения, влажности, природы и концентрации растворенных в воде веществ, водосвязывающей способности компонентов и прочности связи между дисперсными частицами.

Степень измельчения мясного сырья определяет характер разрушения клеточной структуры и переход в окружающую среду содержимого клеток, а также величину дисперсных частиц.

При увеличении степени измельчения возрастают дисперсность частиц и доля растворенного белка в дисперсионной среде, что повышает водосвязывающую способность фарша. Последняя зависит также от качества исходного мясного сырья, и в первую очередь от его рН. Мясо с высоким значением рН (6,2 и более) способно удерживать значительное количество воды. Увеличение доли прочносвязанной белками воды приводит к нарастанию прочностных свойств в системе, что нежелательно, поэтому количество воды, добавляемой при приготовлении фарша, долж-

но быть таким, чтобы сырой фарш хорошо формовался, а готовое изделие было нежным и сочным. При выработке мясных рубленых полуфабрикатов количество воды определяется рецептурой, но для получения готового изделия высокого качества необходимо учитывать качество мясного сырья и добавок (их водосвязывающую способность).

Сухие белки муки, круп, бобовых, содержащиеся в продуктах в виде частиц высушенной протоплазмы и алейроновых зерен, при контакте с водой набухают, образуя сплошной более или менее обводненный студень. Классическим примером гидратации такого типа является приготовление теста, в процессе которого белки муки при контакте с водой набухают, образуя клейковину. Реологические свойства теста, приготовленного на основе муки и воды, в значительной мере зависят от соотношения этих компонентов. Изменяя это соотношение, регулируют степень гидратации белков муки и связанные с этим процессом такие свойства теста, как эластичность, вязкость и др.

От степени гидратации белков в значительной мере зависит такой показатель качества готовой продукции, как сочность, и связанные с ней другие критерии органолептической оценки. При оценке роли гидратационных процессов необходимо иметь в виду, что в пищевых продуктах наряду с адсорбционной водой, прочно связанной с белками, содержится большее или меньшее количество осмотически и капиллярно-связанной воды, которая также оказывает влияние на качество продукции.

Потеря белками связанной воды происходит под влиянием внешних воздействий. Различают необратимую дегидратацию белков, происходящую при замораживании, хранении в замороженном состоянии и размораживании мяса, мясопродуктов, рыбы, при тепловой обработке продуктов, и обратимую дегидратацию, являющуюся составной частью целенаправленного технологического процесса — сублимационной сушки продуктов.

При быстром размораживании мяса дегидратация белков — это результат неполного восстановления белковых систем, нарушенных в период замораживания. Дегидратация белков рыбы связана с денатурацией их при замораживании и последующем хранении. При размораживании этих продуктов часть воды выделяется в окружающую среду в капельно-жидком состоянии. Вместе с водой из продукта удаляются растворимые вещества — экстрактивные, минеральные, витамины, белки и др.

Необратимая дегидратация белков с выделением воды в окружающую среду происходит, например, при варке мяса. В окружающую среду переходит около половины содержащихся в продукте воды и растворимых веществ.

При выпечке изделий из теста возникают денатурация и дегидратация белков клейковины. Однако вода в этом случае не выделяется в окружающую среду, а поглощается клейстеризующимся крахмалом муки.

Таким образом, необратимая дегидратация белков может быть причиной уменьшения массы продукта, некоторого снижения его пищевой ценности, в том числе и органолептических показателей.

Обратимую дегидратацию белковых веществ можно продемонстрировать на примере сублимационной сушки пищевых продуктов. Метод сублимационной сушки основан на способности льда при определенных условиях возгоняться, т. е. испаряться, минуя жидкую фазу. При обычной тепловой сушке влага с наружной поверхности материала испаряется, а из внутренних слоев непрерывно перемещается к наружным, вызывая перераспределение водорастворимых веществ, солей, витаминов и др. При сублимационной сушке такого перераспределения не происходит.

Сублимация льда начинается с поверхности материала, затем зона сублимации углубляется. Лед испаряется внутри продукта в зоне испарения, а водяной пар, преодолевая сопротивление сухого слоя, по капиллярам и трещинам прорывается в разреженное пространство сушильной камеры (сублиматора), а затем конденсируется и затвердевает в десублиматоре. Движение пара внутри материала обусловлено разностью давлений в сушильной камере (сублиматоре) и конденсаторе (десублиматоре).

В процессе сублимационной сушки из продукта удаляется капиллярно-связанная и осмотически связанная вода. Вода, адсорбционно-связанная белками, удаляется из продукта не полностью, так как ее мономолекулярный слой, располагающийся на поверхности белковых молекул, очень прочно связан с белком. Рентгеноструктурными исследованиями установлено, что каждая полярная группа белка прочно удерживает определенное число молекул воды. Эта вода, получившая название «гидратная», может быть удалена только при нагревании продукта до 100 °С и выше, что приводит к денатурации белка. Количество гидратной воды может достигать 5 % массы сухого белка.

Сухая возгонка льда непосредственно в пар способствует сохранению формы высушиваемого продукта. Усадки продукта,

которая наблюдается при тепловой сушке, не происходит, и он после сушки сохраняет свои линейные размеры. По мере сушки образуется сухой высокопористый продукт, представляющий собой каркас с ячейками, равными по величине кристаллам испарившегося льда или несколько больших размеров.

Преимущество этого метода сушки заключается в том, что продукт после обработки сохраняет свои исходные свойства (вкус, цвет, аромат, консистенцию, содержание витаминов, ферментов и т. д.) и быстро (за 5... 15 мин) восстанавливается при добавлении воды. К достоинствам метода относятся также то, что масса высушенного продукта составляет 1/4... 1/7 начальной, что выгодно при дальних перевозках; продукт не требует холодильного хранения; сроки хранения продуктов возрастают; имеется возможность реализации продукции через торговые автоматы.

Кроме пищевых продуктов сублимации можно подвергать также готовые к употреблению блюда. Высушенные этим способом блюда обладают рядом достоинств: высокие вкусовые качества и пищевая ценность; минимум времени на приготовление; их можно употреблять в любых условиях, в том числе в условиях космических полетов и чрезвычайных ситуаций.

Блюда, высушенные методом сублимации, восстанавливают двумя способами: продукт заливают кипящей водой и варят при слабом кипении 5... 10 мин с момента закипания, жир добавляют по рецептуре; продукт заливают кипящей водой, оставляют для набухания на 5...8 мин и кипятят 6... 10 мин при осторожном помешивании. Высушенные сублимацией свежие ягоды и плоды восстанавливают путем погружения в холодную кипяченую воду на 5...8 мин.

Восстановление водой продуктов сублимационной сушки называют регидратацией.

В настоящее время разработаны рецептуры, технология производства и режимы сушки методом сублимации некоторых блюд, в том числе шей из свежих овощей с мясом; супа перлового с грибами; борща из свежих овощей с мясом; рассольника с фасолью и мясом; рагу овощного с мясом; голубцов ленивых с говяжьим фаршем; творога с черносмородиновым пюре и др.

ДЕНАТУРАЦИЯ БЕЛКОВ

Важное свойство белков — их способность к денатурации. Этим понятием обозначают явления, связанные с необратимым изменением вторичной, третичной и четвертичной структур бел-

ка под воздействием нагревания, кислот, щелочей, УФ-лучей, ионизирующей радиации, ультразвука и др. Иными словами, денатурация — это необратимое нарушение нативной пространственной конфигурации белковой молекулы, сопровождающееся существенными изменениями биологических и физико-химических свойств белков.

Поскольку в образовании вторичной и третичной структур частично участвуют относительно слабые связи, физическое состояние белка в значительной степени зависит от температуры, рН, присутствия солей и других факторов. Нагревание, например, вызывает распрямление полипептидной цепи белковой молекулы; некоторые химические реагенты разрывают водородные связи. Изменение рН также обуславливает разрыв связей, при этом проявляется электростатическая неустойчивость.

Белки под влиянием различных физических и химических факторов теряют свои первоначальные (нативные) свойства. Внешне это выражается в их свертывании и выпадении в осадок. Примером такого явления может служить свертывание альбумина молока при кипячении. Негидролитическое необратимое нарушение нативной структуры белка и называется денатурацией. При этом рвутся в основном водородные связи, изменяется пространственная структура белка, однако разрыва ковалентных связей в белковой молекуле не происходит.

Денатурация приводит к разворачиванию молекулы белка, и он переходит в более или менее разупорядоченное состояние (в нем уже нет ни спиралей, ни слоев, ни других каких-либо видов регулярной укладки цепи). В денатурированном состоянии амидные группы пептидной цепи образуют водородные связи с окружающими их молекулами воды; таких водородных связей значительно больше, чем внутримолекулярных.

Взбивание яичного белка, сливок превращает их в пену, состоящую из пузырьков воздуха, окруженных тонкими белковыми пленками, образование которых сопровождается разворачиванием полипептидных цепей в результате разрыва связей при механическом воздействии. Таким образом, при образовании пленок происходит частичная или полная денатурация белка. Такой вид денатурации называется поверхностной денатурацией белка.

Для кулинарных процессов особое значение имеет тепловая денатурация белков. Механизм тепловой денатурации белков можно рассмотреть на примере глобулярных белков.

Основная молекула глобулярного белка состоит из одной или нескольких полипептидных цепей, сложенных складками и образующих клубки. Такая структура стабилизируется непрочными связями, среди которых большую роль играют водородные связи, образующие поперечные мостики между параллельными пептидными цепями или их складками.

При нагревании белков начинается усиленное движение полипептидных цепей или складок, что приводит к разрыву непрочных связей между ними. Белок разворачивается и приобретает необычную, неприродную форму, водородные и другие связи устанавливаются в несвойственных данной молекуле местах, и конфигурация молекулы меняется. В результате происходит разворачивание и перегруппировка складок, сопровождаемые перераспределением полярных и неполярных групп, причем неполярные радикалы концентрируются на поверхности глобул, понижая их гидрофильность. При денатурации белки становятся нерастворимыми и в большей или меньшей мере утрачивают способность к набуханию.

При тепловой денатурации белков активная роль принадлежит воде, которая участвует в образовании новой конформационной структуры денатурированного белка. Полностью обезвоженные белки не денатурируют даже при длительном нагревании. Денатурирующий эффект внешних воздействий тем сильнее, чем выше гидратация белков и ниже их концентрация в растворе.

При значениях рН среды, близких к ИЭТ белка, происходит максимальная дегидратация белка. Наиболее полно денатурация осуществляется в ИЭТ белка. Смещение рН в ту или иную сторону от ИЭТ белка способствует повышению его термостабильности и ослаблению денатурационных процессов.

Температура денатурации белков повышается в присутствии других термостабильных белков и некоторых веществ небелковой природы, например сахарозы. Это свойство белков используют, когда при тепловой обработке необходимо повышение температуры смеси (например, при пастеризации мороженого, изготовлении яично-масляных кремов), не допуская расслоения или структурообразования в белковой коллоидной системе.

Появление на поверхности белковой молекулы после денатурации ранее скрытых радикалов или функциональных групп изменяет физико-химические и биологические свойства белков. В результате денатурации свойства белков необратимо изменяются.

Из прогретой муки нельзя приготовить тесто, а из вареного мяса — котлеты, так как денатурированные белки не обладают способностью к гидратации и образованию вязких упруго-пластичных масс, пригодных для формования полуфабрикатов.

Потеря способности к гидратации объясняется утратой белками нативных свойств, важнейшим из которых является выраженная гидрофильность (большое сродство к воде), и связана с изменением конформации полипептидных цепей в белковой молекуле в результате денатурации.

Набухание и растворимость белков в воде обусловлены наличием на поверхности белковых молекул большого числа гидрофильных групп (COOH, OH, NH₂), способных связывать значительное количество воды.

Как уже отмечалось, способность разных нативных белков пищевых продуктов растворяться в каком-либо растворителе (воде, растворах нейтральных солей, слабых растворах щелочей, спирте и др.) используют для разделения или выделения определенной белковой фракции (для исследовательских или пищевых целей). Денатурированные белки такими различиями не обладают, они все одинаково нерастворимы и не способны набухать в воде. Исключение из этого общего правила составляет фибриллярный коллаген мяса и рыбы, который после тепловой денатурации и деструкции до глютина способен растворяться в горячей воде.

В результате денатурации белки теряют биологическую активность. В растительном и животном сырье, используемом на предприятиях общественного питания, активность большинства белковых веществ сохраняется. Так, в результате деятельности ферментов плоды при хранении дозревают (а иногда и перезревают), картофель и корнеплоды прорастают. Особенно наглядно деятельность ферментов проявляется в клубнях картофеля при хранении их на свету: поверхность клубней приобретает зеленую окраску и горький вкус соответственно в результате синтеза хлорофилла и образования ядовитого гликозида соланина.

В сыром мясе тканевые ферменты также находятся в активном состоянии, участвуя в автолизе мяса (послеубойном созревании). Это их свойство используют для практических целей. Полная инактивация кислой фосфатазы происходит при достижении температуры в геометрическом центре мясного изделия 80 °С, что соответствует температуре пастеризации (отмиранию вегетативных форм бактерий). При необходимости проверить достаточность тепловой кулинарной обработки мясного изделия определяют наличие или отсутствие в нем активной кислой фосфатазы.

В нативном белке пептидные группы экранированы внешней гидратной оболочкой или находятся внутри белковой глобулы и таким образом защищены от внешних воздействий. При денатурации белок теряет гидратную оболочку, что облегчает доступ пищеварительным ферментам желудочно-кишечного тракта к функциональным группам. Белок переваривается быстрее.

Кроме того, иногда ингибиторная функция белка исчезает после денатурации. Так, некоторые белки яйца отрицательно влияют на процесс пищеварения: авидин в кишечнике связывает биотин (витамин Н), который участвует в регуляции нервной системы и нервно-рефлекторной деятельности; овомукоид угнетает действие трипсина (фермента поджелудочной железы). Именно поэтому белки сырого яйца не только плохо перевариваются, но и частично всасываются в непереваренном виде, что может вызвать аллергию, уменьшить усвояемость других компонентов пищи и ухудшить всасывание соединений кальция. При денатурации эти белки утрачивают свои антиферментные свойства.

При денатурации белок теряет гидратную оболочку, в результате чего многие функциональные группы и пептидные связи белковой молекулы оказываются на поверхности и белок становится более реакционноспособным.

В результате тепловой денатурации белка происходит агрегирование белковых молекул. Поскольку гидратная оболочка вокруг молекулы белка нарушается, отдельные молекулы белка соединяются между собой в более крупные частицы и уже не могут держаться в растворе. Начинается процесс свертывания белков, в результате которого образуются новые молекулярные связи.

Взаимодействие денатурированных молекул белка в растворах и гелях протекает по-разному. В слабokonцентрированных белковых растворах при тепловой денатурации агрегация молекул белка происходит путем образования межмолекулярных связей как прочных, например дисульфидных, так и слабых (но многочисленных) — водородных. В результате образуются крупные частицы. Дальнейшая агрегация частиц приводит к расслоению коллоидной системы, образованию хлопьев белка, выпадающих в осадок или всплывающих на поверхность жидкости, часто с образованием пены (например, выпадение в осадок хлопьев денатурированного лактоальбумина при кипячении молока; образование хлопьев и пены из денатурирующих белков на поверхности мясных и рыбных бульонов). Концентрация белков в таких растворах не превышает 1 %.

В более концентрированных белковых растворах при денатурации белков образуется сплошной гель, удерживающий всю воду, содержащуюся в коллоидной системе. В результате агрегации денатурированных молекул белка образуется структурированная белковая система. Денатурация белков в концентрированных растворах с образованием сплошного геля происходит при тепловой обработке мяса, рыбы (белки саркоплазмы), куриных яиц и разных смесей на их основе. Точные концентрации белков, при которых их растворы в результате нагревания образуют сплошной гель, неизвестны. Учитывая, что способность к гелеобразованию у белков зависит от конфигурации (асимметрии) молекул и характера образующихся при этом межмолекулярных связей, надо полагать, что для разных белков указанные концентрации различны.

Например, для приготовления омлетов к яичному меланжу добавляют 38...75 % молока. Нижние пределы относятся к омлетам жареным, верхние — к вареным на пару. Для приготовления омлетов из яичного белка, используемых в диетическом питании, молоко добавляют в количестве 40 % независимо от способа тепловой обработки, так как в белке яйца концентрация белков значительно ниже, чем в желтке.

Некоторые белки, представляющие собой более или менее обводненные гели, при денатурации уплотняются, в результате чего происходит их дегидратация с отделением жидкости в окружающую среду. Белковый гель, подвергшийся нагреванию, как правило, характеризуется меньшим объемом, массой, пластичностью, повышенной механической прочностью и большей упругостью по сравнению с исходным гелем нативных белков. Подобные изменения белков наблюдаются при тепловой обработке мяса, рыбы (белки миофибрилл), варке круп, бобовых, макаронных изделий, выпечке изделий из теста.

Гелями и студнями называются твердообразные нетекучие структурированные системы, образовавшиеся в результате действия молекулярных сил сцепления между коллоидными частицами или макромолекулами полимеров. Ячейки пространственных сеток гелей и студней обычно заполнены растворителем.

Таким образом, гели представляют собой коллоидные системы или растворы высокомолекулярных соединений (ВМС), утратившие текучесть из-за возникновения в них определенных внутренних структур в виде пространственного сетчатого каркаса, ячейки которого заполнены дисперсионной средой. По-

сколькx заключенная в ячейках дисперсионная среда при этом теряет свою подвижность, ее называют иммобилизированной.

Гели весьма широко распространены в природе: к ним относятся многие строительные материалы (бетоны, цементы, глинистые суспензии), грунты, некоторые минералы (агат, опал), различные пищевые продукты (мука, тесто, хлеб, желе, мармелад, студень), желатин, каучук, ткани живых организмов и многие другие материалы живой и неживой природы.

В зависимости от концентрации дисперсионной среды гели принято подразделять на лиогели, коагели и ксерогели (аэрогели).

Богатые жидкостью гели, содержащие мало сухого вещества (до 1...2 %), называют диогелями. К типичным диогелям относятся кисель, студень (холодец), простокваша, растворы мыл и др.

Студенистые осадки, получаемые в процессе коагуляции некоторых гидрофобных зольей, а также хлопьевидные осадки, образующиеся при высаливании растворов ВМС, называются коагелями. Содержание сухого вещества в коагелях достигает 80 %. Однако очень бедные жидкостью хлопья и микрокристаллические порошки, образующиеся при коагуляции типичных гидрофобных коллоидов (гидрозольей золота, серебра, платины, сульфидов) к коагелям не относятся.

Бедные жидкостью или совсем сухие гели называются ксерогелями. Примерами ксерогелей могут служить сухой листовой желатин, столярный клей в плитках, крахмал, каучук. К сложным ксерогелям относят многие пищевые продукты (муку, сахар, печенье). Высокопористые ксерогели называют также аэрогелями, поскольку в них дисперсионной средой служит воздух. К аэрогелям относят многие сорбенты (силикагель), твердые катализаторы химических реакций.

В зависимости от природы дисперсной фазы и по способности к набуханию принято различать гели хрупкие и эластичные. Эластичные гели мы будем называть студнями.

ДЕСТРУКЦИЯ БЕЛКОВ

При тепловой обработке продуктов изменения белков не ограничиваются их денатурацией. Для доведения продукта до полной готовности необходимо нагревать его при температурах, близких к 100 °С, более или менее продолжительное время. В этих условиях белки подвергаются дальнейшим изменениям, связанным с разрушением их макромолекул. На первом этапе измене-

ний от белковых молекул могут отщепляться функциональные группы с образованием таких летучих продуктов, как аммиак, сероводород, фосфористый водород, углерода оксид. Накапливаясь в продукте и окружающей среде, эти вещества участвуют в образовании вкуса и аромата готовой пищи. При длительном гидротермическом воздействии часть белков может гидролизываться с расщеплением пептидных связей. При этом происходит деполимеризация белковой молекулы с образованием водорастворимых азотистых веществ небелкового характера (свободных аминокислот, пептидов).

Деструкция коллагена мяса и рыбы приводит к образованию глютена — белка, растворимого в горячей воде. Аминокислотный состав глютена аналогичен составу коллагена. Как уже указывалось, размягчение мясных продуктов, птицы, рыбы и нерыбных морепродуктов при тепловой кулинарной обработке связано с деструкцией коллагена соединительной ткани, переходом его в глютин.

На переход коллагена в глютин влияют следующие технологические факторы:

а) температура среды; при жарке мяса, птицы, рыбы, когда температура в толще продукта не превышает 80...85 °С, переход коллагена в глютин протекает медленно; в связи с этим кулинарная обработка методом жарки возможна только для таких частей туш, в которых коллагена содержится сравнительно мало и морфологическое строение соединительной ткани простое, коллагеновые волокна тонкие, располагаются параллельно направлению мышечных волокон; коллаген рыб подвергается деструкции значительно легче, чем мяса (говядины), поскольку соединительная ткань рыб имеет сравнительно простое морфологическое строение, в составе коллагена меньше оксипролина, он подвергается денатурации и деструкции при более низких температурах;

б) реакция среды; подкисление среды пищевыми кислотами или продуктами, добавками, содержащими эти кислоты, ускоряет переход коллагена в глютин;

в) измельчение мяса способствует снижению гидротермической устойчивости коллагена; это объясняется тем, что при измельчении мяса в мясорубке или рыхлении порционных кусков мяса волокна коллагена разрезаются на более мелкие фрагменты, поверхность контакта белка с окружающей средой многократно возрастает.

Наряду с перечисленными выше технологическими факторами на устойчивость коллагена к гидротермической дезагрегации влияют анатомо-морфологические признаки: в мясных тушах количество внутримышечной ткани и сложность ее строения возрастают по направлению от задней части к передней, а также сверху вниз; таким образом, более жесткое мясо имеет и более низкую пищевую ценность, так как белки соединительной ткани являются неполноценными по аминокислотному составу.

Деструкция коллагена до глютина ускоряется и в щелочной среде. Это используют в мясной промышленности для выработки желатина, который представляет собой высушенный глютин. Сырьем для получения желатина служат такие побочные продукты убоя мясного скота, как сухожилия, хвосты, уши, губы, свиная шкурка и пр.

Сухой желатин способен набухать в холодной воде, при этом за 1 ч масса его возрастает в 6...8 раз. Набухший желатин хорошо растворяется в горячей воде. Это его свойство используют для приготовления железированных блюд: заливных рыбы и мяса, студней, муссов и других сладких блюд.

В зависимости от глубины гидролиза коллагена и количества низкомолекулярных продуктов со сравнительно короткими полипептидными цепями желатин подразделяется на сорта высший, первый и второй. Желатин высшего сорта, обладающий наиболее высокой железирующей способностью, используют в основном в кино- и фотопромышленности для защиты светочувствительного слоя фото- и кинопленок и фотобумаги, а также в бумажной промышленности. Желатин более низких сортов применяют в кондитерской, медицинской промышленности, общественном питании и других отраслях.

В общественном питании используют 2...3%-ные растворы желатина. Для сохранения железирующей способности этого белка горячие растворы желатина рекомендуется охладить, не допускается их кипячение или хранение в горячем состоянии.

Поведение белка-глютина (желатина) в растворе зависит от температуры. При высокой температуре водные растворы глютина обладают свойствами нормальной (ньютоновской) жидкости, молекулы глютина независимо от их молекулярной массы находятся в изолированном друг от друга состоянии. По мере охлаждения раствора, при температуре ниже 40 °С, его молекулярно-дисперсное состояние нарушается, появляются свойства упруго-вязкой жидкости, свойственные псевдорастворам. Дальнейшее

охлаждение водяного раствора глютена сопровождается постепенным появлением упругих свойств с образованием студня, характеризующегося определенной величиной предельного напряжения сдвига. В растворе идет процесс структурообразования, в ходе которого молекулы глютена образуют трехмерный каркас, соединяясь друг с другом и обеспечивая определенную прочность системы. Чем больше асимметрия молекул глютена, тем прочнее образующийся каркас, удерживающий в своих ячейках воду. При постоянной температуре окружающей среды (например, 5 °С) в течение 50..80 мин механическая прочность студня возрастает и стабилизируется. Студни с достаточно высокой механической прочностью можно получить и при комнатной температуре, увеличив концентрацию глютена до 3,5 %. Однако на практике стремятся снизить концентрацию глютена, одновременно понижая температуру процесса, и таким способом получают более пластичные и, следовательно, более нежные студни.

При варке мяса часть глютена переходит в бульон (0,5... 1 % массы мяса). При варке студней с использованием субпродуктов второй категории (ноги, головы, хвосты) состав мяса подбирают так, чтобы содержание глютена в бульоне к концу варки не превышало 3 %. При варке костных бульонов коллаген костей — оссеин — также денатурирует и переходит в глютин. Однако оссеин костей довольно устойчив к гидротермическому воздействию — для получения бульона с 3%-ной концентрацией глютена измельченные кости надо варить около 5 ч. Интенсифицировать этот процесс можно путем предварительной обжарки костей при 280 °С в течение 30 мин. Однако органолептические показатели качества таких бульонов низкие.

ИЗМЕНЕНИЯ АЗОТИСТЫХ ЭКСТРАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ МЯСА, ПТИЦЫ, РЫБЫ.

Низкомолекулярные азотистые вещества пищевых продуктов в процессе тепловой кулинарной обработки претерпевают существенные изменения, вступая в химические взаимодействия между собой, а также с редуцирующими сахарами, в норме присутствующими в пищевых продуктах. Внимание ученых-химиков, медиков и технологов привлекают в первую очередь те физико-химические процессы, в результате которых образуются мутагенные и канцерогенные вещества, представляющие потенциальную опасность для человека.

Гетероциклические ароматические амины. На модельных опытах установлено, что из креатина, содержащегося в мясе, птице и рыбе, в сочетании со свободными аминокислотами и гексозами образуются гетероциклические ароматические амины, представляющие собой самые сильные из известных на сегодняшний день мутагены и канцерогены.

Впоследствии гетероциклические амины были выделены из мяса, птицы и рыбы, подвергнутых тепловой кулинарной обработке.

Механизм образования гетероциклических ароматических аминов в настоящее время представляется как результат взаимодействия продуктов карбонил-аминных реакций (Майяра) и креатинина (ангидрид креатина).

Наряду с производными пиридина в жареных мясных и рыбных продуктах обнаружены гетероциклические ароматические амины — производные хинолина, хиноксалина, имидозопиридина и фуropyридина. В наибольших количествах указанные соединения обнаруживаются в поджаристой корочке жареных мясных и рыбных изделий, а также в мясном соке, вытекающем на сковороде во время жарки мяса, рыбы и птицы.

На кафедре технологии продуктов общественного питания Российской экономической академии им. Г. В. Плеханова была проведена научно-исследовательская работа по изучению технологических факторов, оказывающих влияние на накопление гетероциклических ароматических аминов в мясных жареных изделиях, характерных для ассортимента предприятий общественного питания. Инструментальное определение и идентификацию гетероциклических аминов — производных хиноксалина и пиридина — проводили методами высокоэффективной газожидкостной хроматографии и газовой хроматографии — масс-спектроскопии. Установлено, что среди технологических факторов на накопление гетероциклических ароматических аминов в жареных мясных изделиях наибольшее влияние оказывают температура греющей жарочной поверхности и поверхностного слоя мяса; продолжительность жарки; степень измельчения мяса; наличие панировки; добавление к измельченному мясу репчатого лука.

Наибольшее количество гетероциклических ароматических аминов содержится в жареных изделиях типа шашлыков, а также при жарке порционных кусков мяса с небольшим количеством жира (основным способом), т. е. в условиях, допускающих мест-

ное подгорание (ожог). Эти данные дают основание считать, что для получения натурального жареного мяса с минимальным содержанием гетероциклических ароматических аминов предпочтительна жарка во фритюре при температуре жира, не превышающей 175 °С.

В мясном соке, вытекающем на сковороду из мяса при жарке, содержится такое же количество гетероциклических ароматических аминов, как и в обжариваемом продукте. В связи с этим необходимо внести изменения в действующие технологические инструкции, предусматривающие использование этого сока для поливания жареных изделий при отпуске их потребителям, заменив мясной сок сливочным маслом, маргарином или соусом.

В натуральных мясных рубленых изделиях (без хлеба) при жарке накапливается больше гетероциклических ароматических аминов по сравнению с порционными изделиями. Это объясняется миграцией мясного сока, содержащего креатин и другие компоненты, к поверхности изделий. Однако добавление к мясному фаршу измельченного репчатого лука снижает содержание гетерогенных ароматических аминов в готовых жареных изделиях. Причина этого обстоятельства до настоящего времени не выяснена. Есть основания полагать, что органические кислоты лука тормозят течение реакции Майяра, а это, в свою очередь, препятствует образованию гетероциклических ароматических аминов.

Панирование изделий способствует снижению содержания гетероциклических ароматических аминов в готовых жареных изделиях. Это объясняется тем, что панировка выполняет защитные функции по отношению к поверхности мясного изделия, понижает температуру.

Технологические исследования факторов, влияющих на образование в продуктах мутагенных и канцерогенных веществ, необходимо продолжать. К сожалению, для этого нужны дорогостоящие аппаратура и реактивы.

Меланоидины. К меланоидинам относятся темноокрашенные вещества разной химической природы, образующиеся в результате карбонил-аминных реакций (реакций Майяра), протекающих в пищевых продуктах при их хранении и тепловой обработке. На начальном этапе этих реакций происходит взаимодействие низкомолекулярных азотистых веществ, содержащих свободную аминогруппу (аминокислот, дипептидов и др.),

с веществами, в структуру которых входят химически активные альдегидные группы или карбонильный кислород — $C=O$ (обычно это редуцирующие сахара — глюкоза, мальтоза, фруктоза). Образующиеся при этом сахароаминные комплексы относятся к химически неустойчивым веществам, они распадаются с образованием альдегидов, аммиака, углерода диоксида.

Как известно, альдегиды и аммиак — активные химические вещества, они вступают во взаимодействие с новыми молекулами азотистых веществ и гексоз. Таким образом, протекают накладывающиеся друг на друга процессы: распад аминного и сахарного компонентов и взаимодействие продуктов распада со свежими молекулами. В результате распада азотистого компонента образуются производные пиридина и пиразина, являющиеся предшественниками мутагенных и канцерогенных веществ.

При кулинарной обработке продуктов меланоидины образуются на стадии тепловой обработки: при жарке (в румяной корочке), при длительной варке, тушении, выпечке мучных изделий (в корочке). Меланоидины образуются в продуктах в умеренных количествах (при мягких режимах тепловой обработки), участвуют в формировании вкуса и аромата кулинарно приготовленных изделий и блюд. В то же время высокотемпературный или длительный нагрев может приводить к появлению чрезмерно темной окраски, неприятных вкуса и запаха.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ БЕЛКОВ НА КАЧЕСТВО КУЛИНАРНОЙ ПРОДУКЦИИ

Тепловая денатурация белков оказывает большое влияние на качество готовой продукции. При прочих равных условиях реологические характеристики белковых гелей, подвергнутых нагреванию, зависят от рН среды, температуры и продолжительности теплового воздействия.

При значениях рН среды, близких к изоэлектрической точке белка, денатурация происходит при более низкой температуре и сопровождается максимальной дегидратацией белка. Смещение рН среды в ту или иную сторону от изоэлектрической точки белка способствует повышению его термостабильности. Так, выделенный из мышечной ткани рыб глобулин Х, имеющий изоэлектрическую точку при рН 6, в слабокислой среде (рН 6,5) денатурирует при 50 °С, а в нейтральной (рН 7,0) — при 80 °С.

Как уже отмечалось, активная кислотность среды оказывает большое влияние на гидратацию и денатурацию белков, поэтому в технологии производства продуктов общественного питания направленное изменение реакции среды широко используют для улучшения качества блюд и кулинарных изделий. Так, при припускивании мяса, птицы, рыбы и нерыбных продуктов моря, тушении мяса птицы, рыбы, мариновании мяса (перед жаркой) путем добавления приправ, содержащих кислоту, создают более кислую среду со значениями рН, лежащими значительно ниже изоэлектрической точки белков продукта. В этих условиях при тепловой обработке дегидратация белковых гелей уменьшается и готовый продукт получается более сочным.

В кислой среде деструкция коллагена ускоряется, вследствие чего сокращается продолжительность тепловой обработки, а готовый продукт становится более нежным. Исследования, проведенные на кафедре технологии продуктов общественного питания РЭА им. Г. В. Плеханова, показали, что хорошее качество кулинарной продукции достигается при использовании лимонного сока или сухого виноградного вина, смешанных с водой в соотношении 1:1. При мариновании мясных и рыбных полуфабрикатов указанную смесь используют в количестве 5... 10 % к массе сырья, а при припускивании и тушении — до 30 %. При замене натуральных продуктов кристаллической кислотой (лимонной или винной) используют 0,3%-ный водный раствор этих кислот. Кислая среда ускоряет деструкцию коллагена и способствует получению сочных мясных и рыбных продуктов благодаря меньшему их обезвоживанию.

Нагревание продуктов до более высоких температур и увеличение продолжительности их тепловой обработки способствуют усилению постденатурационных изменений содержащихся в них белков. Важное практическое значение в технологии приготовления пищи имеют верхние температурные пределы стабильности белков. Знание этих пределов позволяет точно определить, до какой температуры можно нагревать продукт, не допуская денатурации содержащихся в нем белков. Наиболее термостабильны белки молока и яиц. Белки, содержащиеся в мясе рыб, начинают денатурировать при более низких температурах, чем белки убойного скота.

Температура денатурации белков повышается в присутствии других, более термостабильных белков и некоторых веществ небелковой природы, например сахарозы. Это свойство белков

используют в технологических процессах, когда при тепловой обработке необходимо повысить температуру смеси (например, для пастеризации мороженого), не допуская расслоения или структурообразования в белковой коллоидной системе. Наиболее наглядно это свойство белков проявляется при тепловой обработке яиц. Белок куриного яйца начинает денатурировать при 55 °С, желток и смесь белка с желтком — при 70 °С. Добавление к яичному меланжу сахарозы повышает температуру его денатурации до 80...83 °С.

Тепловая денатурация некоторых белков может происходить без видимых изменений белкового раствора. Это наблюдается у белков, содержащихся в продуктах в связанном состоянии (например, казеин молока), а также в очень кислой и очень щелочной средах.

В результате денатурации увеличивается атакуемость белков пищеварительными ферментами, а следовательно, и их усвояемость. Однако в этом отношении молочные белки представляют собой исключение. Дело в том, что молочные белки — единственные белки, выполняющие только пищевые функции, и поэтому в результате эволюции приобрели свойства, идеально отвечающие ферментным системам организма. Что же касается белков мяса, птицы, рыбы и т. д., то они выполняют иные функции, являясь двигательными, опорными системами тела; растительные белки выполняют функции запасного питательного вещества для растущего организма. В связи с этим всякая тепловая обработка молочных продуктов снижает усвояемость их белков: белки стерилизованного молока усваиваются хуже, чем пастеризованного. Вторичное нагревание казеина творога при приготовлении блюд значительно снижает их переваримость.

В пищевых продуктах, доведенных тепловой обработкой до готовности, всегда содержится большее или меньшее количество нативных, неденатурированных белков, в том числе некоторых ферментов.

При тепловой обработке овощей, плодов и картофеля также происходит деструкция структурного белка клеточных стенок экстенсина. В результате деструкции экстенсина образуются водорастворимые продукты, что также понижает механическую прочность тканей корнеплодов, картофеля и вызывает их размягчение после тепловой обработки.

Продукты деструкции белков придают пище соответствующие вкус и аромат. Например, в образовании запаха и вкуса не-

которых продуктов принимают участие серо- и фосфорсодержащие соединения. Серосодержащие аминокислоты, входящие в состав белка, при деструкции выделяют сероводород, образуются и другие соединения — меркаптаны (при тепловой обработке мяса, яиц, картофеля, капусты) и дисульфиды (при варке капусты, картофеля, брюквы). Серосодержащие соединения играют ведущую роль в формировании запаха вареного мяса. Так, в летучих компонентах вареного мяса обнаружено более 25 серосодержащих веществ.

При тепловой обработке мяса, яиц, картофеля, капусты фосфатиды и фосфопротеиды при деструкции расщепляются с образованием фосфина (PH_3).

Деструкция белков происходит при производстве некоторых видов теста. В этом случае в разрушении внутримолекулярных связей в белках принимают участие протеолитические ферменты, содержащиеся в муке и вырабатываемые дрожжевыми клетками. Протеолиз белков клейковины оказывает положительное влияние на ее эластичность и способствует получению выпеченных изделий высокого качества. Однако этот процесс может иметь и отрицательные последствия, если активность протеаз муки слишком высока (мука из незрелого зерна).

В некоторых случаях деструкцию белков с помощью протеолитических ферментов используют специально для интенсификации технологического процесса, улучшения качества готовой продукции, получения новых продуктов питания. Примером может служить применение препаратов протеолитических ферментов (порошкообразных, жидких, пастообразных) для размягчения жесткого мяса, ослабления клейковины теста, получения белковых гидролизатов.

Контрольные вопросы

1. Какое технологическое значение имеет дополнительная гидратация белков пищевых продуктов?
2. Как изменяются свойства белков в результате тепловой денатурации?
3. Какие физико-химические процессы протекают при деструкции белков?
4. Как дегидратация белков влияет на качество готовой кулинарной продукции?
5. В каких химических реакциях участвуют низкомолекулярные азотистые вещества пищевых продуктов? Какое влияние эти реакции оказывают на качество кулинарной продукции?

Глава 7

ИЗМЕНЕНИЯ САХАРОВ И КРАХМАЛА

Углеводы — широко распространенные в природе органические вещества. Они составляют значительную часть тканей растительного происхождения (80...90 % сухого вещества). В тканях животного происхождения содержится не более 2 % углеводов.

Зеленые растения обладают способностью синтезировать углеводы из углекислоты и воды при поглощении световой энергии, создавая высокомолекулярные вещества с высоким содержанием химической энергии. Таким образом растения накапливают огромные запасы органической материи на земле.

Углеводы преобладают в пище человека. Они служат основным источником необходимой организму энергии (при окислении в организме 1 г углеводов выделяется 3,75 ккал теплоты). Кроме того, углеводы участвуют в построении липоидов, сложных белков-ферментов и т. п.

В качестве источника углеводов выступают главным образом продукты растительного происхождения — хлеб, крупа, картофель, овощи, фрукты, ягоды.

Углеводы подразделяют на три основных класса: моносахариды, или простые сахара, представляющие собой основные структурные единицы — мономеры; олигосахариды, содержащие относительно небольшое количество моносахаридных единиц; полисахариды — высокомолекулярные вещества, состоящие из сотен и тысяч моносахаридов.

Представители наиболее распространенных моносахаридов — глюкоза, фруктоза, галактоза; олигосахаридов — дисахарид сахароза (свекловичный или тростниковый сахар), лактоза (молочный сахар) и трисахарид — раффиноза. К полисахаридам относятся крахмал, клетчатка, гликоген, пектиновые вещества и др.

Моносахариды сладки на вкус и растворимы в воде. Сладость Сахаров различна. Если сладость сахарозы принять за 100, то сладость фруктозы составит 173, инвертного сахара 130, глюкозы 74, галактозы 32, раффинозы 23, лактозы 16. Полисахариды трудно-растворимы или нерастворимы в холодной воде и не обладают сладким вкусом.

Глюкоза, фруктоза и сахароза. Эти сахара легко усваиваются организмом. Первые два содержатся в свободном виде в плодах и овощах.

Сахароза под действием ферментов и кислот распадается на равные количества глюкозы и фруктозы.

Гликоген. Из сложных углеводов животного происхождения наибольшее значение имеет гликоген. Он откладывается в основном в печени (2... 10 %) и служит запасным питательным веществом. Из гликогена постепенно освобождается и поступает в кровь глюкоза, которая служит источником углеводов для всех тканей.

Крахмал. В дневном рационе этот наиболее важный для человека углевод обычно составляет 80...85 % общего количества углеводов.

Клетчатка. Этот полисахарид, называемый иначе целлюлозой, подобно гликогену и крахмалу при гидролизе дает только глюкозу. Клетчатка входит в состав оболочек клеток растительных тканей, много ее содержится в листьях, стеблях. В отличие от гликогена и крахмала клетчатка при нагревании в воде не переходит в раствор.

Поскольку клетчатка почти не переваривается в желудочно-кишечном тракте человека, ее относят к группе балластных веществ, которые, однако, необходимы организму для регуляции двигательной функции кишечника.

Среди пищевых продуктов клетчаткой богаты мука низших сортов, орехи, плоды и овощи.

Пектиновые вещества. Среди высокомолекулярных углеводов важная роль принадлежит и таким полисахаридам, как пектиновые вещества. Их свойства имеют существенное значение для образования структуры пищевых продуктов и используются при изготовлении желированных изделий (студни, фруктовые желе и т. д.).

В растительных тканях содержатся нерастворимые в воде протопектины. При гидролизе протопектины образуют высокомолекулярные пектиновые кислоты.

Протопектины обеспечивают связь между клетками в растительной ткани. Основная масса их находится в срединных пластинках, склеивающих клетки в сыром продукте. Пектиновые вещества играют важную роль в создании плотной мякоти.

Физико-химические и биохимические изменения, происходящие с углеводами в процессе технологической обработки продуктов, существенно влияют на качество готовых изделий.

Далее рассмотрены изменения Сахаров и крахмала на разных стадиях обработки продуктов. Изменения таких полисахаридов, как клетчатка, гемицеллюлозы и пектиновые вещества, содержащиеся в растительных продуктах, рассмотрены в гл. 9.

ИЗМЕНЕНИЯ САХАРОВ

В процессе технологической обработки пищевых продуктов сахара могут подвергаться кислотному и ферментативному гидролизу, а также глубоким изменениям, связанным с образованием окрашенных веществ (кара멜ей и меланоидинов).

Гидролиз дисахаридов. При нагревании дисахариды под действием кислот или в присутствии ферментов распадаются на составляющие их моносахариды. При этом ион водорода кислоты действует как катализатор. Полученная смесь глюкозы и фруктозы вращает плоскость поляризации не вправо, как сахароза, а влево. Такое преобразование правовращающей сахарозы в левовращающую смесь моносахаридов называется инверсией, а эквимолекулярная смесь глюкозы и фруктозы — инвертным сахаром. Последний имеет более сладкий вкус, чем сахароза. Инвертный сахар образуется, например, при варке киселей, компотов, запекании яблок с сахаром.

Степень инверсии сахарозы зависит от продолжительности тепловой обработки, а также вида и концентрации содержащейся в продукте кислоты. Наибольшей инверсионной способностью обладает щавелевая кислота, в 10 раз меньшей, чем щавелевая, — лимонная, в 15 — яблочная, в 17 — молочная, в 35 — янтарная и в 45 раз меньшей — уксусная кислота.

Если готовить сахарные сиропы высокой концентрации (для помад) в присутствии кислоты или фермента инвертазы, то из сахарозы образуются не только глюкоза и фруктоза, но и продукты их преобразования. В сиропе при получении инвертного сахара в присутствии фермента инвертазы обнаруживаются соединения фруктозы с сахарозой (кестоза), которые предохраняют сироп от засахаривания. Сироп, полученный в результате кислотного гидролиза сахарозы, засахаривается быстрее, чем сироп, приготовленный с инвертазой.

Карамелизация. Нагревание Сахаров при температурах, превышающих 100 °С, в слабокислой и нейтральной средах приводит к образованию сложной смеси продуктов, свойства и состав которой изменяются в зависимости от степени воздействия среды, вида и концентрации сахара, условий нагревания и т. д.

Наиболее изучен механизм превращения глюкозы. Нагревание глюкозы в слабокислой и нейтральных средах вызывает дегидратацию сахара с выделением одной или двух молекул воды. Ангидриды Сахаров могут соединяться друг с другом или с неиз-

менным сахаром и образовывать так называемые продукты реверсии (конденсации). Под продуктами реверсии, образующимися при разложении Сахаров, понимают соединения с большим числом глюкозных единиц в молекуле, чем у исходного сахара.

Последующее тепловое воздействие вызывает выделение третьей молекулы воды с образованием оксиметилфурфура, который при дальнейшем нагревании может распадаться с разрушением углеводного скелета и образованием муравьиной и левоулиновой кислот или образовывать конденсированные (окрашенные) соединения.

Промежуточным продуктом при образовании левоулиновой кислоты из оксиметилфурфура может быть 8-оксилевоулиновый альдегид.

Вода, присутствующая в растворах Сахаров, способствует их необратимым изменениям. Уменьшение количества свободной воды при реакции разложения приводит к появлению значительных количеств продуктов реверсии (конденсации).

По мере нагревания сухой сахарозы отщепляется все больше молекул воды, в результате чего образуется большое количество продуктов разложения, в том числе производных фурфура, альдегидов, акролеина, углерода диоксида, смеси ангидридов.

При отщеплении от молекул сахарозы двух молекул воды образуется карамелан ($C_{12}H_{18}O_9$) — вещество светло-соломенного цвета, растворяющееся в холодной воде. При отщеплении от трех молекул сахарозы восьми молекул воды образуется карамелен ($C_{36}H_{50}O_{25}$) ярко-коричневого цвета с рубиновым оттенком. Карамелен растворяется в холодной и кипящей воде. Более сильное обезвоживание нагреваемой массы приводит к образованию темно-коричневого вещества — карамелина ($C_{24}H_{30}O_{15}$), которое растворяется только в кипящей воде. При длительном нагревании образуются гуминовые вещества, растворимые только в щелочах.

Продукты карамелизации сахарозы представляют собой смесь веществ различной степени полимеризации, поэтому деление их на карамелен, карамелан, карамелин условное; все эти вещества можно получить одновременно. На этом основании состав различных продуктов карамелизации сахарозы выражают формулой $C_m(H_2O)_n$. Под влиянием пиролиза меняется их отношение $m : n$ — от 1,09 (у сахарозы) до 3,0. По достижении значения 1,3 продукты карамелизации Сахаров приобретают темную окраску. Некоторые продукты распада обладают повышенной люминесценцией, а иногда и горьким вкусом. Свойства крася-

щих веществ, образующихся из сахарозы или гексоз, не зависят от вида сахара, из которого они получены.

Продукты карамелизации сахарозы могут образовывать соли и комплексные соединения с железом и некоторыми другими металлами. Подобно сахарам они реагируют с аминокислотами и обладают редуцирующей способностью.

В процессе производства кулинарных и кондитерских изделий, содержащих сахара, все перечисленные изменения могут протекать одновременно, а конечный продукт — представлять собой смесь веществ. Состав этой смеси зависит от многих факторов, основной из которых — термоустойчивость Сахаров.

Нагревание 4—0-замещенных производных глюкозы (мальтоза, лактоза) до высокой температуры (карамелизация) приводит к появлению веществ, влияющих на образование аромата. К таким соединениям относится мальтол. При наличии аминокислот это вещество образуется в большом количестве. Мальтол усиливает сладкий вкус, поэтому его используют при производстве кондитерских изделий, а также в составе подслащивающих веществ, заменяющих сахар. Для ароматизации применяют и метилциклопентанолы с преобладающим сладким (лакричным) вкусом. В процессе карамелизации образуются и другие компоненты с подобными свойствами.

Меланоидинообразование. При взаимодействии альдегидных групп альдосахаров с аминокруппами белков, аминокислот образуются различные карбонильные соединения и темноокрашенные продукты — меланоидины. Реакция впервые была описана в 1912 г. Майяром и названа его именем.

Наиболее известен механизм реакций, предложенный Хеджем (рис. 7.1). На схеме показаны семь основных типов реакций, которые можно подразделить на три последовательно протекающие стадии.

Начальная стадия — образование бесцветных соединений, не поглощающих свет: *A* — сахароаминная реакция, *B* — перегруппировка Амадори и образование 1-амино-1-дезоксидеозы в 1,2-енольной форме. Эти стадии реакции невозможно обнаружить измерением оптической плотности в видимой и УФ-областях спектра.

Промежуточная реакция — образование бесцветных и слабожелтых продуктов. Еще до появления видимой цветности они активно поглощают свет в ультрафиолетовой области спектра: *B* — дегидратация Сахаров; *G* — разложение Сахаров; *D* — разложение аминокислот (по Штрекеру).

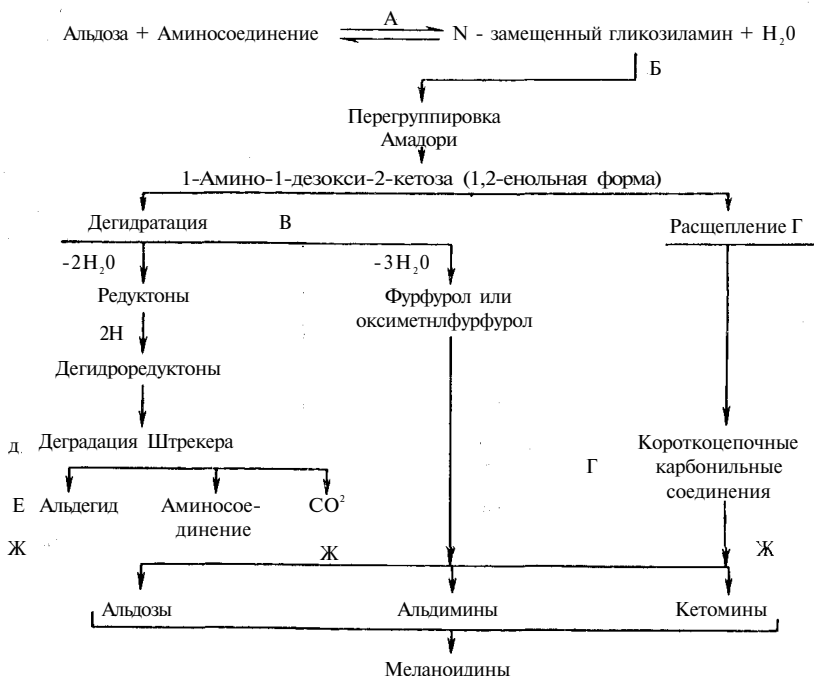


Рис. 7.1. Механизм реакции меланоидинообразования

Конечная стадия характеризуется интенсивным нарастанием цветности: *Е* — альдольная конденсация (реакция конденсации альдегидов); *Ж* — альдегидаминная полимеризация, образование гетероциклических азотистых соединений.

В результате реакции образуются также ароматические вкусовые вещества, причем по сравнению с реакцией карамелизации в данном случае преобладают летучие компоненты, значительно влияющие на аромат. Более подробно механизм реакции меланоидинообразования представлен на рис. 7.2.

Сахароаминная конденсация (взаимодействие Сахаров с аминокислотами с образованием N-гликозидов) — обратимая реакция, которая протекает при соотношении сахара и свободных аминогрупп 1:1. Енаминол — форма N-гликозида — далее может реагировать в двух направлениях. Первое направление — перегруппировка Амадори. В процессе нагревания или длительного хранения в N-гликозиде самопроизвольно происходит переме-

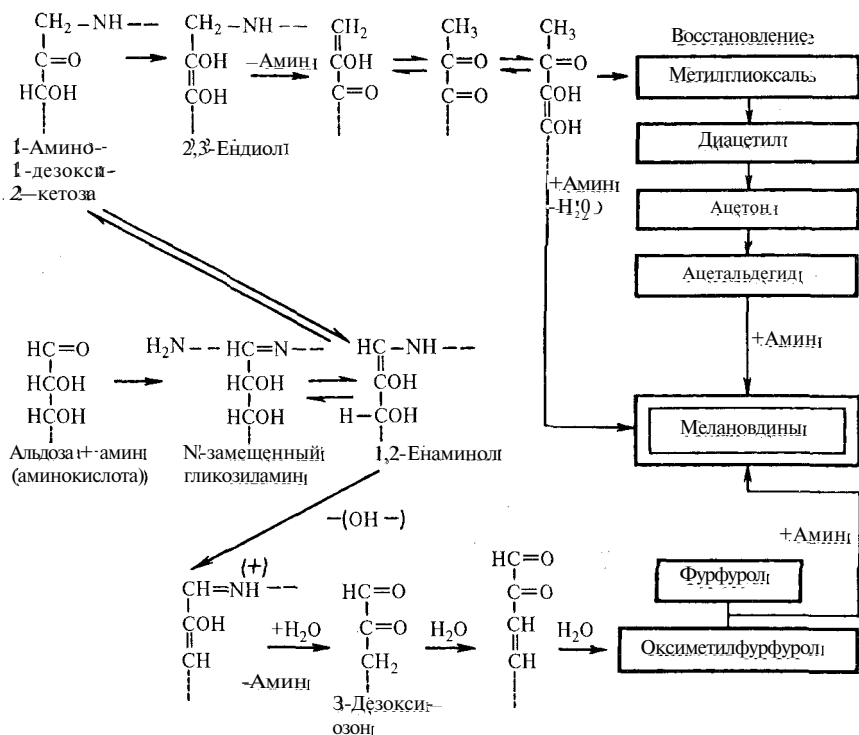


Рис. 7.2. Основные пути реакции Майяра и образование компонентов, обладающих ароматическими свойствами

шение енольного водорода к атому углерода с образованием двойной связи между первым и вторым атомами углерода и возникает енольная форма 1-амино-1-дезоксид-2-кетозы. Вначале образуется 2,3-эндиол, а после отщепления амина— α-, β-дикарбонильные соединения и редутоны.

Блокирование в N-замещенных альдозиламинах OH-группы у второго атома углерода исключает возможность перегруппировки Амандори, а следовательно, и образования цветности (покоричневения), поэтому считается, что указанная перегруппировка — необходимый этап реакции.

Реакционноспособные α- и β-ненасыщенные кетоны могут либо полимеризовываться в высокомолекулярные коричнево-черные меланоидины, либо расщепляться на простые летучие ароматобразующие вещества (метилглиоксаль, диацетил, ацетон и ацетальде-

гид). Они либо непосредственно влияют на аромат, либо вторично вступают в реакции с аминами до образования меланоидинов.

Второе направление реакции — образование дезоксиозонов через элиминирование гидроксильных групп у третьего углеродного атома.

Дезоксиозоны при отщеплении воды замыкаются в кольцо с образованием фуруурола (пентоза) и 5-оксиметилфуруурола (гексоза). Одновременно в процессе расщепления аминного компонента возникают вещества, участвующие в образовании аромата.

Большая часть реакций, представленных на рис. 7.2, в основном касается компонентов сахара и может быть осуществлена при отсутствии аминов. Это указывает на определенную связь между реакциями карамелизации и меланоидинообразования.

Общей для структурных соединений, образующихся в результате реакции Майяра, является группа $\text{CH}_3-\text{C}=\text{C}-\text{CO}-$.



Соединения, содержащие эту группу, обнаружены в пищевых продуктах, подвергшихся обжариванию (хлеб, кофе, какао, солод), при котором под воздействием высоких температур происходит неферментативное потемнение.

При термическом воздействии аромат образуется вследствие расщепления аминокислот по Штрекеру — процесс окислительного дезаминирования и декарбоксилирования аминокислот в альдегид (или кетон), содержащий на один атом углерода меньше, чем исходная аминокислота.

Реакция протекает через легко декарбоксилирующееся Шиффово основание, а образующийся при этом енаминол полимеризуется в меланоидины или распадается на ацетальдегид и аминацетон. Оба вещества, содержащие активную карбонильную группу, могут вновь вступать в реакцию меланоидинообразования.

Альдегиды, полученные из аминокислот, являются эффективными ароматобразующими веществами, незначительной концентрации которых достаточно для ощущения аромата. Так, лейцин превращается в 2-метилбутаналь; метионин — в метиональ, изолейцин — в 3-метилбутаналь; фенилаланин — в фенилэтаналь. При наличии аминокислотных альдегидов значительно расширяется количество веществ, образующихся при реакции Майяра.

Недостаточно изучены труднолетучие (например, горькие) вещества реакции Майяра, а также сложные по структуре вещества с солодовым, карамелеобразным, хлебоподобным, горьким или «пригорелым» ароматом.

Сравнительно простую структуру имеют другие вещества, образующиеся в процессе покоричневения, — пиразины, среди которых преобладают короткоцепочные соединения.

Пиразины в миллионных долях содержатся в продуктах, которые подвергались обжариванию (жареное мясо, хрустящий картофель, кофе, какао и др.).

На конечной стадии меланоидинообразования наблюдается сложное сочетание различных реакций полимеризации, приводящих к образованию как растворимых, так и нерастворимых (на последних этапах) красящих веществ, являющихся ненасыщенными флюоресцирующими полимерами. Полученные в результате альдольной конденсации различные безазотистые полимеры, а в результате альдегидаминной полимеризации и образования гетероциклических соединений — меланоидины обладают интенсивным цветом и в зависимости от условий образования содержат различное количество азота, имеют много неопределенных связей и характеризуются восстанавливающими свойствами.

Продукты реакций меланоидинообразования оказывают различное влияние на органолептические свойства готовых изделий: заметно улучшают качество жареного и тушеного мяса, котлет, но ухудшают вкус, цвет и запах бульонных кубиков, мясных экстрактов и других концентратов.

Продукты реакции Майяра обуславливают аромат сыра, свежее выпеченного хлеба, обжаренных орехов. Образование тех или иных ароматических веществ зависит от природы аминокислот, вступающих в реакцию с сахарами, а также от стадии реакции. Каждая аминокислота может образовывать несколько веществ, участвующих в формировании аромата пищевых продуктов.

Следствием меланоидинообразования являются нежелательные потемнение и изменение аромата и вкуса в процессе нагревания плодовых соков, джемов, желе, сухих фруктов и овощей, что приводит к увеличению содержания альдегидов и потере некоторых аминокислот и Сахаров.

При невысоких температурах реакции протекают медленно, при температурах, близких к 100 °С и выше, — ускоряются. Чтобы задержать нежелательные изменения, используют соединения, легко связывающиеся с карбонильными группами, такие, как, например, водорода пероксид, сернистая кислота. Блокировка этих реакций может быть осуществлена путем устранения одного из взаимодействующих соединений, например глюкозы, или добавления фермента глюкозооксидазы, что используют при производстве яичного порошка.

Чем выше интенсивность образования коричневой окраски, тем ниже пищевая ценность белковых продуктов. В результате теряется от 20 до 50 % свободных аминокислот, причем с увеличением продолжительности нагревания эти потери возрастают.

В овощах темная окраска различной интенсивности образуется в зависимости от присутствия тех или иных аминокислот и Сахаров. С глюкозой наиболее интенсивное потемнение дает лизин, затем триптофан и аргинин и наименьшее — глутаминовая кислота и пролин.

Процесс обжаривания продуктов сопровождается, с одной стороны, снижением пищевой ценности готового продукта в связи с потерями им ценных пищевых веществ, с другой — улучшением его органолептических свойств.

Считается весьма перспективным использование меланоидиновых препаратов для имитации цвета, вкуса и запаха жареных продуктов, так как это позволяет исключить процессы жарки.

Изучение реакций меланоидинообразования позволило улучшить технологический процесс изготовления некоторых пищевых продуктов. Так, для улучшения вкусовых свойств пива вместо жженого солода рекомендуется препарат из солодовых ростков. Получен также препарат, напоминающий по цвету и запаху порошок из сушеных грибов.

В настоящее время для приготовления и разогревания готовых блюд используют сверхвысокочастотные печи (СВЧ-печи), что позволяет значительно сокращать потери ценных пищевых веществ в готовых блюдах, но при этом последние имеют вкус, цвет и запах, свойственные изделиям, приготовленным на пару. Отсутствие у этих блюд вкуса, аромата и цвета жареных изделий, возбуждающих аппетит, может быть с успехом восполнено меланоидиновыми препаратами.

Пищевая ценность продуктов, как известно, определяется и такими важными физиологическими свойствами, как усвояемость и способность воздействовать на секреторную деятельность желудка.

Опытами на животных доказано, что усвояемость белковых продуктов, подвергнутых тепловой обработке, снижается по мере увеличения времени и температуры их нагревания. Это может быть вызвано образованием продуктов сахароаминных реакций, устойчивых к ферментативному гидролизу.

Доказано, что карбонильные соединения, образующиеся при окислении липидов, взаимодействуют с аминокетонами протеидов (разновидность реакции Майяра). При этом образуются соедине-

ния, устойчивые к действию ферментов. Следовательно, окисленные липиды снижают биологическую и пищевую ценность белков.

В настоящее время осуществляется строгий контроль за изменением качества фритюрного жира. Установлено, что количество вторичных продуктов окисления в жире не должно превышать 1 %.

При обжаривании мяса потери аминокислот и Сахаров наиболее значительны.

ИЗМЕНЕНИЯ КРАХМАЛА

Крахмал — один из продуктов фотосинтеза, протекающего в зеленых листьях растений. Он откладывается в растительных тканях в форме своеобразных зерен, имеющих слоистое строение и размеры от долей до 100 мкм и более.

Различают клубневое крахмалсодержащее сырье (клубни картофеля, батата, маниока и др.) и зерновое (зерно кукурузы, пшеницы, риса, сорго, ячменя и др.) и в соответствии с этим клубневый и зерновой крахмалы.

Строение крахмального зерна. Крахмальное зерно — это биологическое образование с хорошо организованными формой и структурой. В центральной части его имеется ядро, называемое зародышем, или точкой роста, вокруг которого видны ряды концентрических слоев — колец роста. Толщина слоев крахмальных зерен составляет примерно 0,1 мкм.

Полисахариды, составляющие крахмал, подразделяются на две фракции — амилозу и амилопектин.

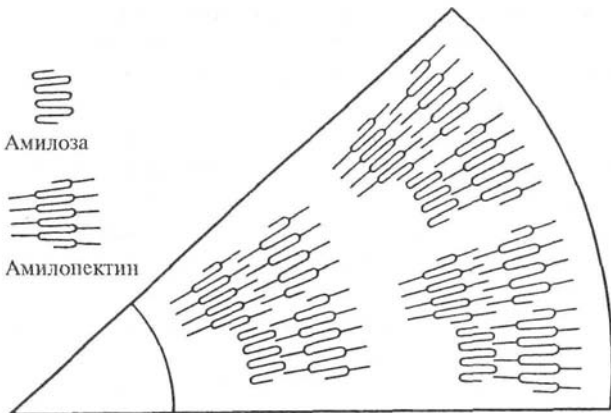


Рис. 7.3. Схема строения крахмального зерна



Рис. 7.4. Крахмальные зерна в поляризационном микроскопе (картофельный крахмал)

В амилозную фракцию входят молекулы с линейной структурой; различаются молекулы по длине.

Амилопектиновая фракция включает полисахариды с молекулярной массой порядка $5 \cdot 10^8$, структура которых мало изучена.

В настоящее время не существует общего мнения об истинном строении амилопектина. Некоторые ученые выдвигают предположение о волокнистой структуре и отрицают широко распространенную «древовидную» модель Майяра. Кроме того, полагают, что в структуре амилопектина определенная роль принадлежит липидному компоненту.

В нативных крахмальных зернах полиглюкозидные цепи амилозы и амилопектина образуют спирали с 6... 10 глюкозными остатками на каждом витке спирали. Длина цепей полисахаридов может достигать 0,7 мкм.

Молекулярная масса амилозы составляет $10^5 \dots 10^6$ в зависимости от вида растений. Амилопектин — один из самых крупных полимеров, имеет большую молекулярную массу, чем амилоза.

Расположение молекул амилозы и амилопектина в слое крахмального зерна представлено на рис. 7.3.

Полисахариды в крахмальном зерне связаны между собой главным образом водородными связями. Молекулы полисахаридов расположены в зерне радиально. Схема строения крахмального зерна, предложенная Мюлеталером, показана на рис. 7.4. Как видно из схемы, форма цепей полисахаридов крахмала складчатая, причем амилопектин в отличие от амилозы представ-

ляет собой слабо разветвленные структуры. Считают, что больше всего амилозы концентрируется в центральной части зерна.

Если рассматривать крахмальные зерна в поляризационном микроскопе, обнаруживаются светлые и темные поля в виде «мальтийского креста», что указывает на определенную упорядоченность (кристалличность) структуры.

Качественное и количественное содержание в составе полисахаридов амилозы и амилопектина в определенной степени влияет на физико-химические свойства крахмала, а следовательно, и на качество готовой продукции.

Крахмал, богатый амилопектином, называют амилопектиновым, а наполовину или более состоящий из амилозы, — высокоамилозным. Крахмал, свойства которого условно считаются аналогичными свойствам крахмала, содержащегося в органах растений, называют нативным.

При кулинарной обработке крахмалсодержащих продуктов крахмал проявляет способность к адсорбции влаги, набуханию и клейстеризации, в нем могут протекать процессы деструкции и агрегации молекул.

Интенсивность всех этих процессов зависит от происхождения и свойств самого крахмала, а также от технологических факторов — температуры и продолжительности нагревания, соотношения крахмала и воды, вида и активности ферментов и др.

Растворимость. Нативный крахмал практически нерастворим в холодной воде. На этом свойстве основан метод его выделения из растительных продуктов. Однако вследствие гидрофильности он может адсорбировать влагу в количестве до 30 % собственной массы. Низкомолекулярные полисахариды, в частности амилоза, содержащая до 70 глюкозных остатков, растворимы в холодной воде. При дальнейшем увеличении длины молекулы полисахариды могут растворяться только в горячей воде. Процесс растворения крахмальных полисахаридов протекает медленно из-за относительно большого размера молекул. Известно, что линейные полимеры перед растворением сильно набухают, поглощая большое количество растворителя, и при этом резко увеличиваются в объеме. Растворению крахмальных полимеров в воде также предшествует набухание.

Набухание и клейстеризация. Набухание — одно из важнейших свойств крахмала, которое влияет на консистенцию, форму, объем и выход готовых изделий из крахмалсодержащих продуктов. Степень набухания зависит от температуры среды и

соотношения воды и крахмала. Так, при нагревании водной суспензии крахмальных зерен до 55 °С они медленно поглощают воду (до 50 %) и частично набухают, но вязкость не увеличивается. При дальнейшем нагревании суспензии (в интервале температур 60... 100 °С) набухание крахмальных зерен ускоряется, причем объем их увеличивается в несколько раз.

В центре крахмального зерна образуется полость (пузырек), а на его поверхности появляются складки, бороздки, углубления. Свойство крахмальных зерен расширяться под действием термической обработки с образованием внутренней полости связывают с тем, что внутри крахмального зерна (в точке роста) происходят разрыв и ослабление некоторых водородных связей между крахмальными цепями, которые в результате этого раздвигаются, что приводит не только к увеличению размеров крахмального зерна, но и к разрушению его кристаллической структуры. При просмотре набухших зерен под поляризационным микроскопом «мальтийский крест» не обнаруживается. В процессе набухания крахмальных зерен часть полисахаридов растворяется и остается в полости крахмального зерна, а часть — диффундирует в окружающую среду.

Растворение полисахаридов при нагревании крахмала в воде подтверждается данными хроматографического анализа центрифугата крахмальной суспензии на колонках из окиси алюминия (рис. 7.5). Известно, что при пропускании раствора крахмальных полисахаридов через колонку амилопектин адсорбируется в верхней ее части, амилоза — в нижней. При последующем пропускании через колонки раствора йода амилопектин окрашивается в фиолетовый цвет, амилоза — в синий.

При нагревании крахмальной суспензии до 50 °С полисахариды практически не растворяются, а при 55 °С на колонке появляется зона амилозы, хотя и незначительной высоты, что указывает на растворение этого полисахарида и переход его из крахмальных зерен в окружающую среду. С повышением температуры нагревания суспензии количество растворенной амилозы возрастает, что подтверждается увеличением высоты зоны, окрашенной в синий и темно-синий цвета. Нагревание крахмальной суспензии при 80 °С вызывает растворение как амилозы, так и амилопектина.

Дисперсия, состоящая из набухших крахмальных зерен и растворенных в воде полисахаридов, называется крахмальным клейстером, а процесс его образования — клейстеризацией. Таким образом, клейстеризация — это изменение структуры крахмального зерна при нагревании в воде, сопровождающееся набуханием.

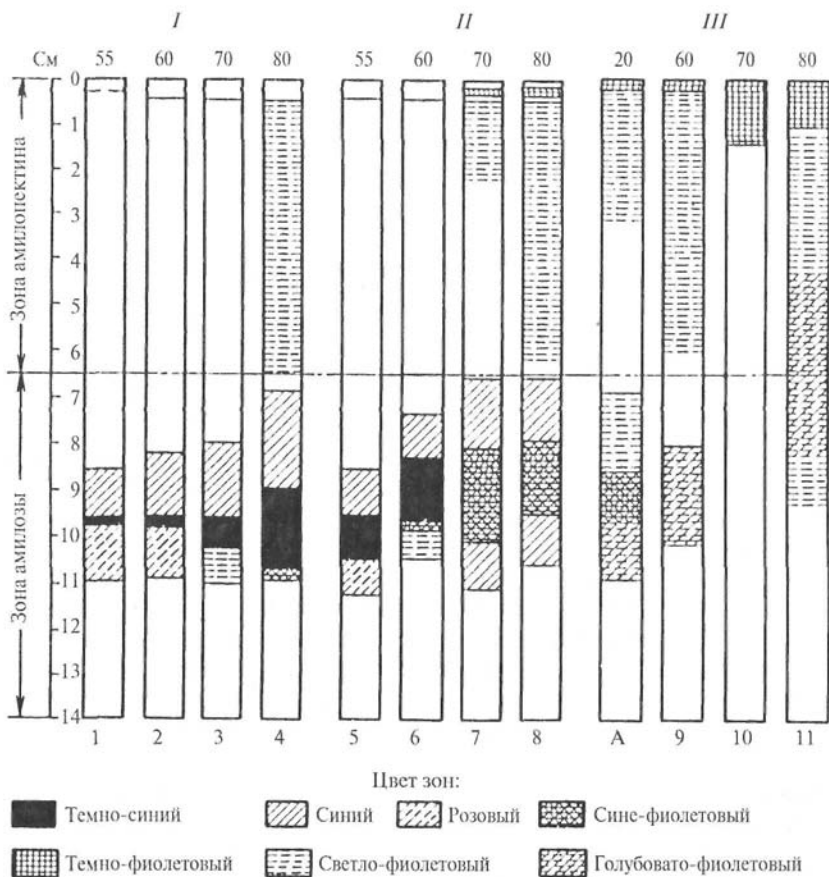


Рис. 7.5. Схемы хроматограмм полисахаридов пшеничного крахмала:

I — без нагрева; *II* — сухой нагрев до 120 °С; *III* — сухой нагрев до 150 °С

Процесс клейстеризации крахмала происходит в определенном интервале температур, обычно от 55 до 80 °С. Один из признаков клейстеризации — значительное увеличение вязкости крахмальной суспензии. Вязкость клейстера обусловлена не столько присутствием набухших крахмальных зерен, сколько способностью растворенных в воде полисахаридов образовывать трехмерную сетку, удерживающую большее количество воды, чем крахмальные зерна. Этой способностью в наибольшей степени обладает амилоза, так как ее молекулы находятся в раство-

7.1. Физико-химические свойства крахмала, выделенного из различных растений

Виды крахмала	Количество амилозы, %	Температура клейстеризации, °С	Степень набухания, %	Коэффициент замены
Клубневые:				
картофельный	32,10	58...62	1005	1,00
маниоковый	22,56	60...68	775	2,50
бататный	21,84	58...72	862	1,70
Зерновые:				
пшеничный	21,37	50...90	628	2,70
кукурузный	19,25	66...86	752	2,30
рисовый	20,02	58...86	648	2,20
кукурузный	5,76	62...70	608	1,55
амилопектиновый				
рисовый	2,91	54...68	405	2,75
амилопектиновый				

ре в виде изогнутых нитей, отличающихся по конформации от спиралей. Хотя амилоза составляет меньшую часть крахмального зерна, но именно она определяет его основные свойства — способность к набуханию и вязкость клейстеров.

В табл. 7.1 приведены данные о примерном содержании амилозы в крахмале различного происхождения, температуре его клейстеризации и степени набухания в горячей воде (90 °С), определяемой объемным методом, а также рассчитанные по вязкости коэффициенты замены одного вида крахмала другим при изготовлении клейстеров. При этом за единицу принимается вязкость клейстера картофельного крахмала 2%-ной концентрации.

Отдельные виды крахмала содержат неодинаковое количество амилозы, имеют разные температуру клейстеризации и способность к набуханию. Коэффициент замены крахмала показывает, каким количеством крахмала других видов можно заменить картофельный для получения клейстеров одинаковой вязкости.

Из различных видов крахмала в основном образуются два типа клейстеров: из клубневых — прозрачный бесцветный желеобразной консистенции, из зерновых — непрозрачный молочно-белый пастообразной консистенции. Клейстер кукурузного амилопектинового крахмала по своим свойствам ближе к клейстеру картофельного. Физико-химические свойства необходимо учитывать при замене одного вида крахмала другим.

Крахмальные клейстеры служат основой многих кулинарных изделий. Клейстеры в киселях, супах-пюре обладают относительно жидкой консистенцией из-за невысокой концентрации в них крахмала (2...5 %). Более плотную консистенцию имеют клейстеры в густых киселях (до 8 % крахмала). Еще более плотная консистенция клейстеров в клетках картофеля, подвергнутого тепловой обработке, кашах, в отварных бобовых и макаронных изделиях, так как соотношение крахмала и воды в них 1 : 2... 1 : 5.

В изделиях из теста, содержащих, как правило, небольшое количество воды (менее 100 % массы крахмала), состояние крахмала отличается от его состояния в упомянутых выше изделиях. Крахмальные зерна в них мало обводнены, частично сохраняют форму и структуру; в окружающую среду переходит незначительное количество растворимых полисахаридов.

На вязкость клейстеров влияют не только концентрация крахмала, но и другие факторы. Например, сахароза в концентрациях до 20 % увеличивает вязкость клейстеров, натрия хлорид даже в очень незначительных концентрациях — уменьшает.

Уменьшение вязкости клейстеров наблюдается также при снижении рН. Причем, в интервале рН от 4 до 7, характерном для многих кулинарных изделий, вязкость клейстеров снижается незначительно. Однако при более низких значениях рН (около 2,5) она резко падает.

На вязкость клейстеров оказывают влияние поверхностно-активные вещества, в частности глицериды, которые снижают вязкость клейстеров, но являются их стабилизаторами. Причем моноглицериды проявляют эту способность в большей степени, чем диглицериды. Моноглицериды снижают липкость макаронных изделий, предупреждают образование студня в супах, соусах, задерживают черствение хлеба.

Белки оказывают стабилизирующее влияние на крахмальные клейстеры. Например, соусы с мукой более стабильны при хранении, замораживании и оттаивании, чем клейстеры на крахмале, выделенном из муки. В охлажденном состоянии крахмальный клейстер относительно высокой концентрации превращается в студень.

Ретроградация. При охлаждении крахмалсодержащих изделий может происходить ретроградация крахмальных полисахаридов — переход их из растворимого состояния в нерастворимое вследствие агрегации молекул, обусловленной появлением вновь образующихся водородных связей. При этом наблюдается выпадение осадка полисахаридов, в основном амилозы. Процесс может происходить и без видимого образования осадка. Полиса-

хариды в крахмальных студнях высокой концентрации (изделия из теста) быстро ретроградируют, что приводит к увеличению их жесткости — черствению. Объясняется это тем, что физически связанная с полисахаридами вода вытесняется из студня, вследствие чего изделия приобретают более жесткую консистенцию.

Ретроградация полисахаридов усиливается при замораживании изделий. Неоднократные замораживание и оттаивание приводят к полной и необратимой ретроградации полисахаридов и, как следствие, к резкому ухудшению качества кулинарных изделий.

Растворы амилопектина ретроградируют значительно медленнее, чем амилозы. Это позволяет использовать их в процессе приготовления изделий, подлежащих длительному хранению, например соусов для замороженных блюд. Применяемый в этом случае амилопектиновый крахмал способствует длительному (в течение нескольких месяцев) сохранению исходной консистенции соуса.

Ретроградированный крахмал менее чувствителен к действию ферментов. Ретроградацию полисахаридов можно частично устранить нагреванием. Ретроградированная амилоза растворяется хуже, чем амилопектин.

Деструкция. Под деструкцией крахмала понимают как разрушение крахмального зерна, так и деполимеризацию содержащихся в нем полисахаридов.

В процессе кулинарной обработки крахмалсодержащих продуктов деструкция крахмала происходит при нагревании его в присутствии воды и при сухом нагреве (температура выше 100 °С). Кроме того, крахмал может подвергаться деструкции под действием амилолитических ферментов. Изменения крахмала при сухом нагреве называют декстринизацией.

В результате деструкции способность крахмала к набуханию в горячей воде и клейстеризации снижается. Степень деструкции крахмала характеризуется так называемым коэффициентом деструкции

$$КД = \frac{K_{v_1} - K_{v_2}}{K_{v_2}},$$

где K_{v_1} и K_{v_2} — степени набухания продукта соответственно до обработки и после, %.

Коэффициенты деструкции крахмала при изготовлении различных кулинарных изделий неодинаковы и зависят от вида продукта и условий его обработки (табл. 7.2).

Деструкцию крахмала хорошо иллюстрируют данные, полученные при пропускании через те же колонки из окиси алюми-

7.2. Зависимость коэффициента деструкции крахмала от способа термической обработки

Способ термической обработки	Коэффициент деструкции
Пассерование муки: нагрев до 120 °С (белая пассеровка)	0,05
нагрев до 150 °С (красная пассеровка)	1,94
Обжаривание и подсушивание круп при 100... 120 °С (в зависимости от вида):	
гречневая	0,33...0,49
рисовая	0,61...1,58
Варка каш:	
гречневой (из обжаренной крупы), температура до 100 °С	0,39...0,75
Жарка во фритюре:	
полуфабриката крекеров (температура жира 150... 180 °С)	0,7...1,99
Выпечка изделий в жарочном шкафу из теста:	
дрожжевого	3,0...3,5
слоеного (пресного)	4,0...4,5
Обработка повышенным давлением:	
разваривание кукурузы под давлением 0,2 МПа (90 мин)	0,29
получение кукурузных палочек (давлением в экструдере 3...4 МПа)	2,1
получение взорванных зерен кукурузы, риса, пшена (в «пушке», давление 1,2 МПа)	8...32
Замораживание теста и хранение его при минус 12 °С	0,017

ния (см. рис. 7.5) растворов полисахаридов, которые образуются при нагревании водной суспензии из предварительно подсушенного крахмала.

При пропускании через эти колонки водорастворимой фракции предварительно нагретого до 120 °С пшеничного крахмала в зоне амилозы появляются в отличие от нативного крахмала более низкомолекулярные фракции, которые с йодом дают не синюю, а фиолетовую или розовую окраску различных оттенков.

С повышением температуры нагревания суспензии эти вещества накапливаются в водорастворимой фракции. Амилопектин в этом случае появляется на колонке при более низких по сравнению с нативным крахмалом температурах (70 °С).

Уменьшение молекулярной массы полисахаридов обусловлено их деструкцией в процессе предварительного сухого нагрева крахмала и последующего нагрева его с водой.

Повышение температуры предварительного нагрева крахмала до 150 °С вызывает более глубокую деструкцию полисахаридов, а амилоза деполимеризуется до такого состояния, что легко вымывается холодной водой. При этом появляется и растворимая фракция амилопектина. Нагревание водной суспензии такого крахмала при температуре 60 °С приводит к тому, что высота фиолетовой зоны амилозы уменьшается, а при 70 °С она практически отсутствует, так как молекулярная масса продуктов деполимеризации амилозы, по-видимому, настолько мала, что они не в состоянии образовывать с йодом окрашенные комплексы.

Особый интерес представляет деструкция крахмала в продуктах, подвергнутых предварительной термической обработке (пассерованная мука, обжаренная крупа), так как при последующей варке полученные из них изделия отличаются по консистенции от изделий из необработанных продуктов.

Например, для приготовления соусов используют пшеничную муку, предварительно прогретую в течение нескольких минут до 120 °С (так называемая белая пассеровка) или до 150 °С (красная пассеровка). В обоих случаях при нагревании муки происходит деструкция крахмала, на что указывают коэффициенты деструкции, приведенные в табл. 7.2.

Судя по этим коэффициентам, степень деструкции крахмала при нагревании муки до 150 °С значительно больше, чем при нагревании ее до 120 °С. Различия в степени деструкции крахмала обуславливают неодинаковую степень набухания крахмальных зерен в приготовленных на белой и красной пассеровке соусах и вязкость последних. На рис. 7.6 показано, что степень набухания крахмальных зерен белой пассеровки практически не отличается от степени набухания крахмальных зерен непрогретой муки и составляет более 700 %. Степень набухания крахмальных зерен красной пассеровки втрое меньше, чем белой.

Консистенция соусов на белой пассеровке более густая, чем на красной пассеровке, о чем свидетельствуют кривые изменения вязкости 4,5%-ных суспензий этих пассеровок при нагревании их в вискозиметре от 20 до 100 °С (рис. 7.7). В пределах температур, при которых происходит клейстеризация крахмала (55...80 °С), вязкость суспензий белой пассеровки резко повышается, а суспензий красной пассеровки — снижается.

При сравнении вязкости соусов, приготовленных на красной и белой пассеровке, было установлено, что для получения соуса одинаковой консистенции красной пассеровки расходуется в

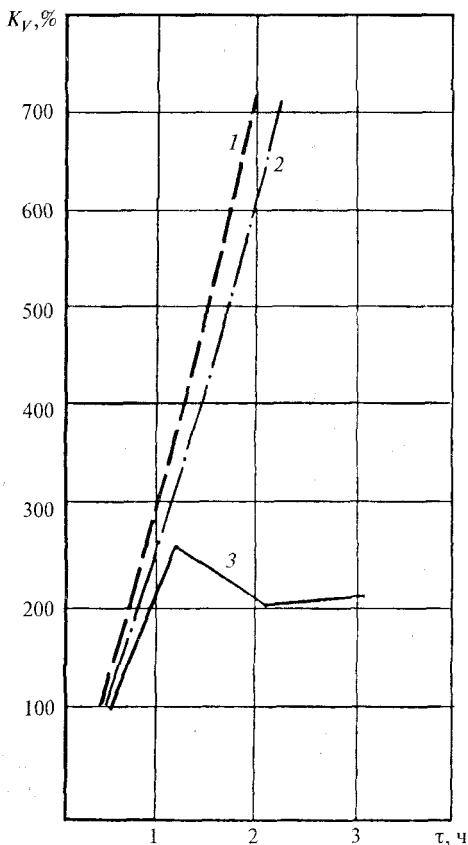


Рис. 7.6. Степень набухания нагретой муки в горячей (90 °С) воде:

1 — исходная мука; 2 — нагретая до 120 °С; 3 — нагретая до 150 °С

2 раза больше, чем белой. Отрицательное влияние высоких температур при сухом нагреве крахмала на вязкость суспензий следует учитывать при производстве соусов и строго соблюдать температурные режимы пассерования муки.

Консистенция рассыпчатых каш, приготовленных из сырой крупы, не всегда получается удовлетворительной, поэтому гречневую крупу перед варкой обжаривают, а рисовую и манную подсушивают. В результате протекающей при этом деструкции крахмала снижается его способность к набуханию и клейстеризации при дальнейшей варке крупы, что обуславливает улучшение конси-

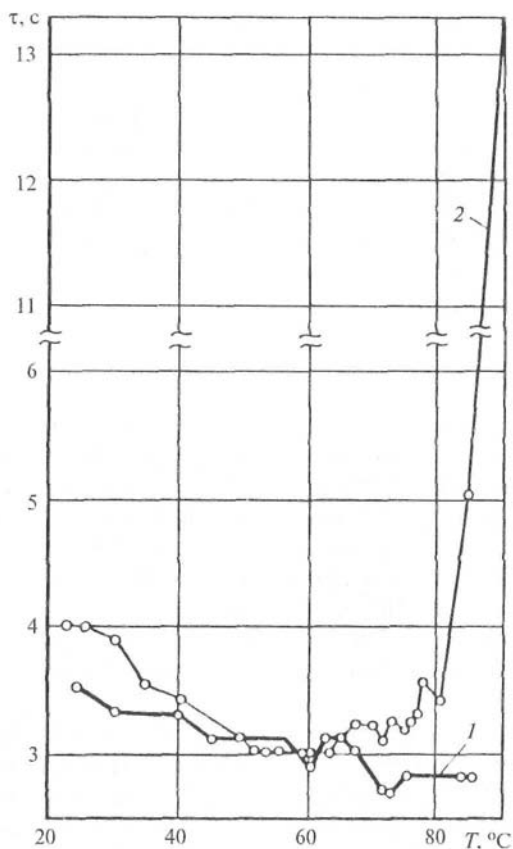


Рис. 7.7. Изменение вязкости 4,5%-ных суспензий нагретой муки при нагревании от 20 до 100 °С:

1 — мука, нагретая до 150 °С; *2* — мука, нагретая до 120 °С

стенции рассыпчатых каш. Вероятно, крахмал в обжаренной или подсушенной крупе меньше склеивает набухшие зерновки, чем в сырой, вследствие чего каши получаются более рассыпчатыми.

В некоторых случаях деструкция крахмала происходит очень интенсивно и достаточно глубоко, что вызывает резкие изменения в структуре тканей продуктов. Например, при изготовлении взорванных зерен кукурузы, риса, пшена и других так называемых сухих завтраков используют особые технологические режимы — обработку этих зерен в специальных аппаратах — «пушках»

под давлением 1,2 МПа. Температура внутри зерен при этом достигает 200 °С и более. Коэффициенты деструкции крахмала в этом случае примерно на порядок выше, чем при изготовлении других кулинарных изделий, и колеблются от 10 до 32. В связи с этим крахмал почти полностью теряет способность к набуханию и клейстеризации.

Взорванные зерна злаков легко растворяются в холодной воде, соках, сиропах, легче перевариваются ферментами.

Под действием термической обработки меняется структура крахмального зерна. Оно расширяется с образованием внутренней полости. В литературе это явление получило название кавитации (*cavity* — полость).

Развитие полости наблюдается как у крахмальных зерен, содержащих амилозу, так и у амилопектиновых разновидностей.

Исследование структуры крахмальных зерен непосредственно в пищевых продуктах с помощью сканирующего электронного микроскопа позволило особенно четко выявить образование внутренней полости по мере увеличения размеров крахмального зерна, а также ряд качественных различий в крахмалсодержащих продуктах, в том числе в хлебе разного качества и во взорванных зернах кукурузы (рис. 7.8 и 7.9). Коэффициент деструкции может служить критерием оценки качества готовой продукции.

Ферментативная деструкция. Ферментативная деструкция крахмала наблюдается при изготовлении дрожжевого теста и выпечке изделий из него, варке картофеля и др.

Амилолитические ферменты содержатся в муке, дрожжах, специальных препаратах, добавляемых в тесто для интенсификации процесса брожения. В муке присутствуют в основном два вида амилолитических ферментов — α - и β -амилаза.

α -Амилаза (α -1,4-глюкан-4-глюкангидролаза) воздействует на α -1,4 связи беспорядочно и вызывает частичную деполимеризацию крахмала с образованием низкомолекулярных полисахаридов, а продолжительный гидролиз приводит к образованию мальтозы и глюкозы.

β -Амилаза (α -1,4-глюкан-мальтогидролаза) гидролизует амилозу и боковые цепи амилопектина по месту α -1,4 связей до мальтозы. Поскольку этот фермент не обладает способностью разрушать связи в точках ветвления амилопектина (α -1,6), то конечным продуктом являются высокомолекулярные остаточные декстрины.

В пшеничной муке обычно активна р-амилаза, активная а-амилаза встречается в муке из дефектного зерна (проросшего и др.).

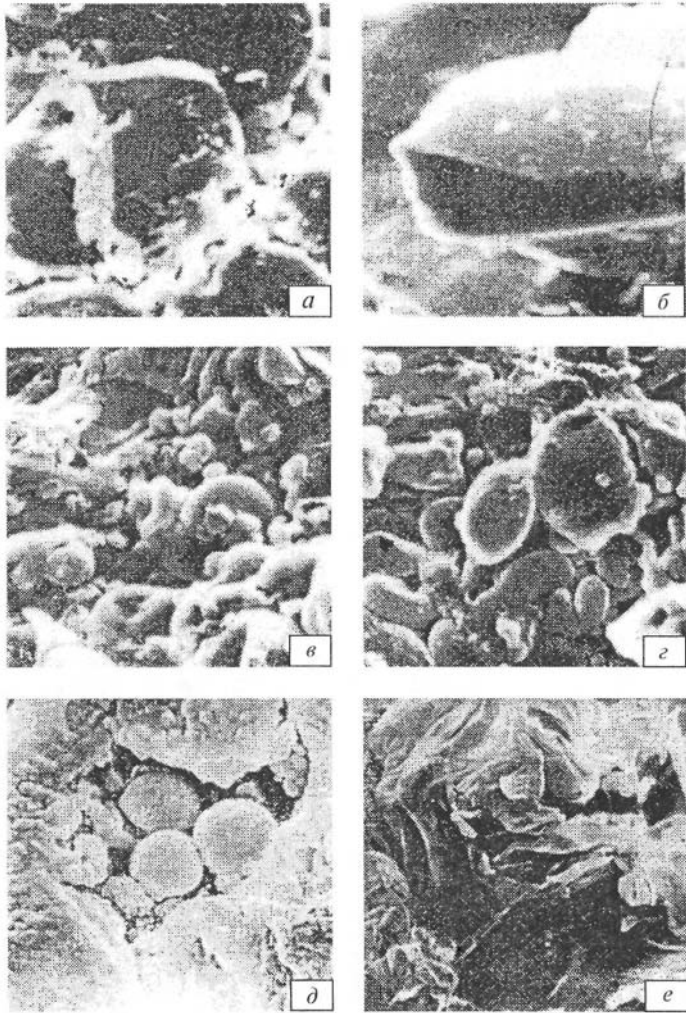


Рис. 7.8. Ультраструктура крахмальных зерен по данным сканирующей электронной микроскопии в изделиях из теста и в сухих завтраках из кукурузы:

a — изделия из дрожжевого теста хорошего качества; *б* — изделия из дрожжевого теста плохого качества (с заминающимся мякишем); *в* — изделия из слоеного теста, выпеченного традиционным способом; *г* — изделия из слоеного теста, выпеченного комбинированным способом (СВЧ-нагрев + традиционный); *д, е* — в сухих завтраках из кукурузы до и после взрыва. Увеличение: *a* — $\times 2200$; *б* — $\times 5500$; *в, г, д, е* — $\times 1000$

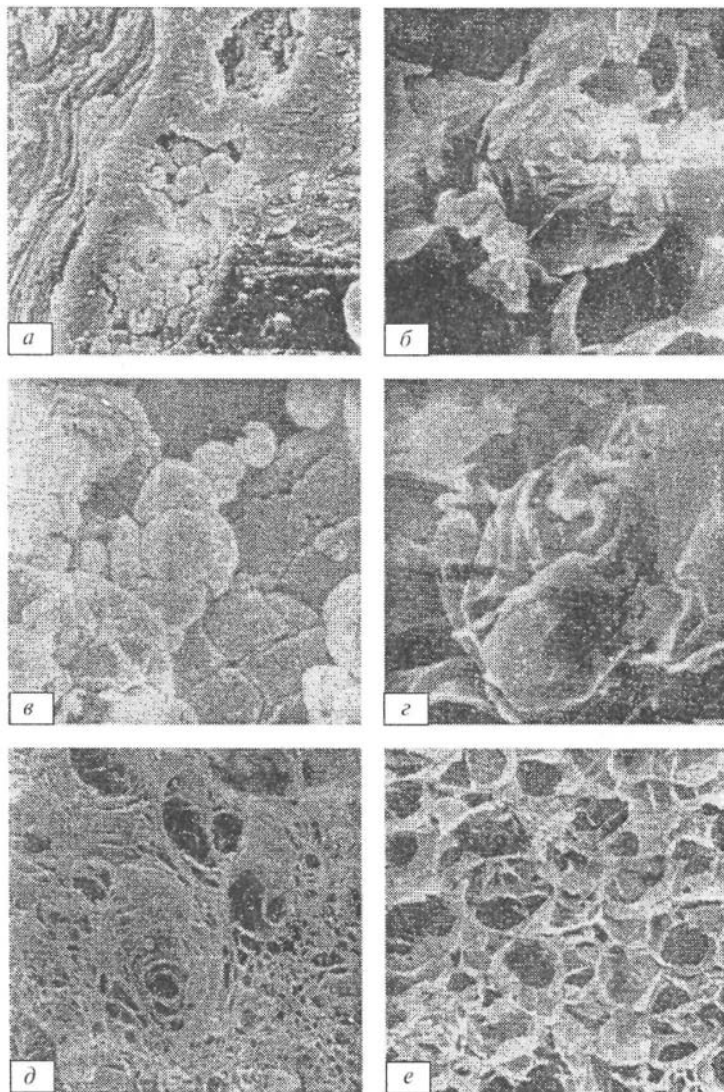


Рис. 7.9. Ультраструктура воздушных зерен по данным сканирующей электронной микроскопии:

a, б — кукуруза до и после взрывания; *в, з* — рисовый крахмал до и после взрывания; *д* — частично взорванный рис; *е* — эндосперм хорошо взорванного риса. Увеличение: *a, б, з* — $\times 1000$; *в* — $\times 5000$; *д, е* — $\times 200$

Накопление мальтозы в тесте в результате действия β -амилазы интенсифицирует процесс брожения, так как этот сахар служит субстратом для жизнедеятельности дрожжей.

Степень деструкции крахмала под действием β -амилазы увеличивается с повышением температуры теста и продолжительности замеса. Кроме того, она зависит от крупности помола муки и степени повреждения крахмальных зерен. Чем больше поврежденных крахмальных зерен в муке, тем быстрее протекает ферментативная деструкция. Но обычно в муке содержится не более 5...8% поврежденных крахмальных зерен.

Ферментативная деструкция крахмала продолжается и при выпечке изделий, особенно в начальной ее стадии до момента инактивации фермента. При выпечке этот процесс проходит более интенсивно, чем при приготовлении теста, так как оклейстеризованный крахмал легче гидролизуется ферментами.

Инактивация β -амилазы при выпечке происходит при температурах до 65 °С.

Повышенная активность α -амилазы приводит к образованию продуктов деструкции, ухудшающих качество изделий из теста, — мякиш получается липким, а изделия кажутся непропеченными. Это объясняется тем, что температура инактивации α -амилазы (80 °С) выше, чем β -амилазы, и действие ее продолжается при выпечке, в результате чего накапливается значительное количество низкомолекулярных водорастворимых полисахаридов, снижается способность крахмала связывать влагу.

Однако в некоторых случаях в тесто добавляют препараты α -амилазы, полученной из микроорганизмов *Aspergillus oryzae* и др., для усиления действия α -амилазы. В процессе выпечки действие грибной α -амилазы прекращается при более низких температурах (70...75 °С), чем зерновой α -амилазы, поэтому низкомолекулярных полисахаридов накапливается меньше и качество изделий не ухудшается. Полученные низкомолекулярные полисахариды быстрее гидролизуются β -амилазой, вследствие чего процесс брожения интенсифицируется.

Модификация крахмала. Крахмальные полисахариды — весьма лабильные, реакционноспособные соединения, активно взаимодействующие с ионами металлов, кислотами, окислителями, поверхностно-активными веществами. Это позволяет модифицировать молекулы крахмала — изменять их гидрофильность, способность к клейстеризации и студнеобразованию, а

также механические характеристики студней. Одни виды модификации способствуют повышению растворимости крахмала в воде, другие ограничивают набухание.

Обширную группу продуктов получают из обычных или модифицированных крахмалов путем деструкции с помощью кислот, щелочей и др., а также в результате действия физических факторов: температуры, механической обработки и др.

Если реакция протекает в кислой среде, то наблюдаются процессы деструкции, которые приводят к получению ряда продуктов — жидкокипящего крахмала (с низкой вязкостью), патоки, глюкозы.

В качестве примера действия механической обработки можно привести сухое расщепление крахмала вибрационным помолом, при котором наряду с механическим измельчением крахмальных зерен происходит процесс деструкции молекул.

В результате реакции гидроксильных групп крахмала с органическими и неорганическими веществами образуются простые и сложные эфиры, в том числе амилофосфорнокислые сложные эфиры, которые часто называют фосфатно-модифицированными крахмалами, а также продукты окисления крахмала.

В зависимости от назначения крахмала разработаны различные варианты проведения клейстеризации, введения добавок (соли, жиров, белков) или наполнителей как отдельно, так и в комбинации друг с другом.

Модифицированный крахмал применяют при изготовлении жележных изделий, мучных кондитерских изделий, отделочных полуфабрикатов типа кремов, в качестве загустителей и стабилизаторов для соусов, мороженого и др. Крахмалопродукты со структурой, подобной образующейся при выпечке хлеба, получают в результате нескольких циклов замораживания и оттаивания крахмальной дисперсии, при этом образуется пористый крахмал, нерастворимый в холодной воде. Его применяют после пропитывания сиропами в качестве начинки для конфет.

Контрольные вопросы и задания

1. В каких технологических процессах происходит гидролиз дисахаридов и как он влияет на качество продукции?
2. Какие технологические факторы влияют на скорость и глубину инверсии сахарозы?
3. Какие сахара участвуют в реакции Майяра?

4. В каких технологических процессах протекают реакции меланоидинообразования и как они влияют на качество продукции общественного питания?
5. Перечислите физико-химические свойства полисахаридов крахмала.
6. В чем состоит физическая сущность клейстеризации крахмала?
7. В чем заключается физическая сущность декстринизации крахмала при сухом нагреве?
8. Что такое «старение» оклейстеризованного крахмала и как этот процесс влияет на качество крахмалосодержащих кулинарных изделий и блюд?

Глава 8

ИЗМЕНЕНИЯ ЛИПИДОВ

В состав липидного компонента продукции общественного питания входят триглицериды (собственно жиры), липоидные вещества (фосфолипиды, стерины и др.), продукты их метаболизма, витамины А, Е, D, К, пигменты. Липиды участвуют в построении клеточных структур тканей человеческого организма, например клеточных мембран, выполняют различные биологические и физиологические функции в организме, а также обладают высокой энергетической ценностью.

Физико-химическим изменениям подвергаются как добавляемые к продукту жиры, так и жиры, входящие в его состав. Жиры, добавляемые к продукту для жарки, подвержены более глубоким изменениям, так как нагреваются до 160... 180 °С, тогда как максимальная температура продукта в поверхностном слое не превышает 130... 135 °С, во внутренних слоях — 80...95 °С. В связи с этим в настоящей главе рассмотрены изменения жиров, добавляемых к продукту для жарки, а изменения липидов, содержащихся в продуктах, будут рассмотрены далее в главах, посвященных конкретным продуктам.

Добавляемый к продукту жир при тепловой обработке выполняет роль теплопередающей и антиадгезионной среды, способствует равномерному распределению температур на поверхности продукта, снижает вероятность местных перегревов. Жир участвует в формировании вкуса и аромата готового продукта, что предопределяет высокие требования к исходному качеству пищевых жиров, а также минимизации их физико-химических изменений в процессе тепловой кулинарной обработки продуктов. Так, для жарки продуктов рекомендуется использовать безводные жиры с высокой температурой дымообразования, рафинированные,

освобожденные от белковых веществ, гликозидов, пигментов и других примесей, которые подвергаются деструкции при высокотемпературном нагревании с образованием новых веществ, придающих жирам нежелательные вкусовые оттенки.

Наиболее быстро и глубоко изменяются пищевые жиры, содержащие ненасыщенные жирные кислоты, низкомолекулярные жирные кислоты и свободные жирные кислоты, не связанные в глицеридах. Первые два показателя обусловлены природными свойствами того или иного жира, третий показатель приобретает жиром в процессе его хранения под воздействием липолитических ферментов, перешедших в жир из сырья. В процессе тепловой кулинарной обработки в результате гидролиза количество свободных жирных кислот в жире возрастает, что вызывает более глубокие изменения жиров.

При свободном доступе воздуха происходит окисление липидов, которое ускоряется с повышением температуры. При температурах хранения (2...25 °С) происходит автоокисление липидов, а при температурах жарки (140... 180 °С) — термическое окисление. Между автоокислением и термическим окислением есть много общего, в то же время состав образующихся продуктов может несколько различаться. Автоокисление нередко опережает термическое, поэтому эти два процесса необходимо рассматривать вместе.

Начальный период автоокисления характеризуется длительным индукционным периодом, в течение которого накапливаются свободные радикалы. Как только их концентрация достигнет определенного значения, индукционный период заканчивается и начинается автокаталитическая цепная реакция: процесс быстрого присоединения кислорода к радикалам. Первичные продукты этой реакции — гидропероксиды — распадаются с образованием двух новых радикалов, ускоряющих цепную реакцию. При соединении двух радикалов с образованием неактивной молекулы может произойти обрыв цепи автокаталитической цепной реакции.

При нагревании жира до 140... 180 °С со свободным доступом кислорода воздуха индукционный период резко сокращается. Присоединение кислорода к углеводородным радикалам жирных кислот происходит более беспорядочно, минуя некоторые стадии, которые наблюдаются при автоокислении. Некоторые продукты окисления липидов (гидропероксиды, альдегиды и др.), относительно устойчивые при температурах автоокисления, не могут длительно существовать при температурах термического окисления и распадаются по мере образования. В результате их распада

образуется многочисленная группа новых реакционноспособных веществ, увеличивающих возможность протекания вторичных химических реакций в нагретом жире и их многообразие.

Химические соединения, образующиеся при авто- и термическом окислении, условно можно подразделить на три группы: продукты окислительной деструкции жирных кислот, в результате которой образуются вещества с укороченной цепью; продукты изомеризации, а также окисленные триглицериды, которые содержат то же количество углеродных атомов, что и исходные триглицериды, но отличаются от последних присутствием в углеводородных частях молекул жирных кислот новых функциональных групп, содержащих кислород; продукты окисления, содержащие полимеризованные или конденсированные жирные кислоты, в которых могут присутствовать функциональные группы, содержащие кислород.

Продукты окисления липидов принято подразделять на термостойкие и нетермостойкие.

Гидролиз жира под действием воды и высокой температуры протекает в три стадии. На первой стадии от молекулы триглицерида отщепляется одна молекула жирной кислоты с образованием диглицерида. Затем от диглицерида отщепляется вторая молекула жирной кислоты с образованием моноглицерида. И наконец, в результате отделения от моноглицерида последней молекулы жирной кислоты образуется свободный глицерин. Ди- и моноглицериды, образующиеся на промежуточных стадиях, способствуют ускорению гидролиза.

ИЗМЕНЕНИЯ ЛИПИДОВ ПРИ ВАРКЕ ПРОДУКТОВ

Содержащийся в продуктах жир в процессе варки плавится и часть его переходит в бульон. Количество поступающего в варочную среду жира зависит от его содержания и характера отложения в продукте, продолжительности варки, величины кусков и других факторов. Так, тощая рыба при припускании теряет до 50 % жира, содержащегося в сыром продукте, средней жирности — до 14, осетровая — до 6 %. Из мяса при варке извлекается до 40 %, а из костей 25...40 % содержащегося в них жира. Количество жира, извлекаемого из костей, зависит от их вида (трубчатые, тазовые, позвоночные и пр.), степени измельчения и продолжительности варки. При варке костей в автоклаве (при повышенных давлении и температуре) извлечение жира из костей ускоряется.

До 95 % жира, извлекаемого из продукта, локализуется на поверхности бульона и лишь небольшая часть (3,5... 10 %) распределяется по всему объему бульона в виде мелких жировых капель (эмульгированный жир).

Эмульгированный жир ухудшает органолептические показатели качества бульона, он теряет прозрачность, появляется салитый привкус. В связи с этим изучение технологических факторов, способствующих эмульгированию жира, весьма актуально. Установлено, что количество эмульгированного жира при варке жирсодержащих продуктов пропорционально гидромодулю и интенсивности кипения жидкости. При совместном воздействии указанных факторов количество эмульгированного жира может возрасти в несколько раз. Так, увеличение гидромодуля при варке костей с 3 : 1 до 8 : 1 при тихом кипении приводит к увеличению количества эмульгированного жира примерно вдвое, а при интенсивном кипении — более чем в 5 раз. Кипение жидкости и, как результат этого, эмульгирование жира усиливает его гидролиз вследствие значительного увеличения поверхности контакта между жиром и водой. Присутствие в жидкости натрия хлорида и пищевых кислот также усиливает гидролиз жира. Образующиеся в результате гидролиза свободные жирные кислоты, придающие бульону неприятный вкус, обладают повышенной реакционной способностью, могут образовывать соли калия и натрия (мыла), окисляться кислородом воздуха и растворенным в воде с образованием пероксидов, гидропероксидов, оксикислот по месту двойных связей.

На практике для уменьшения нежелательных физико-химических изменений липидов при варке пищевых продуктов применяют тихое кипение жидкости и периодическое удаление жира с ее поверхности.

ИЗМЕНЕНИЯ ЛИПИДОВ ПРИ ЖАРКЕ ПРОДУКТОВ

Жарку продуктов с добавлением жира проводят одним из двух способов: с небольшим количеством жира (около 8 % к массе продукта) и во фритюре, когда продукт полностью погружается в жир; оптимальное соотношение жира и продукта в этом случае 4 : 1. В жарочных аппаратах непрерывного действия соотношение жира и продукта может быть большим.

Предназначенные для жарки подготовленные кулинарные полуфабрикаты укладывают в жир, разогретый до 160... 180 °С. Продолжительность жарки варьирует в широких пределах — от 5...8 мин

до нескольких часов (мясо крупными кусками, тушки птицы). Этому соответствует и глубина физико-химических изменений.

При жарке продуктов первым способом происходит плавление жира, впитывание его продуктом, гидролиз, окисление липидов с образованием пероксидов, гидропероксидов, оксикислот, пиролиз (дымообразование) до летучих низкомолекулярных продуктов, в том числе аккролеина — альдегида, выделяющегося в результате пирогенетического разложения глицерина. Аккролеин — сильнодействующее вещество. Попадая в атмосферу производственных цехов, он действует раздражающе на слизистые оболочки глаз, органов дыхания. Разные жиры при одинаковых условиях имеют разную температуру дымообразования (°С): свиной топленый жир — 221, хлопковое масло — 223, пищевой саломас — 230. На температуру дымообразования, помимо вида жира, влияют содержание в нем свободных жирных кислот, отношение нагреваемой поверхности жира к его объему, материал и размер посуды, в которой производится нагрев. Так, увеличение содержания в свином жире свободных жирных кислот с 0,02 до 0,81 % понижает его температуру дымообразования до 150 °С. При нагревании одинакового количества жира одного вида на двух сковородах диаметром 15 и 20 см температура дымообразования оказалась соответственно равной 185 и 169 °С. Некоторые тяжелые металлы (железо, медь и др.) катализируют пиролиз жира, снижая его температуру дымообразования.

Таким образом, для снижения степени деструкции липидов при жарке не следует допускать перегрева жиров, рекомендуется сводить до минимума холостой нагрев жира, использовать термостойкие жиры, предназначенные для жарки продуктов, — животные топленые, кулинарные, рафинированные растительные масла. Жиры должны быть свежими с низким кислотным числом. Посуду, используемую для жарки, необходимо периодически промывать моющими средствами для удаления остатков использованных жиров, содержащих продукты гидролиза и окисления.

ИЗМЕНЕНИЯ ЖИРОВ ПРИ ЖАРКЕ ПРОДУКТОВ ВО ФРИТЮРЕ

Продолжительность жарки продуктов во фритюре небольшая. Например, при температуре фритюра 180 °С порционные куски рыбы и картофель брусочками жарят около 5 мин, пирожки, пончики, чебуреки — 6 мин. Готовность обжариваемого продукта оценивают по образованию на его поверхности специфической

окрашенной корочки. Некоторые продукты после обжарки во фритюре дожаривают в жарочном шкафу 5...7 мин для достижения в геометрическом центре изделия температуры 80...85 °С (фаршированные котлеты, порционные куски рыбы и др.). Таким образом, на глубину физико-химических изменений жира оказывает влияние не столько процесс жарки продуктов, сколько продолжительность использования фритюра (2...3 смены и более).

Еще один фактор, влияющий на течение физико-химических процессов в липидах, — температура фритюрного жира. Так, при температуре 200 °С гидролиз жира протекает в 2,5 раза быстрее, чем при 180 °С. При этом заметно ускоряются процессы полимеризации глицеридов и жирных кислот. Перегрев фритюрного жира возможен по двум причинам: в связи с местным перегревом его вблизи нагревательных элементов жарочного аппарата (фритюрницы), а также в период холостого нагрева, когда обжаренный продукт из жира извлечен, а новая партия продукта в жир еще не заложена.

С точки зрения качества готовой продукции резкое понижение температуры фритюра после закладки очередной партии продукта для жарки также нежелательно, так как при температуре 160 °С и ниже на поверхности продукта образуется слабоокрашенная корочка, возрастает степень поглощения жира продуктом, нерациональное его расходование. В связи с этим в специализированных цехах предприятий общественного питания применяют аппараты непрерывной фритюрной жарки, в которых соотношение жира и продукта 20 : 1 поддерживается автоматически, что позволяет стабилизировать температуру фритюра, расход жира и повысить качество готовой продукции.

При непрерывной жарке жир равномерно удаляется из жарочной ванны с готовым продуктом и пополняется путем автоматического долива свежего жира. Количество жира, которое уносится с готовым продуктом, зависит от вида продукта и степени его измельчения. Так, хрустящий картофель в результате жарки поглощает до 40 % жира, пончики — до 27 %. Таким образом, непрерывная сменяемость фритюрного жира — одно из условий торможения его нежелательных физико-химических изменений:

$$K = P/M,$$

где K — коэффициент сменяемости жира; P — количество жира, поглощенного продуктом за 24 ч, кг; M — масса жира в жарочном аппарате, кг.

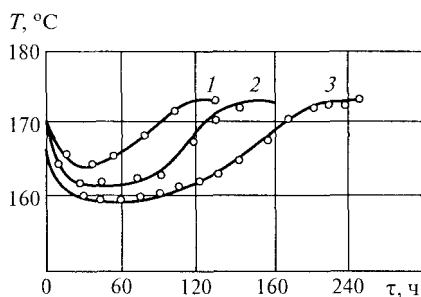


Рис. 8.1. Динамика изменений температуры фритюра в процессе жарки при разном соотношении жира и продукта:

1 - 2 : 0 : 1 ; 2 - 1 : 0 : 1 ; 3 - 6 : 1

В производственных условиях малых предприятий применяют в основном фритюрницы периодического действия. На рис. 8.1 показана динамика понижения температуры фритюра после закладки продукта и восстановления температуры жарки. Из графиков видно, что чем выше соотношение жира и продукта, так меньше времени затрачивается на восстановление начальной температуры.

Важный фактор сохранения качества фритюрных жиров в период жарки — степень контакта жира с кислородом воздуха, без доступа которого даже длительное нагревание при $180... 200^\circ\text{C}$ не вызывает заметных окислительных изменений жира. Увеличению контакта с воздухом способствуют нагревание жира тонким слоем, жарка продуктов пористой структуры, интенсивное вспенивание и перемешивание жира.

Большое значение для качества жира имеет присутствие в нем катализаторов или инициаторов окисления, ускоряющих окислительные процессы. К ним относятся хлорофилл и металлы переменной валентности (Cu, Mn, Co и др.).

Скорость окисления жира можно заметно затормозить, вводя в него ничтожные количества антиоксидантов (ингибиторов окисления), механизм действия которых неодинаков. Некоторые естественные (каротин, изомеры токоферола) и искусственные (бутилоксианизол, бутилокситолуол, производные фенола) антиоксиданты связывают свободные радикалы, переводя их в неактивное состояние. Однако при высоких температурах жарки большинство естественных и искусственных антиоксидантов разрушается или испаряется.

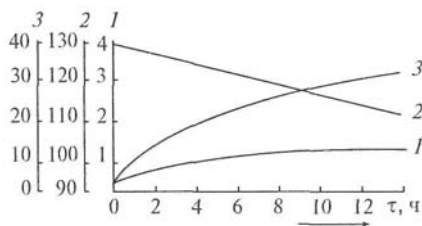


Рис. 8.2. Динамика физико-химических изменений липидов в начальный период использования фритюра для жарки продуктов:

1 — кислотное число, мг КОН/г; 2 — йодное число, % йода;
3 — перекисное число, мэкв O_2 /кг

В качестве антиоксидантов применяют кремнийорганические жидкости (полиметил-силоксаны). Эти соединения, образуя на поверхности жира тонкую пленку и подавляя его вспенивание, затрудняют взаимодействие жира с кислородом.

Заметное влияние на скорость термического окисления жира оказывает химический состав обжариваемых продуктов, что объясняется, в частности, содержанием в некоторых из них значительного количества антиоксидантов. Так, входящие в состав продуктов белки способны оказывать антиокислительное действие; некоторые вещества, образующиеся в результате реакций меланоидинообразования, обладают редуцирующим действием и могут прерывать цепь окислительных превращений. Более заметное окисление фритюрных жиров при холостом нагреве по сравнению с окислением их при обжаривании продуктов можно объяснить антиокислительным действием других компонентов, входящих в

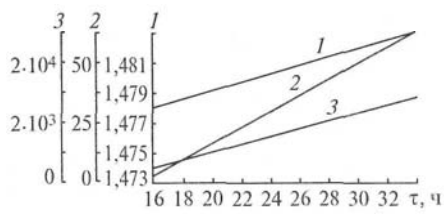


Рис. 8.3. Динамика физико-химических изменений липидов при длительном использовании фритюра для жарки продуктов:

1 — показатель преломления; 2 — содержание полимеров, %; 3 — вязкость фритюра, измеренная при $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, Па·с· 10^3

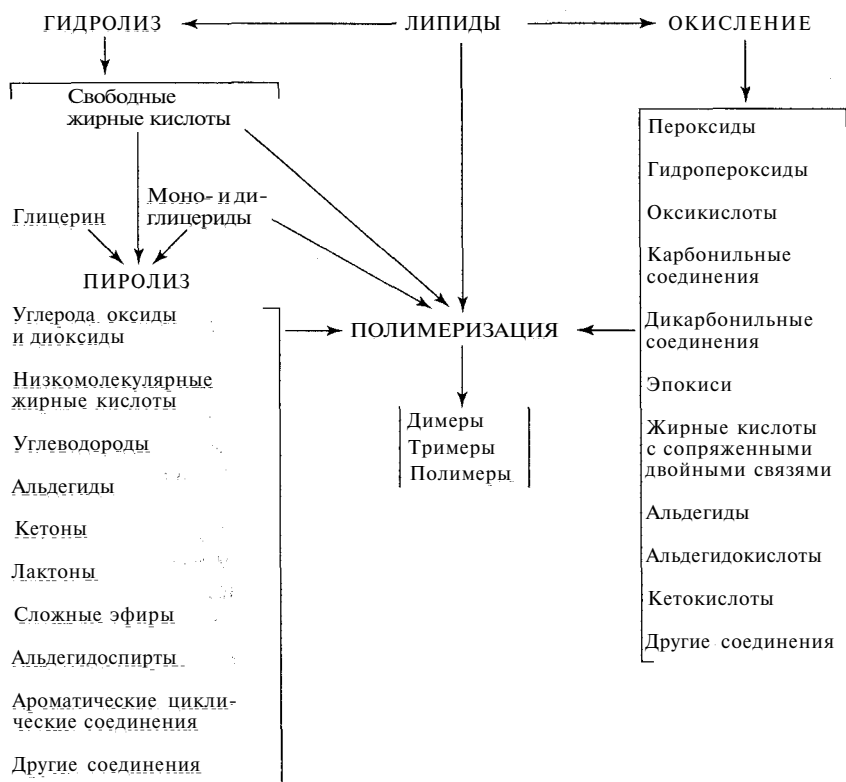


Рис. 8.4. Принципиальная схема физико-химических изменений липидов фритюра при жарке продуктов

состав обжариваемых продуктов в небольших количествах (аскорбиновая кислота, некоторые аминокислоты, глутатион).

Кроме того, устойчивость липидов к окислению зависит от степени их ненасыщенности. При прочих равных условиях ненасыщенные жирные кислоты окисляются быстрее насыщенных. Однако технологические факторы — температура, доступ воздуха, длительность нагревания, материал посуды, периодичность жарки играют более существенную роль в процессах термического окисления.

На первом этапе фритюрной жарки продуктов происходят те же физико-химические изменения липидов, что и при обычной жарке: увеличиваются кислотное и перекисное числа, уменьшается йодное число (рис. 8.2).

Последующая жарка продуктов во фритюре сопровождается распадом пероксидов, гидропероксидов и оксикислот и образованием термостабильных продуктов окисления: карбонильных и дикарбонильных соединений, жирных кислот с сопряженными двойными связями, продуктов полимеризации. Соответственно этому повышаются показатель преломления, йодное число жира (рис. 8.3) и оптическая плотность, измеряемая методами спектроскопии.

Принципиальная схема физико-химических изменений липидов при жарке продуктов во фритюре представлена на рисунке 8.4. Медико-биологические исследования последних лет показали, что наибольшую опасность для человека представляют продукты окисления, пиролиза и полимеризации, которые в природных пищевых жирах отсутствуют.

ИЗМЕНЕНИЯ ЦВЕТА, ВКУСА И ЗАПАХА ЖИРА В ПРОЦЕССЕ ЖАРКИ ПРОДУКТОВ ВО ФРИТЮРЕ

Пигменты, содержащиеся в жире (каротиноиды, хлорофилл, госсипол и др.), легко разрушаются под действием нагрева, вследствие чего в начале нагревания жир несколько светлеет, а по мере дальнейшего нагревания темнеет до цвета крепкого кофе.

Причин потемнения жира несколько. Одна из них — загрязнение жира веществами пирогенетического распада, образующимися при обугливание мелких частиц обжариваемых продуктов.

Другая причина — реакции меланоидинообразования и карамелизации. Источником аминных групп, участвующих в первой из них, могут служить обжариваемые продукты, а при использовании для фритюра нерафинированных масел — и входящие в них фосфатиды, поэтому цвет рафинированных масел, из которых удалены фосфатиды и другие посторонние вещества, изменяется значительно медленнее. Так, при 20-часовой жарке пирожков цвет рафинированного масла изменился незначительно, а нерафинированное за это же время потемнело.

Следующая причина появления темной окраски — накопление темноокрашенных продуктов окисления самого жира. Известно, например, что две стоящие рядом карбонильные группы ($-\text{CO}-\text{CO}-$) обуславливают появление окраски соединений, в состав которых они входят. Такие соединения легко вступают в реакции конденсации, что приводит к дальнейшему усилению окраски.

И наконец, еще одна причина потемнения жиров — присутствие в некоторых из них хромогенов (слабоокрашенных или

бесцветных веществ). При окислении и действии других факторов хромогены интенсивно окрашиваются.

Чистые неокисленные триглицериды лишены вкуса и запаха. Однако в процессе фритюрной жарки образуются летучие вещества (вещества с укороченной цепью), которых в гретых фритюрных жирах обнаружено свыше 220 видов. Некоторые из них придают определенный запах обжариваемым продуктам и самому жиру. Например, карбонильные производные, содержащие 4, 6, 10 или 12 атомов углерода, придают фритюру приятный запах жареного, тогда как карбонильные компоненты, содержащие 3, 5 или 7 атомов углерода, отрицательно влияют на запах фритюра. Добавочное количество компонентов, обладающих запахом, образуется при взаимодействии аминокислот (особенно метионина) и белков обжариваемого продукта с фритюром.

При длительном использовании для фритюрной жарки жир приобретает темную окраску и одновременно жгуче-горький вкус. Кроме того, у него появляется едкий запах горелого. Как уже отмечалось, это объясняется в основном присутствием в нем аккролеина ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CHO}$), содержание которого в жире возрастает по мере снижения температуры дымообразования. Горький вкус и запах горелого обусловлены продуктами пирогенетического распада пищевых продуктов. Меланоидины также влияют на вкус и запах нагретого фритюрного жира.

Накопление в жире полярных поверхностно-активных соединений (например, оксикислот) и возрастающая вязкость жира вызывают образование интенсивной и стойкой пены при загрузке продукта в жир. Это, в свою очередь, может привести к переливанию жира через край посуды и его воспламенению. Таким образом, сильное вспенивание и уменьшение температуры дымообразования (ниже $190\text{ }^\circ\text{C}$) делают жир непригодным для жарки.

Между органолептическими и физико-химическими показателями фритюрного жира не существует, определенной зависимости, так как изменения тех или других обусловлены множеством факторов, не связанных между собой. При обжаривании влажных продуктов, богатых белком (мясо, рыба, птица), потемнение жира происходит быстрее, чем существенное изменение его химических показателей. Если же в продукте мало белка и много крахмала, фритюр, несмотря на значительные окислительные изменения, продолжительное время остается светлым. Иногда в жире, совершенно непригодном по органолептическим показателям к дальнейшему использованию, обнаруживаются

незначительные окислительные изменения, и наоборот, вкус и цвет жира могут быть удовлетворительными, а его физико-химические показатели свидетельствуют о сильной окисленности. В первом случае решение о дальнейшей пищевой пригодности жира выносят по органолептическим показателям, во втором — по физико-химическим.

УСЛОВИЯ УВЕЛИЧЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ ФРИТЮРНОГО ЖИРА

Широкое распространение жарки во фритюре в последнее время связано с увеличением промышленного выпуска полуфабрикатов высокой степени готовности. Для замедления нежелательных процессов во фритюрном жире и продления срока его службы, а следовательно, повышения экономичности процесса разрабатывается ряд мероприятий, к которым относятся: совершенствование конструкции жарочной аппаратуры; повышение термостойкости жира, применяемого для жарки (создание термостойких жировых смесей, введение в жир термоустойчивых антиоксидантов); совершенствование технологии жарки и обеспечение оперативного контроля за качеством фритюрного жира.

Аппараты, предназначенные для жарки во фритюре, должны быть оборудованы терморегулирующей автоматикой для поддержания необходимой температуры и обеспечения равномерного нагрева жира. Контакт жира с кислородом воздуха должен быть минимальным. Созданы конструкции аппаратов, работающих при той или иной степени вакуумирования. Жарочные ванны фритюрниц должны быть изготовлены из антиадгезионного материала, не катализирующего окисление и разложение жира (нержавеющая сталь, металлы, покрытые инертными полимерами), в их конструкции должна быть предусмотрена холодная зона. Для жарки во фритюре по возможности следует применять специальные термостойкие жиры промышленного производства.

Для увеличения срока службы фритюрного жира следует соблюдать следующие основные технологические требования: поддержание необходимого температурного режима (никогда не следует нагревать жир выше 190 °С); сокращение холостого нагрева; периодическое удаление мелких частиц, попадающих в жир из обжариваемого продукта; тщательная очистка жарочных ванн от нагара в конце рабочего дня с последующим полным удалением моющих средств путем ополаскивания (нагар усиливает потемнение жира, а моющие средства — его гидролиз).

ВПИТЫВАНИЕ И АДСОРБЦИЯ ПРОДУКТАМИ ЖИРА И ЕГО ПОТЕРИ ПРИ ЖАРКЕ

При жарке на впитывание и адсорбцию жира продуктами влияют следующие факторы: содержание влаги в жире; химический состав обжариваемого продукта и связанная с этим интенсивность выделения из него влаги; величина кусочков и удельная поверхность ($\text{см}^2/\text{г}$) обжариваемого продукта; вязкость жира.

При жарке продуктов в небольшом количестве жира иногда используют жиры, содержащие около 20 % влаги (маргарин, сливочное масло), в этом случае продукт плохо впитывает жир, так как он сильно разбрызгивается вследствие испарения содержащейся в нем влаги.

Продукты, богатые белками и не содержащие крахмала (мясо, рыба, птица), при жарке энергично выделяют воду, что затрудняет проникновение в них жира; продукты с небольшим содержанием белка, в состав которых входит неоклейстеризованный крахмал (сырой картофель), впитывают больше жира, так как часть воды поглощается и удерживается клейстеризующимся крахмалом и испарение влаги из продукта происходит менее интенсивно; еще медленнее испаряется вода из продуктов, содержащих оклейстеризованный крахмал (вареный картофель, картофельные крокеты, крупяные котлеты), так как он удерживает большую часть влаги; в этом случае продукт поглощает максимальное количество жира.

Чем больше удельная поверхность продукта (т. е. чем выше степень его измельчения), тем больше он поглощает жира. Так, сырой картофель, нарезанный соломкой, при жарке во фритюре (подсолнечное масло) поглощает в 2,6 раза больше жира, чем картофель, нарезанный брусочками; если учесть, что удельная поверхность соломки в 2,7 раза больше удельной поверхности брусочков, то из приведенного примера следует почти прямая зависимость между удельной поверхностью продукта и количеством поглощенного жира.

При длительном использовании вязкость фритюра возрастает, что увеличивает адсорбцию жира поверхностью продукта и препятствует его стеканию с готовых изделий. Таким образом, по мере увеличения продолжительности нагревания расход фритюрного жира на единицу продукции возрастает.

Масса жира изменяется даже при его холостом нагреве. В начальной стадии нагрева она может возрастать в результате присоединения к жиру кислорода. При дальнейшем нагреве след-

ствии пиролиза и окислительной деструкции жира образуются летучие вещества, выделение которых уменьшает массу фритюра. При загрузке продукта в нагретый жир с парами воды уносятся не только летучие вещества, но и нерасщепленные триглицериды.

Таким образом, при любом способе жарки помимо поглощения и адсорбции жира продуктами всегда происходят его потери, так называемый угар. Угар жира происходит вследствие его разбрызгивания, удаления с парами воды, а также разложения в результате пиролиза и окислительной деструкции.

ВЛИЯНИЕ ЖАРКИ НА ПИЩЕВУЮ ЦЕННОСТЬ ЖИРА

При жарке биологическая эффективность жира снижается вследствие уменьшения содержания в нем жирорастворимых витаминов, незаменимых жирных кислот, фосфатидов и других биологически активных веществ, а также в результате образования в них неусвояемых компонентов и токсических веществ.

Уменьшение содержания витаминов и фосфатидов в жире происходит при любом способе жарки, тогда как содержание незаменимых жирных кислот существенно снижается лишь при длительном нагревании фритюрного жира. Особенно значительны потери незаменимых жирных кислот в жирах, содержащих высоконенасыщенные жирные кислоты.

При длительном нагревании в жирах образуются высокополимерные вещества, которые не усваиваются организмом. Усвояемость жира, йодное число которого понизилось хотя бы на 5 %, заметно снижается.

Токсичность гретых жиров связана с образованием в них циклических мономеров и димеров. Эти вещества образуются из полиненасыщенных жирных кислот при температурах свыше 200 °С. При правильных режимах жарки они содержатся во фритюрных жирах в очень небольших количествах. Токсичность этих веществ проявляется при большом содержании их в рационе питания. Продукты окисления жира, раздражая кишечник и оказывая послабляющее действие, ухудшают усвояемость не только самого жира, но и употребляемых вместе с ним продуктов. Отрицательное действие термически окисленных жиров может проявляться при их взаимодействии с другими веществами. Так, они могут вступать в реакции с белками, ухудшая их усвояемость, а также частично или полностью инактивировать некоторые ферменты и разрушать многие витамины.

Качество фритюрных жиров необходимо периодически контролировать. Институтом питания РАМН установлена предельно допустимая норма содержания продуктов окисления и полимеризации в фритюрных жирах, равная 1 % к массе продукта.

Контрольные вопросы

В каких технологических процессах происходит эмульгирование жира. Как эмульгированный жир влияет на качество продукции общественного питания?

Какие физико-химические изменения жира происходят при варке? По каким показателям качества жира можно судить о глубине этих изменений? В чем сущность окисления липидов в технологических процессах предприятий общественного питания?

Какие технологические факторы влияют на скорость и глубину окисления липидов при варке и жарке продуктов?

По каким физико-химическим показателям качества жира можно судить о глубине его окисления и пищевой ценности?

Глава 9

ИЗМЕНЕНИЯ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В КАРТОФЕЛЕ, ОВОЦАХ, ПЛОДАХ И ГРИБАХ

При производстве продукции общественного питания широко используют картофель и практически все известные овощи и плоды, которые поступают чаще всего в свежем виде, а также сушеными, маринованными, солеными, консервированными в банках и замороженными.

Ассортимент свежих съедобных грибов ограничен: белые, шампиньоны и сморчки, обладающие хорошими вкусовыми свойствами и высокой пищевой ценностью. По внешнему виду эти грибы наиболее известны, и при переработке их легко отличить от других грибов, среди которых могут оказаться и ядовитые.

Сушеными поступают грибы белые и «черные» (смесь сушеных трубчатых грибов — подосиновиков, подберезовиков, маслят, моховиков, козляков); солеными — грузди, рыжики, волнушки, подгрузди, чернушки и др.; маринованными — белые, подосиновики, подберезовики, маслята; консервированными в банках — белые и шампиньоны.

Овощи подвергают механической и тепловой кулинарной обработке (за исключением овощей, употребляемых в свежем виде), которая сопровождается изменением их пищевой ценности и орга-

нолептических свойств — вкуса, цвета, аромата и консистенции. Изменение свойств овощного сырья при кулинарной переработке связано с превращениями содержащихся в нем основных пищевых веществ. Степень этих изменений зависит как от свойств сырья, так и от применяемых технологических режимов обработки.

ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ КАРТОФЕЛЯ, ОВОЩЕЙ И ПЛОДОВ

В свежих овощах и плодах содержится значительное количество воды (75...95 %). Способность тканей овощей, плодов и грибов сохранять форму и определенную структуру при таком большом содержании воды объясняется присутствием в них белков и пектиновых веществ, способных удерживать значительное количество влаги.

В состав сухого остатка картофеля и овощей входят в основном углеводы, а также азотистые и минеральные вещества, органические кислоты, витамины, пигменты, полифенольные соединения, ферменты и др.

Из углеводов в картофеле, овощах и плодах содержатся моносахариды (глюкоза, фруктоза, галактоза, рамноза и др.), дисахариды (сахароза, мальтоза) и полисахариды (крахмал, клетчатка, гемицеллюлозы, пектиновые вещества).

Общее содержание Сахаров в овощах колеблется от 1,5 % (на сырую массу съедобной части) в картофеле до 9 % в арбузах, дынях, свекле, луке репчатом. Достаточно много их содержится в моркови (6 %) и белых кореньях (петрушка — 9,4 %, пастернак — 6,5, сельдерей — 5,5 %); в капустных овощах Сахаров более 4 %. В плодах и ягодах общее содержание Сахаров колеблется от 3...4 % в лимонах и клюкве до 16... 19 % в винограде и бананах.

Соотношение различных Сахаров в отдельных видах овощей и плодов неодинаково. Например, в картофеле они представлены в основном глюкозой и сахарозой, фруктозы в нем очень мало; в луке репчатом и моркови — сахарозой и в меньшей степени глюкозой и фруктозой. В белокочанной капусте содержатся в основном глюкоза и фруктоза, сахарозы в ней в 10 раз меньше, чем моносахаридов. В яблоках, грушах сахара представлены фруктозой и в меньшей степени глюкозой и сахарозой, в винограде и вишне — глюкозой и фруктозой. В абрикосах, персиках, апельсинах, мандаринах содержится больше сахарозы, чем моносахаров. В лимонах все три вида Сахаров присутствуют в равных количествах.

Крахмал в относительно больших количествах содержится в картофеле — в среднем 16 % (на сырую массу съедобной части).

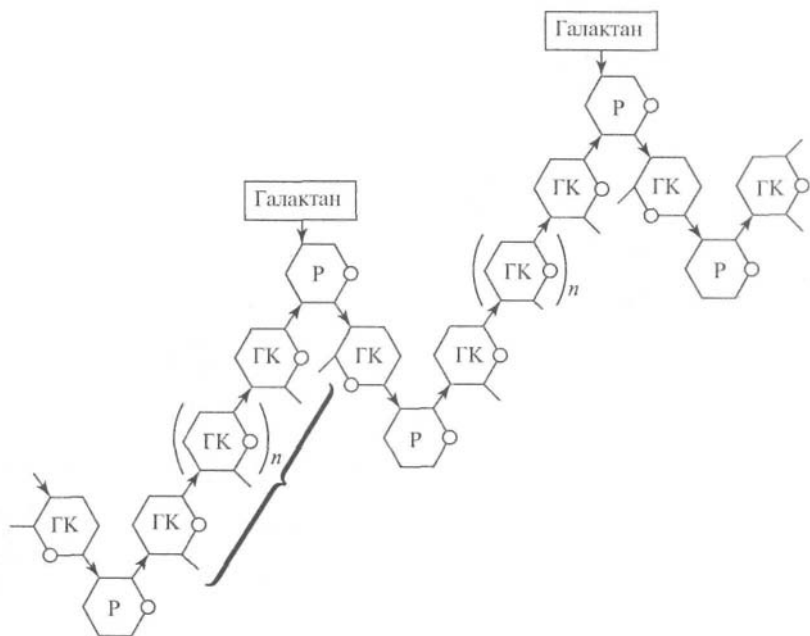


Рис. 9.1. Структура пектиновой молекулы (по Альберсхейму):

Р — рамноза; ГК — галактуроновая кислота

Из овощей сравнительно высоким содержанием крахмала отличаются зеленый горошек (6,8 %), бобы овощные (6 %), пастернак (4 %), фасоль стручковая (2 %). В остальных овощах содержание его не превышает десятых долей процента. В большинстве плодов и ягод крахмал отсутствует; в небольших количествах он содержится лишь в бананах, яблоках, грушах и айве.

Содержание клетчатки в картофеле, овощах и плодах колеблется от 0,3 до 1,4 % (на сырую массу съедобной части). Повышенным ее содержанием отличаются пастернак (2,4 %), хрен (2,8 %), укроп (3,5 %), а также некоторые ягоды — малина (5,1 %), облепиха (4,7 %).

Гемицеллюлоз (галактан, арабинан, арабиногалактан, ксилоглюкан) в картофеле, овощах и плодах содержится больше, чем клетчатки (0,1...0,7 %).

Клетчатка (целлюлоза) и гемицеллюлозы состоят в основном из остатков нейтральных Сахаров — глюкозы, галактозы, арабинозы, ксилозы и др. Однако имеются сведения, что в состав ге-

мицеллюлоз могут входить глюкуроновая, галактуроновая и другие кислоты, придавая этим полисахаридам кислые свойства.

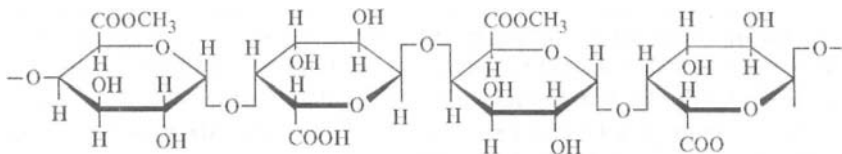
Содержание пектиновых веществ в картофеле, овощах и плодах колеблется от десятых долей процента до 1,1 % (на сырую массу съедобной части). Пектиновые вещества в растительных продуктах представлены двумя формами: нерастворимой в холодной воде — протопектином и растворимой — пектином. Основную массу пектиновых веществ картофеля, овощей и плодов составляет протопектин (около 75 %).

Молекула протопектина представляет собой гетерополимер со сложной разветвленной структурой (рис. 9.1). Главная цепь этого полимера состоит из остатков молекул галактуроновой и полигалактуроновой кислот, частично этерифицированных метиловым спиртом (метаксилированных), и рамнозы. Главную цепь протопектина называют рамногалактуронаном.

Рамногалактуронан состоит из α -1,4-связанного галактуронана (галактуроновая кислота), соединенного 1,2-связью с рамнозилем (рамнозой).

Молекулы пектина представляют собой цепочки рамногалактуронана, содержащие 20 и более остатков галактуроновой кислоты.

Ниже представлен фрагмент рамногалактуронана, состоящий из остатков полигалактуроновой кислоты, в которой часть карбоксильных групп метоксилирована или ионизирована (диссоциирована).



Цепочки полигалактуроновых кислот связаны между собой водородными, ангидридными, эфирными связями и солевыми мостиками, которым отводят доминирующую роль в стабилизации структуры протопектина. В молекулу протопектина могут также входить остатки фосфорной и уксусной кислот, Сахаров и целлюлозы. Кроме того, ковалентными связями могут быть присоединены боковые цепи гемицеллюлоз — галактанов и арабианов (в некоторых случаях через фосфорную кислоту).

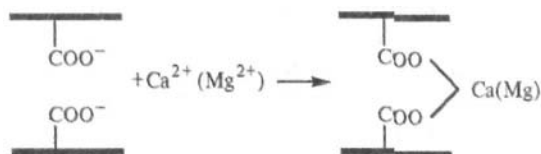
Молекула рамногалактуронана содержит два вида функциональных групп: гидроксильные и карбоксильные. Последние могут быть частично этерифицированы (обычно метанолом), частично связаны с катионами металлов. Часть карбоксильных групп остается свободной, обуславливая их кислотные свойства.

Отношение количества этерифицированных карбоксильных групп к общему количеству карбоксильных групп (свободные и этерифицированные) называют степенью этерификации пектиновых веществ. В зависимости от степени этерификации пектиновые вещества подразделяют на высоко- и низкоэтерифицированные (соответственно более 70 и менее 50 %). Степень этерификации — важный показатель пектиновых веществ, отражающий их физико-химические свойства, например устойчивость к гидролизу, растворимость, студнеобразующую способность.

Степень этерификации пектиновых веществ различных овощей неодинакова (от 40 % в картофеле до 72 % в свекле). Степень этерификации и степень диссоциации полигалактуроновых кислот определяют такие свойства пектиновых веществ, проявляющиеся при кулинарной обработке картофеля, овощей и плодов, как способность к деструкции под действием ферментов, температуры, состава и pH среды, образованию растворимых и нерастворимых продуктов, деструкции, студнеобразованию и др.

Установлено, что в молекулах пектиновых веществ кроме продольных ковалентных связей в цепях рамногалактуронана присутствуют водородные связи и существуют гидрофобное взаимодействие между этерифицированными остатками галактуроновой кислоты и хелатные связи между неэтерифицированными остатками галактуроновой кислоты, образованные с участием ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} в виде солевых мостиков.

Ниже представлена схема образования солевого мостика между двумя молекулами пектиновых веществ. Горизонтальной линией изображена цепочка рамногалактуронана.



Вероятность образования солевых мостиков и степень этерификации полигалактуроновых кислот связаны обратной зависимостью.

В протопектине могут возникать и другие поперечные связи — эфирные (через фосфорную кислоту), ангидридные и иные.

Присутствие свободных карбоксильных групп предопределяет способность пектинов образовывать соли (пектинаты) и осаждаться из растворов ионами поливалентных металлов.

Количество галактуроновых и полигалактуроновых кислот и других составляющих молекулы протопектина, а также его молекулярная масса точно пока неизвестны, так как протопектин не удалось выделить из растительных тканей в неизменном состоянии. При извлечении протопектина различными способами обычно получают продукты его распада, в частности полигалактуроновые кислоты различной степени полимеризации, галактуроновую кислоту, рамнозу и др. Считают, что молекулярная масса пектиновых веществ может колебаться в пределах от 20 000 до 200 000. Пектины с молекулярной массой 150 000...200 000 характеризуются высокой желирующей способностью. Из пектиновых веществ с различной молекулярной массой легче растворяются те, у которых меньше молекулярная масса и выше степень этерификации.

Азотистых веществ в картофеле и овощах относительно немного: не более 3 % (в пересчете на белок), и только в бобовых овощах (зеленый горошек, фасоль стручковая, бобы и др.) содержание их достигает 4...6 %. В плодах и ягодах азотистых веществ содержится меньше, чем в овощах (0,2... 1,5 %). Примерно половину азотистых веществ составляют белки. Кроме белков картофеля, овощи и плоды содержат свободные аминокислоты (до 0,5 % на сырую массу).

Содержание минеральных веществ (зола) в картофеле, овощах и плодах составляет в среднем 0,5 % и не превышает 1,5 %. Минеральные вещества входят в состав картофеля и овощей в виде солей органических и неорганических кислот. В основном это калий, натрий, кальций, магний, фосфор и др., а из микроэлементов — железо, медь, марганец и др.

Органические кислоты картофеля, овощей и плодов представлены яблочной, лимонной, щавелевой, винной, фитиновой, янтарной и др. Общее содержание органических кислот составляет в среднем 1 % на сырую массу. Преобладает, как правило, яблочная кислота; в цитрусовых плодах и черной смороди-

не — лимонная, в винограде — винная и яблочная, в персиках и клюкве — яблочная и лимонная кислоты.

Органические кислоты находятся в свободном или связанном состоянии. Количество кислот, связанных с различными катионами, значительно превышает количество свободных.

В картофеле, овощах и плодах содержатся почти все известные в настоящее время витамины, кроме B_{12} и D. К витаминам, источником которых служат главным образом картофель, овощи, плоды, относятся: водорастворимые витамины — С, Р, фолацин и витамин U; жирорастворимые — Е, К и каротиноиды (криптоксантин, α -, β -, нео- β - и γ -каротины).

Особое значение имеет термолабильный витамин С (аскорбиновая кислота). Содержание его в овощах колеблется от 5 (баклажаны, морковь) до 250 мг (перец красный сладкий) на 100 г съедобной части продукта. В таких овощах, как картофель, капуста, содержание витамина С относительно невелико (20... 60 мг на 100 г), но поскольку эти овощи играют важную роль в питании человека, их можно рассматривать в качестве основного источника витамина С. Из плодов витамином С богаты цитрусовые, черная смородина и шиповник (соответственно 38, 200 и 470 мг на 100 г).

Аскорбиновая кислота в картофеле, овощах и плодах присутствует в трех формах: восстановленной, окисленной (дегидроформа) и связанной (аскорбиген). В процессе созревания и хранения овощей и плодов восстановленная форма аскорбиновой кислоты может окисляться с помощью соответствующих ферментов или других окислительных агентов и переходить в дегидроформу.

Дегидроаскорбиновая кислота обладает всеми свойствами витамина С, но по сравнению с аскорбиновой кислотой менее устойчива к действию внешних факторов и быстро разрушается. Аскорбиген может подвергаться гидролизу, в результате чего высвобождается свободная аскорбиновая кислота. Содержание аскорбиновой кислоты в картофеле, овощах и плодах в процессе их хранения, как правило, уменьшается. Значительные потери ее происходят при хранении картофеля.

Витамин Р усиливает биологический эффект витамина С, так как способен задерживать его окисление. Р-витаминной активностью обладают многие вещества фенольной природы, например биофлавоноиды (рутин, кверцетин). Средняя суточная потребность человека в витамине Р (рутине) составляет 25 мг. Многие овощи и плоды характеризуются достаточно высоким

содержанием Р-активных соединений. Например, в яблоках оно достигает 43...45 мг на 100 г.

Фолацин (фолиевая кислота) содержится в овощах и плодах в относительно больших количествах (от 1 до 30 мкг на 100 г). Особенно богаты им зеленые овощи: капуста брюссельская, фасоль стручковая, шпинат и зелень петрушки (соответственно 31, 36, 80 и 110 мкг на 100 г). Суточная потребность в этом витамине взрослого человека (0,2...0,4 мг) может быть в значительной степени удовлетворена за счет овощей и плодов.

Наиболее богатыми источниками витамина U — антиязвенного фактора, представляющего собой метилсульфоновое производное метионина (сокращенное название «S-метилметионин» или SMM), являются листья белокочанной капусты (85 мг на 100 г сухой массы) и побеги спаржи (100... 160 мг на 100 г сухой массы). Этот витамин был обнаружен также в помидорах, стеблях сельдерея, но в меньших количествах. Суточная потребность в этом витамине для здорового человека не определена.

Каротиноиды содержатся во многих овощах и плодах. Большая часть их представлена β-каротином, наиболее активной формой по сравнению с другими каротиноидами. Важный источник этого провитамина А — морковь, в мякоти которой его содержится в среднем 9 мг на 100 г съедобной части. Достаточно много р-каротина в шпинате (4,5 мг на 100 г) и других зеленых овощах (1,0...2,0 мг на 100 г). В остальных овощах содержание его колеблется от 0,01 мг до нескольких десятых долей миллиграмма на 100 г. В плодах и ягодах β-каротина содержится значительно меньше, чем в овощах. Повышенным содержанием его отличаются шиповник (2,6 мг на 100 г), абрикосы (1,6 мг на 100 г) и облепиха (1,5 мг на 100 г). Среднесуточная потребность взрослого человека в каротине составляет 3...5 мг и легко покрывается за счет потребления овощей и плодов.

Окраска картофеля, овощей, плодов и ягод обусловлена присутствием в них различных пигментов — хлорофилла (зеленая), каротиноидов (желто-оранжевая) и некоторых полифенольных соединений. К последней группе пигментов относят бетанин свеклы, антоцианы, флавоны и флавонолы. Антоцианы придают плодам и овощам окраску от розовой до сине-фиолетовой, флавоны и флавонолы — желтую. Кроме того, в картофеле, овощах и плодах содержатся и другие вещества фенольного характера — тирозин, хлорогеновая кислота, лейкоантоцианы, катехины и др. Эти вещества бесцветные, но при кулинарной

обработке картофеля, овощей и плодов они могут окисляться и вызывать изменение цвета полуфабрикатов и готовых изделий.

Содержание полифенолов зависит от видовых и сортовых различий овощей и плодов. В картофеле, например, содержится от 8 до 30 мг на 100 г веществ фенольного характера, в основном тирозина и хлорогеновой кислоты. Распределение полифенолов в различных частях клубня неодинаково: в клетках, расположенных непосредственно под кожей, их накапливается примерно в 15...20 раз больше, чем в собственно мякоти.

ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ ГРИБОВ

В свежих грибах, как и в овощах, содержится значительное количество воды — в среднем 90 %. Примерно 1/3 сухого остатка составляют азотистые вещества (0,9...9,3 % сырой массы), из которых более половины приходится на долю белков.

Белки таких грибов, как белые, подберезовики, маслята, относятся к полноценным, так как содержат все незаменимые аминокислоты; в белках других видов грибов набор аминокислот неполный, например в белках подосиновиков отсутствуют метионин и триптофан.

В грибах содержатся и свободные аминокислоты, за исключением триптофана и метионина. Последний в незначительных количествах встречается только в белых грибах. Содержание свободных аминокислот может колебаться от 14 до 37 % общего их количества. Особенно богаты свободными аминокислотами белые грибы (8,6 % сухого остатка).

Другой составной частью сухого остатка грибов являются углеводы — сахара, сахароспирты, гликоген и клетчатка. Сахаров в грибах содержится от десятых долей процента до 1,5 % (на сырую массу). Преобладающий сахар — трегалоза, содержание которой может достигать 90 % (35,5...90 %) общего количества Сахаров. Исключение составляют маслята, в которых количество трегалозы невелико. Кроме трегалозы в грибах содержатся лактоза, фруктоза. Из сахароспиртов в грибах встречается маннит (0,2...0,7 % на сырую массу); маслята содержат еще арабит. Гликогена в грибах не более 0,1 % на сырую массу, клетчатки 1, золы 0,7... 1 %.

Минеральные вещества представлены в основном солями калия. По сравнению с овощами и плодами в грибах содержится больше железа, серы и фосфора.

В грибах присутствуют также липиды (0,5... 1,2 %), богатые моно- и полиненасыщенными жирными кислотами (олеиновой, линоленовой).

Из витаминов следует отметить фолацин, содержание которого в белых грибах составляет 40 мкг на 100 г, в шампиньонах и маслятах — 30 мкг на 100 г съедобной части.

Сушеные грибы (влажность 13 %) по пищевой ценности несколько уступают свежим, так как в процессе сушки в них уменьшается содержание азотистых веществ, особенно свободных аминокислот. Заметно снижается при сушке и содержание Сахаров (потери составляют 19...70 % их количества в свежих грибах), особенно редуцирующих, которые в сушеных грибах практически отсутствуют. Уменьшение содержания аминокислот и редуцирующих Сахаров при сушке грибов, по-видимому, связано с процессом меланоидинообразования. Окраска сушеных грибов, их специфические вкус и аромат могут быть обусловлены присутствием меланоидинов.

СТРОЕНИЕ ТКАНЕЙ КАРТОФЕЛЯ, ОВОЩЕЙ, ПЛОДОВ

Ткань (мякоть) картофеля, овощей и плодов состоит из тонкостенных клеток, разрастающихся примерно одинаково во всех направлениях. Такую ткань называют паренхимной. Содержимое отдельных клеток представляет собой полужидкую массу — цитоплазму, в которую погружены различные клеточные элементы (органеллы) — вакуоли, пластиды, ядра, крахмальные зерна и др. (рис. 9.2). Все органеллы клетки окружены мембранами. Каждая клетка покрыта оболочкой, представляющей собой первичную клеточную стенку.

Оболочки каждых двух соседних клеток скрепляются с помощью срединных пластинок, образуя остов паренхимной ткани (рис. 9.3).

Контакт между содержимым клеток осуществляется через плазмодесмы, которые представляют собой тонкие цитоплазматические тяжи, проходящие через оболочки.

Поверхность отдельных экземпляров овощей и плодов покрыта покровной тканью — эпидермисом (плоды, наземные овощи) или перидермой (картофель, свекла, репа и др.).

Поскольку в свежих овощах содержится значительное количество воды, то все структурные элементы их паренхимной ткани в той или иной степени гидратированы. Вода как растворитель оказывает важное влияние на механические свойства раститель-

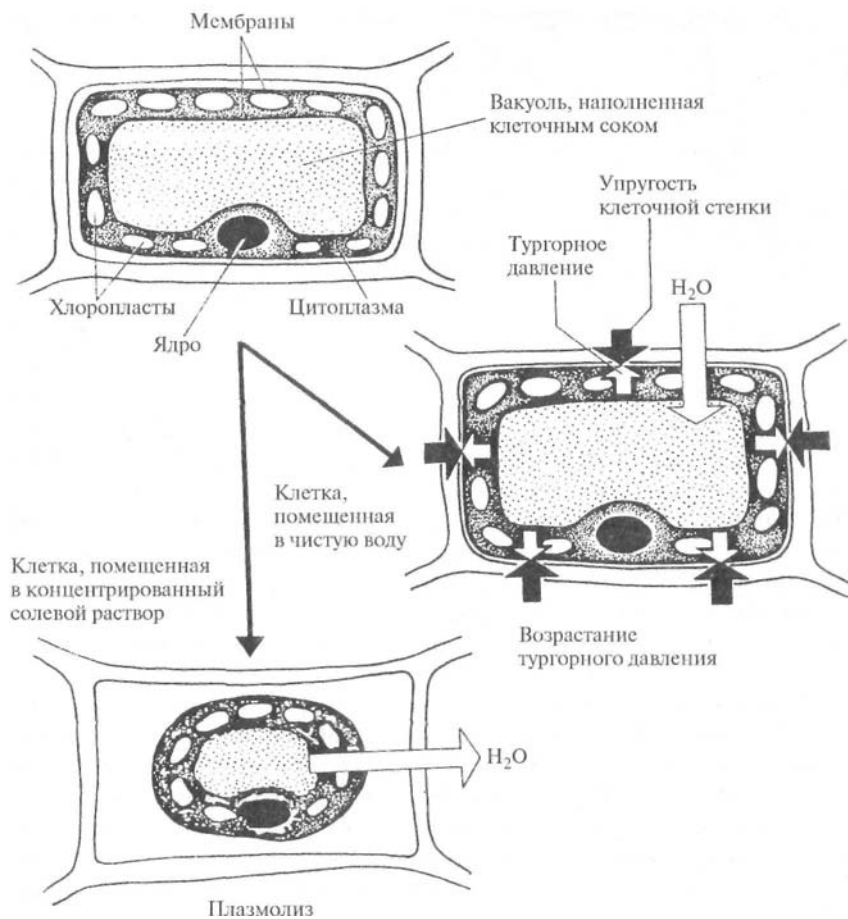


Рис. 9.2. Строение растительной клетки

ной ткани. Гидратурия в той или иной степени гидрофильные соединения, она пластифицирует структуру стенок и срединных пластин. Это обеспечивает достаточно высокое тургорное¹ давление в тканях. Тургорное давление может снижаться, например, при увядании или подсыхании овощей и плодов или возрастать,

¹ Тургор — состояние напряжения, возникающее вследствие давления содержимого клеток на их эластичные оболочки и давления оболочек на содержимое клеток.



Рис. 9.3. Стенка растительной ткани:

1 — срединная пластинка; 2 — плазмалемма. Увеличение x 45000
(по Ж.-К. Ролан, А. Сёлеши, Д. Сёлеши)

что наблюдается при погружении увядших овощей в воду. Это свойство овощей и плодов можно учитывать при их кулинарной переработке. Так, картофель и корнеплоды с ослабленным тургором перед механической очисткой рекомендуют замачивать в течение нескольких часов для сокращения времени обработки и снижения количества отходов.

Вакуоль — самый крупный элемент, расположенный в центре клетки. Она представляет собой своеобразный пузырек, заполненный клеточным соком, и является наиболее гидратированным элементом клетки паренхимы овощей и плодов (95...98 % воды). В состав сухого остатка клеточного сока входят в том или ином количестве практически все водорастворимые пищевые вещества.

Основная масса Сахаров, содержащихся в картофеле, овощах и плодах в свободном состоянии, растворимого пектина, органических кислот, водорастворимых витаминов и полифенольных соединений концентрируется в вакуолях.

В клеточном соке содержится примерно 60...80% минеральных веществ от общего их количества в овощах и плодах. Соли одновалентных металлов (калия, натрия и др.) практически полностью концентрируются в клеточном соке. Солей же кальция, железа, меди, магния содержится в нем несколько меньше, так как они входят в состав других элементов тканей.

Клеточный сок содержит как свободные аминокислоты, так и растворимые белки, которые образуют в вакуолях растворы относительно слабой концентрации.

Тонкий слой цитоплазмы с другими органеллами занимает в клетке пристенное положение. В состав цитоплазмы входят в основном белки, ферменты и в небольшом количестве липиды (соотношение белков и липидов 90 : 1). В цитоплазме, как и в вакуолях, они находятся в виде раствора, но более концентрированного (10 %).

Пластиды — это органеллы, которые присутствуют только в растительных клетках. Наиболее типичные из них — хлоропласты, которые содержат хлорофилл. В определенных физиологических условиях пластиды не образуют хлорофилл; в этих случаях они вырабатывают либо белки (протеопласты), либо липиды и пигменты (хромопласты), но чаще всего такие пластиды выполняют резервные функции, и тогда в них накапливается крахмал (амилопласты), поэтому пластиды бывают окрашенными и бесцветными. Последние называют лейкопластами.

В состав хлоропластов кроме хлорофилла входят белки и липиды в соотношении 40 : 30, а также крахмальные зерна.

В процессе развития хромопластов образуются крупные глобулы, или кристаллы, содержащие каротиноиды, в том числе и каротины. Присутствие этих пигментов в зеленых овощах и некоторых плодах (крыжовник, виноград, слива, ренклод и др.) обуславливает различные оттенки их зелено-желтой окраски. Каротины придают желто-оранжевую окраску моркови, репе и др. Однако не всегда оранжевая окраска указывает на высокое содержание их в плодах и овощах; например, окраска апельсина, мандаринов обусловлена другим пигментом — криптоксантином. В то же время в зеленых овощах относительно высокое содержание каротина может быть замаскировано хлорофиллом.

Амилопласты заполнены в основном крупными гранулами крахмала. Следует отметить, что в растительных клетках все содержащиеся в них крахмальные зерна находятся в пространстве, ограниченном оболочкой амилопластов или других пластид.

Ядро клетки содержит хроматин (деспирализованные хромосомы), состоящий из ДНК и основных белков (гистонов), и ядрышки, богатые РНК.

Мембраны — это активный молекулярный комплекс, способный осуществлять обмен веществ и энергии.

Цитоплазма на границе с клеточной оболочкой покрыта протой мембраной, называемой плазмалеммой. Внешнюю границу плазмалеммы можно увидеть при рассмотрении под микроскопом препаратов растительной ткани, обработанных концент-

рированным раствором поваренной соли. Из-за разности между осмотическим давлением внутри клетки и вне ее происходит переход воды из клетки в окружающую среду, вызывающий плазмолиз — отделение цитоплазмы от клеточной оболочки. Аналогично плазмолиз можно вызвать, обрабатывая срезы растительной ткани концентрированными растворами Сахаров или кислот.

Цитоплазматические мембраны регулируют клеточную проницаемость, избирательно задерживая либо пропуская молекулы и ионы тех или иных веществ в клетку и за ее пределы.

Вакуоль, как и цитоплазма, также окружена простой мембраной, называемой тонопластом.

Основные структурные компоненты мембран — белки и полярные липиды (фосфолипиды). Существуют различные типы строения цитоплазматической мембраны: трехслойное (из двух слоев белка с биомолекулярной прослойкой липидов), гранулярное (из частиц, диаметр которых составляет около $100 \cdot 10^{-10}$ м, или из более мелких частиц — субъединиц). В настоящее время мембрану рассматривают как жидкую структуру, пронизанную белками.

Поверхность ядер, пластид и других цитоплазматических структур покрыта двойной мембраной, состоящей из двух рядов простых мембран, разделенных перинуклеарным пространством. Эти мембраны препятствуют также смешиванию содержимого двух соседних органелл. Отдельные вещества переходят из одних органелл в другие лишь в строго определенных количествах, необходимых для протекания физиологических процессов в тканях.

Клеточные оболочки в совокупности со срединными пластинками называют клеточными стенками. В отличие от мембран они характеризуются полной проницаемостью.

Клеточные стенки составляют 0,7...5,0 % сырой массы овощей и плодов. Так, в овощах плодовой группы, например в кабачках, количество их не превышает 0,7 %. В листовых овощах — белокочанной капусте, салате, шпинате — около 2 %. Наибольшим содержанием клеточных стенок отличаются корнеплоды — 2...4%.

В состав клеточных стенок входят в основном полисахариды (80...95 %) — клетчатка, гемицеллюлозы и протопектин, поэтому их часто называют углеводами клеточных стенок. В состав клеточных оболочек входят все перечисленные выше полисахариды. Считают, что срединные пластинки состоят в основ-

**9.1. Содержание экстенсина и оксипролина
в клеточных стенках некоторых растительных продуктов (%)**

Продукт	Экстенсин	Оксипролин
Картофель	22,0	1,2
Морковь	12,0	0,6
Свекла	11,9	1,6
Петрушка (корень)	8,8	0,4
Дыня	2,8...5,0	0,08...0,36

ном из кислых полисахаридов (протопектина), играющих роль межклеточного цементирующего вещества, которому иногда сопутствуют протеиновые соединения, а в наиболее старых тканях — лигнин.

Кроме углеводов в клеточных стенках содержатся азотистые вещества, лигнин, липиды, воска, минеральные вещества.

Из азотистых веществ в клеточных стенках растительной ткани обнаружен структурный белок экстенсин — полимер из группы гликопротеидов, белковая часть которого связана с углеводами — остатками арабинозы и галактозы. Молекулярная масса белковой части таких макромолекул равна 50 000, экстенсин имеет форму жесткого стержня, на 50 % состоит из оксипролина. В клеточной стенке присутствует несколько фракций белка, различающихся содержанием оксипролина.

Экстенсин в некоторых отношениях напоминает белок коллаген, выполняющий аналогичные функции в животных тканях. Содержание экстенсина и оксипролина в клеточных стенках различных овощей и картофеля неодинаково (табл. 9.1). Клеточные стенки картофеля состоят примерно на 1/5 из экстенсина. В клеточных стенках корнеплодов его содержится в 2 раза меньше, чем в клеточных стенках картофеля; в клеточных стенках дыни содержание экстенсина не превышает 5 %.

Содержание оксипролина в клеточных стенках этих растительных продуктов колеблется в зависимости от вида продукта от сотых долей процента до 1,5 % и более.

Содержание в клеточных стенках экстенсина и оксипролина изменяется в процессе хранения овощей. Особенно заметны эти изменения при повреждении ткани овощей. Так, в дынях при повреждении плодов содержание белков в клеточных стенках возрастает в 3...4 раза, а оксипролина — в 5... 10 раз.

Соотношение углеводов и экстенсина в клеточных стенках зависит от вида растительной ткани. Клеточные стенки многих растительных продуктов состоят примерно на 1/3 из целлюлозы, на 1/3 из гемицеллюлоз и на 1/3 из пектиновых веществ и белка. В клеточных стенках помидоров между углеводами и белком существует другое соотношение — 1 : 1.

Лигнин — природный полимер сложного строения, формирующий клеточные стенки растений. Играет роль инкрустирующего вещества, скрепляющего волокна целлюлозы и гемицеллюлоз. Ковалентно связан с полисахаридами гемицеллюлоз (ксиланом), с пектиновыми веществами и белком. Содержание лигнина в тканях растений зависит от их вида и степени одревеснения. Значительное количество лигнина содержится в клеточных стенках свеклы, моркови, меньше его накапливается в белокочанной капусте.

В связи с тем что размягчение картофеля, овощей и плодов, происходящее в процессе их тепловой кулинарной обработки, связывают с деструкцией клеточных стенок, представляется целесообразным рассмотреть строение последних.

По современным представлениям, клеточная стенка — это высоко специализированный агрегат, состоящий из различных полимеров (целлюлозы, гемицеллюлоз, пектиновых веществ, белков и др.), структура которых у разных растений закодирована с той же степенью точности, что и структура молекул белков. На рис. 9.4 представлена модель структуры первичной клеточной стенки.

Первичная клеточная стенка состоит из волокон (микрофибрилл) целлюлозы, которые занимают менее 20 % объема гидратированной стенки. Располагаясь в клеточных стенках параллельно, целлюлозные волокна с помощью водородных связей образуют мицеллы, которые имеют правильную, почти кристаллическую упаковку. Одна мицелла целлюлозы может отстоять от другой на расстоянии, равном десяти ее диаметрам. Пространство между мицеллами целлюлозы заполнено аморфным основным веществом (матриксом), состоящим из пектиновых веществ, гемицеллюлоз (ксилоглюкан и арбиногалантан) и структурного белка, связанного с тетрасахаридами.

Первичная стенка клетки рассматривается как целая мешкообразная макромолекула, компоненты которой тесно взаимосвязаны. Между мицеллами целлюлозы и ксилоглюканом существуют многочисленные водородные связи. В свою очередь, ксилоглюкан ковалентно связан с боковыми галактановыми цепями

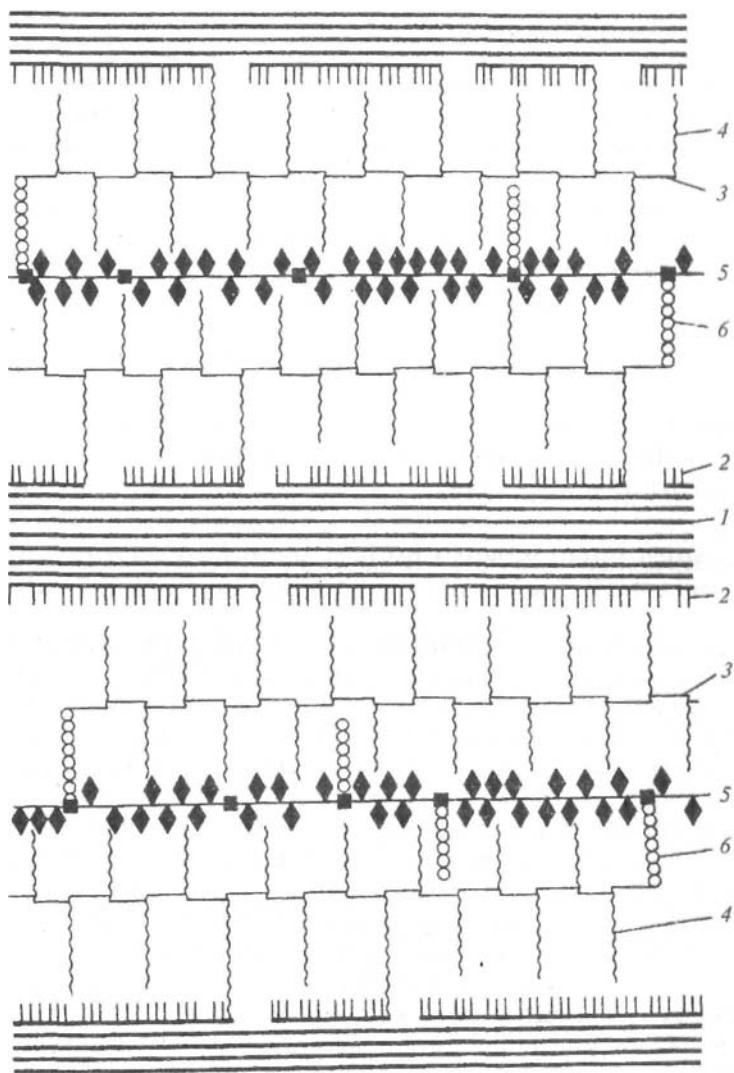


Рис. 9.4. Структура первичной клеточной стенки (по Альберсхейму):

1 — микрофибрилла целлюлозы; *2* — ксилоглюкан; *3* — главные рамногалактуроновые цепи пектиновых веществ; *4* — боковые галактановые цепи пектиновых веществ; *5* — структурный белок с арабинозными тетрасахаридами; *6* — арабиногалактан

пектиновых веществ, а пектиновые вещества через арабиногалактан ковалентно связаны со структурным белком.

Учитывая, что клеточные стенки многих овощей и плодов отличаются относительно высоким содержанием двухвалентных катионов, в основном Са и Mg (0,5... 1,0 %), между пектиновыми молекулами, содержащими свободные карбоксильные группы, могут возникать хелатные связи в виде солевых мостиков.

Вероятность образования солевых мостиков и степень этерификации полигалактуроновых кислот связаны обратной зависимостью. Солевые мостики способствуют упрочнению клеточных стенок и паренхимной ткани в целом.

Покровные ткани клубней картофеля, корнеплодов и других овощей характеризуются пониженной пищевой ценностью из-за концентрации в них клетчатки и гемицеллюлоз, поэтому при кулинарной обработке картофеля и большинства овощей эти ткани удаляют.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ ПРИ КУЛИНАРНОЙ ОБРАБОТКЕ КАРТОФЕЛЯ, ОВОЩЕЙ И ПЛОДОВ

При механической кулинарной обработке картофеля, овощей и плодов (очистка, нарезка, промывание, отжимание сока и др.) частично нарушается целостность их паренхимной ткани, а часть клеток и отдельных клеточных структур разрушается. Это облегчает переход основных пищевых веществ из разрушенных клеток в окружающую среду, а также смешивание содержимого их клеточных органелл. В результате масса продуктов и их пищевая ценность изменяются, возникают ферментативные, окислительные и другие процессы, вызывающие изменение органолептических показателей (цвета, вкуса, консистенции) продукта.

В начальный период тепловой кулинарной обработки картофеля, овощей и плодов могут активизироваться все содержащиеся в них ферменты, вызывающие те или иные изменения пищевых веществ. На определенном этапе тепловой обработки ферменты инактивируются, цитоплазма и клеточные мембраны вследствие денатурации белков разрушаются, отдельные компоненты клеточного сока и других структурных элементов клетки получают возможность взаимодействовать друг с другом и окружающей средой.

В результате окислительных, гидролитических и других процессов изменяются химический состав продуктов, их структурно-механические характеристики и органолептические показатели.

Представляют интерес такие физико-химические процессы, происходящие в картофеле, овощах и плодах при тепловой кулинарной обработке, которые вызывают изменения механической прочности паренхимной ткани (размягчение), консистенции, массы, содержания основных пищевых веществ, цвета, вкуса и аромата.

Размягчение картофеля, овощей и плодов

Размягчение тканей картофеля, овощей и плодов, как правило, происходит при тепловой кулинарной обработке. Без воздействия теплоты размягчение наблюдается в основном в плодах (яблоки, груши, бананы и др.) и некоторых овощах (томаты) в процессе созревания и хранения технически спелой продукции вследствие процессов, протекающих в них под действием ферментов. Частичное размягчение тканей капусты белокочанной наблюдается при квашении, что связано, по-видимому, как с ферментативными процессами, так и с кислотным гидролизом протопектина, которого в клеточных стенках квашеной капусты содержится в 1,5 раза меньше, чем в свежей.

Подвергнутые тепловой кулинарной обработке картофель, овощи и плоды приобретают более мягкую консистенцию, легче раскусываются, нарезаются и протираются. Степень размягчения картофеля, овощей и плодов в процессе тепловой обработки оценивают по механической прочности¹ их тканей. Так, механическая прочность образцов сырого картофеля при испытании их на сжатие составляет около $13 \cdot 10^5$ Па, а вареного — $0,5 \cdot 10^5$ Па, образцов сырой свеклы — $29,9 \cdot 10^5$ Па, вареной — $2,9 \cdot 10^5$ Па.

Размягчение картофеля, овощей и плодов при тепловой кулинарной обработке связывают с ослаблением связей между клетками, обусловленным частичной деструкцией клеточных стенок.

Деструкция клеточных стенок

Представленные на рис. 9.5 микрофотографии ткани сырой и вареной свеклы свидетельствуют о том, что клеточные стенки последней отличаются более разрыхленной структурой.

¹ При оценке механической прочности тканей картофеля, овощей и плодов с помощью различных приборов определяют сопротивление тканей резанию, разрыву, сжатию, проколу и др.

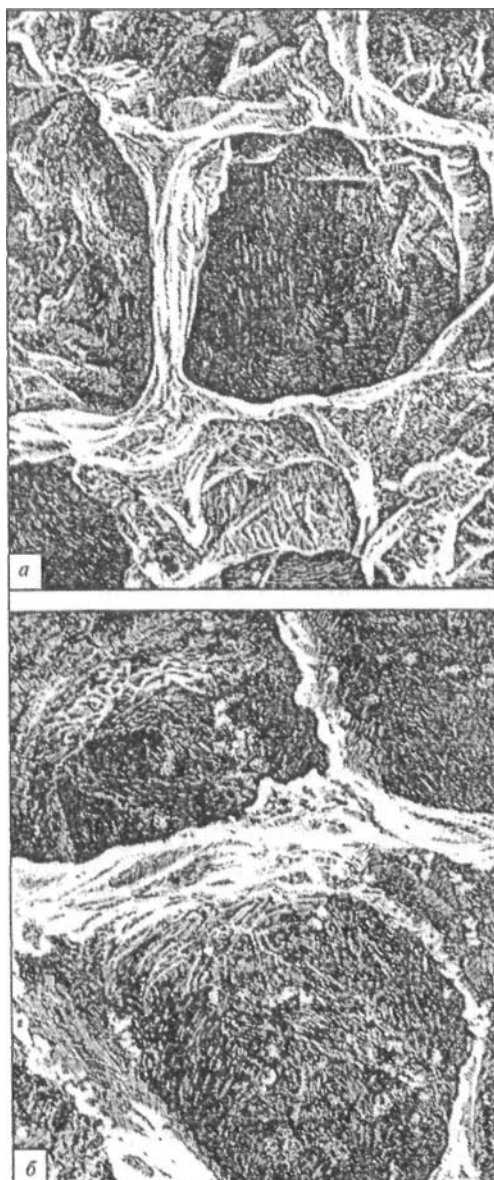


Рис. 9.5. Микрофотографии ткани сырой (*a*) и вареной (*б*) свеклы
(по Г. М. Харчук)

Однако при доведении овощей и плодов до кулинарной готовности клеточные стенки не разрываются. Более того, клеточные оболочки вареных овощей не разрываются при протирании и раскусывании, так как обладают достаточной прочностью и эластичностью. В этих случаях ткань разрушается по срединным пластинкам, которые подвергаются деструкции в большей степени, чем клеточные оболочки.

Благодаря этому при разжевывании вареного картофеля не ощущается, например, вкус крахмального студня. Клеточные оболочки не разрушаются даже при очень длительной тепловой обработке овощей и плодов, когда может происходить частичная мацерация их тканей (распад на отдельные клетки).

Установлено, что в процессе тепловой кулинарной обработки картофеля, овощей и плодов глубоким изменением подвергаются нецеллюлозные полисахариды клеточных стенок: пектиновые вещества и гемицеллюлозы, а также структурный белок экстензии, в результате чего образуются продукты, обладающие различной растворимостью. Именно степень деструкции полисахаридов и растворимость продуктов деструкции обуславливают изменение механической прочности клеточных стенок овощей и плодов при тепловой кулинарной обработке. Изменения целлюлозы в этом случае сводятся главным образом к ее набуханию.

Деструкция протопектина

Известно, что при тепловой кулинарной обработке картофеля, овощей, плодов и других растительных продуктов содержание протопектина в них уменьшается. Так, при доведении овощей до кулинарной готовности содержание протопектина в них может снижаться на 23...60 % (табл. 9.2).

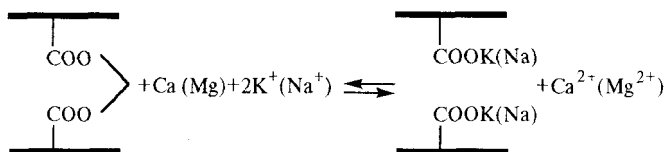
9.2. Содержание протопектина в некоторых овощах до и после варки

Овощи	Протопектин, % галактуроновой кислоты на сырую массу		Степень изменения, %
	до варки	после варки	
Свекла	0,49	0,21	57,3
Морковь	0,53	0,32	40,2
Репа	1,08	0,71	34,4
Петрушка	0,75	0,58	23,0
Капуста белокочанная	0,48	0,36	25,0

Согласно современным представлениям о строении студней пектиновых веществ деструкция протопектина обусловлена в первую очередь распадом водородных связей и ослаблением гидрофобного взаимодействия¹ между этерифицированными остатками галактурановой кислоты, а также разрушением хелатных связей с участием ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} между неэтерифицированными остатками галактурановой кислоты в цепях рамногалактуранана.

Важно, что распад водородных связей между этерифицированными остатками галактурановой кислоты различных цепей рамногалактуранана возможен только при наличии определенного количества влаги, которая может поступать в клеточные стенки после денатурации белков мембранных клеточных структур.

Хелатные связи распадаются только в ходе ионообменных реакций по схеме



Сдвиг реакции вправо может быть обусловлен образованием нерастворимых или малорастворимых солей кальция и магния с различными органическими кислотами (щавелевой, фитиновой, лимонной и др.) и пектинами, которые присутствуют в клеточном соке овощей и плодов. При тепловой обработке продуктов клеточные мембраны разрушаются вследствие денатурации белков, облегчаются диффузионные процессы с проникновением указанных веществ в клеточные стенки, и реакция протекает в направлении разрушения солевых мостиков с образованием малорастворимых продуктов (соли органических кислот, в том числе оксалаты и пектаты).

Кроме того, происходит гидролиз гликозидных связей в самих цепях рамногалактуранана, в результате чего макромолекулы последнего деполимеризуются. Это подтверждается накоплением в овощах и плодах полигалактурановых кислот различной степени полимеризации и рамнозы.

¹ Контакты между структурными элементами (обычно белками), в результате которых сводится к минимуму их взаимодействие с водой.

Следует отметить, что высокометоксилированные пектиновые вещества подвергаются гидролизу легче, чем низкометоксилированные. В результате этих превращений образуются продукты деструкции протопектина, обладающие различной растворимостью в воде. Продукты деструкции, содержащие неметоксилированные и неионизированные остатки галактуроновой кислоты, не растворяются или слабо растворяются в воде, а продукты деструкции, содержащие метоксилированные и ионизированные остатки галактуроновой кислоты, растворимы.

Следовательно, особенность механизма деструкции протопектина отдельных видов овощей и плодов определяется прежде всего степенью этерификации остатков галактуроновой кислоты в цепях рамногалактуронана. Чем выше степень этерификации (при прочих равных условиях), тем дольше срок тепловой обработки. Если степень этерификации полигалактуроновой кислоты в протопектине свеклы составляет 72 %, капусте белокочанной — 65, моркови — 59 %, то можно предположить, что ионообменные процессы в деструкции протопектина моркови при ее тепловой обработке играют большую роль, чем в деструкции протопектина свеклы и капусты белокочанной. Особенно важную роль ионообменные процессы играют в деструкции таких продуктов, как картофель, кабачки и др., в которых степень этерификации полигалактуроновых кислот близка к 40 %.

Действительно, при удалении из картофеля, моркови, капусты белокочанной и свеклы части водорастворимых веществ, принимающих участие в ионообменных процессах, путем выщелачивания продолжительность их варки до готовности увеличилась соответственно в 6; 3; 2,5 и 1,25 раза. И наоборот, при насыщении выщелоченных образцов моркови и свеклы раствором оксалата натрия продолжительность их тепловой обработки сократилась соответственно в 3 и 1,75 раза.

Образующиеся в результате деструкции протопектина растворимые в воде продукты вымываются из клеточных стенок, что приводит к их разрыхлению и ослаблению связей между клетками. Механическая прочность тканей овощей и плодов при этом снижается.

Деструкция протопектина начинается при 60 °С, с повышением температуры процесс интенсифицируется. На рис. 9.6 представлен график изменения содержания протопектина и механической прочности тканей корнеплодов в процессе их варки. На каждом этапе тепловой обработки механическая прочность

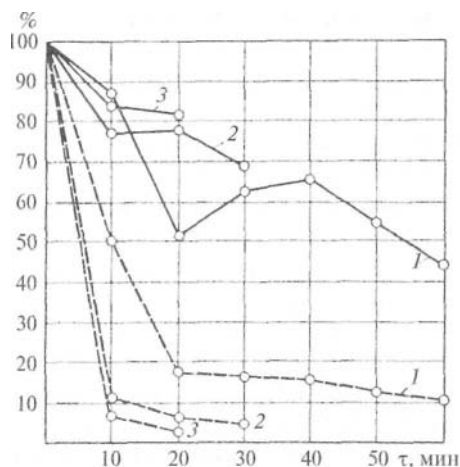


Рис. 9.6. Степень изменения содержания протопектина и механической прочности тканей корнеплодов в процессе варки:

1 — свекла; 2 — морковь; 3 — петрушка;
 — — — протопектин; - - - - - механическая прочность

тканей корнеплодов снижается в значительно большей степени, чем содержание протопектина. Это свидетельствует о том, что на процесс размягчения растительной ткани при тепловой обработке кроме деструкции протопектина могут оказывать влияние и другие факторы, в частности изменения гемицеллюлоз и структурного белка экстенсина.

Деструкция гемицеллюлоз

При тепловой кулинарной обработке овощей наряду и параллельно с деструкцией протопектина происходит деструкция гемицеллюлоз также с образованием растворимых продуктов. Гемицеллюлозы клеточных стенок при тепловой обработке растительных продуктов частично набухают, подвергаются гидролизу, что подтверждается накоплением в отварах и готовых продуктах нейтральных сахаров — арабинозы, галактозы и др.

Наличие уоновых кислот в гемицеллюлозах позволяет предполагать, что другим элементом механизма их деструкции при гидротермической обработке овощей и плодов являются ионообменные процессы, подобные протекающим в пектиновых веществах.

9.3. Степень деструкции клеточных стенок и гемицеллюлоз свеклы, моркови и белокочанной капусты и изменение прочности их тканей в процессе варки

Овощи	Уменьшение содержания клеточных стенок, %	Уменьшение содержания гемицеллюлоз в клеточных стенках, %	Уменьшение прочности тканей овощей, раз
Капуста белокочанная	30	22	5...6
Морковь	25	14	10
Свекла	35	18	10

В табл. 9.3 приведены данные об изменении содержания клеточных стенок и гемицеллюлоз в некоторых овощах в результате тепловой кулинарной обработки. Приведенные данные показывают, что степень деструкции гемицеллюлоз при варке овощей несколько уступает степени деструкции протопектина (см. табл. 9.2), однако она достаточно высока и, по-видимому, оказывает заметное влияние на деструкцию клеточных стенок, содержащих значительное количество гемицеллюлоз.

Деструкция гемицеллюлоз начинается при более высоких температурах, чем деструкция протопектина (70...80 °С). При более высоких температурах процесс ускоряется. При понижении температуры гемицеллюлозы регенерируют и отдают часть воды, поглощенной при набухании и деструкции.

Деструкция белка экстенсина

Структурный белок клеточных стенок продуктов растительного происхождения в процессе тепловой кулинарной обработки, как и нецеллюлозные полисахариды, подвергается деструкции. Это подтверждается тем, что в растительных продуктах после тепловой обработки определяется меньшее количество оксипролина, чем до обработки.

В табл. 9.4 представлены данные о содержании оксипролина в некоторых корнеплодах до и после тепловой кулинарной обработки.

Степень деструкции экстенсина при тепловой кулинарной обработке корнеплодов может достигать 80 %; она значительно выше степени деструкции протопектина и гемицеллюлоз. Разру-

9.4. Содержание оксипролина в некоторых корнеплодах до и после варки

Корнеплоды	Содержание оксипролина, мг на 100 г продукта		Степень изменения, %
	до варки	после варки	
Свекла	51,3	11,4	76,7
Морковь	20,6	5,0	76,4
Петрушка	20,3	12,3	39,3

¹ Здесь и далее данные об изменении содержания оксипролина приводятся по неопубликованным материалам Г. М. Харчук.

шение экстенсина начинается при более низких температурах, чем деструкция упомянутых выше полисахаридов. Так, нагревание нарезанных корнеплодов в воде при 60 °С в течение 1 ч приводит к заметному снижению содержания в них оксипролина. Механическая прочность тканей корнеплодов при этом также несколько уменьшается.

Таким образом, деструкция протопектина происходит в результате ионообменных процессов, распада водородных связей и гидрофобного взаимодействия. При этом нарушаются связи между цепями рамногалактуронана и происходит гидролиз гликозидных связей в них, в результате чего макромолекулы рамногалактуронана деполимеризуются. Деструкция матрикса клеточных стенок в целом включает, кроме того, деструкцию гемицеллюлоз и структурного белка экстенсина.

Заметные изменения в структуре матрикса отмечаются при температурах выше 50...60 °С, деструкция протопектина активно нарастает при температурах выше 80 °С, гемицеллюлоз — выше 85...90°С.

В овощах и плодах, доведенных до состояния кулинарной готовности, структура матрикса клеточных стенок должна быть нарушена в такой степени, чтобы продукт не оказывал значительного сопротивления при разжевывании, разрезании, протирании.

Изложенное выше позволяет объяснить известный в практике способ доведения до кулинарной готовности свеклы и фасоли путем первоначальной варки до полуготовности и последующего быстрого охлаждения.

Установлено, что сваренная до полуготовности свекла достигает при последующем охлаждении готовности только в том слу-

чае, если начальная температура внутри корнеплода была близка к 100 °С, т. е. когда протопектин, гемицеллюлозы и экстенсии уже подверглись определенной деструкции и для ее завершения и растворения продуктов деструкции необходимо дополнительное количество влаги. Эта влага может поступать либо из клетки в процессе дальнейшей варки свеклы, либо из набухших гемицеллюлоз и целлюлозы в результате их регенерации при остывании. В результате такого обводнения клеточных стенок и дополнительного поступления влаги из клеток процесс деструкции компонентов матрикса завершается и прочность клеточных стенок понижается.

Описанный механизм деструкции компонентов клеточных стенок овощей при тепловой кулинарной обработке позволяет объяснить причины образования клейкого и тягучего картофельного пюре при протирании остывшего картофеля.

В тканях картофеля при протирании в горячем и остывшем состоянии происходят следующие изменения. В сваренном горячем картофеле оболочки клеток паренхимной ткани обладают достаточными прочностью и эластичностью и не разрушаются при приготовлении пюре. Разрушаются ткани клубней по резко ослабленным срединным пластинкам. Даже если происходит частичный разрыв клеточных стенок, то он не обязательно сопровождается разрушением клейстеризованных зерен крахмала и выходом их содержимого наружу. Готовое пюре имеет сухую, рассыпчатую консистенцию.

При охлаждении вареного картофеля в результате уменьшения набухания клетчатки и гемицеллюлоз и растворимости продуктов деструкции гемицеллюлоз происходит определенное упорядочение элементов их нарушенной структуры, в результате чего эластичность клеточных стенок понижается, а жесткость (хрупкость) возрастает. Кроме того, амилоза, перешедшая в срединные пластинки, ретроградирует, связь между клеточными оболочками увеличивается, а жесткость студня внутри зерен клейстеризованного крахмала в клетках ткани возрастает. В результате увеличивается вероятность упрочнения клеточных стенок и зерен крахмала. При механическом воздействии на клубни остывшего картофеля помимо нарушения ткани по срединным пластинкам происходит также разрушение клеток и зерен клейстеризованного крахмала и вытекающий из них клейстер придает структуре пюре нежелательную клейкость.

**9.5. Содержание клеточных стенок в сырой и вареной свекле
и механическая прочность ткани**

Продолжительность варки, мин	Содержание клеточных стенок, % на сухое вещество	Механическая прочность ткани, Па * 10 ⁴
0	26,00	36,80
30	21,28	3,40
60	20,70	3,16
90	19,90	2,95
120	19,82	2,88
180	19,80	2,83
300	19,75	2,83

Таким образом, увеличение жесткости ткани картофеля при охлаждении объясняется регенерацией целлюлозы и гемицеллюлоз, а также ретроградацией крахмальных полисахаридов.

Гидротермическая обработка некоторых корнеплодов после доведения до кулинарной готовности не приводит к заметному снижению содержания в них клеточных стенок (табл. 9.5) даже при очень длительном воздействии теплоты.

Упорядочение при охлаждении структуры клеточных стенок овощей и плодов, не содержащих (в значительном количестве) крахмал, практически не отражается на их прочности. Эластичность клеточных оболочек понижается, а хрупкость возрастает.

Процесс деструкции клеточных стенок и изменения механической прочности ткани овощей можно условно разделить на два периода. Первый период характеризуется относительно интенсивным понижением содержания клеточных стенок и механической прочности ткани до момента привычного восприятия нами их кулинарной готовности. Для свеклы этот период по продолжительности составил 90 мин, прочность ткани корнеплода при этом снизилась в 12,5 раза, содержание открываемых клеточных стенок — на 23,5 %. Второй период характеризуется резким замедлением темпа понижения содержания клеточных стенок и механической прочности ткани овощей после их размягчения до степени кулинарной готовности. Для свеклы прочность ткани за период варки 90...300 мин понизилась всего на 4 %, содержание открываемых клеточных стенок — на 1 %. Аналогично изменяется прочность ткани других овощей при гидротермической обработке (см. рис. 9.6); различия носят только временной и количественный характер.

Представленный материал позволяет говорить о двух формах протопектино-гемицеллюлозного комплекса в овощах: лабильной и сравнительно устойчивой к гидротермической обработке.

Лабильная форма протопектино-гемицеллюлозного комплекса интенсивно разрушается при температурах порядка 95 °С и выше, что приводит к размягчению ткани овощей до их кулинарной готовности. Устойчивая форма протопектино-гемицеллюлозного комплекса совместно с целлюлозой обуславливает целостность ткани овощей как в готовом состоянии, так и подвергнутых дополнительной тепловой обработке.

Влияние некоторых факторов на продолжительность тепловой кулинарной обработки картофеля, овощей и плодов

Известно, что состав, а следовательно, и технологические свойства плодов и овощей зависят от условий их произрастания: вносимых удобрений, агротехнических приемов, сроков посадки и метеорологических условий.

Следует также иметь в виду как субъективную, так и объективную условность наших ощущений «готовности» продукта по консистенции, так как характер изменения прочности ткани овощей при тепловой обработке затрудняет точную оценку момента готовности продукта (рис. 9.7).

В связи с этим рекомендуемые в разных литературных источниках продолжительности тепловой кулинарной обработки овощей не всегда совпадают между собой, а с учетом неодинаковой массы овощей, используемых при обработке, фиксируемая продолжительность варки, припускания или тушения может значительно колебаться.

При СВЧ-нагреве овощей определена (независимо от мощности аппарата) минимальная продолжительность (мин) доведения их до готовности, сократить которую практически невозможно: для лука репчатого 3,5, картофеля 4,0, моркови 5,2, капусты белокочанной 5,5, свеклы 7,5. Следует отметить, что между указанной продолжительностью тепловой обработки овощей и степенью этерификации входящих в состав их клеточных стенок полигалактуроновых кислот существует взаимосвязь: чем выше степень этерификации, тем больше продолжительность тепловой кулинарной обработки.

С известной долей условности можно полагать, что и при других способах тепловой кулинарной обработки (варка в воде,

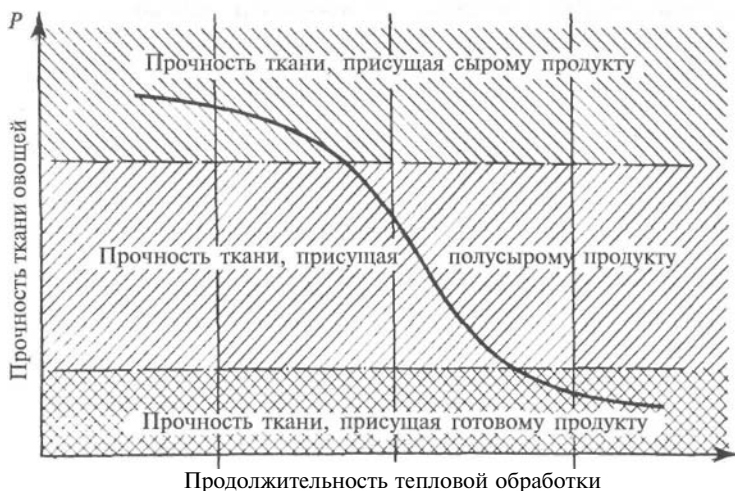


Рис. 9.7. Схема органолептического восприятия кулинарной готовности овощей при тепловой обработке

на пару) указанных выше овощей продолжительность обработки такая же, как и при СВЧ-нагреве. Например, если продолжительность варки картофеля составляет 30 мин, то моркови такого же размера — около 40 мин, свеклы — 60, капусты белокочанной — 40 мин. Расчетные данные совпадают с экспериментально установленными для этих овощей. Исключение составляет капуста белокочанная, что объясняется специфичностью ее формы.

В целом продолжительность тепловой кулинарной обработки картофеля, овощей и плодов зависит от свойств самого продукта, его состава и технологических факторов: способа тепловой кулинарной обработки, степени измельчения, температуры и реакции среды и др.

Свойства продукта

Поскольку размягчение картофеля, овощей и плодов связывают с деструкцией клеточных стенок, можно предположить, что продолжительность тепловой кулинарной обработки этих продуктов зависит от содержания клеточных стенок или от содержания в них протопектина, экстенсина и др. Однако четкая взаимосвязь между этими показателями не установлена (табл. 9.6).

9.6. Содержание и состав клеточных стенок в картофеле и овощах и продолжительность их варки до кулинарной готовности

Картофель и овощи	Содержание клеточных стенок, %	Состав клеточных стенок, %			Продолжительность варки, мин	
		Протопектин	Экстенсии	(Ca+Mg), мг на 100 г	Целые	Кубики со стороной 20 мм
Свекла	3,08	27,6	11,9	482,6	85...90	60
Морковь	3,04	20,6	12,0...13,5	1036,8	55...60	20
Петрушка	5,09	14,7	8,8	1195,0	30	15
Картофель	1,50	27,5	22,0		29...41	7...12
Кабачки	0,70					5...7
Капуста					Нарезанная соломкой	
белокочанная:						
Амагер	2,61	22,2				30
Белорусская	2,42	23,1				24
Подарок	2,38	20,1				22
Слава	2,24	17,0				20

Различия в продолжительности тепловой кулинарной обработки отдельных видов овощей и плодов обусловлены неодинаковой термоустойчивостью клеточных стенок и разным характером деструкции их компонентов.

О термоустойчивости клеточных стенок можно судить по степени уменьшения их массы в процессе нагревания. Так, при нагревании в воде клеточных стенок, выделенных из моркови, масса их уменьшается в значительно большей степени, чем масса клеточных стенок, выделенных из свеклы, при одинаковой продолжительности нагревания (рис. 9.8). Это свидетельствует о том, что клеточные стенки свеклы более устойчивы к действию теплоты, чем клеточные стенки моркови, что, по-видимому, и определяет более короткие сроки варки последней.

Термоустойчивость клеточных стенок зависит от свойств входящих в их состав протопектина, гемицеллюлоз и экстенсина.

Для доведения до кулинарной готовности овощей, содержащих высокоэтерифицированный протопектин, требуется относительно длительное воздействие теплоты. Например, картофель, петрушка, морковь и свекла со степенью этерификации полигалактуриновых кислот протопектина примерно 40, 46, 60 и 73 % по продолжительности гидротермической обработки располагаются в том же порядке.

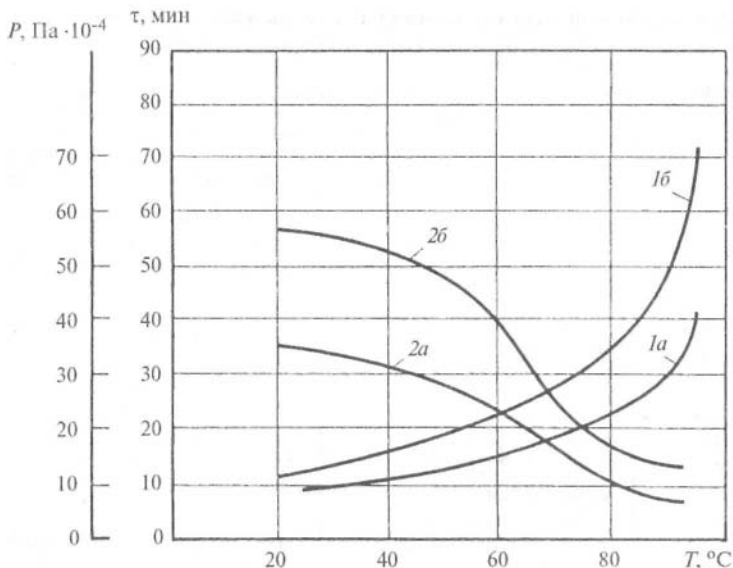


Рис. 9.8. Изменения механической прочности тканей овощей в процессе тепловой обработки:

1 — температура; 2 — механическая прочность ткани;
 a — морковь; b — свекла

Поскольку высокоэтерифицированный протопектин разрушается при нагревании содержащих его продуктов в основном в результате гидролиза рамногалактуронана, разрушения водородных связей и ослабления гидрофобного взаимодействия, то для этого требуется определенное количество влаги, поэтому растительные продукты, в клеточных стенках которых содержится протопектин с высокой степенью этерификации полигалактуроновых кислот, необходимо доводить до состояния кулинарной готовности, используя гидротермические способы нагревания (варку в воде и на пару, припускание, тушение).

Растительные продукты, содержащие протопектин с невысокой степенью этерификации полигалактуроновых кислот, как правило, требуют менее продолжительного воздействия теплоты и меньшего количества влаги для доведения их до кулинарной готовности.

Есть основания полагать, что жарить можно овощи, в которых степень этерификации полигалактуроновых кислот в прото-

пектине составляет примерно 40 %, а решающую роль в деструкции протопектина и клеточных стенок играют ионообменные процессы. Нельзя жарить или доводить до состояния готовности с помощью жарки овощи, в которых степень этерификации полигалактуроновой кислоты в протопектине составляет 60 % и более. Это объясняется тем, что в процессе жарки продуктов из них непрерывно испаряется вода, а остающейся влаги недостаточно для протекания гидролитических процессов в клеточных стенках овощей, содержащих достаточно много высокометоксилированного протопектина.

На продолжительность тепловой кулинарной обработки овощей, особенно с невысокой степенью этерификации полигалактуроновых кислот в протопектине, существенно влияет содержание в клеточном соке органических кислот и их солей с катионами щелочных металлов, которые участвуют в ионообменных реакциях с расщеплением хелатных связей в протопектине.

Для овощей с примерно одинаковыми свойствами протопектина по степени этерификации полигалактуроновой кислоты и содержанию ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} установлена следующая зависимость: чем больше в их клеточном соке содержится органических кислот и их солей, принимающих участие в ионообменных процессах, тем быстрее продукты достигают кулинарной готовности при тепловой обработке (табл. 9.7). В связи с этим различия в продолжительности тепловой кулинарной обработки разных сортов одного и того же вида овощей связывают с так называемой Са-осадительной способностью сока¹, которая определяется содержанием в нем указанных выше органических кислот и их солей. Сорта картофеля и капусты, содержащие сок с высокой Са-осадительной способностью, быстрее достигают кулинарной готовности.

Для разных видов овощей зависимость между Са-осадительной способностью сока и продолжительностью их варки не наблюдается. Вероятно, этот фактор оказывает влияние на сроки варки овощей, содержащих протопектин с относительно одинаковыми свойствами. Са-Осадительная способность сока, в свою очередь, находится в прямой зависимости от содержания в нем органических кислот и растворимого пектина.

Однако по общему содержанию органических кислот не всегда можно правильно оценить Са-осадительную способность со-

¹ Са-осадительная способность сока — это количество миллиграммов Са, осаждаемого 100 мл сока из 5 мл 0,005 н. раствора CaCl_2 .

9.7. Содержание органических кислот,

Са-осадительная способность клеточного сока и продолжительность тепловой кулинарной обработки некоторых сортов картофеля и капусты

Сорт	Содержание органических кислот в 100 мл сока, мг			Са-осадительная способность сока, мг	Продолжительность варки, мин
	общее	в том числе			
		шавелевой	фитиновой		
		К а р т о ф е л ь			
Любимец	568	82	63	39,6	Кубики со стороны 20 мм 14
Лорх	515	76	58	34,3	16
Приекульский ранний	499	70	54	33,2	15
Берлихинген	487	79	52	30,5	17
Надежда	465	65	43	14,3	21
		Капуста белокочанная			Нарезанная соломкой
Слава	451	72	60	41,7	20
Подарок	417	75	49	33,6	22
Белорусская	404	60	37	26,2	25
Амагер	378	55	29	16,0	30

ка, так как последний содержит не только кислоты, способные осаждать кальций, но и другие, например винную, янтарную, фумаровую. По-видимому, Са-осадительная способность сока зависит в основном от содержания в нем шавелевой, фитиновой и пектовой кислот, хорошо осаждающих кальций. Из табл. 9.7 видно, что сок тех сортов картофеля и капусты, которые содержат в сумме больше этих кислот, обладает и большей Са-осадительной способностью.

Рекомендации не добавлять холодную воду при варке картофеля по мере выкипания жидкости и не прерывать процесс варки можно объяснить, по-видимому, тем, что в обоих случаях это приводит к понижению температуры варочной среды и замедлению ионообменных процессов. При понижении температуры крахмальный студень в клетках уплотняется вследствие ретроградации амилозы; ионообменные процессы в такой вязкой среде замедляются, продолжительность тепловой обработки картофеля увеличивается.

На продолжительность тепловой кулинарной обработки картофеля, овощей и плодов оказывают заметное влияние не только свойства полисахаридов, содержащихся в клеточных стенках, но и свойства белка экстенсина.

Термоустойчивость экстенсина обусловлена содержанием в нем оксипролина. Например, в экстенсине моркови и петрушки содержится около 5 % оксипролина, в экстенсине свеклы — 14 %. Значительное содержание в клеточных стенках свеклы оксипролина (в свекле — 1,63 %, моркови — 0,67, петрушке — 0,39 %) может обуславливать их повышенную термоустойчивость, чем, по видимому, можно объяснить относительно медленное размягчение ткани свеклы в процессе тепловой кулинарной обработки.

Технологические факторы

Способ обработки. При варке картофеля, овощей и плодов в воде и на пару значительных различий в сроках тепловой кулинарной обработки не наблюдается. В СВЧ-аппаратах продолжительность обработки овощей сокращается в 3... 10 раз.

Измельчение картофеля, овощей и плодов приводит к сокращению сроков их тепловой кулинарной обработки в условиях передачи теплоты путем теплопроводности, причем тем больше, чем меньше толщина кусочков продуктов.

При обработке овощей и плодов в СВЧ-аппаратах размеры их кусков практически не влияют на продолжительность тепловой кулинарной обработки, так как продукт нагревается по всему объему.

Температура варочной среды. С повышением температуры теплоносителя степень деструкции протопектина, гемицеллюлоз и экстенсина возрастает и, следовательно, овощи и плоды быстрее достигают кулинарной готовности. С понижением температуры теплоносителя эти процессы замедляются, продолжительность тепловой кулинарной обработки увеличивается.

При гидротермической кулинарной обработке овощи нагреваются до температуры, близкой к 100 °С, и выдерживают при ней до момента готовности.

Следует отметить, что одновременно с размягчением овощей и плодов, связанным с деструкцией их клеточных стенок, различные физико-химические превращения претерпевают и другие вещества, входящие в состав продукта. В результате этих изменений овощи приобретают вкус, окраску, аромат и консистен-

цию, присущие тем или иным продуктам, доведенным до состояния кулинарной готовности.

Как уже отмечалось, при СВЧ-обработке овощи размягчаются до готовности за несколько минут, однако за это время в них не успевают произойти те изменения составляющих их веществ, которые определяют органолептические показатели овощей, сваренных в обычных условиях. Поэтому овощи и плоды, сваренные в обычных условиях и прошедшие СВЧ-обработку, несколько различаются как по вкусу, так и по некоторым другим показателям качества.

Продолжительность варки большинства овощей не превышает 30...40 мин, что позволяет при варке в пищеварочных котлах доводить их до кулинарной готовности после непродолжительного кипения жидкости за счет теплоты, аккумулированной аппаратурой. Крышка котла должна быть закрыта, так как при испарении жидкости температура ее понижается. Такой способ варки имеет несколько преимуществ: более выражен вкус готового продукта; лучше сохраняется витамин С; экономится энергия. Продолжительность варки овощей при этом не увеличивается, так как за время доведения их до готовности температура жидкости понижается незначительно.

Овощи можно довести до готовности при температурах ниже 100 °С, однако в этом случае почти всегда увеличивается продолжительность приготовления блюд и несколько ухудшается их качество. Так, при понижении температуры всего на 5... 10 °С продолжительность тепловой обработки картофеля увеличивается в 1,5...2 раза. При температуре 77...80 °С картофель можно довести до кулинарной готовности лишь после 6-часового нагревания. Нагревание овощей (картофель, морковь, капуста) в течение длительного времени при 50...55 °С практически не вызывало их размягчения (табл. 9.8).

Говоря о влиянии температуры среды на продолжительность варки овощей, следует отметить, что температурный оптимум пектинметилэстеразы лежит в интервале 50...80 °С, поэтому, если овощи выдерживают некоторое время при этих температурах, развариваемость их при последующем нагревании снижается.

Реакция среды. В процессе приготовления некоторых блюд в них добавляют пищевую соду. Щелочная среда способствует размягчению овощей и плодов при тепловой кулинарной обработке, так как вызывает деэтерификацию пектиновых веществ с образованием хорошо растворимых продуктов. Однако

9.8. Изменение продолжительности варки моркови, капусты и картофеля при понижении температуры

Овощи и картофель	Температура варки, °С	Продолжительность варки, мин	Состояние продукта
Морковь	100	20	Готова
	90	45	»
	80	120	Неравномерно проварена
	70	150	Не готова
Капуста белокочанная	100	15	Готова
	90	25	»
	80	45	»
	70	120	Готова, но имеет необычный привкус
Картофель	100	19	Готов
	90	36	»
	80	360	»
	45...73		Прочность ткани понижается, но готовности продукт не достигает

на практике обычно отказываются от использования щелочной среды для ускорения процесса тепловой обработки, что связывают с неустойчивостью в ней витаминов, в том числе витамина С, основным источником которого служат овощи и плоды.

При подкислении среды (обычно до рН 6...4) тепловая кулинарная обработка большинства овощей, как правило, замедляется, а консистенция их тканей уплотняется. Для подкисления среды обычно используют уксусную или лимонную кислоту, а в рассолах квашеных овощей основная кислота — молочная.

Известно, что если при варке щей или борщей из квашеной капусты полагающийся по рецептуре картофель заложить одновременно с капустой или позже, он остается жестковатым. То же самое наблюдается при приготовлении рассольников, когда картофель закладывают вместе с солеными огурцами или после них. Свекла, тушенная с добавлением уксуса, имеет более плотную консистенцию, чем свекла, тушенная без уксуса.

В более кислых средах отдельные виды овощей требуют еще более длительной тепловой обработки для доведения их до кули-

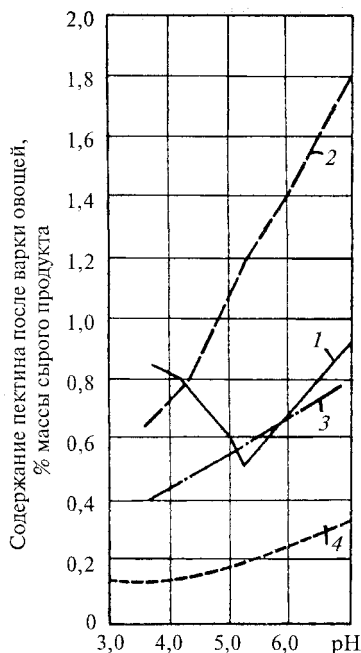


РИС. 9.9. График изменения содержания пектина в некоторых овощах при варке их в буферных растворах с различным значением pH среды:

1 — свекла; 2 — петрушка; 3 — морковь; 4 — капуста

нарной готовности, в то время как другие овощи и плоды размягчаются быстрее, чем в слабокислых средах.

Поскольку размягчение овощей и плодов при тепловой обработке связывают в основном с деструкцией протопектина, были проведены исследования по изучению влияния подкисления варочной среды на степень деструкции протопектина и продолжительность варки некоторых овощей. Представленные на рис. 9.9 кривые показывают, что протопектин свеклы, моркови, петрушки и капусты по-разному реагирует на изменение реакции среды.

Чем выше в исследованном интервале (pH 7...3) концентрация водородных ионов раствора, в котором варились морковь, петрушка и капуста, тем меньше образуется растворимого пектина, и для доведения их до кулинарной готовности при снижении значения pH требуется более чем вдвое больше времени, чем при значении pH, свойственном слабокислой среде. Однако в очень

**9.9. Продолжительность варки капусты, моркови и свеклы
до готовности при разных значениях pH среды**

Свекла		Морковь		Капуста	
рН среды	Продолжительность варки, мин	рН среды	Продолжительность варки, мин	рН среды	Продолжительность варки, мин
5,70	23	6,0	15	6,1	18
4,15	60	3,7	37	3,8	40
3,60	25	2,1	17	2,2	20

кислых средах (рН 2,2...2,1) эти овощи развариваются практически так же быстро, как и в слабокислых (табл. 9.9).

У свеклы замедление образования растворимого пектина и увеличение продолжительности тепловой обработки до кулинарной готовности наблюдаются только до рН 5,1. При более высоких концентрациях водородных ионов распад протопектина свеклы усиливается, а сроки варки уменьшаются.

Следует отметить, что протопектин фруктов ведет себя подобно протопектину свеклы. В яблоках, грушах и черносливе, варившихся в средах с различной активной кислотностью, отмечалось минимальное образование растворимого пектина при следующих значениях рН: для груш 4,3...4,9, для яблок 5,1, для чернослива 5,4. Указанным значениям рН соответствовала и максимальная твердость фруктов. Известно, что чем кислее фрукты, тем быстрее они развариваются. Для сохранения формы плодов при запекании яблок, варке компотов и варенья рекомендуют использовать фрукты с относительно низкой кислотностью сока.

Иногда отмечают, что присутствие в варочной среде щавелевой кислоты (варка щавеля, ревеня и др.) не увеличивает продолжительность обработки овощей. Эта относительно сильная кислота (по сравнению с упомянутыми выше) вызывает значительный гидролиз протопектина и, кроме того, способствует распаду хелатных связей между полигалактуроновыми кислотами. Вероятно, щавелевая кислота является не только донором водородных ионов, но и осадителем катионов Ca^{2+} , способствуя расщеплению протопектина. Однако использовать щавелевую кислоту как пищевую добавку в кулинарной практике запрещено, так как она ядовита.

Присутствие кислот в варочной среде, с одной стороны, подавляет диссоциацию ионизированных остатков полигалактуро-

новых кислот протопектина, что приводит к снижению его растворимости и упрочнению клеточных стенок. С другой стороны, кислоты катализируют процесс гидролиза цепей рамногалактуронана, способствуя деструкции протопектина. По-видимому, процесс размягчения и продолжительность тепловой обработки до кулинарной готовности овощей и плодов зависят от того, какие процессы превалируют — гидролиз или подавление диссоциации ионизированных групп в протопектине либо ионообменные процессы, что, в свою очередь, определяется степенью этерификации полигалактуроновых кислот, входящих в его состав, и природой кислоты.

При необходимости подкислить варочную среду при изготовлении кулинарных изделий целесообразно добавлять кислоту (томатную пасту, припущенные соленые огурцы и др.) в конце варки для сокращения ее продолжительности и экономии тепловой энергии. Например, при тушении свеклы для борщей добавлять в нее уксусную кислоту для сохранения цвета рекомендует-ся в конце тушения, когда свекла уже размягчится. При этом окраска свеклы восстанавливается и становится даже более яркой, чем при тушении ее с кислотой или с томатной пастой.

Выщелачивание. Выше уже отмечалось, что при удалении водорастворимых веществ из некоторых овощей сроки их варки удлиняются. В кулинарной практике это явление можно наблюдать при переработке картофеля. При длительном хранении в воде очищенных клубней происходит выщелачивание их поверхностных слоев. В процессе последующей варки эти слои не размягчаются в достаточной степени, в то время как внутренние части клубней достигают готовности. При более длительной варке возможны разрыв и отставание поверхностных слоев клубней вследствие повышения давления во внутренних слоях. В результате внешний вид вареных клубней ухудшается. Кроме того, из такого картофеля невозможно приготовить пюре однородной консистенции. В связи с этим длительно хранить картофель в воде не рекомендуется, так как при этом не только теряется некоторое количество пищевых веществ, но и может ухудшиться его развариваемость.

В некоторых случаях процесс выщелачивания поверхностных слоев клубней можно использовать для улучшения качества готового картофеля. Так, при приготовлении гарнира из целых клубней рассыпчатых сортов картофеля, обточенных в виде бочонков, груш или цилиндров, подготовленные полуфабрикаты

9.10. Продолжительность варки моркови и свеклы в воде различной жесткости

Характеристика среды	Продолжительность варки, мин	
	Морковь	Свекла
Вода:		
дистиллированная	40	90
жесткостью 5,04° нем.	44	94
жесткостью 14,56° нем.	46	95
Примечание. 1° нем. соответствует 10 мг СаО в 1 л воды.		

9.11. Изменение прочности ткани моркови и свеклы после 5-минутной варки в растворах поваренной соли (%)

Концентрация поваренной соли в среде	Прочность ткани	
	Морковь (кубики со стороной 15 мм)	Свекла(кубики со стороной 15 мм)
0,0	100	100
1,1	80	90

выдерживают некоторое время в проточной воде, а затем варят. При этом выщелоченный поверхностный слой разваривается в меньшей степени, чем внутренние слои клубней, и предохраняет их от распада.

Жесткость воды. На продолжительность варки овощей влияют жесткость воды¹ и добавление в нее поваренной соли. Из табл. 9.10 видно, что присутствие в воде ионов Са²⁺ при варке свеклы увеличивает сроки ее тепловой обработки до кулинарной готовности всего на 4,5...5,0 %, а при варке моркови — на 10...15 %.

Эти различия, по-видимому, также объясняются различиями в степени этерификации полигалактуроновых кислот протопектина свеклы и моркови. Присутствие в варочной среде избыточного количества ионов Са²⁺ уменьшает вероятность разрушения

¹ Жесткость — совокупность свойств воды, обусловленная присутствием в ней катионов Са²⁺ и Mg²⁺. Сумма их концентраций, выраженная в ммоль/л или ммоль/кг, называется общей жесткостью воды. Различают воду мягкую (общая жесткость до 2 ммоль/л), средней жесткости (2... 10 ммоль/л) и жесткую (больше 10 ммоль/л).

**9.12. Прочность ткани свежей и размороженной свеклы
до и после гидротермической обработки ($\bullet 10^5$ Па)**

Продолжительность гидротермической обработки, мин	Прочность ткани свеклы	
	Свежая	Размороженная
	35,2	30,00
15	10,2	4,80
30	7,1	4,10
60	5,8	3,40
90	3,6	3,40
120	3,5	3,37
180	3,4	

солевых мостиков в относительно низкоэтерифицированном протопектине моркови, что и приводит к увеличению продолжительности варки.

Подсаливание варочной среды. Существует мнение, что нежелательно подсаливать воду при варке моркови, свеклы и сушеного горошка, так как продолжительность тепловой кулинарной обработки при этом может увеличиться. Данные табл. 9.11 свидетельствуют о положительном влиянии подсаливания воды на размягчение ткани корнеплодов. Однако вкус корнеплодов с достаточно высоким содержанием сахара при варке в подсоленной воде может ухудшиться. Соль может оказать отрицательное влияние на набухаемость сушеного горошка и, следовательно, на продолжительность его разваривания.

Замораживание. При использовании в кулинарной практике замороженных овощей и плодов следует учитывать, что в процессе замораживания часть лабильной формы протопектино-гемицеллюлозного комплекса подвергается деструкции, поэтому время доведения размороженного продукта до кулинарной готовности сокращается (табл. 9.12).

**Изменение массы и пищевой ценности картофеля,
овощей и плодов**

Механическая кулинарная обработка

При механической кулинарной обработке свежих картофеля, овощей, плодов и грибов их сортируют, калибруют, моют, очищают, нарезают, промывают и хранят некоторое время в воде,

иногда обрабатывают какими-либо растворами (лимонной и других кислот, бисульфита натрия и т. д.).

При сортировке удаляют загнившие, побитые или проросшие экземпляры, посторонние примеси, а также разделяют овощи по размерам, степени зрелости и пригодности для приготовления определенных кулинарных изделий.

Моют овощи для удаления с их поверхности остатков земли и песка и снижения обсемененности микроорганизмами. Мытые овощи — это полуфабрикаты, предназначенные для дальнейшей тепловой кулинарной обработки неочищенными.

При очистке овощей удаляют части с пониженной пищевой ценностью. Очищенные овощи оставляют целыми или нарезают кусочками различной формы в зависимости от их последующего кулинарного использования.

Для очистки картофеля, овощей и плодов применяют различные способы: ручной, механические (обычный с ручной дочисткой, углубленный без ручной дочистки), термические (паровой, огневой), химические (парощелочной, щелочной).

Механическую очистку осуществляют с помощью овощечистительных машин различных типов, рабочим органом которых служат абразивные поверхности, снимающие с клубней или корнеплодов покровные ткани за счет сил трения.

При паровой очистке картофель и овощи обрабатывают паром давлением 0,6...0,7 МПа в течение 0,5... 1 мин в паровых аппаратах. Под действием пара кожа лопается и легко отделяется в моечной машине.

Принцип огневой очистки картофеля и овощей заключается в удалении кожицы путем обжиг клубней при температуре 1100... 1200 °С в течение 6... 12 с в специальных термоагрегатах с последующим промыванием в моечных машинах с щетками (пиллерах).

При химической очистке клубни картофеля и корнеплодов обрабатывают раствором горячей (77 °С) щелочи (массовая доля 7... 10 %) в течение 6... 10 мин и острым паром высокого давления (0,6...0,7 МПа) в течение 0,5... 1 мин или только раствором щелочи.

При парощелочной очистке под действием щелочи, растворяющей полисахариды мякоти под перидермой и вокруг глазков, и пара кожа вместе с глазками легко удаляется при последующем промывании картофеля и корнеплодов. Моют их очень тщательно сначала в ванне с водой, а затем струями воды под высоким давлением (0,7 МПа), так как с клубней и корнеплодов надо

9.13. Количество отходов при различных способах очистки картофеля (%)

Способ очистки	Всего	В том числе при	
		механизированной очистке	ручной дочистке
Механический (обычный)	28,0	18,5	8,5
Механический (углубленный)	47,5	44,0	3,5
Огневой	15,6	3,6	12,0
Паровой	14,0	9,0	5,0
Щелочной	11,0	11,0	0

удалить не только кожицу, но и раствор щелочи. После щелочной очистки картофель и овощи, кроме того, обрабатывают разбавленными растворами органических кислот (лимонной, фосфорной) для нейтрализации остатков щелочи.

В результате механической кулинарной обработки масса, пищевая ценность, цвет, а иногда вкус, аромат и консистенция овощей и плодов изменяются. Степень этих изменений зависит от технологических свойств сырья и применяемых режимов обработки.

При механической кулинарной обработке масса картофеля, овощей и плодов уменьшается в основном за счет отходов и других технологических потерь. Потери массы зависят от сезона, способа очистки, степени измельчения и др. Например, в соответствии с действующими нормативами количество отходов при обработке картофеля, очищенного механическим способом, в зависимости от сезона составляет: до 1 сентября — 20 %; с 1 сентября по 31 октября — 25; с 1 ноября по 31 декабря — 30; с 1 января по 28(29) февраля — 35; с 1 марта — 40 %.

Оценивая различные способы очистки картофеля по количеству отходов (табл. 9.13), можно отметить, что при механической очистке, особенно углубленной, образуется относительно много отходов. При термических способах очистки общее количество отходов примерно в 2 раза меньше, чем при обычной механической очистке. При щелочной очистке картофеля отходы составляют примерно 1/10 массы сырья, причем клубни не требуют ручной дочистки.

При очистке корнеплодов и лука репчатого отходов образуется несколько меньше, чем при обработке картофеля — от 16 %

для лука до 20...25 % для большинства корнеплодов. Несколько больше отходов образуется при очистке редьки и сельдерея.

	Отходы, % массы брутто		Отходы, % массы брутто
Морковь молодая с ботвой	50	Брюква	22
Морковь и свекла до 1 января	20	Репа	25
Морковь и свекла с 1 января	25	Редька	30
		Петрушка	25
		Пастернак	25
		Сельдерей	32

Отходы при обработке капустных овощей колеблются в широких пределах в зависимости от ботанического сорта — от 15 % для краснокочанной капусты до 75 % для брюссельской, поступающей со стеблями.

Ниже приведены нормы отходов (% массы брутто) при механической кулинарной обработке различных видов капусты.

Белокочанная	20
Брюссельская:	
кочанчики	35
со стеблями	75
Цветная	48
Краснокочанная	15
Савойская	22

Уменьшение массы наблюдается и при нарезке овощей (1...2 % массы очищенных овощей).

Вместе с отходами при очистке клубней картофеля, корнеплодов и других овощей удаляется некоторая часть основных пищевых веществ (крахмала, азотистых и минеральных веществ, витаминов и др.).

В табл. 9.14 представлены данные о содержании основных пищевых веществ в картофеле, очищенном различными способами, позволяющие судить об изменении его пищевой ценности при механической кулинарной обработке.

Потери отдельных пищевых веществ при очистке могут быть непропорциональны количеству отходов из-за неравномерного распределения этих веществ в клубнях картофеля, корнеплодах и других овощах. Например, в клубне картофеля (рис. 9.10)

9.14. Содержание основных пищевых веществ в картофеле, очищенном различными способами (%)

Способ очистки	Сухие вещества	Крахмал	Азотистые вещества	Зола	Витамин С, мг%
Механический: обычный	24,5	19,75	1,88	0,740	22,3
углубленный	23,6	18,48	1,89	0,684	18,4
Огневой	25,9	20,89	1,89	0,778	17,0
Паровой	24,7	19,20	1,97	0,766	18,5

крахмал накапливается в основном в клетках, прилегающих к зоне сосудистых пучков, особенно у основания клубня; в периферийных слоях клубня и сердцевине его содержится несколько меньше. Азотистых веществ относительно много в коре и сердцевине. Минеральные вещества концентрируются в коре, особенно в верхушечной части клубня. Данные о распределении витамина С в клубнях картофеля противоречивы. По мнению некоторых исследователей, витамин С концентрируется в сердцевине клубней, однако большинство ученых сходятся на том, что он преобладает в зоне сосудистых пучков, особенно в верхушечной части.

Клетчатка и гемицеллюлозы в значительных количествах накапливаются в перидерме, в мякоти их в 7... 10 раз меньше, причем содержание их уменьшается от наружных зон к сердцевине.

При очистке картофеля с поверхности клубней снимаются слои мякоти неодинаковой толщины. Это зависит от принципа

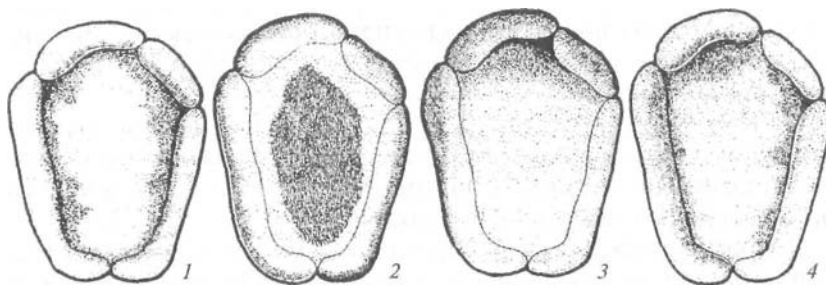


Рис. 9.10. Схема распределения в клубне картофеля крахмала (1), азотистых (2), минеральных (3) веществ, витамина С (4)

действия очистительных машин и аппаратов и технологических свойств сырья (формы клубней, структурно-механических характеристик и др.).

При механической очистке в центробежных машинах клубни приобретают более шаровидную форму, поэтому с верхушечной части, основания и наиболее выпуклых их частей снимается не только кора, но и часть сердцевины. Особенно это характерно для клубней удлиненной формы. У клубней, очищенных в валковых машинах, большая часть мякоти снимается с боковых поверхностей. В овощечистительных машинах, рабочий орган которых выполнен в виде конуса, с поверхности клубней овальной или плоскоооальной формы снимается меньше мякоти, чем с округлых клубней. При углубленной очистке с клубней снимаются более толстые слои мякоти, чем при обычной механической очистке.

При ручной дочистке клубней могут быть затронуты все части мякоти. Таким образом, при механизированной обработке картофеля с последующей ручной дочисткой потери отдельных пищевых веществ нивелируются и, как правило, оказываются пропорциональными количеству отходов. Исключение составляют клетчатка, гемицеллюлозы и минеральные вещества, потери которых в процентном отношении всегда оказываются выше, чем отходов.

При очистке клубней картофеля огневом способом с их поверхности удаляется в основном кожица. При паровой очистке клубней вместе с перидермой теряется и часть мякоти, при щелочной, кроме того, удаляются глазки.

В картофеле, очищенном огневом и паровым способами, содержится больше крахмала и минеральных веществ, чем в картофеле, очищенном механическим способом.

При углубленной очистке картофеля этих веществ в полуфабрикате остается меньше, чем при обычной механической очистке.

Способы очистки влияют и на содержание витамина С в очищенных клубнях. Так, в картофеле, очищенном обычным механическим способом, содержится больше аскорбиновой кислоты, чем в картофеле, очищенном другими способами.

Относительно низкое содержание витамина С в полуфабрикате, полученном после углубленной очистки, связано с удалением с клубней слоев, богатых витамином С, и сильным повреждением ткани картофеля, способствующим окислению и

разрушению аскорбиновой кислоты. Относительно низкое содержание витамина С в клубнях после термической очистки является результатом разрушающего действия высокой температуры на аскорбиновую кислоту.

При соприкосновении очищенных клубней с водой (в очистительных машинах, после ручной дочистки, в процессе сульфитации и после нее, а также при хранении в воде) картофель теряет некоторую часть крахмала и растворимых веществ, которые диффундируют из поврежденных клеток. В неразрушенных клетках диффузии препятствуют мембраны, поэтому потери растворимых веществ практически невелики. Даже при длительном (около 20 ч) хранении нарезанного брусочками картофеля в воду диффундирует всего около 10 % содержащихся в нем растворимых веществ. Однако следует учитывать потери витамина С, который может диффундировать через тонопласт, поэтому очищенный и тем более нарезанный картофель не рекомендуется долго хранить в воде.

Тепловая кулинарная обработка

При тепловой кулинарной обработке свежих овощей, плодов и грибов масса подготовленных продуктов изменяется в результате испарения или поглощения воды, жира и потерь некоторой части пищевых веществ.

Варка в воде

В процессе варки масса овощей и плодов в той или иной степени увеличивается благодаря поглощению воды гидрофильными полисахаридами. При остывании овощей и плодов часть воды испаряется и масса их становится меньше массы полуфабрикатов.

Кроме того, из овощей и плодов в отвар диффундирует значительная часть растворимых веществ, содержащихся в клетках, а также растворимых продуктов деструкции крахмала, протопектина, гемицеллюлоз и экстенсина.

Диффузия растворимых веществ при гидротермической обработке овощей и плодов обусловлена тем, что белки цитоплазмы, тонопласта и плазмалеммы денатурируют, вследствие чего мембраны разрушаются и растворимые вещества могут переходить из клеток в окружающую среду. Диффузии этих веществ

способствует также деструкция клеточных стенок паренхимной ткани, которые становятся более проницаемыми. Диффузия начинается с поверхностных слоев, концентрация веществ в которых со временем уменьшается. Из-за разницы концентрации в поверхностных и нижележащих слоях возникает внутренняя диффузия.

В табл. 9.15 представлены нормы потерь массы¹ картофеля, некоторых овощей, плодов и грибов при варке в воде.

Согласно данным этой таблицы потери массы зависят от вида овощей, плодов и грибов и приготовленных из них полуфабрикатов.

Масса овощей, плодов и грибов при варке в воде может колебаться в ту или иную сторону от установленных норм в зависимости от качества сырья. Например, потери массы свеклы, моркови и петрушки, только убранных с поля или хранившихся при оптимальных условиях, могут превышать установленные нормы и достигать иногда 8... 11 %. Корнеплоды с несколько ослабленным тургором (подвяленные) в процессе варки не только не теряют массу, но даже дают привар, который может достигать 3...4 % за счет поглощения воды.

Общие потери растворимых веществ при варке в воде овощей, плодов и грибов зависят от тех же факторов, что и потери массы. При варке неочищенного картофеля они незначительны и составляют 0,2 % массы сухого остатка. Из очищенных клубней в отвар переходит около 14 % общего количества сухих веществ.

При варке неочищенных моркови и свеклы экстрагируется больше веществ, чем из картофеля, — 11... 17 % сухой массы. Это связано с большим содержанием в моркови и свекле растворимых веществ, в частности Сахаров. При варке очищенных целых корнеплодов потери растворимых веществ достигают 20...22 % сухой массы.

Потери растворимых веществ при варке нарезанных кусочками свеклы, моркови и капусты белокочанной составляют 1/3 сухой массы, что объясняется увеличением удельной поверхности овощей.

Массовая доля растворимых веществ в общих потерях массы овощей и плодов составляет в среднем 10 %, а в некоторых случаях (варка нарезанных овощей) может достигать 40 %.

¹ Нормы потерь массы картофеля, овощей, плодов и грибов установлены для остывших продуктов.

9.15. Потери массы овощей, плодов, картофеля и грибов при варке в воде

Овощи, плоды, картофель и грибы	Полуфабрикаты	Потери, % массы полуфабриката
Артишоки	Целые соцветия	15
Брюква	Нарезанная дольками либо кубиками	8
Горох овощной	Лопатки	12
Горошек зеленый	Зерна свежие и замороженные	8
Кабачки	С удаленными семенами и кожицей (варка до полуготовности)	10
Капуста:		
белокочанная	Целые кочаны или крупные куски	8
брюссельская	Кочанчики	15
савойская	Целые кочаны	8
цветная	Целые соцветия	10
Картофель	Целые клубни в кожице или очищенные	3
Морковь	Целые корнеплоды в кожице или очищенные	0,5
Морковь, репа	Нарезанные дольками или мелкими кубиками	8
Свекла	Целые корнеплоды в кожице	2
	Очищенные корнеплоды	5
	Нарезанная	8
Тыква	»	17
Фасоль овощная	Нарезанная дольками	12
Шпинат, щавель	—	50
Яблоки, груши	Очищенные и неочищенные от кожицы, с удаленным семенным гнездом	20
Грибы белые свежие		25
Шампиньоны свежие	—	30
Грибы сушеные	Замоченные	100 (привар)

При варке целой моркови потери растворимых веществ (1,7 % сырой массы) даже превышают нормируемые потери массы. В этом случае часть потерь растворимых веществ возмещается поглощенной продуктом водой.

Особо следует остановиться на потерях минеральных веществ, основным источником которых служат овощи. При варке

в воде овощи могут терять от нескольких процентов до половины содержащихся в них минеральных веществ. Так, при варке целых очищенных клубней картофеля теряется 19...38 %, корней свеклы — 26...42, моркови — 18...48 % минеральных веществ (в пересчете на золу), содержащихся в сыром продукте.

В основном теряются калий, натрий, магний и фосфор. Потери их составляют 20...50 % первоначального содержания этих элементов в сырых овощах. Кальция теряется значительно меньше. Так, при варке корнеплодов потери его колеблются в пределах от 4 до 12 % первоначального содержания. Происходят также потери микроэлементов: железа, меди, марганца, цинка, йода, кобальта.

При варке овощей в подсоленной воде диффузия минеральных веществ несколько замедляется вследствие повышения их концентрации в варочной среде. Однако добавление поваренной соли при варке овощей может усилить диффузию ионов кальция и магния, так как ионы электролитов, проникая в клетки, могут вытеснять находящиеся в них двухвалентные катионы.

Количество Сахаров, переходящих из овощей и плодов в отвар, может достигать 1/3 их первоначального содержания.

В отвар из овощей переходят и азотистые вещества в основном небелковой фракции. Так, при варке картофеля содержание аминокислот в нем понижается примерно на 15 %. Наиболее значительны потери гистидина, аргинина, лизина. При варке белокочанной капусты потери свободных аминокислот достигают 58...70 %. После варки в капусте практически не остается таких аминокислот, как треонин, триптофан, метионин.

Переходя в отвар, сахара, органические кислоты, минеральные вещества, а также продукты деструкции клеточных стенок, крахмала, белковых веществ придают ему специфические вкус и запах и обуславливают его пищевую ценность, поэтому отвары, получающиеся при варке очищенных клубне- и корнеплодов, а также капустных и других овощей, следует непременно использовать для приготовления супов или соусов.

Варка острым паром

При варке овощей на пару потери массы увеличиваются по сравнению с варкой в воде, что связано в основном с меньшей гидратацией клеточных стенок. Ниже приведены нормы потерь

массы, установленные для картофеля, моркови и свеклы при производстве из них полуфабрикатов в виде отварных на пару овощей (%).

Картофель очищенный целыми клубнями или нарезанный кубиками	6
Морковь:	
очищенная целыми корнями	14
нарезанная кубиками	16
Свекла:	
очищенная целыми корнями	11
нарезанная кубиками	14

При варке овощей паром на потери массы влияет давление пара в рабочем объеме пароварочного аппарата.

В табл. 9.16 приведены данные о потерях массы картофеля, моркови и свеклы в процессе варки их острым паром при нормальном атмосферном и избыточном давлении.

Как видно из этих данных, при давлении пара 0,152 МПа потери массы картофеля и моркови при варке примерно в 1,2... 1,5 раза больше, чем при использовании пара, имеющего нормальное атмосферное давление. При варке свеклы этого практически не наблюдается.

При варке овощей на пару растворимые вещества диффундируют в конденсат. Потери растворимых веществ при этом значительно снижаются по сравнению с варкой в воде. Так, картофель

9.16. Потери массы картофеля и некоторых овощей при варке острым паром разного давления (%)

Полуфабрикаты из картофеля и овощей	Давление пара, МПа	
	0,101	0,152
Картофель очищенный: целыми клубнями	5,6	8,6
	5,5	7,5
Морковь очищенная: целыми корнями	13,3	18,0
	15,2	18,1
Свекла очищенная: целыми корнями	10,5	10,7
	13,5	13,8

при варке целыми очищенными клубнями на пару теряет в 2,5 раза меньше веществ, чем при варке в воде, морковь — в 3,5, свекла — в 2 раза. Потери минеральных веществ уменьшаются в 2 раза.

Овощи и картофель после варки на пару отличаются от овощей, сваренных в воде, более выраженным вкусом и ароматом, они менее водянистые; кроме того, свекла имеет более интенсивную окраску.

Припускание и тушение

Нормы потерь массы некоторых полуфабрикатов из овощей (морковь, свекла, репа, тыква нарезанные; шпинат, щавель) при припускании не отличаются от норм потерь их массы при варке в воде. Капуста белокочанная, нарезанная кусочками или шашками, при припускании теряет 10 % массы, шампиньоны — 40 %.

При тушении капусты белокочанной свежей потери массы составляют 21 %, квашеной — 15 %.

Потери массы картофеля, капусты и корнеплодов, обработанных в СВЧ-поле, составляют примерно 30...35 %.

В процессе припускания и тушения овощей, а также при обработке их в СВЧ-аппаратах масса уменьшается в основном в результате испарения воды.

Растворимые вещества, перешедшие в жидкость, в которой припускают или тушат овощи (вода, бульон, молоко, соус), нельзя относить к потерям, так как припущенные и тушеные овощи отпускают вместе с жидкостью, в которой их припускали или тушили. При обработке овощей в СВЧ-аппаратах потери растворимых веществ также практически не происходит.

Жарка, пассерование, запекание

При жарке, пассеровании и запекании картофеля, овощей, грибов и плодов масса их, как и при варке, уменьшается, но в основном в результате интенсивного испарения влаги.

Количество испарившейся влаги всегда превышает потери массы, так как часть последней компенсируется поглощающимся жиром. Например, сырой картофель при жарке поглощает жир в количестве 3...5 % массы продукта, предварительно сваренный картофель — 6...7 %. В процессе обжаривания крекеров масса их в результате поглощения жира даже увеличивается. Так, из 770 г полуфабриката получается 1 кг обжаренных крекеров с содержанием жира 30 %.

9.17. Потери массы овощей, картофеля и грибов при жарке

Овощи и картофель	Полуфабрикаты	Потери, % массы нетто
Баклажаны	Нарезанные кружочками натуральные	26
	Нарезанные кружочками, запанированные в муке	22
Кабачки	Нарезанные ломтиками натуральные (с удаленной кожицей)	35
	Нарезанные ломтиками, запанированные в муке (с удаленной кожицей)	33
Картофель	Нарезанный брусочками, ломтиками, дольками, кубиками	31
	Нарезанный ломтиками из предварительно сваренного в кожице	17
	Нарезанный брусочками для жарки во фритюре	50
	Нарезанный соломкой, стружкой для жарки во фритюре	60
Томаты	Обточенный бочоночками	30
	Нарезанные половинками	37
Тыква	Нарезанная ломтиками натуральная	22
	Нарезанная ломтиками, запанированная в муке	20
Грибы белые	Мелко рубленные	50
	Нашинкованные дольками	35

Потери растворимых веществ при жарке, запекании и пассеровании картофеля и овощей очень малы по сравнению с потерями их при варке в воде и практически не влияют на уменьшение массы.

Таким образом, изменение массы овощей при жарке и пассеровании обусловлено двумя факторами: испарением воды и поглощением жира, при запекании — в основном испарением воды.

Потери массы различных овощей и полуфабрикатов при жарке колеблются от 17 до 60 % (табл. 9.17) и зависят от их вида и способа жарки. При жарке сырого картофеля с небольшим количеством жира масса его уменьшается на 31 %, предварительно сваренного — на 17 %. Объясняется это тем, что в предварительно сваренном картофеле влага связана клейстеризованным крахмалом, вследствие чего испарение ее замедляется. В сыром картофеле часть влаги может испариться раньше, чем оклейстеризуется крахмал. Кроме того, предварительно сваренный картофель при жарке поглощает больше жира, чем сырой, так как связанная

крахмалом вода в первом случае не препятствует проникновению жира.

Потери массы картофеля и овощей при жарке во фритюре больше, чем при жарке с небольшим количеством жира. Так, потери массы картофеля, нарезанного брусочками и жаренного во фритюре, на 19 % больше потерь массы картофеля, жаренного с небольшим количеством жира. В первом случае интенсивность испарения влаги по всей поверхности кусочков картофеля одинаковая. При жарке с небольшим количеством жира сначала обжаривается поверхность кусочков, соприкасающаяся с дном посуды. За это время внутри кусочков происходит клейстеризация крахмала, и при дальнейшем обжаривании других поверхностей этих кусочков влага будет испаряться медленнее.

Помимо этого изменение массы картофеля и овощей при жарке связано с их удельной поверхностью. Так, потери массы картофеля, нарезанного брусочками, при жарке во фритюре на 10 % меньше по сравнению с картофелем, нарезанным соломкой. Это объясняется увеличением площади поверхности продукта, соприкасающейся с горячим жиром, и, следовательно, увеличением интенсивности испарения воды.

Панирование некоторых овощей в муке перед жаркой несколько снижает потери массы (на 2...4 %). В этом случае часть влаги связывается клейстеризующимся крахмалом муки, а образующаяся на поверхности кусочков корочка несколько задерживает испарение влаги.

При пассеровании различных видов овощей потери массы составляют 23...40 %. Лук репчатый для приготовления вторых блюд и соусов пассеруют до изменения массы на 50 %.

При изготовлении запеченных блюд из картофеля, овощей и грибов потери массы колеблются от 10 до 22 % массы полуфабриката. При запекании яблок с удаленным семенным гнездом и картофеля в кожице потери массы составляют 20 %.

Все технологические приемы, исключая излишнее испарение воды при жарке, пассеровании и запекании, обеспечивают выход готовых изделий в пределах нормы. При этом особое внимание следует обратить на продолжительность тепловой кулинарной обработки. Жарка, пассерование, запекание овощей, продолжающиеся дольше, чем это требуется для доведения их до готовности, могут привести к значительным потерям массы и, следовательно, снижению выхода готовой продукции.

Изменение цвета

В результате кулинарной обработки цвет картофеля, овощей, плодов и грибов в некоторых случаях меняется, что связано с изменением содержащихся в них пигментов или образованием новых красящих веществ.

Рассмотрим изменение цвета различных овощей и плодов, условно разделив их на группы по окраске мякоти.

Картофель, овощи и плоды с белой окраской

Картофель, капуста белокочанная, лук репчатый, яблоки, груши и другие овощи и плоды с белой окраской в процессе кулинарной обработки могут темнеть или приобретать желтоватые, зеленоватые, коричневатые и другие оттенки.

При механической кулинарной обработке заметно изменяется окраска мякоти картофеля и яблок. При хранении очищенными или нарезанными на воздухе их мякоть в той или иной степени темнеет.

Причина потемнения картофеля и яблок заключается в окислении содержащихся в них полифенолов под действием кислорода воздуха при участии фермента полифенолоксидазы.

Из содержащихся в картофеле веществ фенольной природы, при окислении которых мякоть его темнеет, особая роль принадлежит тирозину (α-оксифенилаланину), который окисляется в диоксифенилаланин и превращается в хинон, образующий красные гетероциклические соединения. Последние, полимеризуясь, превращаются в продукты черного цвета, называемые меланинами.

Образование меланинов при хранении очищенного картофеля на воздухе может происходить в результате окисления и другого вещества фенольной природы — хлорогеновой кислоты. Кроме того, хиноны, образующиеся из хлорогеновой кислоты, могут соединяться с аминокислотами, белками и образовывать другие более темноокрашенные соединения, чем собственно продукты окисления этой кислоты.

В яблоках присутствуют конденсированные дубильные вещества, содержащие в своей структуре катехины — производные флавонов и антоцианов. При хранении на воздухе очищенных или нарезанных яблок под действием полифенолоксидазы происходит окисление конденсированных дубильных веществ. Образующиеся при этом темноокрашенные конечные продукты окисления — флорафены — вызывают потемнение яблок.

Полифенолы сосредоточены в вакуолях растительной клетки и отделены от цитоплазмы, содержащей ферменты, тонопластом, поэтому в здоровых, неповрежденных клетках полифенолы не окисляются до меланинов, флорафенов и других темноокрашенных соединений. В этом случае через тонопласт в цитоплазму поступает строго ограниченное количество полифенолов, необходимое для протекания в тканях картофеля и яблок определенных физиологических процессов. При этом полифенолы окисляются до CO_2 и HO_2 , а часть промежуточных продуктов окисления восстанавливается с помощью соответствующих ферментов (дегидрогеназ) до исходных соединений.

При очистке и нарезке картофеля и яблок клетки повреждаются, тонопласт разрывается, клеточный сок смешивается с цитоплазмой, в результате чего полифенолы подвергаются необратимому ферментативному окислению до образования темноокрашенных продуктов.

Скорость потемнения обычно связывают с активностью в продуктах полифенолоксидазы: чем она выше, тем быстрее темнеет мякоть картофеля и яблок.

Кроме того, овощи и картофель с белой окраской мякоти содержат неодинаковое количество тирозина. Так, например, в картофеле содержание тирозина составляет 90 мг на 100 г съедобной части, в то время как в редисе, огурцах свежих, луке репчатом, капусте белокочанной — соответственно 18, 21, 30 и 50 мг. Можно предположить, что накопление тирозина оказывает влияние на скорость потемнения овощей.

Это, в свою очередь, связано с сортовыми особенностями картофеля, овощей и плодов. Неодинаковая скорость потемнения мякоти у различных сортов картофеля особенно заметна после ручной очистки клубней. Например, очищенные клубни таких сортов, как Ранняя роза, Северная роза, Передовик, и некоторых других приобретали коричневую окраску после 30 мин хранения на воздухе, а окраска клубней сортов Лорх, Эпрон, Берлихинген в течение этого же времени не изменилась.

После машинной очистки резких различий в склонности к потемнению разных сортов картофеля не наблюдается. Через 10... 12 мин хранения очищенные клубни всех сортов приобретают коричневую окраску. После углубленной машинной очистки потемнение клубней наблюдается уже по прошествии 3...4 мин хранения на воздухе. Относительно быстрое потемнение клубней, обработанных в очистительных машинах, объяс-

няется довольно сильным повреждением поверхностного слоя клеток.

Чтобы очищенный картофель или очищенные (нарезанные) яблоки не темнели при хранении на воздухе, необходимо либо исключить соприкосновение продуктов с кислородом воздуха, либо инактивировать окислительные ферменты.

Для предотвращения соприкосновения очищенного картофеля с кислородом воздуха его хранят в воде или в вакуумной упаковке, а также используют какое-либо защитное покрытие поверхности клубней или нарезанных кусочков. В качестве такого покрытия в настоящее время рекомендуют применять пенообразные массы, полученные на основе пищевого сырья. Яблоки хранят в воде, подкисленной лимонной или уксусной кислотой.

Для инактивации окислительных ферментов применяют сульфитацию очищенного картофеля, бланширование, обработку кислотами (аскорбиновой, фитиновой и др.), антибиотиками и другие способы.

При производстве больших партий полуфабриката из картофеля в виде целых очищенных клубней для этой цели применяют сульфитацию, которая заключается в обработке их водным раствором кислых натриевых солей сернистой кислоты. Эти соли легко разлагаются с образованием сернистого ангидрида (SO_2), способного понижать активность полифенолоксидазы и тем самым задерживать образование меланинов. Сернистый ангидрид как хороший восстановитель при взаимодействии с органическими веществами различной окраски может переводить их в бесцветные или слабоокрашенные соединения. Восстановительные свойства его лучше проявляются при повышенных концентрациях и пониженной температуре.

Для инактивации ферментов можно применять бланширование — кратковременную обработку картофеля кипящей водой или паром. Бланшируют картофель обычно нарезанным тонкими ломтиками или брусочками, что обеспечивает достаточно полную инактивацию полифенолоксидазы во всей его массе.

При бланшировании целых очищенных клубней инактивация ферментов происходит в поверхностном слое клубня толщиной 2...5 мм в зависимости от режима обработки. Одновременно этот слой частично проваривается, что облегчает доступ кислорода к нижележащим слоям. Даже при непродолжительном хранении бланшированных клубней внутри их на границе между проваренным слоем и сырой мякотью в результате действия не-

инактивированных ферментов образуется темное кольцо. Из-за этого использовать бланширование для предохранения очищенных клубней картофеля от потемнения не рекомендуется.

При переработке яблок для инактивации полифенолоксидазы в очищенных или нарезанных плодах применяют бланширование, окуливание сернистым ангидридом (при сушке) и др.

При тепловой кулинарной обработке картофель, капуста белокочанная, лук репчатый и другие овощи, а также яблоки, груши и другие плоды с белой окраской мякоти приобретают желтоватый оттенок, а в некоторых случаях темнеют.

Пожелтение связывают с изменением содержащихся в овощах и плодах таких полифенольных соединений, как флавоновые гликозиды, несхарным компонентом (агликоном) которых являются оксипроизводные флавонола или флавонола. Флавоновые гликозиды бесцветны.

При тепловой обработке картофеля, овощей и плодов происходит гидролиз этих гликозидов с отщеплением агликона, имеющего в свободном состоянии желтый цвет. Интенсивность окраски оксипроизводных флавонола (флавонола) зависит от количества и положения гидроксильных групп в его молекуле, поэтому картофель, очищенный щелочным или парощелочным способом, в процессе дальнейшей варки приобретает несвойственную ему ярко-желтую окраску.

Потемнение картофеля, овощей и плодов может быть вызвано в основном двумя причинами: образованием темноокрашенных продуктов в результате превращений полифенольных соединений и образованием меланоидинов.

Так, оксипроизводные флавонола в присутствии солей железа дают соединения зеленого цвета, переходящего затем в коричневый (так называемые железифенольные соединения).

Предшественниками темноокрашенных веществ могут быть такие фенольные соединения, как тирозин и хлорогеновая кислота. Ферментативное окисление этих полифенолов, протекающее обычно в сырых овощах и плодах, может в той или иной степени продолжаться и при тепловой обработке (в начальной стадии). Образующиеся хиноны в условиях нагревания продуктов могут реагировать с сахарами. При этом последние подвергаются дегидратации с образованием производных фурфурола. Фурфурол же, как известно, легко вступает в реакции полимеризации и конденсации с образованием темноокрашенных веществ. Кроме того, хиноны могут взаимодействовать с аминокислотами. При этом образуется смесь различных альдегидов и других промежу-

точных продуктов, которые превращаются в соединения типа меланоидинов. В отличие от реакций меланоидинообразования эти реакции называют полифеноламиными.

На степень потемнения картофеля, овощей и плодов оказывает влияние содержание в них тех или иных полифенолов. Установлено, что накопление хлорогеновой кислоты в клубнях картофеля при хранении увеличивает степень их потемнения при варке. По-видимому, этим объясняется заметное потемнение картофеля при варке в весенний период.

Меланоидины и их образование были рассмотрены ранее. Данные, полученные при спектральном анализе сырого и вареного картофеля, подтверждают образование в процессе варки меланоидинов. Мякоть клубней картофеля, содержащего большое количество аминокислот и редуцирующих Сахаров, темнеет при варке в большей степени, чем мякоть клубней с меньшим содержанием этих веществ.

Известно, что в начальный период варки картофеля происходит ферментативная деструкция крахмала с образованием мальтозы (под действием р-амилазы) и глюкозы (а-амилазы). Накопление редуцирующих Сахаров в картофеле может интенсифицировать процесс меланоидинообразования. Для инактивации ферментов картофель следует погружать в кипящую воду и как можно быстрее доводить ее до повторного закипания.

При производстве полуфабрикатов из картофеля одно из требований, предъявляемых к качеству сырья, — регламентированное содержание в нем редуцирующих Сахаров (не более 0,4 % на сырую массу), чтобы в процессе тепловой обработки и последующего хранения они не темнели¹.

От содержания и характера превращений полифенолов, интенсивности реакций меланоидинообразования зависит не только окраска вареных плодов и овощей, но также их вкус и аромат. Потемневшие вареные овощи (плоды) обладают неприятными привкусом и запахом.

Потемнение в результате изменения полифенолов и реакций меланоидинообразования происходит в картофеле, овощах и

¹ Картофель, содержащий более 0,4 % редуцирующих сахаров, перед переработкой выдерживают в помещении при температуре 15... 16 °С до 2 нед. В этих условиях интенсивность дыхания клубней выше, чем при хранении на складах и в овощехранилищах, в результате чего содержание сахаров уменьшается.

плодах с любой окраской мякоти. Однако при потемнении картофеля, овощей и плодов с белой окраской, особенно картофеля, заметно ухудшаются их органолептические показатели. Кроме того, при изготовлении блюд и гарниров из вареного картофеля потемневшие части клубней приходится удалять, что ведет к увеличению отходов.

При жарке и запекании картофеля, капусты, лука репчатого, кабачков и других овощей этой группы, а также при запекании яблок изменение цвета мякоти овощей и плодов вызывается теми же причинами, что и при гидротермической обработке.

Желто-коричневая окраска поверхности кусочков жареных овощей, а также окраска корочки, образующейся при запекании овощей и яблок, обусловлена прежде всего реакциями меланоидинообразования. Если внутри обжариваемых кусочков или запекаемых продуктов эти реакции вследствие относительно невысокой температуры (85...98 °С) протекают медленно, то на их поверхности температурой 140... 170 °С скорость реакций резко возрастает. Кроме того, при жарке овощей поверхностный слой кусочков обезвоживается в результате бурного испарения влаги от соприкосновения с горячим жиром. При запекании также происходит обезвоживание поверхностного слоя продуктов вследствие соприкосновения с горячим воздухом в рабочей камере жарочного шкафа. По мере испарения влаги концентрация редуцирующих Сахаров и аминокислот (или других веществ, содержащих аминогруппу) в поверхностных слоях продукта увеличивается. Это еще более ускоряет реакции меланоидинообразования.

Наряду с реакциями меланоидинообразования сахара в поверхностном слое подвергаются карамелизации, так как концентрация их в этом слое по мере обезвоживания значительно возрастает. Особенно это заметно при запекании яблок с сахаром. При нагревании концентрированных растворов сахарозы (массовая доля 70 % и выше) уже при 125 °С происходит ее распад на глюкозу и фруктозу, которые быстро разрушаются с образованием кислот, катализирующих дальнейшую инверсию сахарозы и образование альдегидов. Полимеризация последних обуславливает образование карамелей и окрашивание поверхности обжариваемых (запекаемых) продуктов, которое усиливается по мере повышения температуры.

При жарке картофеля, картофельных котлет, зраз и крокетов, изготовлении картофельных запеканок, рулетов, пирожков и ватрушек окраска поверхностного слоя связана также с образованием желто-коричневых декстринов в результате термической

деструкции крахмала. Окраску поверхности обжариваемых овощей могут усиливать и поглощенные ими жиры.

Меланоидины, продукты карамелизации Сахаров и деструкции крахмала, а также жиры обуславливают не только окраску жареных и запеченных овощей, но также их вкус и аромат.

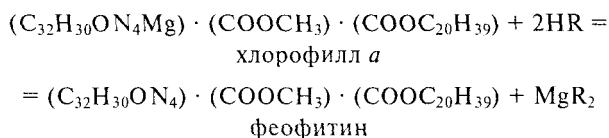
При пассеровании лука репчатого, белых кореньев окраска овощей практически не изменяется, так как процесс происходит при более низких температурах, чем при жарке. Только при пассеровании лука до изменения массы на 50 % появляется желто-коричневая окраска, причины изменения цвета в этом случае те же, что и при жарке.

Овощи и плоды с зеленой окраской

Зеленый цвет овощей (щавель, шпинат, зеленый горошек, стручки бобовых) и некоторых плодов (крыжовник, виноград, слива ренклод и др.) обусловлен присутствием в них пигмента хлорофилла, в основном хлорофилла *a*.

По химической природе хлорофилл *a* представляет собой сложный эфир двухосновной кислоты и двух спиртов: метилового и фитола.

Зеленые овощи и плоды при варке и припускании буреют. Происходит это вследствие взаимодействия хлорофилла с органическими кислотами или кислыми солями этих кислот, содержащимися в клеточном соке овощей и плодов, с образованием нового вещества бурого цвета — феофитина:



В сырых продуктах эта реакция не происходит, так как хлорофилл отделен от органических кислот или их солей, содержащихся в вакуолях, тонопластом. Кроме того, хлорофилл, находящийся в комплексе с белком и липидами (в хлоропластах), защищен этими веществами от внешних воздействий. Указанная реакция в сырых овощах и плодах наблюдается лишь при нарушении целостности клеток паренхимной ткани; обычно в местах повреждения овощей появляются бурые пятна.

При тепловой кулинарной обработке овощей и плодов белок, связанный с хлорофиллом, в результате денатурации отщепляет-

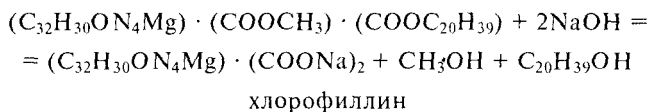
ся, мембраны пластид и тонопласт разрушаются, вследствие чего органические кислоты получают возможность взаимодействовать с хлорофиллом.

Степень изменения зеленой окраски овощей и плодов зависит от продолжительности тепловой обработки и концентрации органических кислот в продукте и варочной среде. Чем дольше варятся зеленые овощи и плоды, тем больше образуется феофитина и тем заметнее их побурение. Окраска овощей с повышенным содержанием органических кислот (например, шавель) изменяется значительно.

Для сохранения цвета зеленые овощи рекомендуется варить в большом количестве воды при открытой крышке и интенсивном кипении строго определенное время, необходимое для доведения их до готовности. В этих условиях часть летучих кислот удаляется с парами воды, концентрация органических кислот в продуктах и варочной среде снижается, образование феофитина замедляется.

Цвет зеленых овощей и плодов лучше сохраняется при варке в жесткой воде: содержащиеся в ней кальциевые и магниевые соли нейтрализуют некоторую часть органических кислот и кислых солей клеточного сока.

Зеленые овощи и плоды хорошо сохраняют окраску при добавлении в варочную среду пищевой соды, так как она нейтрализует органические кислоты. При этом овощи не только сохраняют окраску, но и приобретают более интенсивный зеленый цвет. Последнее объясняется тем, что в присутствии щелочи хлорофилл как сложный эфир подвергается омылению с образованием натриевой соли двухосновной кислоты, метилового спирта и фитола. Образующаяся натриевая соль двухосновной кислоты называется хлорофиллином и имеет яркую зеленую окраску:



При варке и припускании зеленые овощи и плоды кроме бурой окраски могут приобретать и другие оттенки, обусловленные изменением уже образовавшегося феофитина под действием ионов некоторых металлов. Например, если в варочной среде присутствуют ионы Fe, овощи могут приобретать коричневую окраску, если ионы Sn и Al — сероватую, ионы Cu — ярко-зеленую.

Следует отметить, что применять пищевую соду или соли меди для сохранения цвета зеленых овощей и плодов не разрешается, так как присутствие этих веществ в варочной среде способствует разрушению витамина С.

Овощи и плоды с красно-фиолетовой окраской

Окраска ягод клюквы, смородины, малины, черники, земляники, некоторых плодов (шиповника, вишни, темноокрашенных сортов черешни и сливы), а также кожицы отдельных сортов яблок, груш, винограда обусловлена присутствующими в них пигментами антоцианами, а окраска свеклы — беталаинами, не относящимися по химической природе к группе антоцианов.

Антоцианы представляют собой полифенольные соединения. Это моно- и дигликозиды, распадающиеся при гидролизе на сахар и агликоны антоцианидины. Антоцианы окрашены в красный, фиолетовый или синий цвет, что зависит от присутствия в них того или иного антоцианидина. Различают несколько антоцианидинов — пеларгонидин, цианидин, пеонидин, дельфинидин, петунидин и мальвидин.

Различные антоцианы в сочетании с другими пигментами, присутствующими в плодах и ягодах, обуславливают те или иные оттенки их окраски. Окраска антоцианов зависит от рН среды. В кислой среде они красные, в нейтральной — фиолетовые, в щелочной — синие.

При механической кулинарной обработке ягод и плодов антоцианы могут подвергаться окислительной деградации и вступать в реакции с металлами, в результате чего окраска продуктов изменяется. Например, при изготовлении киселей, желе, муссов из ягод и плодов отжимают сок и некоторое время хранят его. Это может вызвать ослабление интенсивности его окраски, так как антоцианы способны разрушаться под действием света и в результате окисления их кислородом воздуха с участием полифенолоксидаз.

Степень изменения окраски зависит от рН сока: чем ниже рН, тем лучше сохраняется окраска. Наименьшие изменения окраски наблюдаются при рН 2. Значение рН плодов и ягод находится в пределах от 3 до 4. Для сохранения окраски сока при хранении целесообразно добавлять в него полагающуюся по рецептуре лимонную кислоту.

Изменение окраски соков может быть вызвано присутствием в них ионов некоторых металлов, поступающих из водопроводной воды при промывании ягод и плодов или из материалов обо-

рудования при измельчении продуктов и отжимании сока. Так, ионы Fe и Cu могут катализировать процесс окисления антоцианов, что вызывает ослабление окраски соков. Помимо этого антоцианы способны вступать в реакции с металлами и приобретать окраску, отличную от первоначальной. Например, с солями трехвалентного железа антоцианы образуют голубые (синие) комплексы, с солями олова — фиолетовые.

При варке ягод и плодов окраска их заметно изменяется. При нагревании до 50 °С активизируются окислительные ферменты, вызывающие разрушение антоцианов; дальнейшее повышение температуры приводит к термической деградации последних. Считают, что стабилизация окраски ягод и плодов происходит при 70 °С, когда ферменты инактивированы, а термической деградации антоцианов практически не происходит.

Обычно при изготовлении компотов ягоды, а также вишню и черешню не варят, а заливают охлажденным сиропом, что способствует сохранению их окраски. При изготовлении киселей, желе, муссов проваривают только мякоть, оставшуюся после отжимания сока; сок добавляют перед окончанием варки. Это также способствует сохранению окраски плодов и ягод.

Такие плоды, как кизил, слива, алыча, для приготовления киселей сначала варят, а затем протирают. В этом случае наблюдается значительное изменение окраски плодов.

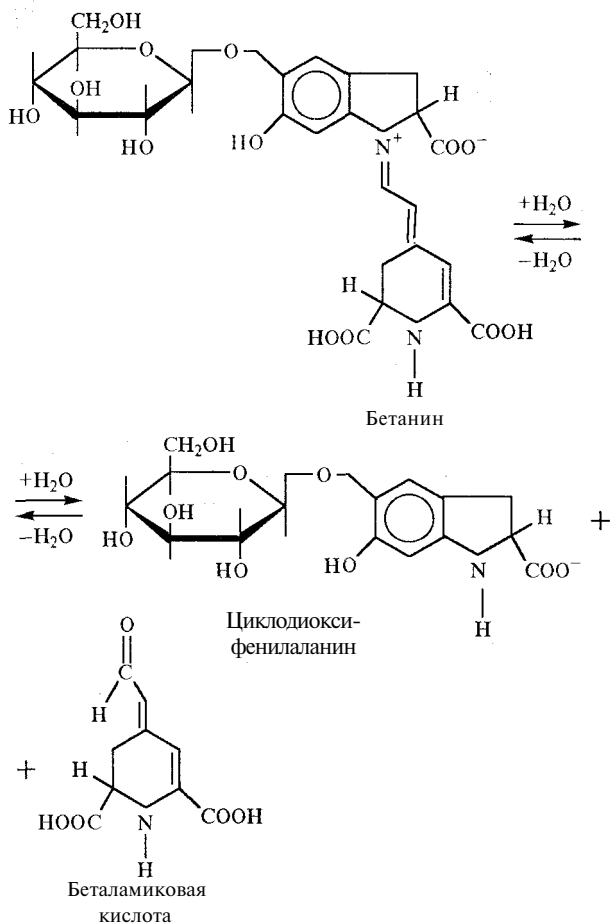
Действие pH среды при тепловой кулинарной обработке ягод и плодов проявляется так же, как и при хранении соков из них. Подкисление варочной среды способствует сохранению их окраски.

Беталаины свеклы подразделяют на две группы: красные (бетацианины) и желтые (бетаксантины). Красных пигментов в свекле больше, чем желтых (до 95 % общего содержания беталаинов).

Бетацианины представлены в основном бетанином (75... 95 % общего содержания красных пигментов), а также бетанидином, пробетанином и их изомерами; бетаксантины — вульгаксантином I (95 % общего содержания желтых пигментов) и вульгаксантином II. Содержание и соотношение этих пигментов в свекле обуславливают различия в оттенках ее окраски.

Наибольшее внимания заслуживает бетанин, так как изменение окраски свеклы в процессе тепловой кулинарной обработки обусловлено в основном изменением этого пигмента. Он представляет собой моногликозид, агликоном которого является бетанидин или изобетанидин.

При тепловой кулинарной обработке свеклы бетанин в той или иной степени разрушается, вследствие чего красно-фиолетовая окраска свеклы становится менее интенсивной или она может приобретать буроватый оттенок. При охлаждении и последующем хранении готовой свеклы окраска ее частично восстанавливается вследствие регенерации бетанина. Ниже представлен предполагаемый механизм деградации и регенерации бетанина.



Под действием воды и нагревания происходит гидролиз бетанина по месту двойной связи у одиннадцатого углеродного атома с образованием циклодиоксифенилаланина (циклоДОФА) и беталамиковой кислоты.

Степень разрушения бетанина при тепловой кулинарной обработке свеклы достаточно высока. Так, в очищенных корнеплодах свеклы, сваренных в воде, обнаружено всего около 35 % содержащегося в полуфабрикате бетанина, в отваре — 12... 13 %. Таким образом, можно считать, что более половины содержащегося в свекле бетанина подвергается термической деградации.

Варка свеклы на пару несколько уменьшает потери бетанина по сравнению с варкой в воде. Однако степень термической деградации пигмента в целой очищенной свекле и в этом случае остается достаточно высокой — 46 %.

При варке на пару свеклы, нарезанной кубиками, степень разрушения пигмента может достигать 54 %.

Степень разрушения бетанина зависит от многих факторов: температуры нагревания, концентрации пигмента, рН среды, контакта с кислородом воздуха, присутствия в варочной среде ионов металлов и др. Чем выше температура нагревания, тем быстрее разрушается пигмент. Чем выше концентрация бетанина, тем лучше он сохраняется. Этим объясняется рекомендация варить или запекать свеклу в кожице. В последнем случае ослабление окраски свеклы практически не происходит.

При варке очищенных корнеплодов в отвар (конденсат) переходит больше бетанина, чем при варке в кожице, препятствующей диффузии пигмента.

Исследование влияния рН среды в пределах от 6,2 до 4,8 на степень разрушения бетанина показало, что меньше всего его разрушается при рН 5,8 (период полураспада бетанина $T_{1/2}$ составляет 21,7 мин). При изменении рН в ту или другую сторону наблюдается более быстрое разрушение бетанина (при рН 4,8 и рН 6,2 $T_{1/2} = 17,1$ мин).

В кулинарной практике при припускании свеклы для сохранения окраски добавляют уксусную кислоту. Как видно из приведенных данных, подкисление варочной среды не исключает разрушения пигментов, но сохранившийся красный пигмент в этих условиях приобретает более яркую красную окраску. Объясняется это тем, что окраска агликона бетанидина зависит от рН среды. В очень кислых средах (рН меньше 2) он имеет фиолетовую окраску, в растворах с более высокими значениями рН — красную.

При охлаждении и выдерживании систем, содержащих продукты гидролиза бетанина, при температуре 4...20 °С последние через шиффово основание могут вступать в обратное взаимодействие с образованием бетанина. О степени регенерации бетанина можно судить по следующим двум примерам. При охлаждении и хранении при 20 °С предварительно нагретого в течение 4 мин раствора чистого пигмента регенерация бетанина идет относительно быстро и через 90... 110 мин хранения разрушенный бетанин полностью регенерирует.

Регенерация бетанина в предварительно нагретом свекольном соке протекает более замедленно и никогда не бывает полной. Так, в процессе 130-минутного хранения сока при 20 °С бетанин в нем регенерирует всего на 69 %. При более длительном хранении сока увеличение степени регенерации бетанина не наблюдается. Это можно объяснить взаимодействием продуктов термической дегградации бетанина с другими веществами, содержащимися в соке. Например, беталамиковая кислота, содержащая альдегидную группу, может вступать в реакцию с аминокислотами или белками.

Побурение свеклы в процессе тепловой кулинарной обработки связывают с образованием из бетанина веществ, окрашенных в желто-коричневый цвет. Продукты распада бетанина можно рассматривать как предшественников новых окрашенных соединений. Беталамиковая кислота может давать окрашенные соединения типа меланоидинов, циклодиоксифенилаланин, окисляясь, может быть предшественником веществ типа меланинов.

Желтый пигмент (вульгаксантин I) при нагревании разрушается значительно быстрее красного пигмента. Например, при нагревании растворов пигментов при температуре 85,5 °С и рН 5,8 период полураспада вульгаксантина I составил 15,4 мин, а бетанина — 21,7 мин. Относительно низкая термоустойчивость вульгаксантина I подтверждается и меньшими значениями энергии активации его по сравнению с энергией активации бетанина (соответственно 16,5 и 19,6 ккал/моль).

Овощи и плоды с желто-оранжевой окраской

Желто-оранжевая окраска овощей (морковь, томаты, тыква) и некоторых плодов обусловлена присутствием в них каротиноидов.

В процессе кулинарной обработки окраска этих овощей и плодов заметно не изменяется. Считают, что каротиноиды при этом практически не разрушаются. Имеются сведения, что в

моркови, сваренной в воде или на пару, обнаруживается даже больше каротиноидов, чем в сырой. Так, если в сырых очищенных корнях моркови содержание каротиноидов составило 13,6 мг на 100 г продукта, то в вареных — 16,7... 18,4 мг на 100 г продукта. Причем в моркови, сваренной в воде, каротиноидов присутствует больше, чем в моркови, сваренной на пару. Увеличение содержания каротиноидов при варке моркови можно объяснить происходящим при этом разрушением белково-каротиноидных комплексов и высвобождением каротиноидов.

При жарке томатов, тыквы и пассеровании моркови каротиноиды частично переходят в жир, вследствие чего интенсивность окраски овощей несколько понижается.

Изменение витаминов

Содержащиеся в овощах и плодах витамины при тепловой кулинарной обработке в той или иной степени разрушаются.

Наиболее устойчивы к действию повышенных температур каротины. Витамины группы В частично переходят в отвар, частично разрушаются. В наибольшей степени разрушается витамин В₆: при варке шпината содержание его в продукте уменьшается на 40 %, белокочанной капусты — на 36, моркови — на 22, при варке и жарке картофеля — на 27...28 %. Несколько меньше при варке теряется тиамин и рибофлавин — около 20 %; примерно 2/5 сохранившихся в овощах витаминов этой группы переходит в отвар.

Значительным изменениям подвергается витамин С, который частично переходит в отвар, частично разрушается. Витамин С в начале тепловой обработки овощей и плодов окисляется под действием кислорода воздуха при участии окислительных ферментов. В результате этого часть аскорбиновой кислоты превращается в дегидроаскорбиновую. При дальнейшем повышении температуры происходит термическая деградация обеих форм витамина С.

Аскорбинген может гидролизаться с высвобождением свободной аскорбиновой кислоты, которая также может подвергаться окислению и термическому разрушению.

Степень разрушения витамина С при тепловой кулинарной обработке овощей и плодов зависит от многих факторов: свойств обрабатываемого полуфабриката, скорости прогрева продукта, длительности обработки, контакта с кислородом воздуха, состава и рН среды и др.

Так, при варке в воде степень разрушения витамина С в картофеле может колебаться в значительных пределах в зависимости от его содержания и соотношения восстановленной и окисленной форм аскорбиновой кислоты. Например, при варке в осенний период неочищенного картофеля степень разрушения витамина С в нем не превышает 10 %, весной достигает 25 %. В очищенном картофеле осенью разрушается 15...35 % витамина С, весной — более половины. При варке белокочанной капусты (сорт Подарок) потери витамина С осенью составили 2...3 % первоначального его содержания, весной — 30 %. Таким образом, чем выше содержание витамина С и меньше дегидроаскорбиновой кислоты в овощах, тем меньше он разрушается.

Однако при варке некоторых других сортов капусты (Амагер, Белорусская, Слава) потери аскорбиновой кислоты в осенний и весенний периоды примерно одинаковы либо в весенний период меньше, чем осенью. Кроме того, имеются данные, что при тепловой обработке некоторых овощей (томаты, капуста брюссельская, кольраби) витамин С практически не разрушается.

Чем быстрее нагреваются картофель, овощи и плоды при варке, тем меньше разрушается аскорбиновой кислоты. Например, при варке картофеля погружением в холодную воду разрушается 35 % витамина С, в горячую — всего 7 %. При ускорении нагрева овощей инактивируются ферменты, переводящие аскорбиновую кислоту в дегидроформу, вследствие чего витамин С лучше сохраняется.

Сохраняемость витамина С находится в обратной зависимости от продолжительности воздействия высоких температур на продукт. Тепловая кулинарная обработка овощей и плодов в течение более длительного времени, чем это требуется для доведения их до готовности, может привести к излишней потере витамина С.

Присутствие кислорода способствует окислению витамина С и дальнейшему его разрушению.

Различные вещества, содержащиеся в варочной среде, могут ускорять разрушение аскорбиновой кислоты или способствовать ее сохранению. Ионы меди, железа, марганца, содержащиеся в водопроводной воде или попадающие в варочную среду со стенок посуды, оборудования, катализируют разрушение витамина С. Наибольшим каталитическим действием обладают ионы меди. Железо и марганец в значительно меньшей степени способствуют разрушению витамина С, хотя железо может усиливать каталитическое действие меди, которое зависит от реакции среды. В кислой среде оно проявляется в меньшей степени. Так,

при нагревании растворов аскорбиновой кислоты при рН 5 разрушается 64 % витамина С, а при рН 3 — только 9,3 %. При варке овощей в кислой среде (например, при добавлении в супы томатной пасты, соленых огурцов и др.) витамин С сохраняется лучше, что, по-видимому, связано с ослаблением действия ионов меди.

Некоторые вещества, содержащиеся в пищевых продуктах, обладают защитным действием по отношению к витамину С. Степень разрушения аскорбиновой кислоты в овощах при тепловой обработке всегда меньше, чем при нагревании ее растворов той же концентрации. Считают, что аминокислоты, крахмал, витамины (А, Е, тиамин), пигменты (антоцианы, флавоны, каротиноиды) и другие вещества в той или иной степени предохраняют витамин С от разрушения. Например, при варке картофеля в мясном бульоне, содержащем аминокислоты, витамин С практически полностью сохраняется, в то время как при варке в воде потери его составляют около 30 %.

Разрушение аскорбиновой кислоты может происходить и при длительном хранении вареных овощей как в горячем состоянии, так и при комнатной температуре либо в холодильном шкафу. За 3 ч хранения вареных овощей в остывшем состоянии может разрушиться до 20...30 % витамина С, а после суточного хранения в овощах остается только около половины его первоначального содержания.

При гидротермической обработке овощей и плодов аскорбиновая кислота как водорастворимый витамин частично переходит в отвар или конденсат (при варке на пару), в связи с чем в продукте ее остается еще меньше. Например, при варке белокочанной капусты более 40 % аскорбиновой кислоты переходит в отвар, картофеля — 10...20 %.

Общие потери витамина С в картофеле, овощах и плодах зависят от способа тепловой кулинарной обработки. Наибольшие потери наблюдаются при варке в воде. Варка на пару способствует сохранению витамина С. Так, при варке целых очищенных клубней картофеля в воде потери витамина С составляют 49 %, при варке на пару — 38 %.

При припускивании овощей витамин С разрушается несколько больше, чем при варке. Например, при варке белокочанной капусты общие потери витамина С составили 60 %, при припускивании — 66 %, так как в этом случае продукт частично находится в паровоздушной среде, содержащей кислород.

При обработке овощей в СВЧ-аппаратах сохраняемость витамина С увеличивается на 20...25 % по сравнению с варкой и при-

пускаяем, что объясняется относительно быстрым прогревом овощей и сокращением продолжительности тепловой обработки.

В процессе жарки картофеля и овощей витамин С разрушается в меньшей степени, чем при гидротермической обработке, так как жир, обволакивая кусочки овощей, предохраняет их от соприкосновения с кислородом воздуха.

При изготовлении изделий из котлетной массы (котлеты, зразы, крокеты, запеканки), когда тепловое воздействие чередуется с механической обработкой, потери витамина С достигают 90 % и более. Чтобы сохранить в овощных блюдах как можно больше витамина С, необходимо строго соблюдать технологический режим, который способствует стабилизации аскорбиновой кислоты:

- обеспечивать быстрый прогрев картофеля и овощей в процессе тепловой кулинарной обработки;
- варить овощи и картофель в воде при умеренном кипении и не допускать выкипания жидкости;
- не превышать сроков тепловой кулинарной обработки, предусмотренных для доведения картофеля и овощей до готовности;
- использовать отвары из очищенных картофеля и овощей для приготовления супов и соусов;
- не допускать длительного хранения готовых изделий из картофеля и овощей.

Контрольные вопросы и задания

1. Какие физико-химические процессы, протекающие в картофеле, овощах и плодах, обуславливают размягчение их тканей в процессе тепловой обработки?
2. Какие факторы оказывают влияние на продолжительность тепловой кулинарной обработки картофеля и овощей?
3. От чего зависит пищевая ценность картофеля и овощей при механической и тепловой кулинарной обработке?
4. Почему очищенные (нарезанные) картофель и яблоки при хранении на воздухе темнеют? Какие способы обработки этих продуктов используют для предохранения от потемнения?
5. В чем причина изменения цвета овощей, плодов и ягод с красно-фиолетовой окраской мякоти при тепловой обработке? Назовите технологические приемы, применяемые для сохранения цвета.
6. Почему зеленые овощи в процессе тепловой обработки буреют? Перечислите технологические приемы, применяемые для сохранения цвета.
7. Как влияет кулинарная обработка картофеля, овощей и плодов на сохранность в них различных витаминов? Какие технологические приемы применяют для сохранения витаминов?

ИЗМЕНЕНИЯ, ПРОИСХОДЯЩИЕ В КРУПАХ, БОБОВЫХ И МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЯХ

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОДУКТОВ. ОСНОВНОЙ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ

Крупа. Крупу классифицируют по виду зерна, из которого она выработана. Зерно злаковых культур состоит из плодовых и семенных оболочек, эндосперма и зародыша. Клетки, составляющие анатомические части зерна, по своей структуре и анатомическому составу различны. Оболочки представляют собой одревесневшие клетки, состоящие из клетчатки, гемицеллюлоз, пентозанов, лигнина, неусвояемых организмом человека.

Основная часть зерна — эндосперм, который включает толстостенные алейроновые клетки, заполненные алейроновыми зернами, и тонкостенные клетки с находящимися в них крахмальными зернами и белковыми веществами. Алейроновый слой у ячменя, например, многорядный (2 ... 4 ряда), сохраняется при производстве крупы и во многом определяет кулинарные свойства этой крупы при водно-тепловой обработке.

Белковые вещества и крахмальные зерна находятся в клетках эндосперма в определенном морфологическом соотношении. Белковые вещества представляют собой как бы матрицу, в которую включены крупные и мелкие крахмальные зерна, размеры и форма которых характерны для каждой культуры.

В процессе производства крупы плодовые и семенные оболочки удаляют почти полностью, алейроновый слой — частично, зародыш — в значительной степени. Морфологические особенности крупы во многом определяют ее кулинарные свойства: водопоглотительную способность, набухаемость, длительность варки и развариваемость. Так, присутствие остаточных участков оболочек зерна и алейронового слоя задерживает продвижение влаги внутрь зерен крупы, а участки, близкие к зародышу, увлажняются быстрее.

Крупы, полученные из зерен злаковых культур, состоят в основном из эндосперма. На периферии эндосперма у некоторых круп (пшено, рис, перловая) сохраняется часть алейронового слоя, семенных оболочек и зародыша.

По своему химическому составу крупы относятся к крахмалистым продуктам. В состав крупы в разных соотношениях вхо-

дят: вода — 12... 15 %, белки — 8... 15, жиры — 1,0...7,0, углеводы — 60...86, минеральные вещества — 0,6...3,0 %. Белки в крупах представлены в основном глобулинами, глютелинами и проламинами, альбуминов очень мало.

Для белков круп характерно пониженное содержание некоторых незаменимых аминокислот, особенно лизина и треонина. Белок гречневой крупы отличается уникально сбалансированным набором аминокислот. Высокое содержание цистина и цистеина способствует выведению из организма радионуклидов. Белок пшеница богат лейцином, треонином, метионином.

Углеводы крупы не только служат основным энергетическим материалом, но и обуславливают кулинарные свойства крупы и ее усвояемость. Состав углеводов крупы характеризует степень отделения анатомических частей зерновки, а также в той или иной степени свидетельствует о качестве крупы. Например, крупа из сырья с повышенным содержанием незрелых или проросших зерновых содержит больше моносахаридов; в плохо шлифованной крупе повышено содержание целлюлозы, гемицеллюлозы, а также минеральных веществ, которые концентрируются в оболочках и алейроновом слое.

Липидный состав крупы характеризуется значительным содержанием ненасыщенных жирных кислот. Входящий в состав липидов пшеница милиацин обладает лекарственными свойствами, стимулирует рост молодого организма.

Из витаминов в крупах содержатся тиамин (В₁), рибофлавин (В₂) и никотиновая кислота РР. В гречневой крупе обнаружен рутин благодаря наличию в ней зародыша.

Минеральные вещества крупы характеризуются высоким содержанием фосфора и сравнительно малым количеством кальция (их соотношение достигает 5 : 1 при оптимальном 2:1). Кроме того, значительная часть фосфора входит в состав фитина, затрудняющего усвоение кальция. Многие крупы представляют собой богатый источник калия, магния, железа и микроэлементов. По массовой доле зольных элементов более ценной считается гречневая крупа.

Современный метод ионоэкслюзивной хроматографии позволил определить в крупяных экстрактах достаточно широкий спектр органических кислот и сахаров. Из монокарбоновых кислот обнаружены муравьиная, масляная, валериановая. Из оксикислот — молочная, лимонная, яблочная. В экстрактах овсяной и перловой круп обнаружена щавелевоуксусная кислота, в экс-

10.1. Сорбционная способность крупяных изделий (%)
(Лаврушина, Филичкина, 2000)

Крупа	Адсорбаты				
	Кадмий Cd(II)	Свинец Pb(II)	Медь Cu(II)	Хром Cr(II)	Железо Fe(II)
Гречневая ядрица	73,0	22,0	83,6	68,8	32,0
Кукурузная	70,0	89,7	85,2	36,0	20,0
Овсяная	73,3	98,9	88,5	20,0	30,8
Перловая	76,7	99,7	73,8	76,0	80,0
Пшено шлифованное	73,3	98,6	81,9	68,0	16,9
Рис шлифованный	75,3	98,7	81,9	68,0	68,5

трактах риса, пшена, гречневой ядрицы, овсяной и перловой круп — шавелевая.

Из ароматических кислот найдены галловая, гиппуровая и *n*-оксибензойная — в экстракте гречневой ядрицы; *o*-кумаровая — в экстрактах рисовой и овсяной крупы; миндальная — в экстрактах гречневой ядрицы и перловой крупы. Количественное содержание Сахаров, %: сахароза — 0,2...0,7; глюкоза — 0,3...0,8; фруктоза — 0,01...0,7, арабиноза — 0,3...0,8. Результаты новейших исследований по содержанию органических кислот и Сахаров в составе экстрактов различных круп позволяют прогнозировать возможный механизм сорбции тяжелых металлов природными сорбентами.

Исследования последних лет показали, что крупяные изделия можно рассматривать как сорбенты экологически вредных веществ. В табл. 10.1 показана сорбционная способность крупяных кулинарных изделий. Величина сорбции перловой крупы почти 100 %. Отмечено, что сорбция металлов крупяными изделиями (кашами) происходит преимущественно на целлюлозной матрице, крахмальные фракции не только не сорбируют металлы, но и препятствуют сорбции. В сорбции участвуют и другие водонерастворимые компоненты круп — некоторые белки, гемицеллюлозы.

В настоящее время зерновые культуры и крупы рассматривают как основной источник поступления в организм человека пищевых волокон (ПВ). Роль пищевых волокон в питании многообразна. Она состоит не только в частичном снабжении организма человека энергией, выведении из него метаболитов пищи и загрязняющих веществ, но и в регуляции физиологических и

биохимических процессов в органах пищеварения. Наибольшее количество ПВ поступает из продуктов зернового происхождения и в меньшей степени — из овощей и фруктов.

Пищевые волокна представляют собой комплекс биополимеров, включающий полисахариды (целлюлозу, гемицеллюлозу, пектиновые вещества), а также лигнин и связанные с ним белковые вещества.

Содержание пищевых волокон в некоторых продуктах переработки хлебных злаков составляет, г/100 г сухого вещества: белая мука 72%-ная — 3,5; отруби отработанные — 30,6; овсяная крупа — 7,2; рис — 2,7; рожь — 12,7; кукурузная мезга — 25,0; оболочки гречихи — 75,0; гороха — 60,0; сои — 50,0.

Пищевые волокна обладают следующими свойствами:

- способны связывать ионы свинца, кадмия и других тяжелых металлов, нитраты, нитриты, аммиак, радионуклиды стронция, цезия и многие органические вещества, в том числе фенолы, формальдегид;
- способны снижать в организме накопление радиоактивных веществ, т. е. обладают радиопротекторными свойствами;
- способны сорбировать и выводить из организма желчные (желчные) кислоты и тем самым понижать содержание холестерина в крови и замедлять развитие атеросклероза.

Отличительная особенность химического состава круп — присутствие в них слизистых веществ, или камедей. Камеди — полисахариды, близкие по составу к гемицеллюлозам, но способные набухать, образовывать гели и клейкие растворы с высокой вязкостью «слизи». Они содержат большие гибкие молекулы, у которых водородные связи насыщены молекулами воды. В результате набухания при комнатной температуре слизи могут поглощать до 800 % воды, в то время как крахмал при этих условиях — 30...35 %, а белковые вещества — 200...250 %. Слизистые вещества являются одним из структурных элементов клеточных стенок и играют значительную роль в обеспечении межклеточных связей в эндосперме крупы.

Бобовые. Для структуры бобовых характерно наличие семенной оболочки различной толщины. Семенная оболочка состоит из палисадных клеток в виде трубчатых каналов, прижатых друг к другу, с небольшими пустотами между ними. Исследования микроструктуры фасоли на электронном сканирующем микроскопе показали, что ткань семядоли состоит из

крупных толстостенных клеток овальной формы, наименьший диаметр клеток 40...50 мкм, наибольший — 90... 100 мкм, заполнены они крахмальными зёрнами, зернистыми белковыми образованиями и плотной белковой матрицей. Между клетками находятся пустые пространства (межклетники) в виде слегка деформированного треугольника. Поверхность крахмальных зёрен негладкая, визуальнo шероховатая. Крахмальные зёрна округлой удлинённой формы, минимальный диаметр 14... 20 мкм, максимальный — 25...30 мкм. Стенки клеток плотные, толщина в пределах 1 мкм. Более толстая и плотная семенная оболочка отмечена у сортов фасоли, требующих длительной варки.

Бобовые отличаются значительным содержанием белка, количество которого достигает в горохе 20...35,7 %, в фасоли — 21...28,2, чечевице — 25,3...34,6, сое — 30...40 %. Белок бобовых состоит в основном из водорастворимых и солерастворимых фракций. Бобовые служат хорошим источником таких незаменимых аминокислот, как лизин, валин, лейцин, фенилаланин. Липидов в бобовых содержится 0,5...2,5 %, преобладают непредельные жирные кислоты (60...80 %).

Основную массу сухого вещества бобовых составляют углеводы: сахара, крахмал, гемицеллюлоза, клетчатка, пектиновые вещества. Содержание крахмала 30...55 %, пектиновых веществ — 3,5...5, гемицеллюлозы — 1,2...8,8, клетчатки — 1,2...7,7 %. Минеральные вещества бобовых представлены макроэлементами (калий, фосфор, кальций, магний) и микроэлементами (цинк, железо). В бобовых содержатся почти все витамины группы В, а также ниацин, токоферол, аскорбиновая кислота.

Характерная особенность химического состава бобовых — присутствие в них антипитательных веществ белковой природы — ингибиторов ферментов желудочного тракта. Ингибиторы образуют с ферментами, расщепляющими белки, устойчивые соединения, лишённые ферментативной активности. Они устойчивы к протеолитическому расщеплению, воздействию высокой температуры, обработке щелочами, солями, кислотами. При употреблении сои пищеварительная система человека значительно угнетается, длительное употребление может привести к увеличению поджелудочной железы, поэтому сою перед употреблением подвергают обработке при высоких температурах. В семенах бобовых отмечена самая высокая активность ингибиторов трипсина: фасоль — 0,5...4,6 мг/г, горох — 0,2...4,5, чина —

8,8, соя — 11,2...38,0. Для сравнения: в картофеле — 1,3...8,6, капусте — 1,8...2,1, свекле — 0,188 мг/г.

Бобовые, как и крупы, могут быть хорошими адсорбатами тяжелых металлов, в частности свинца. Установлено, что количество свинца, связанного клеточными стенками вареной фасоли, может достигать 60...70 % к исходному.

Макаронные изделия. Пищевая ценность макаронных изделий определяется содержанием в них (г на 100 г продукта) белков — 10,4... 11,8, жиров — 1,1...2,8, углеводов — 71,8...75,1. Влажность макаронных изделий не должна превышать 13 %. Качество макаронных изделий зависит от вида используемой муки (из твердой, высокостекловидной, мучнистой, мягкой пшеницы), различных обогатителей и пищевых добавок. Влажность теста для производства макаронных изделий 28...35 %.

Крахмал муки в этих условиях характеризуется слабой способностью к набуханию. Он связывает воду адсорбционно, в основном благодаря активности гидрофильных групп, и в микрокапиллярах. Тесто для макарон представляет собой гидратированный белковый студень клейковины, обволакивающий и склеивающий между собой зерна увлажненного крахмала. Дальнейшая технология сушки и прессования при производстве макаронных изделий приводит к частичной денатурации белков и нарушению целостности крахмальных зерен.

ЗАМАЧИВАНИЕ КРУП И БОБОВЫХ

Замачивание и варка относятся к тем процессам, которые способны изменить структуру крупы и бобовых и вызвать размягчение тканей. Структура растительного продукта зависит от состава и строения его клеток и прежде всего от физического состояния полимеров. При взаимодействии крупы и бобовых с водой они набухают. Набухание — поглощение жидкости, сопровождающееся значительным увеличением объема и массы тела (продукта). Механизм набухания заключается во взаимном растворении высокомолекулярного вещества и дисперсной среды. Скорость диффузии молекул воды намного превосходит скорость диффузии молекул полимера. В результате вода односторонне диффундирует в тело, гидратируя полярные участки составляющих его макромолекул. При этом гибкие молекулы тела отодвигаются друг от друга, связь между ними ослабевает, объем тела увеличивается — оно набухает.

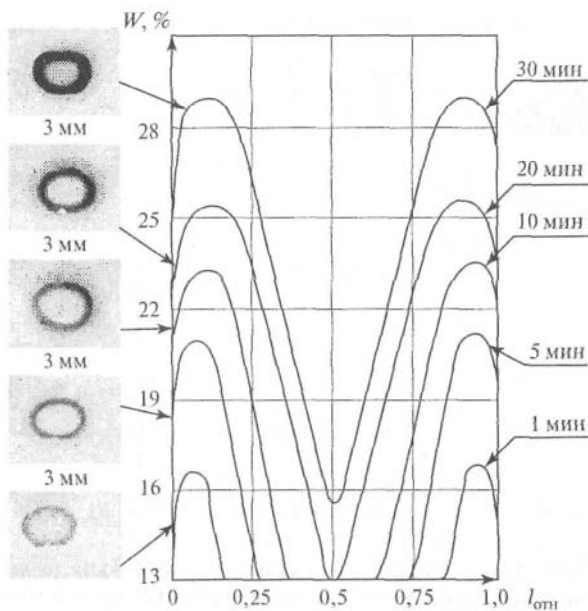


Рис. 10.1. Авторадиограммы и кривые локального внутреннего влагосодержания в перловой крупе (поперечный срез зерна):

W — влагосодержание, %; $I_{отн}$ — относительная длина поперечного среза ядра крупы

Способность крупы и бобовых поглощать воду при замачивании объясняется гидрофильными свойствами содержимого клеток и клеточных стенок: белковых веществ, крахмала, пектиновых веществ, гемицеллюлозы, клетчатки. Для крупы и бобовых характерно ограниченное или предельное набухание, при котором набухшее тело остается в состоянии студня в отличие от неограниченного, когда после набухания тело полностью переходит в раствор. Ограниченное набухание сопровождается частичным растворением полимеров, входящих в состав крупы и бобовых. Так, в процессе промывания крупы в воду частично переходят белки, крахмал, сахара и другие пищевые вещества. Сухой остаток промывных вод может содержать до 41 % крахмала, до 33 % азотистых веществ, до 13 % сахара. При замачивании фасоли в течение 10 ч извлекается 12 % азота главным образом за счет небелковых веществ.

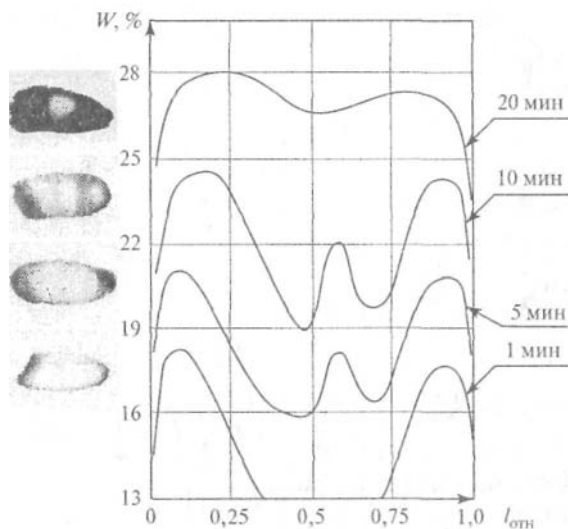


Рис. 10.2. Авторадиограммы и кривые локального внутреннего влагораспределения в рисовой крупе (продольный срез зерна)

Потери витаминов (B_1 , B_2 , РР) при замачивании бобовых в мягкой воде больше, чем в жесткой. При промывании крупа поглощает воду и ее первоначальная масса увеличивается в среднем на 15...30 %. Если процесс промывания крупы занимает 10... 15 мин, количество поглощенной влаги составляет, %: пшеном — 38...39, рисом — 29...33, овсяной крупой — 28...34, гречневой — 28...31, перловой — 28...29. В большей степени изменяется первоначальная масса при промывании пшена, в меньшей — перловой крупы. Для насыщения влагой в процессе замачивания при температуре 20 °С перловой крупы требуется 7...8 ч, пшена — 30...40 мин, риса — 1ч. Остальные крупы занимают промежуточное положение.

Поглощение влаги и ее продвижение внутрь зерен крупы в процессе замачивания протекает у разных видов крупы неодинаково. На рис. 10.1 и 10.2 представлены авторадиограммы и кривые локального внутреннего влагораспределения в перловой и рисовой крупах в зависимости от длительности замачивания в воде температурой 20 °С. Влага проникает в зерна перловой крупы равномерно по всей поверхности, но распределение ее по всему объему происходит очень медленно, что приводит к значительной ло-

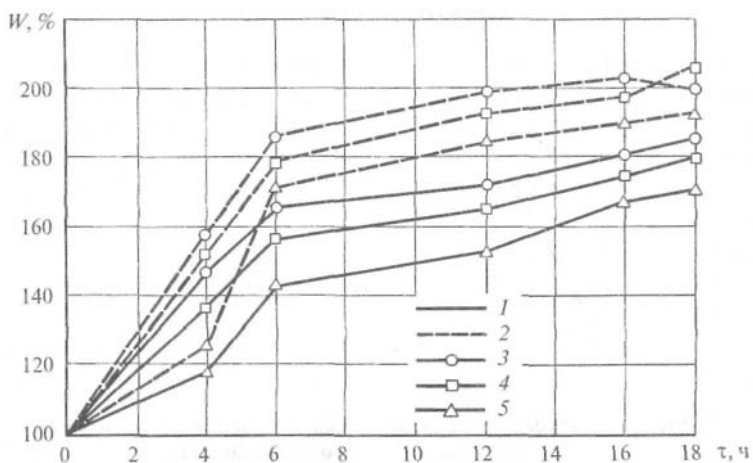


Рис. 10.3. Изменение объема (1) и массы (2) гороха различных сортов при замачивании:

3 — Торсдаг III; 4 — Хеле; 5 — Стендский Геро

кализации влаги в наружных слоях зерна. Так, 30-минутное замачивание вызывает увеличение влагосодержания в наружных участках зерна перловой крупы до 29 %, а в центре только на 2...2,5 %.

Распределение влаги в зернах рисовой крупы происходит неравномерно. Перепад влажности между центральными участками и периферийными в первые 10 мин увлажнения составляет 4,5...5 %. Через 20 мин эта разница значительно сокращается и составляет менее 1,5 %. Это свидетельствует о быстром перераспределении влаги по всему объему зерна крупы. Наличие в зерне риса участков, влагосодержание которых способно в разной мере изменяться в процессе увлажнения (мучнистая часть эндосперма, участки, близкие к зародышу), приводит к неравномерному характеру процессов, сопровождающих перенос влаги. Изменения внутренних механических напряжений при крайне тонкой клеточной структуре эндосперма и недостаточном количестве межклеточных связующих веществ, роль которых в перловой крупе выполняют слизистые вещества, приводит к скачкообразному поступлению воды (см. рис. 10.2) с образованием микротрещин, способствующих раскалыванию зерна на отдельных участках. Причиной образования трещин при увлажнении риса считают мгновенно возросшее осмотическое давление в сочета-

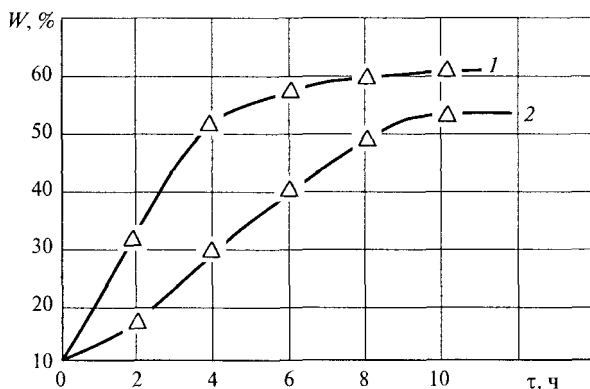


Рис. 10.4. Изменение влагосодержания фасоли в зависимости от продолжительности замачивания :

1 — сорт Лиахви; 2 — сорт Цители-41

нии с градиентом концентрации влаги. Влага является основным фактором, вызывающим размягчение зерен крупы. Так, обычное 30-минутное замачивание в воде температурой 20 °С снижает микротвердость зерен рисовой крупы в 3,5 раза, перловой — в 1,5 раза по сравнению с первоначальной.

Объем и масса бобовых, так же как и круп, при замачивании увеличивается в результате поглощения влаги. На рис. 10.3 представлены данные о приращении объема и массы гороха различных сортов при замачивании в воде комнатной температуры. Для бобовых характерно опережающее увеличение массы. Так, 6-часовое замачивание при комнатной температуре увеличивает массу бобовых в среднем, %: гороха — на 90... 110, фасоли — на 70...98, чечевицы — на 80...91. Вода проникает внутрь семян бобовых через семенную оболочку, толщина которой влияет на интенсивность продвижения влаги.

На рис. 10.4 показано изменение влагосодержания при замачивании двух сортов фасоли: Лиахви и Цители-41 — с различной толщиной семенной оболочкой — соответственно 50 и 80 мкм. Наименьшее изменение влагосодержания наблюдается у сорта Цители-41 с более толстой семенной оболочкой, особенно в первые часы замачивания. Сорта фасоли и гороха, проявившие в процессе замачивания меньшую способность к изменению влагосодержания и приращению массы, при тепловой обработке обычно дольше варятся.

ВАРКА КРУП И БОБОВЫХ

Варка круп и бобовых сопровождается изменением их физико-химических свойств и приводит прежде всего к размягчению структуры зерен крупы и семядолей бобовых, изменению их консистенции и массы. Повышение температуры ускоряет продвижение влаги внутрь зерен крупы и семядолей бобовых, интенсивнее протекает процесс набухания белковых веществ и углеводов клеточных стенок, а также начавшаяся клейстеризация крахмала. Белки в процессе варки денатурируют, а поглощенная ими влага выpressовывается и поглощается клейстеризующимся крахмалом. Медленное распределение влаги внутри зерен крупы задерживает процессы физико-коллоидной природы, сопровождающие варку, и тем самым удлиняет продолжительность варки отдельных видов круп. Скорость распределения влаги в зернах перловой крупы в 2...3 раза меньше, чем в зернах риса (табл. 10.2).

10.2. Скорость внутреннего влагораспределения в перловой и рисовой крупах при замачивании водой разной температуры (м/с)

Крупа	Температура воды, °С		
	20	65	85
Перловая	$0,6 \cdot 10^{-6}$	$0,75 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{-6}$
Рисовая	$1,65 \cdot 10^{-6}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$	$2,5 \cdot 10^{-6}$

На длительность варки оказывает влияние толщина клеточных стенок. Способность к сохранению клеточной структуры в процессе варки определяет консистенцию и внешний вид конечного продукта, эластичность и упругость ткани отдельного зерна крупы. На рис. 10.5 приведена электронная микрофотография зерна вареной перловой крупы. Как видно из рисунка, клеточные стенки сильно набухают, но сохраняют свою структуру. Эта особенность перловой крупы обеспечивает хорошую сохраняемость формы ее зерна на протяжении всего периода варки. У крупы с тонкой клеточной структурой, например рисовой, в процессе варки происходит частичный разрыв клеточных стенок под давлением оклейстеризованного крахмала, что приводит к нарушению формы и целостности зерен. Следует также заме-

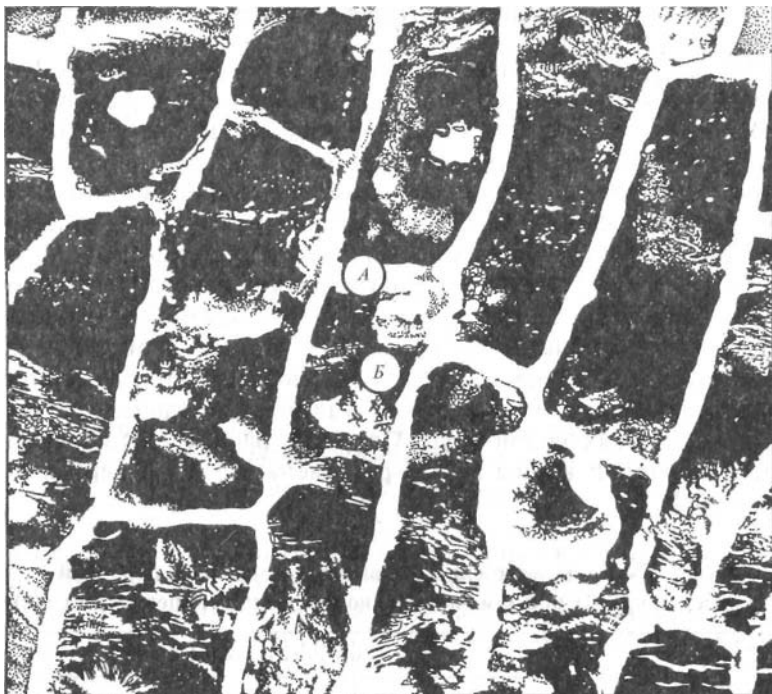


Рис. 10.5. Поперечный срез ядра вареной перловой крупы.
Увеличение $\times 500$:

A — клеточная стенка; *B* — оклейстеризованный крахмал

тить, что начальная температура клейстеризации крахмала у перловой крупы (65°C) ниже, чем у рисовой ($70\text{--}85^{\circ}\text{C}$), поэтому начавшийся процесс клейстеризации также может задерживать продвижение влаги к центру зерна крупы. Несмотря на более высокую температуру клейстеризации рисового крахмала, этот процесс в клетках эндосперма рисовой крупы заканчивается быстрее и протекает с большим изменением крахмальных гранул, чем в клетках вареной перловой крупы.

Слизистые вещества в крупах образуют растворы различной относительной вязкости (табл. 10.3).

Анализ данных таблицы показывает, что из перловой крупы извлекается в 4 раза больше слизи, чем из рисовой. Относительная вязкость 1%-ного раствора перловых слизей при 20°C составила $19\text{--}20$, а у риса близка к единице. Повышение температуры

10.3. Содержание слизистых веществ в крупе и их реологическая характеристика

Крупа	Количество слизистых веществ, % на с.в.	Относитель- ная вязкость 1%-ного раствора слизей при 20 °С	Относитель- ная вязкость 1%-ного раствора слизей при 75 °С	Относитель- ная вязкость 1%-ного раствора крахмала при 75 °С
Перловая	2,23	22,40	18,50	1,43
Рисовая	0,43	1,06	1,08	2,4

до 75 °С снижает вязкость раствора слизи перловой крупы, но она остается высокой. Повышение температуры не отражается на вязкости слизистых веществ рисовой крупы.

Сравнение относительной вязкости 1%-ного раствора слизи и 1%-ного раствора крахмала при температуре 75 °С показало, что вязкость перловых слизи в этих условиях выше вязкости раствора крахмала более чем в 10 раз. Вязкость раствора рисовых слизи меньше вязкости крахмального клейстера в 2 раза. Есть основания предполагать, что роль слизистых веществ риса в процессах внутреннего влагораспределения между основными веществами, входящими в химический состав ядра крупы, незначительна, в то время как в перловой крупе слизистые вещества, входя в состав клеточных стенок, обладая высокой вязкостью растворов и поглощая значительное количество влаги, задерживают продвижение влаги внутрь зерна крупы и удлиняют продолжительность варки. Овсяная крупа в процессе варки ведет себя примерно так же, как перловая.

ДЕСТРУКЦИЯ КЛЕТОЧНЫХ СТЕНОК КРУПЫ И БОБОВЫХ

В процессе варки под действием проникающей влаги и температуры происходит деструкция клеточных стенок. Подробно механизм этой деструкции рассмотрен выше. Степень деструкции зависит от состава клеточных стенок. В клеточных стенках крупы преобладают гемицеллюлозы, деструкция их протекает с образованием растворимых фракций; одновременно идет процесс набухания клетчатки, слизистых веществ. Термоустойчивость клеточных стенок также зависит от их состава. Так, установлено, что овсяная и перловая крупы, в клеточных стенках ко-

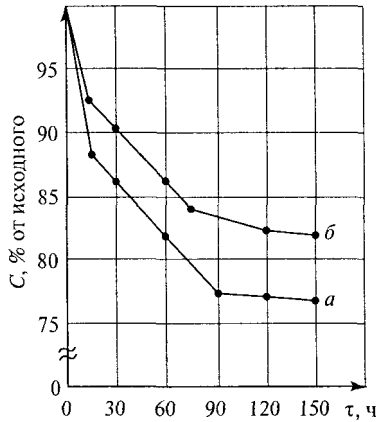


Рис. 10.6. Степень деструкции клеточных стенок овсяной (*а*) и перловой (*б*) круп в зависимости от продолжительности тепловой обработки (% от исходного содержания) (по Е. Н. Субочевой, 1990)

торых содержится больше клетчатки и слизистых веществ, варятся дольше, чем другие крупы. Изменение содержания клеточных стенок (степень деструкции) в крупах в зависимости от продолжительности варки представлено на рис. 10.6. Начальный период гидротермической обработки характеризуется заметным снижением количества определяемых клеточных стенок. В дальнейшем деструкция клеточных стенок замедляется и к моменту готовности каши остается практически постоянной.

С позиции физико-химических процессов, протекающих в крупах при гидротермической обработке, можно объяснить отдельные кулинарные приемы, используемые при приготовлении каши различной консистенции. Необходимость упревания каши можно объяснить таким образом: температура клейстеризации крахмала крупы на 10...20 °С ниже температуры начала активной деструкции клеточных стенок эндосперма крупы. В ходе клейстеризации крахмал связывает влагу, когда структурные компоненты клеточных стенок еще не успели набухнуть в достаточной степени. Подвижность воды в вязких растворах крахмального клейстера и студне набухших слизистых веществ понижена. Ее распределение по всему объему зерна протекает медленно. В связи с этим замедляются и гидролитическая деструкция клеточных стенок, и размягчение структуры зерен крупы. Скорость процес-

10.4. Состав и содержание клеточных стенок фасоли (% сухого вещества)

Состав клеточных стенок	Сорт			
	Лиахви		Цители-41	
	сырая	вареная	сырая	вареная
Клеточные стенки:	8,35	6,32	9,3	7,35
пектиновые вещества	27,9	20,9	31,5	25,1
гемицеллюлозы	35,7	35,6	32,9	32,3
целлюлоза	22,9	29,7	22,4	28,9
минеральные вещества	5,0	5,3	5,2	5,5
белок	7,6	6,7	7,2	6,4
оксипролин, мг%	210,0	108,0	340,0	195,0

сов возрастает по мере увеличения количества воды, используемой для варки каш. Чтобы снизить водосвязывающую способность крахмала, слизистых веществ при варке рассыпчатой каши, крупу предварительно прогревают в жарочном шкафу или слегка обжаривают.

Клеточные стенки фасоли по качественному и количественному составу близки к клеточным стенкам овощей и корнеплодов. В табл. 10.4 представлены содержание клеточных стенок и их состав в сырой и вареной фасоли.

В результате деструкции клеточных стенок с образованием растворимых веществ их определяемое количество после варки снизилось в среднем на 22 %. Из состава клеточных стенок наибольшей деструкции подверглись пектиновые вещества — в среднем на 40 %. В меньшей степени — гемицеллюлозы. Деструкции в процессе варки подвергается и структурный белок клеточных стенок экстенсии. Основной структурный элемент этого белка — оксипролин. При этом в трудноразвариваемых сортах бобовых оксипролин подвергается меньшим изменениям. Количество его в вареной фасоли, как видно из табл. 10.4, снижается в 1,5 раза по сравнению с сырой. Аналогичные изменения отмечены в клеточных стенках при варке гороха. При этом степень деструкции протопектина может достигать 38...43 % первоначального содержания.

Известно, что повышенное содержание кальция и магния в клеточных стенках обуславливает относительно высокую термостойчивость протопектина. Так, сорта гороха, в клеточных стенках которых содержится относительно большое количество

двухвалентных катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} , варятся долго. У замоченных бобовых продолжительность варки зависит от тех же факторов, что и у овощей и корнеплодов.

Следует отметить, что роль осадителя катионов в ионообменных реакциях в клеточных стенках бобовых выполняет в основном фитиновая кислота, поэтому продолжительность варки различных сортов гороха и фасоли находится в обратной зависимости от содержания в них фитиновой кислоты. Ухудшение развариваемости бобовых в результате их хранения объясняется уменьшением содержания в них фитиновой кислоты, которая в процессе хранения подвергается ферментативному расщеплению под действием фермента фитазы. Замачивание семян гороха и фасоли в растворах натриевых солей (NaHCO_3 , Na_2CO_3 , Na_3PO_4) в течение 2 ч снижает продолжительность варки примерно вдвое, и наоборот, в растворах лимонной и молочной кислот продолжительность варки бобовых резко возрастает.

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ РАСТВОРИМЫХ ВЕЩЕСТВ

При тепловой кулинарной обработке крупы, бобовых и макаронных изделий происходит накопление в них растворимых веществ, причем в основном крахмала. Клейстеризация крахмала сопровождается растворением части крахмальных полисахаридов, что приводит к значительному увеличению содержания водорастворимых веществ в готовых кулинарных изделиях. Так, содержание растворимых веществ в кашах с влажностью 78 % может достигать 19,0...26,5 % при исходном содержании в крупе 2,6...6,7 %. Больше всего водорастворимых веществ накапливается в рисовой крупе, меньше — в гречневой. При остывании и хранении каши в остывшем состоянии растворимость крахмальных полисахаридов понижается в результате ретроградации амилозы с одновременным ухудшением органолептических свойств готовой продукции. Процесс уменьшения содержания водорастворимых веществ в готовых кулинарных изделиях при хранении, сопровождающийся ухудшением органолептических свойств, называют черствением. Быстрее всего черствеет пшенная каша, затем рисовая, гречневая, манная. Рассыпчатые каши черствеют медленнее вязких и жидких (табл. 10.5).

Разогревание остывших каш до 95 °С увеличивает растворимость крахмальных полисахаридов и улучшает органолептические

**10.5. Содержание водорастворимых веществ в кашах
и отварной вермишели, хранившихся при комнатной температуре
(% сухого вещества)**

Изделие	Влажность изделия, %	Свежеприготовленное изделие	Хранившееся изделие, ч		
			2	4	24
Каша:					
гречневая	59	14,2	13,1	12,8	12,6
	78	18,8	17,4	16,5	16,0
пшенная	66	16,3	14,6	13,9	13,3
	78	19,1	16,5	15,4	14,4
рисовая	70	18,6	18,3	17,4	16,8
	78	25,9	24,8	22,3	21,1
Вермишель отварная	66	22,0	21,2	20,3	18,7

ские показатели готовых изделий. Так, в гречневой, пшенной, рисовой кашах и отварной вермишели, хранившихся 24 ч при комнатной температуре, после разогревания до 95 °С количество водорастворимых веществ составило соответственно 100; 87; 85,8 и 98,3 % их содержания в свежеприготовленных изделиях. Достаточно стабильным содержание водорастворимых веществ остается в кашах в случае их хранения при 70...80 °С. Эта температура рекомендуется для хранения вторых блюд и гарниров в мармитах линии раздачи.

При тепловой обработке круп и бобовых происходят разрушение витаминов и уменьшение их содержания в готовом блюде по сравнению с исходным продуктом. Так, при варке пшена разрушается 26 % витамина В₁ гречневой крупы — 22,4, перловой — 18, манной — 8,8 %, рисовой — почти полностью. Значительные потери тиамин (В₁) при варке рисовой крупы объясняются быстрым воздействием влаги на зерна крупы. В гречневой крупе за этот же период варки разрушается только 22,4 % тиамин. Это можно объяснить анатомическим строением ядрицы, у которой витамины находятся в основном в зародыше, расположенном в центральной части зерна (в виде лепестка).

В некоторых крупах содержится каротин. Так, в пшене с ярко-желтой окраской обнаружено свыше 0,6...0,8 мг% каротинов, в образцах с окраской средней интенсивности — 0,4...0,59, у слабоокрашенных — 0,3...0,39 мг%. Каротины, как и витамин А, достаточно устойчивы к тепловому воздействию. У бобовых потери рибофлавина (В₂) составляют 43...46 %, тиамин (В₁) — 59...68,

никотиновой кислоты РР — 16... 17 %. Наибольшие потери витаминов наблюдаются при варке бобовых без замачивания, что объясняется удлинением в этом случае продолжительности варки. Варка гороха, фасоли и других бобовых сопровождается потерей ими микроэлементов (марганец, медь, молибден), играющих важную роль в процессах кроветворения и фосфорно-кальциевом обмене.

При варке крупы и бобовых происходят некоторые потери аминокислот. Так, при варке пшеницы потери лизина составляют 10,6 %, метионина — 9,5, триптофана — 12,9 %; при варке фасоли потери этих аминокислот составили соответственно 19,8; 20,9 и 23,7 %.

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите структурные особенности и основной химический состав крупы и бобовых.
2. Назовите факторы, влияющие на изменение влагосодержания крупы и бобовых в процессе замачивания и варки.
3. Какова роль слизистых веществ в процессах внутреннего влагораспределения в крупах?
4. Какие изменения претерпевают клеточные стенки крупы и бобовых при кулинарной обработке?
5. Как изменяется пищевая ценность крупы и бобовых (потери пищевых веществ) при кулинарной обработке?

Глава 11

ИЗМЕНЕНИЯ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В МЯСЕ И МЯСОПРОДУКТАХ

СОСТАВ, СВОЙСТВА, ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ МЯСА И МЯСОПРОДУКТОВ

Мясо сельскохозяйственных животных

В пищевом отношении мясо — ценный пищевой продукт, содержащий большое количество полноценных белков, липидов, экстрактивных, минеральных веществ и витаминов.

Для приготовления пищи пригодно мясо любых животных и птицы, если оно удовлетворяет санитарно-гигиеническим требованиям. Основным сырьем служит мясо крупного рогатого скота (говядина), мелкого рогатого скота (баранина) и свиней (свинина), а также мясо кур, уток, гусей, индеек и кроликов.

Говяжье мясо обычно темно-красного цвета с малиновым оттенком. Интенсивность окраски зависит от пола и возраста животного и обусловлена содержанием в мышцах миоглобина, количество которого колеблется в пределах 0,25...0,37 % массы мышечной ткани. Для говяжьего мяса характерны сравнительно грубая зернистость и выраженная мраморность, т. е. прослойки жировой ткани на поперечном разрезе мышц хорошо упитанных животных, исключая мясо некастрированных самцов (бугаев).

Сырая говядина обладает слабым специфическим запахом. У вареной говядины запах сильный, приятный и более четко выражен, чем вкус. Консистенция жировой ткани говядины твердая, крошливая и окрашена в светло-желтый цвет различных оттенков от кремово-белого до интенсивно-желтого, иногда шафранового. Говяжий жир обладает высокой температурой плавления и своеобразным приятным запахом.

В свинине имеются мышцы более светлой и более темной розово-красной окраски; особенно заметна разница в окороках, у которых внутренние части окрашены темнее внешних. Содержание миоглобина в более светлых мышцах составляет примерно 0,08...0,13 %, в более темных — 0,16...0,23 %. Темные и светлые мышцы различаются и в другом отношении: в темных содержится несколько меньше сухих веществ, в том числе и белковых, чем в светлых.

Для свинины характерна более мягкая консистенция. Поверхность поперечного разреза тонко- и густозернистая. Соединительная ткань менее грубая, чем у говядины, и легче разваривается. Сырая свинина (исключая мясо некастрированных самцов) почти лишена запаха, вареная обладает нежным и приятным запахом и вкусом. Жировая ткань — молочно-белого цвета, иногда с розоватым оттенком, почти без запаха. Мясо свиней, откормленных и забитых в холодное время года, темнее и с более выраженной мраморностью по сравнению с забитыми в летний период.

Баранина — кирпично-красного цвета, оттенки которого зависят от возраста и упитанности животного. На разрезе баранина характеризуется тонкой и густой зернистостью, мраморности нет. У сырой баранины специфический запах, иногда напоминающий запах аммиака. Запах вареной баранины значительно сильнее запаха говядины. В составе пахучих веществ обнаружено больше летучих кислот, чем у говядины. Жировая ткань твердая, плотная, но некрошливая, матово-белого цвета, иногда с чуть желтоватым оттенком. Жир обладает сильным специфическим запахом.

Химический состав и пищевая ценность мяса

Мясо — исключительно ценный продукт питания, так как по химическому составу, структуре и свойствам оно близко к основным тканям человека.

Обычно под химическим составом мяса подразумевают химический состав его мякотной части, состоящей из мышечной, жировой и соединительной тканей в их естественном соотношении. Поэтому химический состав, энергетическая ценность, усвояемость и вкусовые качества мяса зависят от соотношения в нем этих тканей и от качественного и количественного состава входящих в них веществ.

Химический состав мяса зависит от вида животного, его породы, пола, возраста, упитанности и условий содержания (табл. 11.1). На химический состав мяса также оказывают влияние предубойное состояние животного, степень обескровливания, время, прошедшее после убоя, условия хранения и другие факторы, под воздействием которых происходят постоянные изменения в содержании и качественном составе компонентов тканей.

Данные табл. 11.1 показывают, что в зависимости от вида, упитанности и возраста животного наибольшим колебаниям подвержено содержание воды (38,7...78%) и липидов (1,2...49,3 %), подавляющую часть которых составляют жиры.

Суммарное содержание влаги и липидов в мясе в среднем составляет 80 %, и чем больше в мясе липидов, тем соответственно меньше воды. В связи с этим в свинине, отличающейся высоким содержанием липидов, меньше воды, чем в говядине и баранине, а в мясе взрослых животных по той же причине меньше воды, чем в мясе молодых животных. Количество общего белка в мясе колеблется в сравнительно узких пределах (11,4...20,8 %) и изменяется в значительно меньшей степени в зависимости от вида, упитанности и возраста животного: с увеличением содержания липидов содержание белков несколько уменьшается.

Содержание минеральных веществ в мясе в среднем составляет 0,8...1,1 %, т. е. изменяется в весьма небольших пределах в зависимости от указанных выше факторов. В говядине минеральных веществ несколько больше, чем в баранине и свинине, мясо более упитанное, содержит минеральных веществ меньше, чем мясо менее упитанное.

Энергетическая ценность мяса в целом достаточно высокая, она тем больше, чем выше упитанность мяса и старше возраст животного, так как такое мясо богато жирами, обладающими в

11.1. Химический состав говядины, свинины и баранины

Вид и категория мяса	Содержание, %				Энергетическая ценность, кДж
	Вода	Белки	Липиды	Зола	
Говядина:					
1-й категории	67,7	18,9	12,4	1,0	782
2-й категории	71,7	20,2	7,0	1,1	602
Телятина 1-й категории	78	19,7	1,2	1,1	377
Свинина:					
беконная	54,8	16,4	27,8	1,0	1322
мясная	51,6	14,6	33,0	0,8	1485
жирная	38,7	11,4	49,3	0,6	2046
Баранина:					
1-й категории	67,6	16,3	15,3	0,8	849
2-й категории	68,9	16,2	14,1	0,8	686
Ягнятина	68,9	16,2	14,1	0,8	803

2,25 раза большей энергией по сравнению с белками (соответственно 37,7 и 16,7 кДж на 1 г).

Химический состав говядины зависит от породы скота в меньшей степени, чем от пола, а на химический состав баранины пол животных оказывает небольшое влияние.

На химический состав и пищевую ценность мяса влияет его анатомическое происхождение, поскольку в различных частях (отрубках) одной и той же туши основные ткани находятся в различных соотношениях и обладают разными свойствами. По общему количеству белка, жира и влаги мясо со спинной, поясничной и задней частей туши отличается весьма незначительно от мяса передних частей туши — лопаточной, грудной, плечевой. Мясо нижних конечностей характеризуется более высоким содержанием общего белка и меньшим количеством жира, чем мясо других отрубков.

Кормовой рацион, условия содержания, живая масса скота, способ предубойного содержания животного также в той или иной мере влияют на химический состав мяса. Так, при снижении содержания протеина в кормах свиней белой крупной породы в мясе уменьшается количество общего белка, относительно увеличивается доля жира. Введение в рацион, бедный протеинами, небольшого количества лизина повышает количество белка в мясе и снижает содержание жира.

В воде, содержащейся в тканях мяса, протекают все биохимические процессы. Она находится в связанном или свободном состоянии. Связанная вода мяса прочно удерживается химиче-

скими компонентами клетки, главным образом белками. Свободная вода удерживается в тканях благодаря осмотическому давлению и адсорбции клеточными элементами, она выделяется из мяса при прессовании или центрифугировании. Свойство мяса прочно удерживать воду обусловлено его влагосвязывающей способностью, а поглощать добавляемую в него воду — влагопоглотительной способностью. Чем выше влагосвязывающая и влагопоглотительная способности мяса, тем нежнее и сочнее продукция из него, тем больше выход изделия при тепловой обработке. Содержание прочно связанной воды в мясе колеблется от 55 до 85 % в зависимости от стадии послеубойных изменений и других факторов.

Белки мяса обладают высокой биологической ценностью, так как их аминокислотный состав хорошо сбалансирован и наиболее близок к составу аминокислот белков человека. Белки мяса служат для построения его тканей, ферментов, гормонов. Благодаря высокому содержанию белков мясо стимулирует рост, половое созревание, рождаемость потомства и его выживаемость, усвояемость других компонентов пищи и снижает потребности в ней, активизирует обмен веществ в организме. Дневная потребность взрослого человека в животном белке (50 г) обеспечивается 100 г свинины жирной на 23 %, мясной — на 29, беконной — на 33, говядины или баранины 1-й категории — на 33...38, а 2-й категории упитанности — на 40 %.

Полноценные белки (миозин, актин, миоген и др.), в состав которых входят все восемь незаменимых для человека аминокислот (валин, лейцин, изолейцин, фенилаланин, лизин, метионин, треонин, триптофан), составляют основную массу белков мяса убойных животных. Соотношение трех важнейших незаменимых аминокислот — триптофана, метионина и лизина — в мясе соответствует формуле сбалансированного питания. По относительному содержанию незаменимых аминокислот (30...40 % массы всех белков) белки говядины, баранины и свинины существенно не различаются, однако по абсолютному их количеству (в расчете на 100 г съедобной части продукта) говядина несколько превосходит баранину, а последняя значительно превосходит свинину; в нежирном мясе их содержится больше, чем в упитанном. Полноценных белков в мясе крупного рогатого скота и овец содержится 75...85 %, в мясе свиней — 90 % и более. Неполноценных, трудно усвояемых белков (коллаген, эластин, ретикулин) в свинине меньше, чем в говядине и баранине, так как мясо свиней содержит меньше соединительнотканых образований.

Липиды мяса играют важную биологическую роль в питании и влияют на органолептические показатели мяса. Они представлены триглицеридами, фосфолипидами и холестерином, находящимися в мышечной и подкожной жировой тканях. Содержание их зависит от вида и упитанности мяса, возраста животного и других факторов.

Триглицериды (жиры) — резервный материал, содержащий большие запасы потенциальной энергии, хороший растворитель для жирорастворимых витаминов, источник незаменимых полиненасыщенных жирных кислот, а также насыщенных жирных кислот, необходимых для синтеза жиров, и заменимых аминокислот в организме человека.

Содержание жира оказывает большое влияние на качество мяса. Чрезмерно высокое содержание жира, обуславливая его высокую энергетическую ценность, снижает вкусовые достоинства, белковую ценность и усвояемость мяса. Мясо без жира или с очень малым его количеством характеризуется невысоким качеством: оно недостаточно сочное, нежное, вкусное. Оптимальным считается соотношение между мясом и содержащимся в нем жиром (точнее, между суммарным содержанием белков и жиров): в говядине и баранине 1 : 1, в свинине 1 : 2,5.

Жиры в говядине и баранине составляют 90...94 %, в свинине — 96...98 % всех липидов, причем в мясе 1-й категории и свинине жирной их больше, чем в мясе 2-й категории и свинине беконной и мясной. Наибольшее абсолютное количество жира содержится в свинине (26,9...48,2 г на 100 г съедобной части), при этом максимальное его количество содержится в свинине жирной, минимальное — в свинине беконной. Содержание жира в 100 г говядины 1-й и 2-й категорий составляет соответственно 13,1 и 7,4 г; в 100 г баранины 1-й и 2-й категорий — 15,3 и 8,6 г. Отсюда следует, что 100 г говядины 1-й категории удовлетворяют дневную потребность в животных жирах (60...75 г) на 22 %, а 100 г свинины жирной — на 64...80 %.

Жиры мяса убойных животных различаются по жирнокислотному составу, а следовательно, по физическим свойствам, усвояемости, стойкости при хранении и другим свойствам. Жирнокислотный состав незначительно изменяется в зависимости от упитанности мяса. В баранине насыщенные жирные кислоты составляют 52 % и более, ненасыщенные — 48 % и менее от суммы жирных кислот в триглицеридах, в говядине — соответственно 47 и 53 %. В составе жира баранины больше стеариновой (C_{18:0})

и меньше пальмитиновой ($C_{16:0}$) кислот, чем в жире говядины. Из насыщенных жирных кислот примерно в одинаковых небольших количествах содержатся миристиновая ($C_{14:0}$), пентадекановая ($C_{15:0}$) и маргариновая ($C_{17:0}$). Из мононенасыщенных жирных кислот в мясе мелкого и крупного рогатого скота преобладает олеиновая кислота ($C_{18:1}$), причем в баранине ее, а также миристолеиновой ($C_{14:1}$) и пальмитолеиновой ($C_{16:1}$) кислот больше, чем в говядине. В жире баранины по сравнению с жиром говядины содержится меньше полиненасыщенных (эссенциальных) кислот — линолевой ($C_{18:2}$), линоленовой ($C_{18:3}$) и арахидоновой ($C_{20:4}$), из них преобладает линолевая. Последняя, как установлено в настоящее время, наряду с арахидоновой обладает высокой физиологической активностью.

Линолевая кислота — незаменимый фактор питания из всех полиненасыщенных жирных кислот, а арахидоновая может синтезироваться из линолевой самим организмом. Мясо молодых животных содержит жир с меньшим количеством насыщенных жирных кислот и с большим количеством (почти в 2 раза) полиненасыщенных кислот по сравнению с мясом взрослого скота, поэтому биологическая ценность жира телятины выше, чем говядины.

Беконная, мясная и жирная свинина обладает высоким содержанием ненасыщенных (60...62 %) и низким содержанием насыщенных (38...40 %) жирных кислот. В жире свинины относительно больше олеиновой и полиненасыщенных жирных кислот (в том числе линолевой почти в 4 раза), чем в жире говядины и баранины. Абсолютное содержание полиненасыщенных жирных кислот в 100 г свинины жирной составляет 5,29 г, мясной — 3,64, беконной — 3,11 г, а 100 г свинины удовлетворяют максимальную суточную потребность (6 г) в них соответственно на 88,1; 60,7 и 51,8 %, в то время как 100 г говядины и баранины 1-й категории — всего лишь на 8 %.

В жире свинины относительно меньше миристиновой, пентадекановой, маргариновой, стеариновой, миристолеиновой и пальмитолеиновой кислот.

Жиры баранины и говядины по сравнению с жиром свинины обладают более высокой температурой плавления и стойкостью против окислительной порчи при длительном хранении, более низкой усвояемостью и биологической ценностью.

Фосфолипиды (фосфатиды) играют важную роль в обмене мышечной и нервной тканей. Они способствуют лучшему всасыванию жира, ограничивают повышение содержания его и холе-

стерина в крови и отложение жира в организме. Относительное содержание фосфолипидов в говядине и баранине примерно одинаково — около 5,5 % от суммы липидов в мясе 1-й категории и 9 % — в мясе 2-й категории. Для свинины характерно относительно небольшое количество фосфолипидов (2,0 ... 2,9 %); в жирной и мясной их меньше, чем в беконной. Абсолютное содержание фосфолипидов во всех видах мяса и упитанности почти одинаково (в среднем 0,8 г на 100 г съедобной части продукта). 100 г мяса удовлетворяют дневную потребность в фосфолипидах (5 г) на 16... 19 %.

Холестерин служит источником образования в организме важных в биологическом отношении веществ — половых гормонов, желчных кислот, витаминов. При нарушении обмена веществ избыток холестерина в пище способствует повышению уровня его в крови, который в виде липопротеидов оседает на стенках крупных сосудов и ухудшает кровоснабжение сердца и других органов, в результате чего возникает сердечно-сосудистые заболевания — атеросклероз и гипертония. Относительное содержание холестерина в мясе невелико, в липидах говядины и баранины его больше (0,4...0,7 %), чем в липидах свинины (0,2 %). 100 г съедобной части мяса всех видов содержат 0,06...0,07 г холестерина и удовлетворяют дневную потребность в нем (0,3...0,6 г) на 10...20 %.

Углеводы, экстрактивные вещества. В мясе убойных животных содержатся углеводы, азотистые экстрактивные вещества, витамины, ферменты.

Содержание углеводов в мясе тотчас после убоя скота составляет около 1 %. Они представлены в основном гликогеном (животный крахмал) и незначительным количеством глюкозы. В послеубойных процессах они претерпевают существенные изменения и содержание углеводов уменьшается в несколько раз. В связи с малым их количеством углеводы практически не оказывают влияния на пищевую ценность и вкусовые достоинства мяса.

Азотистые экстрактивные вещества составляют 0,3...0,5 %, или 10... 16 % общего количества азота. Разные виды мяса различаются по содержанию этих веществ весьма незначительно, и тем не менее от них зависят специфический вкус и запах мяса. Азотистые экстрактивные вещества, представляющие собой большую группу веществ, содержащихся в мышечной ткани, не обладают пищевой ценностью, однако оказывают положительное влияние на вкусовые достоинства мяса; они возбуждают аппетит, повышают усвояемость мяса, так как способствуют выделению желудочного сока.

Минеральные вещества обеспечивают построение костей скелета (кальций, фосфор, магний) в организме, необходимое осмотическое давление в клетках (натрий, калий), образование пищеварительных соков (хлор), гормонов (йод, цинк, медь), переносчиков кислорода в организме (железо), некоторых витаминов и ферментов (кобальт). Мясо — ценный источник важных для организма минеральных веществ, особенно фосфора, железа, и микроэлементов — цинка, марганца, йода, фтора, меди и др. В 100 г свинины, баранины и говядины содержится примерно одинаковое количество калия (316...355 мг), кальция (8... 10), магния (22...27), натрия (65... 100), серы (165...230), фосфора (170... 190), хлора (50...80 мг). 100 г мяса удовлетворяют дневную потребность человека в кобальте на 9 %, цинке — на 20,4, йоде — на 8, во фторе — на 2,4 %.

Витамины — биологически активные вещества. Хотя витаминами мясо небогато, оно тем не менее служит одним из основных источников некоторых витаминов группы В. В состав мяса убойных животных входят витамины В₁, В₂, В₃, В₆, В₁₂, Е, биотин, холин, инозит, фолиевая кислота. Витамины А и С в мясе практически отсутствуют. Существенной разницы в содержании витаминов в разных видах мяса не наблюдается. 100 г мяса обеспечивают дневную потребность в витаминах: В₁ — на 30...40 %, В₂ - на 8...10, В₃ - на 3, Е - на 15...35 %.

Мясо, обладая высокой пищевой ценностью, может быть источником потенциально вредных для человека веществ, попадающих в ткани животного при жизни из загрязненной окружающей среды. В мясе могут быть обнаружены пестициды — хлорорганические соединения, применяемые для борьбы с сельскохозяйственными вредителями, тяжелые металлы (ртуть, свинец и др.), используемые для обработки зерна, при производстве целлюлозы и т. п., антибиотики, которые являются составной частью препаратов, стимулирующих рост животных и птицы. Допустимые нормы содержания токсических веществ в пищевых продуктах определены Международной организацией ФАО/ВОЗ.

Пищевая и биологическая ценность мяса

С повышением упитанности и возраста животных в мясе увеличивается относительное содержание полноценных белков. Качественный белковый показатель, характеризующий отношение полноценных белков к неполноценным (определяемый отношением триптофана, содержащегося только в полноценных белках,

к оксипролину, содержащемуся только в неполноценных белках), в мясе упитанного и взрослого скота выше, чем в мясе неупитанного и молодого скота. Так, этот показатель для мяса взрослого крупного рогатого скота калмыцкой породы высшей категории упитанности равен 5,8, средней — 4,8, ниже средней — 2,5.

Место расположения частей в мясной туше оказывает большое влияние на биологические свойства белков. В отрубях передней части туши содержится неполноценных белков больше, чем в отрубях задней части, но значительно меньше, чем в нижних частях конечностей. В наиболее ценных частях туши коллаген составляет 85...99 % массы неполноценных белков, причем в передних частях туши, особенно в нижних частях конечностей, увеличивается относительное содержание эластина и уменьшается количество коллагена, что обуславливает большую жесткость и меньшую питательную ценность последних.

Оценка биологической ценности белков по их химическому составу не полностью отражает их действительную пищевую ценность, так как не учитывает доступность аминокислот ферментам органов пищеварения. О биологической ценности белков в настоящее время принято судить по степени их усвояемости организмом человека.

«Под биологической ценностью понимают степень задержки азота пищи в теле растущего организма или эффективность его утилизации для поддержания азотистого равновесия у взрослых, которая зависит от аминокислотного состава и его структурных особенностей»¹. Биологическую ценность выражают, как правило, не в абсолютных, а в относительных величинах (в процентах), т. е. по сравнению со стандартными белками, в качестве которых приняты белок цельного куриного яйца или белок коровьего молока. Биологическую ценность определяют в опытах над животными (как правило, над крысами) и выражают по-разному: 1) КИБ (коэффициент использования белка) — процентное отношение усвоенного белка к принятому; 2) КЭБ (коэффициент эффективности белка) — отношение привеса подопытных животных к 1 г потребленного белка; 3) ЧУБ (чистая утилизация белка) — выраженное в процентах отношение азота, удерживаемого в организме, к азоту пищи.

¹ Химический состав пищевых продуктов / Под ред. М. Ф. Нестерана, И. М. Скурихина. — М.: Пищевая промышленность, 1979. — С. 9.

Неполноценные белки обладают определенной биологической ценностью: они могут компенсировать недостающее количество незаменимых аминокислот, которые они содержат в достаточном количестве, а содержащиеся в них аминокислоты могут использоваться для построения соединительной ткани организма человека. Но их количество в пище должно быть ограничено, чтобы не нарушался благоприятный баланс аминокислот. Установлено, что соединительная ткань в количестве 15 % (по белку) не снижает биологической ценности говядины.

Биологическая ценность мяса зависит от вида, породы, пола животного и других факторов. Так, КИБ для нежирной свинины и телятины — 90 %, говядины — 75, баранины — 70, для крольчатины — 65 %, а КЭБ для нежирной свинины — 5 %, для говядины и баранины — 4, для крольчатины — 3,6 %. Мясо животных мясных пород обладает большей биологической ценностью, чем мяса скота других направлений. Биологическая ценность мяса кастратов несколько выше, чем мяса телок, однако ниже по сравнению с мясом бычков, так как при кастрации ухудшаются все показатели откорма и качества мяса, кроме мраморности, которая усиливается. Биологическая ценность экссудативной свинины на 20...30 % ниже, чем нормальной.

Мясо задней, спинной, лопаточной и плечевой частей по КЭБ выше, чем мясо грудной, брюшной частей и нижних частей конечностей.

Говядина и баранина перевариваются и усваиваются почти одинаково. Свинина задерживается в желудке дольше и поэтому имеет более высокий (по сравнению с говядиной на 15 %) коэффициент использования в анаболизме.

По устойчивости к действию трипсина различные виды мяса располагаются в следующем (убывающем) порядке: баранина, говядина, свинина. Свиной жир лучше усваивается и содержит больше полиненасыщенных кислот, чем говяжий и бараний.

СУБПРОДУКТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

Субпродукты — это второстепенные продукты убоя скота. К ним относятся язык, печень, сердце, почки, головной мозг, диафрагма, мясокостный хвост, легкие, селезенка и др.

Наиболее ценные в пищевом отношении субпродукты (язык, печень и др.) направляют преимущественно в розничную торговлю и на предприятия общественного питания. Малоценные суб-

11.2. Химический состав субпродуктов

Субпродукт	Содержание, %					Энергетическая ценность 100 г, кДж
	Вода	Белки	Липиды	Экстракт- тивные вещества	Зола	
Вымя	72,6	12,3	13,7	0,6	0,8	724
Голова	67,8	18,1	12,5	0,9	0,7	474
Легкое	77,5	15,2	4,7	1,6	1,0	431
Мозги	78,9	9,5	9,5	0,8	1,3	579
Печень	72,9	17,4	3,1	5,3	1,3	410
Почки	82,7	12,5	1,8	1,9	1,1	276
Рубец	80,0	14,8	4,2	0,5	0,5	406
Сердце	79,0	15,0	3,0	2,0	1,0	364
Уши	69,8	25,2	2,3	2,0	0,7	510
Хвост	71,2	19,7	6,5	1,8	0,8	573
Язык	71,2	13,6	12,1	2,2	0,9	682

продукты (уши, желудки, ноги и др.) используют в основном для выработки колбас, консервов, кулинарных изделий, полуфабрикатов, студней и др.

Субпродукты в зависимости от их прижизненных функций различаются по строению и составу основных тканей — мышечной, жировой, соединительной и костной. Так, внутренние органы, не выполняющие при жизни животного двигательных функций (печень, почки, легкие, селезенка, головной мозг, вымя), состоят в основном из соединительной ткани, пронизанной нервами, кровеносными и лимфатическими сосудами, и из паренхиматозной (железистой) ткани, выполняющей основную функцию органа. Органы, деятельность которых при жизни животных связана с двигательными функциями (сердце, язык, диафрагма, желудок), состоят из соединительной, железистой и мышечной (поперечнополосатой или гладкой) тканей. Наружные части туши животных (голова, ноги, губы, уши, хвост) по строению и составу тканей во многом аналогичны мясу, отличаясь от последнего количеством мышечной, соединительной и жировой тканей, а костные субпродукты — и наличием костной ткани.

В связи с различиями морфологического состава субпродукты разных наименований одного и того же вида животных неравноценны по пищевой ценности (табл. 11.2), витаминному составу, в частности по содержанию водорастворимых витаминов. Различаются субпродукты и по усвояемости: коэффициент пере-

варимости сердца выше коэффициента переваримости почек, языка и печени; язык усваивается хуже, чем почки. Одноименные субпродукты мелкого рогатого скота и свиней сравнительно мало отличаются от говяжьих по химическому составу и другим показателям пищевой ценности.

МЯСО И СУБПРОДУКТЫ ПТИЦЫ

К продуктивной птице относятся куры, утки, гуси, индейки, цесарки, перепелки, а также цыплята, утята, гусята и индюшата, которые отличаются скороспелостью и высоким выходом съедобных частей тушки, составляющих 55...65 % живой массы.

Соотношение между отдельными составными частями тела птицы сильно колеблется в зависимости от ее вида, а внутри вида — от пола, возраста, упитанности, способа и продолжительности откорма. Так, в тушках молодых петухов 1-й категории упитанности съедобная часть составляет 65...66 %, из них мышечная ткань — 39...40, внутренний жир — 5 и более, кожа с подкожным жиром — 12...13, печень, сердце, желудок и т. п. — 8,5...9 %, а в тушках 2-й категории выход съедобной части составляет 59...60 %, в том числе мышечная ткань — 42...43, внутренний жир — менее 1, кожа с подкожным жиром — 8...9, печень, сердце, желудок и т. п. — около 9 %.

Содержание съедобных частей в тушках кур увеличивается с повышением упитанности птицы.

По строению скелета, мускулатуры, внутренних органов и кожного покрова тело птицы отличается от тела убойного скота. В мясе птицы содержится меньше коллагена и эластина, чем в мясе животных, поэтому его биологическая ценность выше и оно легче переваривается, чем мясо животных. В жире птицы больше полиненасыщенных кислот, чем в жире животных.

Скелет птицы состоит из костей черепа, позвоночника, грудной клетки, таза, крыльев и ног. Позвоночник птицы характеризуется спаянностью большинства позвонков, начиная с грудных, и срастанием с тазовыми костями. Кости у птицы тоньше и прочнее, чем у млекопитающих. Трубочатые кости тонкостенные, без костного мозга и наполнены воздухом, поступающим через окончания легочных бронхов.

Кожный покров у птицы тонкий и очень подвижный вследствие сильного развития подкожной соединительной ткани. Цвет кожи различен у разных пород птицы — от бело-розового до желтого разных оттенков.

Мышечная ткань птицы характеризуется большей плотностью и мелковолоконистостью по сравнению с мускулатурой убойных животных. Окраска мышц мяса птицы неодинакова: она изменяется в одной и той же тушке от бледно-розового до темно-красного цвета. Это различие наиболее выражено у кур и индеек, у которых в грудной части мясо белое, на других участках тела — красное. В красных мышцах содержится несколько меньше белков, больше жира, холестерина, фосфатидов, аскорбиновой кислоты; в белых больше карнозина, гликогена, фосфокреатина, АТФ. Содержание миоглобина в белых мышцах незначительно (0,05...0,08 %), в красных его в несколько раз больше. Имеются также небольшие различия в аминокислотном составе белков темного и белого мяса, в частности в темном мясе несколько больше аргинина и фенилаланина.

У кур и индеек грудные мускулы белого цвета, остальные мускулы красные. У водоплавающей птицы все мускулы, в том числе и грудные, красного цвета.

В сыром виде запах мяса птицы почти неощутим, в вареном — приятный, с различными оттенками в зависимости от вида птицы (наиболее выражен у гусятины). У мяса старых птиц запах интенсивнее. Мясо окорочков обладает более сильным запахом и вкусом, чем грудинка, филе и кожа. Более нежной мускулатурой и более рыхлой соединительной тканью отличаются куры мясных и комбинированных пород. У них наиболее развиты грудные мышцы.

В отличие от мяса животных внутримышечная соединительная ткань мяса птицы менее развита и не содержит жировых отложений. Лишь незначительные количества жира иногда находятся между крупными мышечными пучками. У водоплавающей птицы мышечные волокна несколько толще, чем у сухопутной.

Жир (жировая ткань) откладывается в теле птицы под кожей, на внутренних органах, а также в мышечных волокнах и между ними, в соединительнотканых образованиях между мышечными пучками. Более половины жира составляет подкожный жир. В мясе птицы мраморность отсутствует. При равномерном распределении жира между мышечными пучками мясо птицы обладает нежной консистенцией, хорошим вкусом и ароматом. Общее количество жира в мясе кур может достигать 20 %, в мясе гусей — 45 %, причем в мясе гусаков жира меньше, чем в мясе гусынь. Тушки взрослой птицы более жирные, чем тушки молодой.

11.3. Химический состав мяса птицы (%)

Вид птицы	Категория	Вода	Белки	Липиды	Углеводы	Зола	Энергетическая ценность, 100 г, кДж
Бройлеры	1-я	69,0	17,6	12,3	0,4	0,8	766
	2-я	73,7	19,7	5,2	0,5	0,9	531
Куры	1-я	61,9	18,2	18,4	0,7	0,8	1008
	2-я	68,9	20,8	8,8	0,6	0,9	690
Утята	1-я	56,0	16,0	27,2	—	0,7	1293
	2-я	63,0	18,0	17,0	—	1,0	941
Утки	1-я	45,6	15,8	38,0	—	0,6	1695
	2-я	56,7	17,2	24,2	—	0,9	1201
Гусята	1-я	53,4	16,6	28,8	—	0,8	1364
	2-я	65,1	19,1	14,6	—	1,0	870
Гуси	1-я	45,0	15,2	39,0	—	0,8	1724
	2-я	54,4	17,0	27,7	-	0,9	1326
Индюшата	1-я	68,0	18,5	11,7	0,6	0,9	761
	2-я	71,2	21,7	5,0	0,6	1,0	561
Индейки	1-я	57,3	19,5	22,0	—	0,9	1155
	2-я	64,5	21,6	12,0	0,8	1,1	824
Перепелки	1-я	62,0	18,0	18,6	-	1,0	1000

Химический состав мяса птицы зависит от ее вида, возраста и упитанности (табл. 11.3).

В мясе сухопутной птицы содержится меньше липидов и больше протеинов, чем в мясе водоплавающей птицы. В мясе цыплят, кур, индеек, особенно 2-й категории упитанности, общее содержание белков выше, чем в мясе скота.

В мясе птицы содержатся такие же белки и азотистые экстрактивные вещества небелкового характера, как и в мясе скота, однако в мясе птицы больше полноценных белков (миозин, актин и др.) и меньше неполноценных (коллаген, эластин). В связи с малым содержанием соединительной ткани неполноценных белков в мясе птицы в 2...3 раза меньше (около 7 %), чем в говядине.

В съедобной части мяса птицы 2-й категории упитанности абсолютное содержание незаменимых аминокислот больше, чем в мясе птицы 1-й категории. Коэффициент использования белка (КИБ) мяса кур равен 70 %, а коэффициент эффективности белка (КЭБ) – 2 %.

Липиды мяса птицы представлены триглицеридами, фосфолипидами и холестерином. Соотношение их зависит в основном от вида птицы и почти не зависит от ее возраста и упитанности.

В липидах мяса уток жира содержится примерно 98 %, гусей — 96, кур — 90, бройлерных цыплят — 82 %, а остальное, за исключением жира и холестерина, приходится на фосфолипиды. В липидах мяса индеек сравнительно мало триглицеридов (43...44 %) и много фосфолипидов (56...57 %). Содержание холестерина в липидах всех видов мяса птицы 0,15...0,45 %.

В жирах мяса птицы содержится значительное количество ненасыщенных жирных кислот (69...73 % всех кислот), в том числе полиненасыщенных. По содержанию линолевой и арахидоновой кислот жир птицы характеризуется высокой биологической ценностью. В 100 г мяса бройлеров 1-й категории этих кислот содержится 2,1 г, в мясе гусей и уток 1-й категории — около 6 г, т. е. в 5...20 раз больше, чем в говядине и баранине. У жира птицы низкая температура плавления: у кур — 23...40 °С, у гусей — 27...34, у уток и индеек — 31...32 °С.

В мясе молодой птицы экстрактивных веществ содержится меньше, чем в мясе взрослой, поэтому из мяса бройлеров получается недостаточно наваристый бульон. Такое мясо в основном используют для приготовления вторых блюд.

Биохимические процессы в мясе птицы протекают в том же направлении, что и в мясе убойных животных, но интенсивнее. Мясо уток созревает раньше, чем мясо кур и гусей, а мясо цыплят — быстрее, чем взрослых кур. Тушки кур созревают через двое суток после убоя, гусей — через шесть, а гусят — в течение двух суток.

При переработке птицы наряду с нормальным (NOR) мясом получают небольшое количество экссудативного P3E (бледное, мягкое, мокрое) и DFD (темное, матовое, липкое).

pH мяса с признаками PSE через 24 ч после убоя - 5,5, DFD - 5,65, NOR - 5,6.

СТРОЕНИЕ И СОСТАВ ОСНОВНЫХ ТКАНЕЙ МЯСА

В состав мяса кроме мышечной ткани (основной компонент) могут входить все разновидности соединительной ткани (рыхлая, плотная, жировая, хрящевая, костная), кровеносные и лимфатические сосуды и узлы, а также нервная ткань и кровь.

В технологической практике ткани, из которых состоит мясо, принято классифицировать не по функциональному признаку, а по промышленному значению. В связи с этим их условно подразделяют на мышечную, жировую, соединительную, хрящевую, костную и кровь.

Мышечная ткань

Мышечная ткань бывает трех видов: поперечнополосатая, гладкая и сердечная.

Поперечнополосатая мышечная ткань (рис. 11.1) — наиболее ценный пищевой продукт. Основной структурный элемент мышечной ткани — мышечное волокно, представляющее собой сильно вытянутую клетку. Диаметр волокна 9... 150 мкм, длина волокна от нескольких миллиметров до 10... 15 см. Строение мышечного волокна представлено на рис. 11.2. Каждое мышечное волокно покрыто сарколеммой. Внутри волокна по его длине расположены длинные нитевидные миофибриллы толщиной от 1 до 1,7 мкм, которые составляют 60...65 % содержимого клетки. Пространство между ними заполнено саркоплазмой, содержащей по периферии волокна ядра (до 100 и более). Каждая миофибрилла состоит из темных и светлых участков, образующихся в результате оптической неоднородности белков, входя-

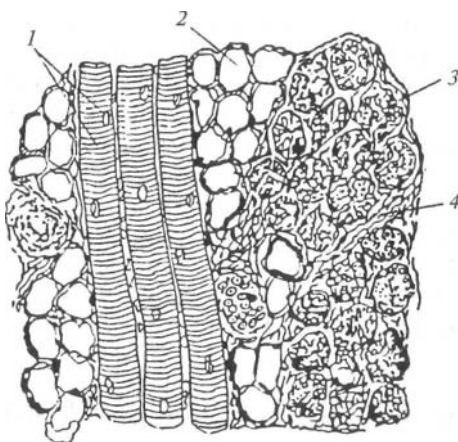


Рис. 11.1. Поперечнополосатая мышечная ткань:

1 — продольный разрез мышечного волокна; 2 — жировые клетки;
3 — поперечный разрез мышечного волокна; 4 — прослойка рыхлой
соединительной ткани

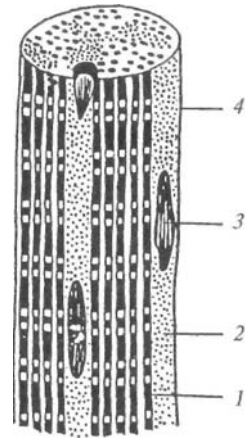


Рис. 11.2. Схема строения мышечного волокна:

1 — миофибрилла; 2— саркоплазма; 3 — ядро;
4 — сарколемма

ших в ее состав. Под обычным микроскопом различить отдельные миофибрилы не удастся, но в них видны поперечные светлые и темные диски, чередующиеся между собой.

На рис. 11.3 представлена схема строения участка мышечного волокна в расслабленном состоянии. Темные диски в поляризованном свете преломляют лучи, поэтому они называются анизотропными или *A*-дисками. Светлые участки в миофибриллах, не обладающие таким свойством, называются изотропными или *I*-дисками. Посредине *I*-диска расположена тонкая полоска *Z*. Участки миофибрилл, заключенные между *Z*-полосками, называются саркомерами или мышечными сегментами, являющимися структурными элементами миофибрилл.

С помощью электронного микроскопа удалось установить, что сарколемма состоит из базальной (40...50 нм) и плазматической (7,5 нм) мембран. Сарколемма очень прочна. Толщина сарколеммы зависит от диаметра волокна, поэтому чем больше диаметр волокна, тем прочнее сарколемма и жестче мясо. Толщина волокон зависит от возраста животного, физической нагрузки при жизни и т. д. С возрастом животного диаметр мышечного волокна увеличивается.

Ядро мышечного волокна окружено тончайшей оболочкой. Внутри него имеется так называемая ядерная сеть, в ячейках которой находится ядерная жидкость.

Каждая миофибрилла состоит из элементарных нитеобразных структурных образований (тонких волоконцев) — прото-

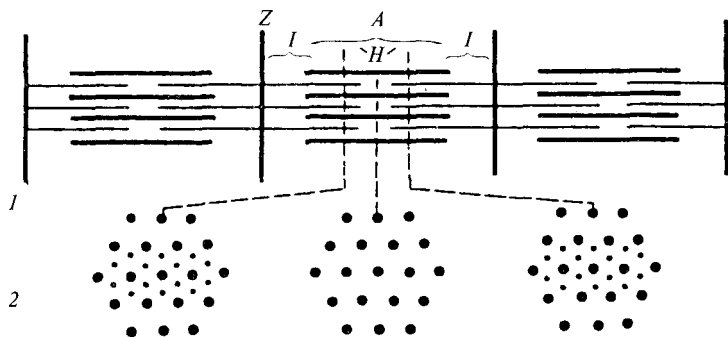


Рис. 11.3. Схема строения участка мышечного волокна:

I — поперечнополосатой мышцы с двумя системами толстых миозиновых и тонких актиновых нитей, входящих друг в друга; *2* — различных участков саркомера (мышечного сегмента) в поперечном разрезе в электронном микроскопе

фибрилл, которые бывают двух типов: толстые и тонкие. Толстые состоят в основном из белка миозина и имеют диаметр 13 нм, тонкие — из белка актина (5 нм). Актиновые протофибриллы прикреплены к *Z*-полоскам и образуют *I*-диск саркомера. Механизм мышечного сокращения — окоченение мяса — объясняется тем, что миопротофибриллы, состоящие из актина, тянутся через весь саркомер, на уровне *A*-диска соединяются с нитями миозина, и это приводит к утолщению — окоченению мышц. Тонкие протофибриллы не доходят до центра *A*-диска, поэтому посередине его образуется светлый *H*-диск. Во время сокращений скелетных мышц изменяется структура саркомеров: актиновые протофибриллы протягиваются к центру *A*-диска, в результате чего *I*-диски полностью исчезают. Структура саркомеров мышечного волокна изменяется также в результате послеубойных изменений в мясе.

Схематически мышечное волокно с учетом его химического состава представлено на рис. 11.4.

Мышечное волокно — качественно преобладающая составная часть мышечной ткани. В его состав входят наиболее важные в пищевом отношении вещества.

Хорошо препарированная мышечная ткань сельскохозяйственных животных содержит примерно 72...75 % воды и 28...25 % сухого остатка.

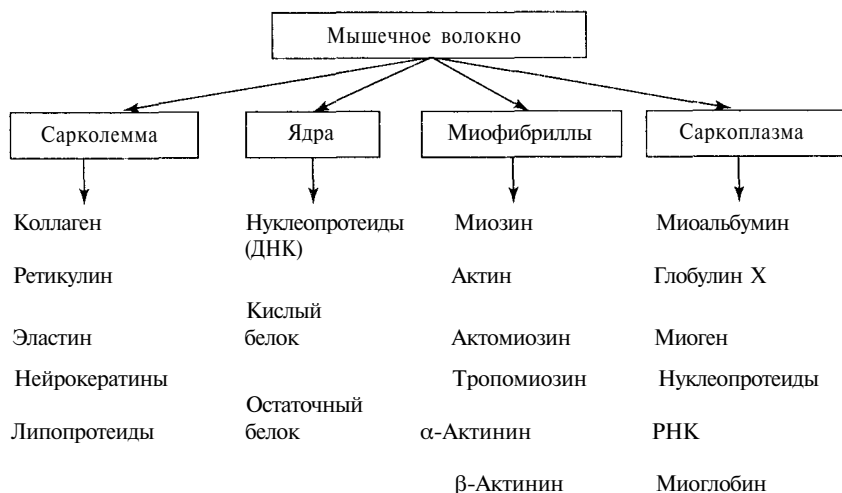


Рис. 11.4. Схема строения мышечного волокна с учетом его химического состава

В состав сухого остатка входит, %: белковых веществ 16,0... 22,0, липидов 0,5...3,5, азотистых экстрактивных веществ 1,0... 1,7, углеводных компонентов 0,7...1,35, минеральных веществ 0,8...1,8.

Мышечные волокна слагаются в первичные мышечные пучки, в которых они разделяются прослойками соединительной ткани (эндомизием), связанными с волокнами. Эндомизий образован тонкими и нежными коллагеновыми волокнами, свободное пространство между которыми заполнено межклеточным веществом. Прослойки эндомизия пронизаны кровеносными и лимфатическими сосудами и нервными волокнами.

Первичные мышечные пучки объединяются в пучки вторичные, третичные и т. д. Пучки высшего порядка покрыты соединительнотканной оболочкой — перимизием и в совокупности образуют мускул. Мускул также покрыт соединительной оболочкой — эпимизием (фасцией), более плотной по сравнению с сарколеммой. В перимизии упитанных животных накапливаются жировые клетки, образующие в мышцах так называемую мраморность на поперечном разрезе мускула, которая характеризует его качество. Эндомизий и перимизий создают своеобразный каркас или строуму мышцы, от прочности которой зависит жест-

кость мышечной ткани, поэтому их выделяют в особую категорию внутримышечной соединительной ткани. Перимизий и эпимизий построены из коллагеновых волокон различной структуры и прочности, образующих более или менее сложное сплетение, и содержат различное количество эластиновых волокон.

Цвет мышц неодинаков: он зависит от вида, пола, возраста, упитанности животных и от топографии. Например, мышцы молодых животных светлее, чем взрослых; у коровы светлее, чем у лошадей; на туловище светлее, чем на конечностях; у диких животных мышцы более темные, чем у домашних. Грудные мышцы сухопутной птицы светлые (белые), а ножные темные. Темные мышцы имеют более густую сеть кровеносных сосудов и богаче миоглобином.

Гладкая мышечная ткань располагается в стенках внутренних органов (желудок, кишечник и т. д.).

Сердечная мышечная ткань отличается от поперечнополосатой тем, что ее волокна связаны между собой, т. е. одно волокно как бы переходит в другое. Вторая особенность заключается в том, что ее волокна содержат очень много саркоплазмы, богатой гликогеном, и мало фибрилл, расположенных пучками. Третья особенность состоит в том, что ядра в сердечном мышечном волокне расположены в центре, а миофибриллы — на периферии.

Химический состав мышечной ткани

Более полное представление о химическом составе волокна и распределении важнейших составных частей между структурными элементами дает рис. 11.5.

Белковые вещества мышечной ткани в первую очередь определяют ее пищевую ценность и важнейшие свойства. Часть белковых веществ образует структурный скелет волокна и его морфологические элементы; их называют структурными белками или стромой волокна. Одни из них нерастворимы (белки сарколеммы), другие (белки фибрилл и структурного скелета ядер) требуют для перехода в раствор большой солевой концентрации и высокого рН. Часть белковых веществ находится в состоянии золь (основная масса белков саркоплазмы). Около 15 % белков волокна нерастворимы в слабых растворах щелочей. Их объединяют под общим названием «строматопротеины».

Биологическая ценность белковых веществ связана с их способностью служить исходным материалом для построения важ-

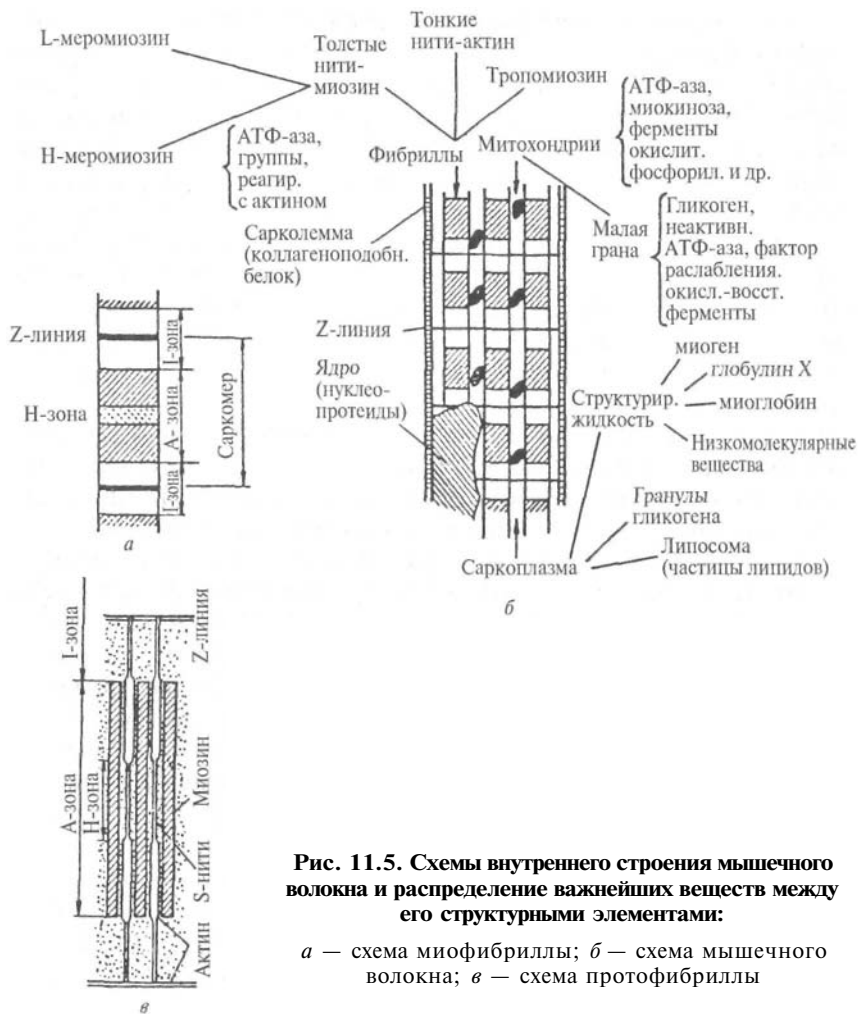


Рис. 11.5. Схемы внутреннего строения мышечного волокна и распределение важнейших веществ между его структурными элементами:

а — схема миофибриллы; *б* — схема мышечного волокна; *в* — схема протофибриллы

нейших элементов организма белкового происхождения — тканей, ферментов, гормонов.

Поскольку человеческий организм не способен синтезировать некоторые аминокислоты в достаточном количестве, они должны поступать извне. К ним относят валин, триптофан, лейцин, лизин, изолейцин, аргинин, гистидин, треонин, метионин, цистин, фенилаланин и тирозин.

Такие кислоты, как аргинин и гистидин, синтезируются частично в количестве, достаточном для удовлетворения потребности взрослого человека, но недостаточном для растущего организма. Тирозин может быть заменен фенилаланином, а цистин — метионином, поэтому они являются условно незаменимыми аминокислотами. Остальные аминокислоты относятся к неполноценным.

Аминокислотный состав белковых веществ зависит от вида, пола, возраста и даже от физиологического состояния животного перед убоем. Например, в мускулатуре самцов несколько больше аргинина и цистина, в глобулинах самок больше гистидина. Гистидина и лизина в мясе телят больше, а аргинина меньше, чем в мясе взрослого быка.

Мышечную ткань продуктивных животных следует рассматривать как основной источник белковых веществ и наиболее ценную составную часть мяса, так как в ней соотношение незаменимых аминокислот приближается к оптимальному.

Биологическая ценность и роль в питании неполноценных белков (коллаген и эластин), в которых нет триптофана и очень мало метионина, определяются тем, что в определенных соотношениях с другими белками они могут компенсировать недостающее количество незаменимых аминокислот из числа тех, которые они содержат в достаточном количестве. Однако их количество в пище должно быть ограничено, иначе резко нарушается благоприятный баланс аминокислот, так как усвояемость белковых веществ в реальных условиях питания зависит от многих факторов, в том числе от физико-химического состояния белка, его способности перевариваться (расщепляться пищеварительными ферментами), состава смеси веществ, образующих пищу (в частности, содержания в ней жира), присутствия в пище веществ, влияющих на усвоение, например вкусовых и ароматических, способа обработки пищи и др.

Пищевая ценность белковых веществ определяется степенью или коэффициентом их использования в анаболизме, т. е. в процессах их ассимиляции организмом. По имеющимся данным, коэффициент использования в анаболизме составляет, %: для телятины — 62, говядины — 69, свинины — 74, соединительной ткани — 25. Однако для удовлетворения потребностей организма необходимо примерно в 2 раза меньше животного белка, чем растительного.

Краткая характеристика мышечных белков

Миоген (в данном учебном пособии под миогеном подразумевается вся миогеновая фракция А, В и С) составляет примерно 20 % всех белков волокна. Он представляет собой полноценный белок, растворимый в воде. Температура денатурации свободного от солей миогена 55...60 °С, изоэлектрическая точка в интервале рН 6,0...6,5. По истечении определенного времени часть миогена переходит в нерастворимое состояние.

Миоальбумины составляют примерно 1...2 % белковых веществ мышечного волокна. Растворимы в воде, нерастворимы в кислой среде, так как имеют изоэлектрическую точку около рН 3,0...3,5; температура их денатурации 45...47 °С.

Глобулин Х составляет около 20 % общего количества мышечного волокна. Этот полноценный белок растворим в солевых растворах даже при низких концентрациях. Температура денатурации 50 °С при рН 6,5 и около 80 °С при рН 7,0. Изоэлектрическая точка располагается в области рН 5,0.

Миоглобин-хромопротеид составляет примерно 0,6... 1,0 % общего количества белков. Состоит из белковой и протетической группы — гема. Гем миоглобина идентичен тому гемоглобина, но на одну молекулу миоглобина приходится одна группа гема; белковая часть отличается от белковой части гемоглобина. В миоглобине отсутствует цистин. В воде миоглобин растворим. Температура денатурации около 60 °С. При денатурации происходит отщепление протетической группы. Миоглобин способен присоединять азота оксид, сероводород и кислород за счет дополнительных связей. При присоединении кислорода образуется оксимиоглобин, который по истечении определенного времени переходит в метмиоглобин буро-коричневого цвета, при этом железо отдает один электрон. Под действием восстановителей метмиоглобин снова образует миоглобин. Эти превращения сходны с превращениями гемоглобина.

Интенсивность окраски мяса зависит от содержания миоглобина, так как он окрашен в темно-коричневый цвет. При переходе более 50 % миоглобина в метмиоглобин окраска мяса становится коричневой.

Миопротеиды — сложные белки, температура денатурации высокая, около 100 °С. Содержание в мышечном волокне незначительно. К группе протеидов относятся также некоторые ферменты мышечного волокна.

Миозин — фибриллярный полноценный белок с асимметрией молекул 10 : 1, составляет примерно 40 % белков волокна. При центрифугировании разделяется на 4 фракции. В данном учебном пособии под миозином подразумевается вся миозиновая фракция. Чистый белок растворим в воде с образованием вязкого раствора, содержащего до 4 % белка, в солевых растворах повышенной концентрации (до 0,6 моль) также растворим. Миозин может взаимодействовать с актином, образуя актомиозин, и с аденозинтрифосфорной кислотой (АТФ), когда он выступает в качестве фермента. В этом случае образуются аденозиндифосфорная (АДФ) и ортофосфорная кислоты и выделяется энергия, которая расходуется на сокращение волокна.

Температура денатурации миозина 45...50 °С (у птицы около 51 °С). Изoeлектрическая точка при рН 5,4.

Актин — полноценный белок, переваривается пищеварительными ферментами, в волокне его содержится около 12... 15 %. Растворим в двумолярных растворах нейтральных солей при длительном воздействии, осаждается солями кальция, денатурирует при температуре около 50 °С. Под действием растворимых солей щелочных и щелочноземельных металлов (в определенных концентрациях) он переходит в фибриллярную форму в результате линейной агрегации молекул. При удалении этих солей снова превращается в глобулярный актин. Фибриллярный актин образуется при замораживании мышечной ткани в результате увеличения концентрации содержащихся в ней солей.

Актомиозин — комплексный белок. В нем содержится около 2/3 миозина и 1/3 актина. Образуется актомиозин в результате взаимодействия 8Н-групп миозина (при определенных условиях) с оксигруппами фибриллярного актина. Растворителями извлекается актомиозин, содержащий около 1/5 актина. В присутствии АТФ и в зависимости от ее концентрации актомиозин частично или полностью диссоциирует на миозин и актин. Это изменение тесно связано с сокращением и посмертным окончанием мышц. В составе мышечной ткани актомиозин (в зависимости от условий) может находиться в ассоциированной или частично диссоциированной форме, содержащей неопределенное количество актина. Актомиозин растворим в солевых растворах достаточно высокой концентрации. При этом чем больше в нем актина, тем выше требуется концентрация солей. При разбавлении актин осаждается. Температура денатурации актомиозина 42...48°С.

Тропомиозин — фибриллярный неполноценный белок с асимметрией молекулы 1 : 25. По свойствам и аминокислотному составу близок к миозину, но не содержит триптофан. Содержание его в волокне около 0,5 %. В присутствии нейтральных солей образует вязкие растворы, в которых диспергируется солями на частицы различных размеров. Изоэлектрическая точка при рН 4,6.

Нуклеопротеиды — сложные белки, образованные щелочными белками — гистонами и нуклеиновой кислотой. Это полноценные белки; они составляют небольшую часть белков мышечного волокна.

Примерно 6..7 % белков мышечного волокна составляют белки стромы, состоящие преимущественно из белков типа коллагена и эластина.

Большинство белковых веществ мышечного волокна обладает свойствами ферментов.

В состав мышечного волокна входят представители всех групп ферментов: ферменты расщепления с участием воды и ортофосфорной кислоты — гидролазы и фосфорилазы; окислительно-восстановительные ферменты (переносчики электронов); десмолазы, катализирующие расщепление связей между атомами углерода; феразы, катализирующие перенос групп атомов между различными соединениями; изомеразы, катализирующие внутримолекулярные переносы. В связи с этим в мышечном волокне возможны самые разнообразные ферментативные превращения. Однако после убоя животного (птицы) в связи с прекращением поступления кислорода в клетки на первый план выступает разрушительная деятельность ферментов, преимущественно гидролаз и фосфорилаз, которая приводит к существенным изменениям белковой, липидной и углеводной фракций и многих экстрактивных веществ.

Влияние окислительно-восстановительных ферментов в посмертных превращениях мышечной ткани в достаточной мере еще не выяснено, хотя, несомненно, их действие имеет практическое значение. Миоглобин обладает пероксидазными свойствами и способствует окислению жира. Каталаза, разрушающая перекись водорода, присутствует в доброкачественном мясе и не обнаруживается в недоброкачественном, что может быть использовано при оценке качества мяса.

Липиды мышечной ткани. В зависимости от вида и упитанности животных тщательно отпрепарированная мышеч-

11.4. Содержание непредельных жирных кислот в мышечной ткани (% общего количества жирных кислот)

Вид скота	Линолевая	Линолсновая	Арахидоновая
Крупный рогатый скот	2,4	0,8	0,6
Свиньи	5,0	1,1	1,0
Овцы	2,4	1,0	0,5

ная ткань содержит разное количество липидов. Часть этих липидов, главным образом глицеридов, находится в тончайших прослойках соединительной ткани и легко извлекается органическими растворителями. Другие липиды входят в состав волокна и не полностью извлекаются растворителями.

Липиды, находящиеся в волокне, распределены в саркоплазме и связаны с фибриллами. Среди них обнаружены глицериды и небольшое количество свободных жирных кислот. Состав глицеридов волокна отличается от состава глицеридов жировой ткани большим содержанием высоконепредельных и летучих жирных кислот (табл. 11.4).

В липидах мышечной ткани коровы летучие жирные кислоты (уксусная, пропионовая, бутиловая, валериановая, изовалериановая, гексоновая, октановая) составляют около 0,17 %.

Примерно 0,20...0,25 % липидов приходится на долю фосфатидов, преимущественно лецитина. В небольшом количестве в мышцах обнаружены стериды и холестерин (50...60 мг% массы мышц). Часть липидов мышечного волокна и холестерина наряду с белками органически входит в его структуру; другая представляет собой промежуточные продукты обмена веществ.

Полиненасыщенные жирные кислоты, фосфолипиды и холестерин — необходимые компоненты пищи. По данным НИИ питания РАМН, суточная потребность человека в полиненасыщенных кислотах в среднем составляет 3...6 г, фосфолипидах — 5 г, холестерине — 0,3...0,6 г.

Большинство прочих органических веществ извлекается (экстрагируется) при обработке мяса водой, поэтому их называют экстрактивными. Многие из них претерпевают глубокие химические изменения с момента прекращения жизненных процессов в тканях с образованием других веществ. Поэтому состав этой фракции мышечной ткани качественно и количественно непостоянен, что вызывает изменения и некоторых важных свойств мяса.

Прочие органические вещества мышечной ткани в соответствии с особенностями их состава и значением можно разделить на три группы: азотистые, безазотистые, витамины. В свою очередь, азотистые небелковые вещества подразделяются на азотистые основания, аминокислоты и прочие азотистые вещества.

Азотистые основания представлены основаниями группы карнозина (карнозин, ансерин), основаниями группы креатина (креатин, креатинин, метилгуанидин), основаниями группы холина (холин, карнитин, бетаин), а также пуриновыми и пиримидиновыми основаниями (аденин, гуанин, гипоксантин и др.).

Общее содержание свободных аминокислот в мышечной ткани не превышает 0,7 % ее массы. Их состав непостоянен и меняется с течением времени после прекращения жизни животного.

Из прочих азотистых небелковых веществ к наиболее важным относятся креатинфосфорная (КРФ), аденозинтрифосфорная (АТФ), аденозиндифосфорная (АДФ), аденозинмонофосфорная, или адениловая (АМФ), инозиновая кислоты, глутатион, глутамин, мочевины, аммонийные соли.

Несмотря на сравнительно небольшое относительное содержание азотистых экстрактивных веществ, их роль в питании значительна, так как они включают вкусовые, ароматические и биологически активные вещества. Сырое мясо обладает слабым кисловатым запахом и вкусом. Специфический аромат и вкус, присущие каждому виду мяса, появляются лишь после тепловой обработки. Таким образом, в сыром мясе содержатся компоненты, которые, видоизменяясь при нагреве, образуют ароматические и вкусовые вещества.

Среди экстрактивных веществ присутствуют химические раздражители секреции желудочных желез. Как установил акад. И. П. Павлов, без них мясо остается в желудке долгое время, практически не перевариваясь. Мясной экстракт (или навар) он относит к лучшим возбудителям желудочного сока. Эти свойства мясного экстракта обусловлены некоторыми азотистыми основаниями (метилгуанидином, карнозином, карнитином), содержащимися в мышцах.

Количество аммонийных солей в мышечной ткани колеблется в больших пределах (3... 12 мг%). Аммонийный азот иногда обнаруживается даже непосредственно после убоя. Его количество зависит от физиологического состояния и увеличивается в мышцах больных и усталых животных. С течением времени после убоя оно возрастает в результате распада мочевины и дезамини-

рования глутамина и аспарагина. Содержание аммонийного азота может также возрастать и при порче мяса.

В число важнейших безазотистых органических компонентов мышечной ткани входят гликоген и продукты его фосфоролиза (гексозофосфорные эфиры, молочная кислота) и амилолиза (декстрины, мальтоза, глюкоза). Их количество зависит от физиологического состояния животных перед убоем и от глубины автолитических процессов после убоя, в ходе которых гликоген расщепляется до низкомолекулярных соединений.

Часть гликогена мышечного волокна связана с белками (миозином, миогеном), другая находится в свободном состоянии. Количество гликогена в парном мясе в среднем составляет 450...900 мг%, но может превышать 1 %. В мышцах плохо откормленных, истощенных и больных животных его в 2...3 раза меньше, чем в мышцах откормленных животных, находящихся в нормальном физиологическом состоянии. В разных мышцах содержание гликогена различно: в усиленно работающих мышцах его почти в 1,5 раза больше, чем в мало работающих.

Соответственно количеству гликогена изменяется и содержание в мышцах продукта его распада, в том числе и молочной кислоты. Ее количество колеблется в пределах 150...700 мг% и наряду с некоторыми другими кислотами (фосфорной, пировиноградной, янтарной) определяет величину рН мышечной ткани. Количество моносахаридов в пересчете на глюкозу колеблется в пределах 0,6...0,09 мг%.

В состав мышечной ткани входят почти все водорастворимые витамины. Для различных видов животных и разного их состояния количество витаминов неодинаково. Ниже приведено примерное содержание водорастворимых витаминов в мышечной ткани животных, мг %.

Тиамин (витамин В ₁)	0,10 . 0,30
Рибофлавин (витамин В ₂)	0,13 . 0,36
Пиридоксин (витамин В ₆)	0,30 . 0,60
Ниацин (витамин РР)	3,90 . 7,50
Пантотеновая кислота	0,60 . 2,00
Биотин (витамин Н)	3,40 . 5,50
Парааминобензойная кислота	0,06 . 0,08
Фолиевая кислота	0,010 . 0,026
Аскорбиновая кислота (витамин С)	2,0 . 4,0
Витамин В ₁₂ (антианемический)	0,09 . 0,25

К витаминам относится также холин, содержащийся в мышцах в количестве 80... 110 мг%. В липидной части мышц содержится некоторое количество витамина А (около 0,02 мг%).

Минеральные вещества. В составе мышечной ткани обнаружены металлы: калий, натрий, кальций, магний, железо, цинк. Эти металлы частично связаны с белковыми коллоидами мышечного волокна, заряженными в большинстве отрицательно, частично с неорганическими анионами пиро- и ортофосфорной, серной, соляной, угольной кислот, с которыми образуют электролиты. В белках мышц больше катионов, чем анионов, в мышечной жидкости — наоборот. Некоторые электролиты (соли угольной, фосфорной кислот) играют роль буферных систем мышечного волокна. Железо входит в состав миоглобина. Количество минеральных фосфорных соединений колеблется в связи с распадом органических фосфорсодержащих составных частей мышечной ткани. В мышцах в незначительном количестве (примерно 0,06...0,08 мг%) содержатся микроэлементы: медь, марганец, никель, кобальт и другие, являющиеся компонентами ферментных систем.

В состав мышечной ткани кроме перечисленных минеральных составных частей входит сероводород. Количество сероводорода незначительно и обычно не превышает 0,5 мг%. Но иногда оно может достигать 12...20 мг%, что обычно связано с особенностями технологической обработки мяса. При порче мяса содержание сероводорода в нем резко возрастает.

Соединительная ткань

Основу соединительной ткани составляют коллагеновые и эластиновые волокна. Коллагеновые волокна преимущественно имеют лентовидную форму, хотя известно пять их морфологических вариантов; эластиновые волокна нитевидной формы. Коллагеновые и эластиновые волокна вместе с перепонками образуют губчатую структуру соединительной ткани, в ячейках которой содержится тканевая жидкость. Клеточные элементы в соединительной ткани немногочисленны, хотя и разнообразны (рис. 11.6).

В зависимости от соотношения в составе соединительной ткани коллагеновых и эластиновых волокон и других морфологических элементов различают ее разновидности: плотную, рыхлую и эластическую. Плотная соединительная ткань содержит преимущественно коллагеновые волокна. Она образует сухожи-

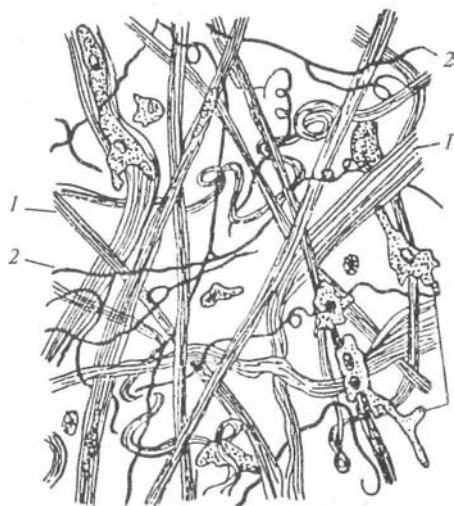


Рис. 11.6. Соединительная ткань:

1 — коллагеновые волокна; *2* — эластиновые волокна; *3* — клетки

ля, связки, оболочки мускулов и внутренних органов, входит в состав кожи. Рыхлая соединительная ткань в отличие от плотной содержит больше клеточных элементов. Она главным образом связывает другие ткани и мускулы между собой, а также кожу с поверхностной фасцией. На основе этой ткани развивается жировая ткань. В эластической ткани преобладают эластиновые волокна. Эта ткань входит в выйную затылочно-шейную связку, желтую фасцию живота и стенки крупных кровеносных сосудов.

Коллагеновые волокна в большинстве случаев являются преобладающим структурным элементом соединительной ткани. Они собраны в пучки различной толщины, ветвящиеся на мелкие волоконца, которые, соединяясь между собой в крупные пучки, образуют единую сложную сетчатую структуру — «вязь». Коллагеновые волокна отличаются большой прочностью: их временное сопротивление разрыву достигает 200...640 МПа.

Основу структуры коллагеновых волокон составляют элементарные волоконца, образованные протофибриллами диаметром около 0,05 мкм, которые составляют фибриллы с поперечником 0,3...0,5 мкм. Из фибрилл образованы первичные волокна (поперечник около 10 мкм), а затем сложные волокна — пучки, покрытые тончайшей оболочкой. В пучках фибриллы связаны аморфным веществом, растворяющимся в щелочах и разрушаю-

шимся под действием протеолитических ферментов. Коллагеновые волокна содержат около 37 % сухого остатка, в составе которого до 35 % органических веществ, преимущественно коллагена.

В отличие от коллагеновых волокон эластиновые обладают микроскопически однородной структурой. Однако под действием эластазы они распадаются на фибриллы. Их толщина различна: некоторые едва видны под микроскопом, другие по размеру приближаются к коллагеновым волокнам средней величины. Прочность эластиновых волокон меньше прочности коллагеновых: их сопротивление на разрыв 100...200 МПа. В составе эластиновых волокон около 42 % сухого остатка, из которого 0,2 % приходится на долю минеральных веществ. В составе органических веществ около 32 % эластина и немного коллагена.

Высокая прочность коллагеновых и упругость эластиновых волокон обуславливают прочностные свойства соединительной ткани в целом, которые значительно превосходят такие же свойства мышечной ткани. Если сопротивление резанию различных мускулов колеблется в пределах 0,013...0,086 МПа, то для соединительной ткани оно составляет 0,27...0,40 МПа.

Химический состав соединительной ткани различен и зависит главным образом от соотношения в ней количества коллагеновых и эластиновых волокон. В некоторых видах соединительной ткани (рыхлая соединительная ткань, сухожилия) преобладает коллаген, и в таких тканях несколько больше воды. Другие виды соединительной ткани содержат больше эластина и беднее водой. Так, в состав сухожилий входит до 32 % коллагена и лишь 0,7 % эластина, а в состав вейной связки — до 32 % эластина и лишь 1,6 % коллагена.

Свойства, пищевая ценность и промышленное значение соединительной ткани определяются свойствами коллагена и эластина и их количественным соотношением.

Коллаген неоднороден. Его элементарные частицы — коллагеновые протофибриллы — представляют собой систему колластроминовых нитей и проколлагеновой обкладки. В проколлагеновой обкладке упорядочение расположен углеводный компонент коллагена — мукополисахарид (гиалуриновая кислота), обуславливающий поперечную исчерченность фибрилл. Даже в очищенном препарате коллагена обнаруживается до 0,65 % углеводов. Таким образом, в коллагеновых волокнах содержится, по меньшей мере, два белка и углеводный компонент, которые, бу-

дучи связанными между собой, определяют своеобразие свойств коллагеновых волокон: их прочность, эластичность, устойчивость к растворителям, нагреванию в воде и действию протеолитических ферментов. Эти свойства зависят от того, какая доля мукополисахарида прочно или лабильно связана с белковой частью. Чем больше углеводного компонента связано прочно, тем отчетливее выражены эти свойства.

Мукополисахариды входят также в состав межклеточного вещества, цементирующего коллагеновые фибриллы в коллагеновые волокна. Мукополисахариды растворимы в щелочах. В дальнейшем под словом «коллаген» подразумевается комплекс, образованный колластромином и проколлагеном.

В зависимости от анатомического происхождения соединительной ткани различают коллаген волокнистый (сухожилия и кожа), гиалиновый (кость), хондриновый (хрящи). Аминокислотный состав коллагенов разного происхождения несколько различается, но во всех случаях в коллагене очень мало метионина и отсутствует триптофан.

Нативный коллаген нерастворим в воде, но набухает в ней. Он медленно переваривается пепсином и почти не переваривается трипсином и панкреатическим соком, но расщепляется коллагеназой на цепочки параллельно оси волокна. При нагреве коллагена до 60...70 °С и тщательной механической деструкции переваривающее действие пепсина усиливается. Таким образом, коллаген, хотя и сравнительно медленно, все же может усваиваться организмом, который выделяет его больше, чем получает с пищей. В умеренных количествах коллаген сберегает в пище полноценные белки и выполняет роль пищевых волокон. На рис. 11.7 приведена схема строения участка коллагеновой частицы, в которой полипептидные цепочки взаимно связаны водородными и солевыми связями (мостиками).

При нагревании препаратов коллагена с водой до 58...65 °С коллагеновые волокна резко (примерно на 1/3) сокращаются. При этом, по-видимому, разрушаются только связи, удерживающие полипептидные цепочки в направлении продольной оси структуры коллагена. Происходят неупорядоченное изгибание и скручивание полипептидных цепей, а также разрыв части преимущественно водородных связей в молекуле коллагена. Это явление называется свариванием коллагена. Сваренный коллаген более доступен действию пепсина. Его прочность резко снижается: например, сопротивление резанию соединительной ткани

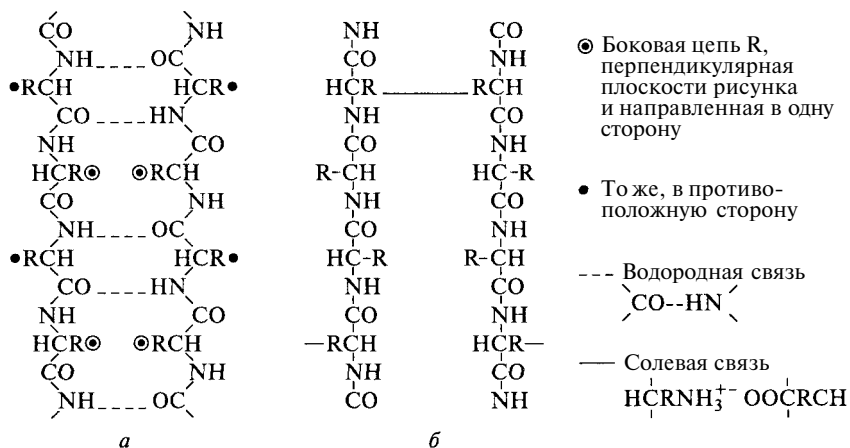


Рис. 11.7. Схема расположения водородных и пептидных связей между полипептидными цепями в структуре коллагена:

a — две смежные полипептидные цепи, связанные водородными связями;
б — две смежные полипептидные цепи, изображенные под углом 90° плоскости: в верхней части — мостик, образованный солевой связью

с большим содержанием коллагена падает до 0,067 МПа, т. е. в 6 раз.

При дальнейшем осторожном нагреве коллагена полностью разрываются водородные и солевые связи, удерживающие полипептидные цепочки в структуре коллагена, без заметного нарушения связей внутри цепей. Этот процесс, протекающий с участием воды, известен под названием пептизации коллагена. Продукт пептизации, состоящий из нескольких связанных друг с другом полипептидных цепочек, называется глютином.

Практически одновременно с образованием глютина происходит гидролитический распад части полипептидных цепочек на более мелкие звенья, в совокупности образующие полидисперсный продукт гидролиза глютина — смесь желатоз (глютоз).

Тщательное механическое разрушение коллагена в воде приводит к нарушению структуры коллагена по плоскостям расположения водородных и солевых связей. Происходит разволокнение коллагена на полипептидные цепочки и образуется продукт, сходный с желатином.

Эластин не содержит триптофана, и в нем очень мало метионина и гистидина. Он почти не переваривается пепсином, мед-

ленно — трипсином и сравнительно легко — эластазой. Он очень устойчив к действию химических реагентов, не изменяется в растворах кислот и щелочей, выдерживает длительный нагрев при 125 °С. Следовательно, эластин практически не имеет какой-либо пищевой ценности.

Жировая ткань

Жировая ткань представляет собой разновидность рыхлой соединительной ткани, в клетках которой содержится значительное количество нейтрального жира. В соединительной ткани они располагаются в одиночку или небольшими группами, в жировой — скапливаются в большие массы. Размеры жировых клеток достигают 120 мкм. Они обладают обычными для клеток структурными элементами, но их центральная часть заполнена жировой каплей, а протоплазма и ядро оттеснены к периферии (рис. 11.8). Жировые капли представляют собой сложную дисперсионную систему, образованную жиром и обводненной фазой. Наряду с жирами в составе жировой ткани содержатся различные липоиды (преимущественно фосфатиды). Но количество их не превышает долей процента.

В соответствии с распределением соединительной ткани в мясе различают внутримышечную, межмышечную и поверхностную жировую ткань. В мясе упитанных животных (крупного рогатого скота и свиней) жировая ткань как бы прослаивает мышечную, образуя на разрезе так называемую мраморность.

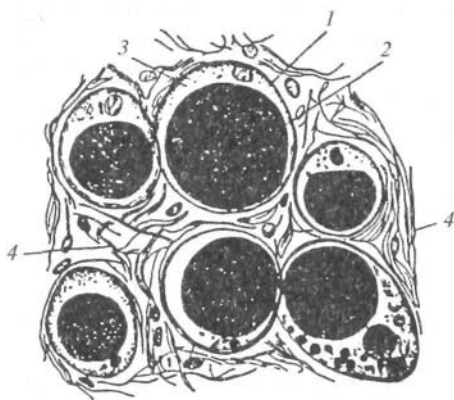
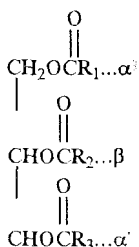


Рис. 11.8. Жировая ткань:

/ — жировая клетка; 2 — жировая капля; 3 — протоплазма; 4 — волокна соединительной ткани

Пищевая ценность жировой ткани определяется свойствами содержащихся в ней жиров и в известной степени пищевой ценностью липоидов.

Природные жиры скота и птицы представляют собой сложные смеси, главными компонентами которых являются глицериды, т. е. сложные эфиры глицерина и жирных кислот, преимущественно триглицериды типа



Здесь R_1 , R_2 , R_3 — радикалы жирных, главным образом высших кислот, свойства и расположение в структуре молекулы которых решающим образом влияют на специфические особенности различных жиров и их пищевую ценность. Содержание в жирах ди- и моноглицеридов незначительно и непостоянно.

Биологическая ценность жиров обусловлена, во-первых, тем, что они служат носителями больших запасов энергии. Калорийность жиров превышает калорийность белков и углеводов и достигает 39 кДж на 1 г жира. В этом отношении животные жиры независимо от содержания в их составе радикалов насыщенных и ненасыщенных кислот мало отличаются друг от друга.

Во-вторых, жиры необходимы для всасывания в кишечнике жирорастворимых витаминов, поэтому при недостаточном их количестве в пище наблюдаются авитаминозы. Животные жиры и сами являются носителями небольших количеств некоторых жирорастворимых витаминов (A, D и E).

И наконец, биологическая ценность жиров зависит от содержания в них радикалов высоконенасыщенных жирных кислот с двумя и более двойными связями, разделенными метиленовым звеном с числом углеродных атомов 18 и более. Эти кислоты не синтезируются организмом в необходимых количествах. К ним относятся линоленовая (две двойные связи), линолевая (три двойные связи) и арахидоновая (четыре двойные связи).

**11.5. Содержание радикалов ненасыщенных жирных кислот
в животных жирах (%)**

Жир	Олеи- новая	Лино- левая	Линоле- новая	Арахидо- новая	Панто- теновая
Говяжий:					
внутримышечный	42,6	1,1	0,3	0,2	0,1
межмышечный	41,9	1,2	0,2	—	—
поверхностный	44,9	1,1	0,2	—	—
Свиной:					
внутримышечный	45,2	4,2	0,4	0,4	0,1
межмышечный	44,9	6,8	0,4	0,4	—
поверхностный	43,3	7,4	0,4	0,2	0,1
Бараний:					
внутримышечный	41,6	2,7	1,5	0,8	0,7
межмышечный	33,2	1,5	0,8	0,1	0,1
поверхностный	34,8	1,7	0,7	0,1	0,1
Куриный	29,5	18,2	1,0...1,5	0,6...1,5	—
поверхностный					
Гусиный	31...41	19...35	0,4	0,05	—
поверхностный					
Утиный	42	24	1,4	0,2	—
поверхностный					
Индюшиный	36...48	17...32	0,7...1,3	0,2...1,7	—
поверхностный					

Жиры, содержащие большее количество радикалов ненасыщенных кислот, в большей степени способствуют усвоению организмом белкового азота. Характеристика биологической ценности отдельных видов животных жиров, входящих в состав мяса, приведена в табл. 11.5.

Фосфатиды внутримышечной жировой ткани содержат значительно больше радикалов высоконепредельных жирных кислот, чем триглицериды.

В процессе усвоения пищи около 20...25 % жира гидролизуются под действием панкреатического сока. Остальной жир всасывается стенками кишечника в нейтральном состоянии. Расщепление жира и его всасывание требуют эмульгирования его в водной среде до достижения частицами размера менее 0,5 мкм с отрицательным зарядом, поэтому усвояемость жиров зависит от их способности образовывать эмульсии в водной среде, что, в свою очередь, связано с их температурой плавления. Жиры с

температурой плавления ниже температуры тела хорошо усваиваются, так как, попадая в организм, они целиком переходят в жидкое состояние и легко эмульгируются.

При большом содержании жира в пище он тормозит отделение желудочного сока и препятствует перевариванию белков до перехода в кишечник. И в этом случае большое значение имеет способность жира эмульгироваться. Таким образом, количество и свойства жира, содержащегося в пище, влияют на усвояемость белковых веществ. Вместе с тем жир, возбуждая панкреатическую железу, обеспечивает выделение панкреатического сока, необходимого для переваривания не только самого жира, но и белковых веществ.

Кости

Костная ткань отличается сильноразвитым межклеточным (основным) веществом, состоящим из органической, неорганической частей и воды. В основном веществе расположены костные клетки и проходят кровеносные сосуды. В кости различают наружный слой, состоящий из так называемого плотного вещества, и внутренний, менее плотный, состоящий из губчатого вещества (рис. 11.9).

В костях сложного профиля и кулачках трубчатой кости плотный слой незначителен. В плоских костях он намного толще и иногда превосходит губчатый слой. Трубка трубчатой кости почти целиком состоит из плотного вещества. Плотное и губчатое вещества построены из окостеневших пластинок, образованных небольшими пучками коллагеновых фибрилл. В губчатом веществе пластины расположены менее упорядоченно и образуют многочисленные мельчайшие поры, в которых находится крас-

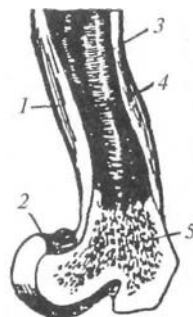


Рис. 11.9. Разрез трубчатой кости:

- 1 — диафиз (трубка); 2 — эпифиз (кулачок);
3 — полость трубки; 4 — плотное вещество;
5 — губчатое вещество

ный костный мозг. Снаружи кость покрыта соединительно-тканной оболочкой — надкостницей, а поверхность кулачков — хрящевым слоем.

Главный органический компонент основного вещества кости — коллаген (оссеин), составляющий 24...34 % массы сухой обезжиренной кости. Основное вещество содержит от 30 до 65 % минеральных составных частей. Около 70 % минеральных веществ приходится на фосфорнокислый кальций и около 10 % — на углекислый кальций.

В соответствии с особенностями строения и состава различных костей, характером использования и особенностями технологической обработки их подразделяют на три группы: трубчатые кости (бедренная, берцовая, плечевая, предплечье, пястная, плюсневая); паспортная кость (плоские кости) и рядовая кость (кости сложного профиля и кулачки трубчатой кости).

Средняя часть трубчатой кости — трубка, или диафиз (см. рис. 11.9), состоящая в основном из плотного вещества, заполнена костным мозгом (около 17...22 % массы трубки без кулачков). Сама костная ткань трубки богата коллагеном, но содержит мало жира. Жир в этой части кости находится преимущественно в составе костного мозга, содержащего 84...95 % липидов, 1,2...2,4 — белка, 4... 12.% воды. В липидной фракции около 99,5 % жира, 0,19 — фосфатидов, 0,31 % холестерина. Соотношение количеств основных жирных кислот в жирах и фосфатидах желтого костного мозга примерно следующее: пальмитиновая — 7,8 %, стеариновая — 14,2, олеиновая — 78 %.

Кулачки, или эпифизы, образованы в основном губчатой тканью и лишь на поверхности состоят из плотной ткани. Мельчайшие полоски губчатой ткани заполнены красным мозгом (жировыми клетками, содержащими около 92 % липидов, в составе которых около 99,5 % жира, 0,21 — фосфатидов, 0,28 % холестерина). Соотношение количеств основных жирных кислот в составе красного костного мозга примерно следующее: пальмитиновой — 16,4 %, стеариновой — 35,2, олеиновой — 48,4 %.

Паспортная кость состоит главным образом из плотной ткани. Внутри имеется небольшой слой губчатой ткани. Плотная ткань богата коллагеном (около 93 % к общему количеству белков) и поэтому служит хорошим сырьем для производства желатина. К паспортной кости относятся плоские кости скелета: кости черепа, челюсти, кости таза, лопатки, опиленные ребра, а также отходы трубчатой кости.

11.6. Химический состав мясных пищевых костей (%)

Название кости	Жир	Коллаген	Прочие белки	Зола	Вода
<i>Крупный рогатый скот</i>					
Позвоночник	12...30	10...15	4...8	20...30	30...41
Грудная кость	13...16	8...10	8...11	14...17	48...53
Тазовая кость	22...24	12...15	4...5	30...33	24...30
Лопатка	14...15	16...17	3...4	44...45	19...20
Ребра	10...11	14...16	5...6	36...40	28...31
Трубчатая кость:					
диафизы	13...24	14...17	3...6	40...50	15...23
эпифизы	18...33	П...16	3...5	28...36	17...32
Черепная кость	6...9	11...14	6...9	26...29	40...47
Нижняя челюсть	8...9	13...15	4...5	47...49	20...25
Цевочная кость (пястная и плюсневая):					
диафизы	7...8	14...17	4...8	43...50	20...25
эпифизы	15...16	14...16	2...4	36...40	24...31
Путовой сустав (кости копыта)	20...22	—	—	—	—
<i>Свиньи</i>					
Ребра, позвоночник, грудная и крестцовая кости	17...25	20	—	16	43
Кости головы	15	22	—	21	42
Лопатка, тазовая кость	17	—	—	—	—

Строение рядовой кости аналогично строению эпифизов; это кости сложной конфигурации: позвонки, запястья, предплюсны, путовой сустав и пальцы, носовые раковины черепа.

Содержание жира в костях неодинаково, иногда оно довольно велико (табл. 11.6).

Состав кости заметно зависит от упитанности скота: с повышением упитанности содержание жира и минеральных веществ несколько увеличивается и уменьшается содержание воды. В позвонках это же наблюдается в направлении от головы к задней части туши. В головке ребер больше жира и воды и меньше минеральных веществ, чем в их теле. Трубчатые кости задних конечностей содержат несколько больше жира и коллагена, чем трубчатые кости передних конечностей.

Содержание коллагена в кости зависит от вида скота, его пола, возраста и упитанности. Большое значение имеет анатомическое

происхождение кости. Плотное вещество кости богаче коллагеном, чем ее губчатая кость, поэтому в костях, где плотная ткань преобладает, коллагена больше, а других белковых веществ меньше.

Пищевое и промышленное значение костной ткани вытекает из ее свойств и химического состава. Диафиз трубчатой кости — отличное сырье для поделок. Остальная кость для этих целей непригодна. В составе кости от 10 до 25 % жира, большая часть которого может быть выделена вываркой в воде или другим способом. Коллаген кости также может быть извлечен горячей водой в виде глютина.

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ И РЕЖИМОВ ТЕПЛОЙ ОБРАБОТКИ МЯСА И МЯСОПРОДУКТОВ НА ИЗМЕНЕНИЕ ИХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ

Изменение белков мяса в процессе нагрева

Белковая молекула при нагреве подвергается сложным физико-химическим изменениям, прежде всего денатурации и коагуляции, глубина которых зависит от температуры, продолжительности тепловой обработки и некоторых других факторов. При изучении всех классов белков необходимо установить уровни организации их макромолекулярной структуры. По терминологии Линдерштрема-Ланга и Бернала эти уровни принято именовать первичной, вторичной, третичной и четвертичной структурами белка. Под первичной структурой понимают вид, число и последовательность соединения аминокислотных остатков в полипептидной цепи белка, под вторичной — взаимосвязь и характер спирализации полипептидных цепей, под третичной — закономерное свертывание цепей, обладающих вторичной структурой в макромолекуле, под четвертичной — агрегацию макромолекул.

Любое изменение, рассматриваемое как взаимодействие белков друг с другом, предполагает предварительное разрушение этих связей, которыми они удерживаются в системе, и замену их другими. Образование новых случайных структур в сложных белковых системах представляется как следствие замены лабильных связей между белковыми частицами более стабильными связями. Если воздействие тех или иных факторов приводит к разрушению третичной или четвертичной структуры, то ослабляется защитное действие гидратационных слоев вблизи полярных группировок и образование новых более прочных структур становится неизбежным. Уменьшение гидрофильной и увеличение

гидрофобной способности и, следовательно, снижение защитного (стабилизирующего) действия гидратационных слоев вблизи полярных группировок происходят в результате внутримолекулярной перестройки белковой молекулы при денатурации. В этих условиях происходит агрегирование белковых частиц за счет межмолекулярных сил и коагуляция белка.

В свете подобных представлений рассмотрим вопрос о сущности и механизме денатурации белков. Денатурация, по мнению Жоли, — это любая модификация вторичной, третичной или четвертичной структуры белковой молекулы, за исключением разрыва ковалентных связей.

Влияние температуры и способа нагрева на скорость и температуру денатурации белков

Скорость тепловой денатурации зависит от температуры, влажности, способа нагрева и других факторов.

Денатурация тормозится при добавлении определенных веществ, таких, как пирофосфат, многоатомные спирты, сахара и Р-актин, хотя механизмы торможения различны. Скорость денатурации АТФазы увеличивается при расщеплении мышечного протеина в результате уменьшения размера, плотности и симметрии молекул. Скорость денатурации белков зависит и от некоторых других факторов. Например, денатурация фибриногена мочевиной ускоряется при увеличении концентрации мочевины и при понижении рН ниже 7, однако в интервале рН 7,0...8,6 скорость реакции почти постоянна.

Присутствие тяжелой воды стабилизирует нативную структуру ферментов, обусловленную наличием водородных связей, уменьшая скорость инактивации.

В настоящее время установлено, что белки, входящие в состав мяса, денатурируют по мере достижения определенной для каждого белка температуры. Наиболее чувствителен к нагреву миозин. Температура денатурации, °С: миозина — 45...50, актина — 50, актомиозина — 42...48, миоальбуминов — 45...47, глобулина — 50, миогена — 50...60, коллагена — 58...62, миопротеидов — около 100. В интервале температур 45...50 °С денатурирует основная часть структурных белков мышц. Саркоплазматические белки (миоген и миоглобин) денатурируют при более высоких температурах (55...65 °С). Наиболее устойчивы к денатурации миопротеиды (большая часть ферментов), а также гемоглобин, сывороточный альбумин, коллаген.

Установлено, что денатурация происходит ступенчато, т. е. при достижении белком определенной температуры он приобретает соответствующую структуру с определенными свойствами. Согласно данным М. А. Калейджиева, денатурация сывороточного альбумина кролика осуществляется через три ступени. Зегель показал, что денатурация кристаллического альбумина проходит через 4 ступени: первая ступень наступает при температуре 60 °С, вторая — 61...65, третья лежит между 65 и 80, четвертая — при температуре выше 85 °С.

Изменение заряженных групп и рН белков в процессе тепловой обработки мяса

В процессе тепловой денатурации и последующей коагуляции происходят структурные изменения белков, разрыв прежних и образование новых связей при участии водородных связей, сульфгидрильных, дисульфидных, кислых и основных групп белков и гидрофобных взаимодействий.

Р. Гамм показал, что нагрев мяса в воде от 20 до 70 °С вызывает ступенчатое уменьшение числа карбоксильных групп в белках миофибрилл при существенно не изменяющемся количестве основных групп. Достоверные изменения кислых групп начинаются при температуре 40 °С. В интервале 40...50 °С количество их снижается, при 50...55 °С оно остается неизменным. При температуре выше 55 °С число кислых групп продолжает уменьшаться, а при температуре около 60 °С оно уменьшается очень значительно. Общее снижение числа кислых групп при нагревании до 70 °С составляет 85 %. При температуре от 70 до 120 °С наряду с дальнейшим сокращением числа кислых групп начинается уменьшение числа основных.

Изменение соотношения заряженных (кислых и основных) групп в результате денатурации и постденатурационных превращений связано с изменением рН. В то же время установлен факт прямой корреляционной зависимости между значением рН сырья, водоудерживающей способностью и выходом готового продукта. Чем выше исходное значение рН сырья, тем лучше качество (сочность) готового продукта. Величина изменений рН зависит от температуры и способа нагрева, исходного значения рН сырого мяса.

На величину смещения рН влияет также анатомическое происхождение мышц.

С повышением температуры нагрева изменяется водоудерживающая способность и сдвигается изоточка фибриллярных бел-

ков к более высоким значениям рН, увеличивается число основных групп. При тепловой денатурации происходит также сдвиг изоточки к более высоким значениям рН, видимо, вследствие расщепления водородных связей и освобождения дополнительных положительных зарядов.

Изменение растворимости мышечных и дезагрегация соединительнотканых белков в процессе нагрева мяса

Растворимость белков — один из показателей, характеризующих их денатурационные изменения. Известно, что нагрев сопровождается уменьшением растворимости белков. Разорвавшиеся при денатурации внутримолекулярные связи взаимодействуют межмолекулярно, в результате чего происходит агрегирование частиц. Иными словами, денатурационные изменения макромолекул белка, изменяя поверхностный слой молекулы, ведут к нарушению соотношения гидрофильных и гидрофобных группировок в сторону повышения последних, что и приводит к уменьшению растворимости.

При традиционных методах нагрева выпадение саркоплазматических белков наблюдается при температуре около 40 °С, причем наиболее сильно — при рН 5,5. Основная масса этих белков коагулирует в интервале 55...65 °С.

Имеются сведения о наличии термостойких белков: например, аденилкиназа выдерживает температуру около 100 °С.

Изменение коллагена под воздействием тепла — сложный процесс, складывающийся из двух этапов: сваривания и гидролиза коллагена. Коллаген является гликопротеидом, в котором содержание ковалентно связанных углеводов варьирует в зависимости от источника получения белка.

Растворимая часть коллагена — проколлаген и нерастворимая — колластромин различаются температурами денатурации и характером денатурационных превращений. Денатурация проколлагена протекает двухстадийно и заканчивается при температуре 36,5 °С, образуя при этом гомогенную прозрачную массу, переходящую в раствор. Колластромин переходит в гомогенное состояние при более высокой температуре или при более длительном тепловом воздействии.

В интервале температур 62...64 °С при нагреве в воде происходит мгновенное сморщивание коллагеновых волокон, которые, складываясь втрое по отношению к своей первоначальной дли-

не, превращаются в резиноподобную массу. В процессе сморщивания трехспиральная структура пептидных цепей отдельных молекул коллагена приобретает форму клубка. Однако неструктурированные пептидные цепи еще связаны ковалентными связями и не могут перейти в раствор.

В результате влажного нагрева коллагенсодержащих тканей образуются полидисперсные продукты распада. При медленном нагреве преобладают высокомолекулярные соединения, при интенсивном — соединения с меньшей молекулярной массой. При сваривании коллагена в раствор переходит около 60 % содержащихся в ткани мукоидов.

На дезагрегацию коллагена в процессе нагрева влияют и некоторые другие факторы. Смещение рН мяса от изоэлектрической точки усиливает дезагрегацию, увеличение возраста животных от одного до полутора лет снижает ее примерно в 2 раза.

Таким образом, степень дезагрегации коллагена и образование продуктов распада зависят не только от температуры, до которой нагревается продукт, состояния и состава мяса, но и от скорости, а следовательно, и способа нагрева.

Коагуляция белков и ее влияние на качественные изменения и структуру мясopодуlтов

Процесс нагрева белков сопровождается разворачиванием глобул и высвобождением свободных радикалов, в связи с чем возникает возможность образования межмолекулярных связей, агрегации частиц и их осаждения, что ведет к уменьшению растворимости белков.

Внутренняя перестройка белковой молекулы — собственно денатурация — проявляется в агрегировании полипептидных цепей. Процесс агрегирования протекает в две стадии: укрупнение размеров частиц без выхода из раствора и последующая коагуляция. Агрегация денатурированных белковых молекул, или изменение их четвертичной структуры, являющаяся следствием предшествующей перестройки вторичной и третичной структур, сопровождается сокращением лиофильных центров белковой молекулы и снижением водоудерживающей способности мяса. Агрегация и коагуляция белков определяют образование непрерывного пространственного каркаса готового продукта.

Перестройка белковой молекулы при денатурации ухудшает гидрофильные и усиливает гидрофобные свойства ткани, следовательно, защитное (стабилизирующее) действие гидратацион-

ных слоев вблизи полярных группировок ослабляется. Внутри-молекулярные связи заменяются межмолекулярными, образуется нерастворимый сгусток, т. е. происходит коагуляция белков (из разбавленных растворов выпадают хлопья, из концентрированных — коагель).

Процесс денатурации белков сопровождается разрушением структуры воды, вследствие чего действующие между протофибриллами вторичные силы (силы Ван-дер-Ваальса) придают молекуле миозина более компактную форму, при этом выделяется часть жидкости.

В результате денатурации и коагуляции мышечных белков прочностные свойства мяса возрастают, а сваривание коллагена и последующий его гидролиз, напротив, их ослабляют.

ИЗМЕНЕНИЕ ЖИРОВ ПРИ НАГРЕВЕ МЯСА

Тепловая обработка мяса и мясопродуктов вызывает разрушение сложной внутриклеточной коллоидной системы, в составе которой содержится жир. Он при этом плавится, а затем коалесцирует, образуя в клетке гомогенную фазу в виде капли. Если жировые клетки были разрушены до тепловой обработки или разрушаются в процессе нагрева, расплавленный жир оттекает, сливаясь в единую объемную фазу. В тех случаях, когда нагрев происходит в водной среде, небольшая часть жира образует с водой эмульсию.

При достаточно длительном нагреве с водой (в том числе с внутриклеточной) жир претерпевает существенные химические изменения, при умеренном — они невелики, но легко обнаруживаются. В табл. 11.7 показаны изменения некоторых характеристик говяжьего жира, который нагревали с водой при 100 °С в течение 1 ч в присутствии небольшого количества натрия хлорида.

11.7. Влияние влажного нагрева жира на изменения некоторых его качественных характеристик

Состояние жира	Число		
	Кислотное	Йодное	Ацетильное
До нагрева	1,01	34,0	7,2
После нагрева	1,26	32,2	21,0

11.8. Изменение кислотного числа жира под влиянием высокотемпературного нагрева

Продолжительность нагрева, ч	Кислотное число жира при температуре, °С	
	120	130
7	0,64	0,98
8	0,68	1,02
9	0,74	1,20
10	0,80	1,30

Возрастание кислотного числа свидетельствует о гидролитическом распаде жира, уменьшение йодного числа — о насыщении непредельных связей радикалов жирных кислот, увеличение ацетильного числа — о присоединении гидроксильных групп к жирнокислотным радикалам. На фоне уменьшения йодного числа увеличение ацетильного числа можно считать свидетельством присоединения гидроксильных групп по месту двойных связей в результате взаимодействия триглицеридов с водой.

Если гидролиз жира в небольших масштабах не ведет к снижению пищевой ценности, то присоединение гидроксильных групп к кислотным радикалам — прямое свидетельство снижения пищевой ценности части жира.

В условиях влажного и продолжительного нагрева при температурах выше 100 °С значительно ускоряются гидролитические процессы, а именно гидролиз триглицеринов и насыщение двойных связей радикалов жирных кислот гидроксильными группами (табл. 11.8).

При варке мясопродуктов и костей в большом количестве воды при кипении (бульоны, супы) часть выплавленного жира эмульгируется, распределяясь по всему объему бульона в виде мельчайших шариков. Эмульгированный жир придает бульону неприятный салитый привкус и мутность. Эмульгирование жира усиливается при увеличении гидролиза и интенсивности кипения. Периодическое удаление жира с поверхности бульона снижает степень его эмульгирования.

При указанных в табл. 11.8 параметрах еще более заметно уменьшается йодное число жира и тем интенсивнее, чем выше температура. Поскольку наряду с этим возрастает ацетильное число, есть основания полагать, что происходит образование оксикислот.

**11.9. Изменение свойств говяжьего жира,
многokrратно использованного для жарки продуктов**

Характеристика жира	До жарки	Порядковый номер жарки		
		1	2	3
Кислотное число	2,16	2,21	2,26	1,97
Число омыления	195,5	197,6	199,9	201,8
Неомыляемые вещества	0,34	0,74	0,78	0,83
Йодное число	32,7	31,8	30,7	29,2
Ацетильное число	4,7	9,0	9,7	9,6
Реакция на альдегиды	Отрицательная	Положительная	Положительная	Ярко выражена

В условиях сухого нагрева, например при жарке, на первый план выступают окислительные изменения жиров и процессы полимеризации. В табл. 11.9 приведены некоторые характеристики говяжьего жира, многократно использованного для жарки.

Рост числа омыления свидетельствует о накоплении низкомолекулярных кислот, а ацетильного числа — об образовании оксикислот.

В процессе нагрева возрастает перекисное число жира и значительно увеличивается содержание в жире акролеина. Цвет жира темнеет, запах ухудшается главным образом в результате перехода в него окрашенных продуктов пирогенетического распада органических веществ. При длительном использовании жира для жарки уменьшается усвояемость в результате накопления в нем продуктов окисления и полимеризации. Нагрев жира до высоких температур даже под вакуумом приводит к небольшому снижению йодного числа и увеличению его вязкости.

Окислению, полимеризации и циклизации подвергаются в первую очередь линоленовая и линолевая кислоты. При этом возможно образование шестичленных непредельных циклических соединений, окисленных полимеров и других веществ, вредных для организма. Эти процессы становятся заметными при высоких температурах нагрева, поэтому при жарке температура жира не должна превышать 170 °С.

Прогревание бульона при 100 °С в течение часа предохраняет жир от прогоркания. По-видимому, это обусловлено образованием антиокислителей.

Изменение экстрактивных веществ

Экстрактивные вещества мяса при его тепловой обработке претерпевают существенные изменения, которые играют решающую роль в образовании специфических аромата и вкуса вареного мяса. Тщательно отмытое от растворимых в воде веществ мясо после варки обладает очень слабым запахом, а водная вытяжка из него имеет вкус и запах вареного мяса. После диализа эта вытяжка почти утрачивает запах, присущий вареному мясу.

Изменения, обуславливающие появление такого запаха, еще не полностью изучены. Известно, однако, что важную роль в этом играют глутаминовая кислота и продукты распада инозиновой кислоты. Глутаминовая кислота и ее натриевая соль даже в незначительных количествах (0,03 %) придают продукту вкус, близкий к вкусу мяса.

При нагревании усиливается распад инозиновой кислоты: при 95 °С через 1 ч распадается около 80 % кислоты с образованием преимущественно гипоксантина. При этом несколько возрастает количество неорганического фосфора в результате образования фосфорной кислоты.

В процессе варки изменяется также содержание других экстрактивных веществ. Около 1/3 креатина, обладающего горьковатым вкусом, превращается в креатинин. Распадается около 10... 15 % холина. В результате распада соединений, содержащих лабильно связанную серу, в вареном мясе образуется сероводород, количество которого зависит от вида и состояния мяса, а также от условий варки. Оно возрастает с повышением температуры и увеличением продолжительности нагрева. В вареной говядине сероводорода меньше, чем в свинине, а в ней меньше, чем в телятине, в мороженом мясе больше, чем в охлажденном. Выделение сероводорода при умеренных температурах связывают с распадом глутатиона (трипептид, образуемый глицином глутаминовой кислоты и цистином), так как он возникает при исчезновении серы глутатиона. Одновременно с выделением сероводорода в результате распада глутамин и глутатиона образуется глутаминовая кислота. Введение окислителей (нитрита, нитрата) уменьшает скорость образования сероводорода.

При варке мяса в бульон выделяются вещества, в состав которых входят карбонильные группы, обладающие различным ароматом. В бульоне обнаружены ацетальдегид, ацетоин, диацетил.

Эти вещества возникают благодаря реакции взаимодействия свободных аминокислот с редуцирующими сахарами (в том числе глюкозой), которая приводит к образованию меланоидинов. В ходе сложной окислительно-восстановительной реакции в качестве побочных продуктов выделяются карбонильные соединения.

В бульоне, полученном варкой обезжиренной говядины, с помощью хроматографического метода обнаружены низкомолекулярные жирные кислоты (муравьиная, уксусная, пропионовая, масляная, изомаляная), также обладающие ясно выраженным ароматом.

Можно полагать, что специфичность запаха вареного мяса связана с составом липидной фракции мышечной ткани, так как запах различных видов обезжиренного мяса мало различается.

Вопрос о том, какие именно вещества придают мясу его специфические аромат и вкус после тепловой обработки, еще до конца не решен. Однако экспериментально доказана связь вкуса мяса с содержанием в нем свободных пуринов, в частности гипоксантина. Количество этих веществ в мышечной ткани различно и зависит от глубины развития посмертных изменений в тканях. Запахом бульона обладает также кетомасляная кислота.

Изменения витаминов

Тепловая обработка продуктов животного происхождения при умеренных температурах (до 100 °С) уменьшает содержание в них некоторых витаминов из-за химических изменений, но главным образом в результате потерь во внешнюю среду. В зависимости от способа и условий тепловой обработки мясо теряет, %: тиамин 30...60, пантотеновой кислоты и рибофлавина 15...30, никотиновой кислоты 10...35, пиридоксина 30...60, часть аскорбиновой кислоты.

При варке изделий в оболочке потери витаминов несколько меньше. Так, при паровой варке теряется 25...26 % тиамин и 10...20 % рибофлавина, а при варке в воде — 10 % тиамин и 14 % рибофлавина.

Таким образом, тепловая обработка продуктов животного происхождения даже при умеренных температурах приводит к некоторому снижению их витаминной ценности.

Нагрев при температуре выше 100 °С вызывает различное по степени разрушение многих витаминов, содержащихся в мясе.

11.10. Изменение содержания витаминов в свинине при разной температуре и продолжительности нагрева (% первоначального содержания)

Температура нагрева, °С	Продолжительность нагрева, мин	Тиамин (В ₁)	Рибофлавин (В ₂)	Никотиновая кислота	Пантотеновая кислота
100	23	16	13	0	1
110	23	28	9	1	4
	73	44	9	1	7
118	28	33	4	5	27
	68	55	4	6	20
127	13	30	9	14	20
	48	64	4	34	27

Степень разрушения зависит от природы витаминов, температуры и продолжительности нагрева. В табл. 11.10 приведены результаты изменения витаминов в процессе нагрева свинины в зависимости от температуры и длительности нагрева.

Аскорбиновая кислота (витамин С) также разрушается и тем больше, чем выше температура и продолжительнее нагрев.

Из числа жирорастворимых витаминов наименее устойчив витамин D, который при температуре выше 100 °С начинает разрушаться. Содержание витамина А в отсутствие кислорода мало изменяется при нагреве вплоть до 130 °С. Витамины Е и К наиболее устойчивы к нагреву.

Сухой нагрев в контакте с воздухом, например при жарке мясопродуктов, вызывает еще более интенсивное разрушение витаминов, в особенности тех, которые легко окисляются (витамины А, Е, С).

Изменение водоудерживающей способности мяса и мясопродуктов при их тепловой обработке

Вода — естественный компонент мяса, образующий устойчивые структурированные системы с другими его частями. Формы и прочность связи воды в этих системах влияют на свойства мяса, в том числе на водоудерживающую способность, по характеру изменения которой можно судить об изменении потерь массы в процессе тепловой обработки и о качестве продукта. В настоящее время под водоудерживающей способностью мяса понимается сила, с которой часть его собственной воды или собствен-

ной с небольшим количеством добавленной воды удерживается белками, а также другими веществами и структурными системами мяса при воздействии на него каких-либо сил извне.

На изменение водоудерживающей способности мяса в процессе его тепловой обработки влияют многие факторы: температура, до которой оно нагревается, длительность выдержки при ней, температура среды, способ тепловой обработки, скорость нагрева, величина рН обрабатываемого сырья, реологические характеристики, химический состав продукта, количество добавленной поваренной соли, воды, вид мяса, анатомическое происхождение мышц, возраст животных и др.

Структура воды и изменение ее в процессе нагрева. Белковая макромолекула окружена водой, которую нельзя рассматривать как нейтральное вещество, так как благодаря своим уникальным свойствам она, с одной стороны, подвергается воздействию растворенных в ней белковых макромолекул, с другой — сама активно влияет на конформацию белка. Известно, что вода служит связующим звеном между белковыми молекулами. Составляя 70...75 % массы живой клетки (в протоплазме ее содержится около 70...80 %, в фибриллах — около 70, в саркоплазме — 20, во внеклеточном пространстве — 10 %), вода представляет собой ту жидкую среду, в которой осуществляются обмен и транспортировка веществ. Стабилизация пространственной структуры белка и других биополимеров в значительной мере осуществляется в результате их взаимодействия с водой.

Уникальные свойства воды обусловлены ее способностью образовывать четыре водородные связи между молекулами и одно гидрофобное взаимодействие, в результате которых возникают сильные межмолекулярные связи, приводящие к образованию ассоциации. При этом две водородные связи включают два атома водорода молекулы воды, а две другие — неспаренные электроны кислорода и два атома водорода соседних молекул, поэтому могут выступать одновременно в роли донора и акцептора электронов в процессе образования водородных связей. В этом случае одна из взаимодействующих молекул получает избыточный положительный заряд, приобретая «кислые свойства», а другая — отрицательный заряд и «основные» свойства. В результате молекулы, соединенные водородной связью, способны образовывать более прочные связи с другими молекулами. Таким образом, водородные связи в воде носят кооперативный характер, т. е. одновременно образуются или рвутся большие группы связей.

В настоящее время учеными разработан ряд моделей воды, объясняющих многие ее свойства и аномалии. Наиболее распространенная модель основана на сохранении в воде каркаса льда с заполнением пустот свободными диполями. Ближняя упорядоченность в воде может быть охарактеризована как размытая тепловым движением структура льда. С повышением температуры доля заполненных пустот увеличивается.

Результаты рентгеноструктурного анализа свидетельствуют о том, что в воде при 25 °С заполнена половина всех пустот структуры и что искажение каркаса ведет к нарушению межмолекулярных расстояний. Согласно изложенным представлениям воду следует рассматривать как расшатанный льдоподобный каркас, в который вплавлены области, обладающие более компактной, но ориентационно разупорядоченной структурой.

Другая модель, получившая в последнее время широкое распространение, — модель «текучих кластеров». В основе ее лежит теория образования водородных связей на базе кооперативного эффекта. Согласно этой концепции водородная связь, имеющая в решетке льда частично ковалентную природу, использует на свое построение кроме собственной энергии диполя энергию, передаваемую соседними диполями в результате переноса неподеленных электронов атома кислорода одной молекулы на занятые орбиты атома водорода соседней молекулы. Процесс сопровождается расщеплением заряда, в результате чего оказывается, что одна из взаимодействующих молекул воды подкисляется, а другая приобретает щелочные свойства. В конечном итоге это приводит к тому, что водородные связи не образуются и не распадаются одиночно: разрыв или образование одной индуцирует соответствующий процесс у соседних водородных связей.

Следует отметить, что большинство исследователей связывают снижение водосвязывающей способности и потери влаги в процессе нагрева мяса только с изменением конформационной структуры белка. Белковая макромолекула в мясе всегда находится в окружении воды. Растворы неполярных веществ являются структурообразователями по отношению к воде. Наличие неполярного углерода в ней способствует возникновению гидрофобного взаимодействия. На основании этого можно считать, что вода в значительной степени определяет конформацию макромолекул. Однако это свойство воды обусловлено непосредственно структурой, которая, в свою очередь, может изменяться под воздействием различных факторов, в частности температуры.

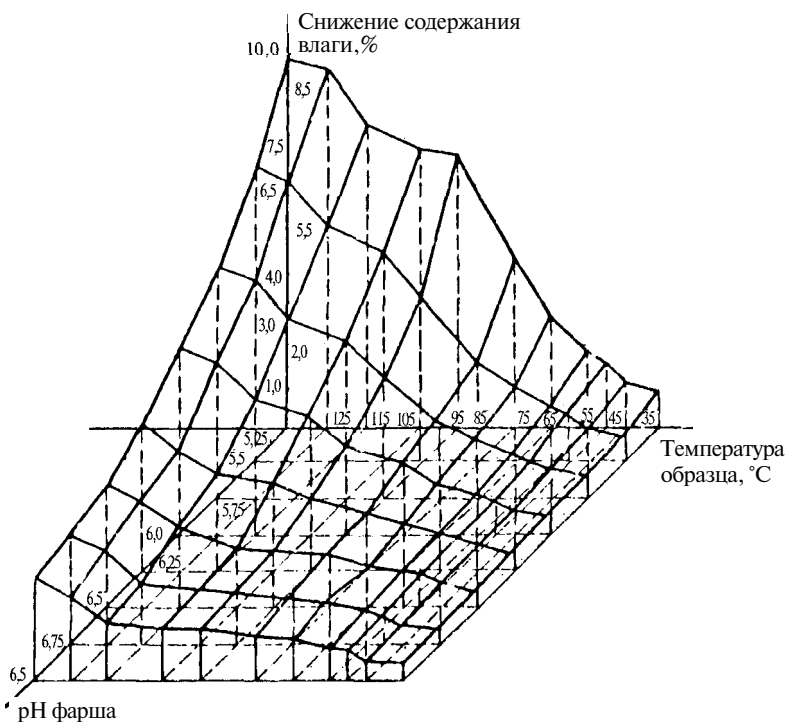


Рис. 11.10. График зависимости снижения содержания влаги от температуры образца и рН фарша

Известны четыре характерные температуры (15, 30, 45, 60 °С), при которых происходят резкие изменения состояния воды. Считают, что при указанных температурах в воде совершаются качественные структурные переходы.

Исследования зависимости снижения содержания влаги от температуры и рН образца фарша показали, что отделение влаги начинается уже при температуре 35 °С (рис. 11.10). Однако, начиная с температур 45...50 °С, влага выделяется более интенсивно. Это объясняется изменением, с одной стороны, структуры воды при указанных температурах, с другой — конформацией белковой макромолекулы, которая обусловлена комплексом внутри- и межмолекулярных водородных связей и гидрофобных взаимодействий.

Поскольку нагрев сопровождается разрушением структур воды (водородных связей и гидрофобных взаимодействий), дейст-

вующие между протофибриллами вторичные силы Ван-дер-Ваальса стягивают молекулу белка в более компактную форму, т. е. происходят полимеризация дискретных белков и увеличение их молекулярной массы. При этом с повышением температуры контакт воды с углеводородом приводит к энергетически менее выгодной замене взаимодействия вода—вода взаимодействием углерод—вода, структура белка уплотняется, что вызывает значительное выделение влаги в виде бульона.

Формы связи воды с дисперсными системами. Известно, что мясо и выработанные из него полуфабрикаты, фарши и другие продукты представляют собой сложные дисперсные системы. Их свойства зависят от объемного соотношения дисперсной фазы и дисперсионной среды (воды), характера и прочности связи между ними, а также между отдельными частицами.

Формы связи воды в дисперсных системах, по П. А. Ребиндеру, классифицируют следующим образом: химическая, физико-химическая, физико-механическая.

К химической связи относятся ионная и молекулярная, которые характеризуются связью в строго молекулярных соотношениях. Химически связанная — гидратационная вода — является прочносвязанной, ее количество составляет 6... 10 % к массе сухого вещества.

К физико-химической связи относятся адсорбционная и осмотическая, которые осуществляются в различных не строго определенных соотношениях.

К физико-механической относятся связи: в микро- ($r > 0^{-7}$ м) и макрокапиллярах ($r > 0^{-7}$ м), структурная и смачивания. Удержание воды физико-механическими связями осуществляется в неопределенных соотношениях.

Ионная, очень сильная связь может быть нарушена при химическом взаимодействии или прокаливании. Молекулярная связь также относится к сильным и может быть нарушена при нагреве мяса до температуры выше 150 °С.

Наибольшее влияние на качество продукта и потери массы в процессе его тепловой обработки, по-видимому, оказывает физико-химически и физико-механически связанная вода. Используя классификацию форм связи П. А. Ребиндера, связанную в мясе воду подразделяют на четыре основных вида.

Первый (слой *a*) — гидратационная вода, связанная электростатически с полярными группами белков посредством положительных или отрицательных зарядов водных диполей. Второй

(слой *b*) — связан с белками посредством притяжения водных диполей (диполь—диполь). Третий (слой *c*) — капиллярно связанная и адсорбированная вода. Четвертый (слой *d*) — вода смачивания.

Выделяют три формы связывания воды с белком: гидратационная, иммобилизованная и свободная вода.

Гидратационная вода составляет примерно 10 % всей имеющейся в мясе воды, адсорбированной белком. Вследствие двухполюсного характера молекул она присоединяется к ионам и другим полярным группам, имеет измененные физические показатели, не поддается физиологическому воздействию, не влияет на колебания водоудерживающей способности.

Иммобилизованная (связанная) вода прочно удерживается сетью мембран и волокнами мышечных белков, а также сцеплениями водородных носителей зарядов. Эта часть воды с большим трудом выжимается и не вытекает из мяса.

Свободная вода находится между клетками, очень «рыхло» связана и легко вытекает при нагреве. Это обуславливает, с одной стороны, потери массы от испарения при замораживании и холодильном хранении мяса и от вытекания сока при его размораживании, с другой — способствует сушке мясопродуктов.

В зависимости от состояния мышечных белков изменяется соотношение между иммобилизованной и свободной водой, причем оба ее вида следует рассматривать как единое целое: если количество иммобилизованной воды увеличивается, то свободной — сокращается, и водоудерживающая способность возрастает; при уменьшении количества иммобилизованной воды повышается содержание свободной, и влагоудерживающая способность понижается.

Для оценки прочности связи воды в мясных изделиях А. А. Соколов предложил следующую динамическую схему: вода, содержащаяся в мясе, подразделяется на прочносвязанную и слабосвязанную, а слабосвязанная — на полезную (которая остается в продукте после тепловой обработки) и избыточную.

В этом случае к прочносвязанной воде относится адсорбционная, удерживаемая молекулярно-силовым полем у поверхности раздела дисперсных частиц — мицелл с окружающей средой и гидрофильными центрами белковых молекул, а также влага микрокапилляров с $r > 0,7 \text{ м м}$ и механически удерживаемая.

Вода слабосвязанная необходима для обеспечения желательных свойств и нормированного выхода продукта. Вода слабосвязанная избыточная в основном отделяется при тепловой обра-

ботке мясопродуктов. Повышение влагосодержания фарша путем увеличения доли слабосвязанной избыточной воды приводит к значительному ее отделению в процессе нагрева продукта и, следовательно, к снижению качества готовых изделий.

Считают, что ионная связь особенно важна для увеличения водоудерживающей способности мяса. Поскольку некоторые аминокислоты содержат две карбоксильные и две аминогруппы, то помимо блокированных пептидной связью имеются группы с кислой и щелочной реакцией, которые образуют анионы и катионы. Кроме названных в молекуле аминокислот содержатся и другие функциональные группы, например гидроксильные ($-\text{OH}$) и сульфгидрильные ($-\text{SH}$). Они имеют полярный характер, вследствие чего также могут удерживать воду.

В зависимости от того, являются ли заряды соседствующих ионов одноименными или противоположными, они взаимно притягиваются либо отталкиваются. Известно, что количество зарядов в изоэлектрической точке ($\text{pH} \sim 5,0$) минимально. Мясо, нагретое при изоэлектрическом состоянии белков, характеризуется максимальным отделением бульона и минимальной водоудерживающей способностью.

Изменение водоудерживающей способности в процессе нагрева соленой говядины (2 %) в зависимости от pH сырья, температуры образца и греющей среды представлено на рис. 11.11 и 11.12. Нагрев проводили при температурах греющей среды 75, 100 и 145 °С до достижения в центре образца температур 35, 45, 50, 55, 65, 75, 90, 115, 125 и 135 °С.

Как видно из рис. 11.11, количество влаги, отделяемой при прессовании, зависит в большей степени от величины pH сырья и температуры образца и в меньшей — от температуры греющей среды. Максимальное количество влаги, выделяющейся из образца при прессовании (слабосвязанной), наблюдается у мяса с исходным значением pH 5,25 при нагреве до 75 °С. С увеличением pH при нагреве мяса до одинаковой температуры, не превышающей 75 °С, количество слабосвязанной влаги снижается. Особенно резко это наблюдается в случае нагрева фарша до 35 и 45 °С при увеличении pH с 5,25 до 5,75. При нагреве мяса выше 75 °С закономерность отделения слабосвязанной влаги изменяется: при температуре образца 90 °С и выше количество ее возрастает с увеличением pH .

При определении влияния температуры образца на изменение количества слабосвязанной влаги отмечено, что при нагреве

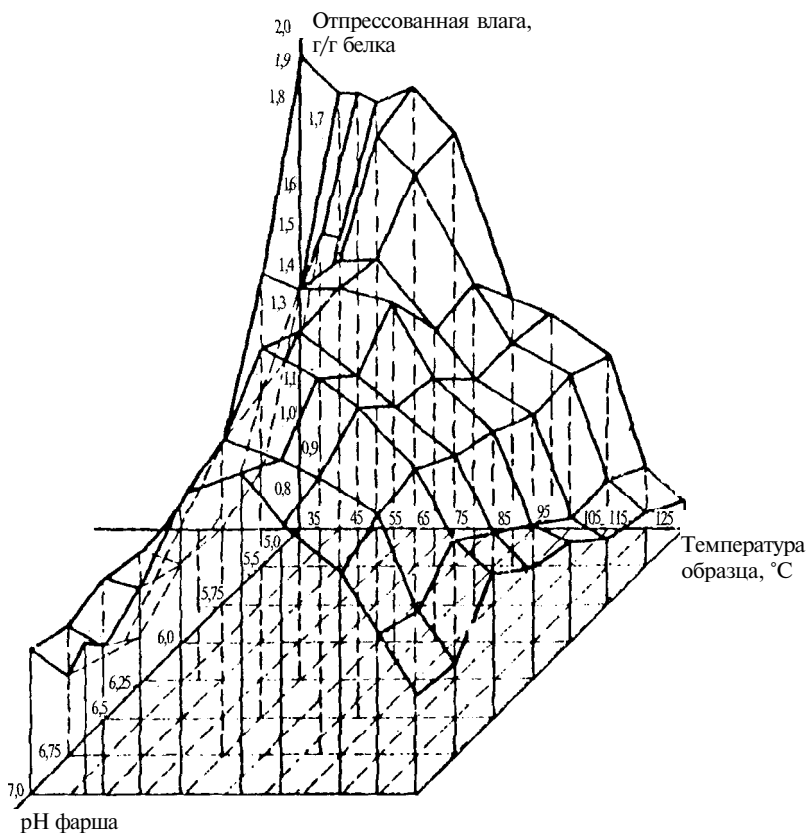


Рис. 11.11. График зависимости количества отпрессованной влаги от температуры и рН исходного фарша

соленого мяса при всех исследуемых значениях рН до температуры 45 °С наблюдаются некоторое уменьшение ее количества (см. рис. 11.11) и повышение содержания неотпрессованной влаги (см. рис. 11.12). По-видимому, процесс денатурации белков сопровождается повышением водосвязывающей способности, хотя и в небольшой степени. Это подтверждается данными, полученными П. Л. Приваловым и Г. М. Мревлишвили, которые свидетельствуют о том, что гидратация макромолекул действительно изменяется при денатурации, причем это изменение всегда положительно — гидратация денатурированных макромолекул

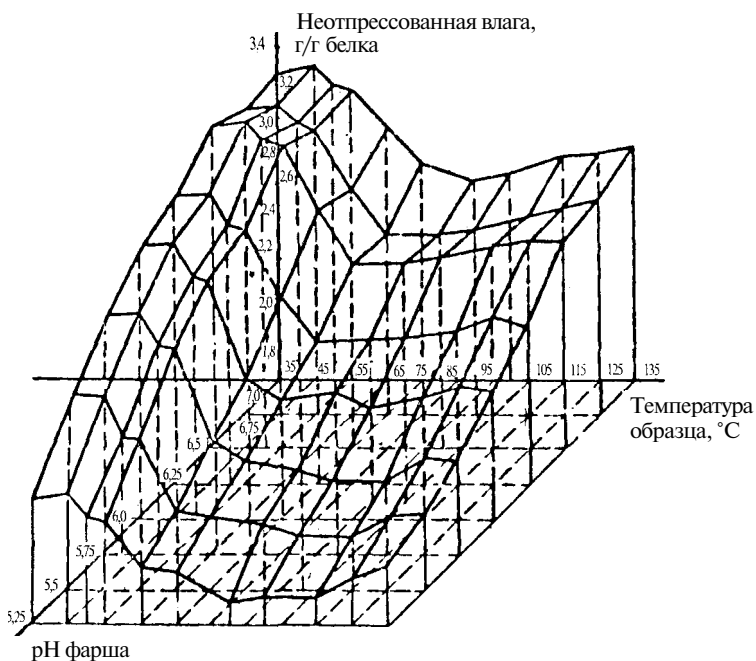


Рис. 11.12. График зависимости количества неотпрессованной влаги от температуры и рН исходного фарша (температура греющей среды 145 °С)

больше, чем нативных. Этот факт свидетельствует о тесной взаимосвязи между конформацией макромолекул и состоянием воды в прилегающих к ним слоях. Обычно этим обстоятельством пренебрегают при рассмотрении изменений водосвязывающей способности и конформационных превращений макромолекул в воде, что вряд ли допустимо.

Нагрев образца до температуры от 45 до 50 °С вызывает резкое увеличение количества отпрессованной и снижение неотпрессованной влаги.

В интервале температур 50...55 °С количество отпрессованной и неотпрессованной влаги не изменяется. Это свидетельствует о том, что изменение водоудерживающей способности происходит ступенчато. Дальнейшее повышение температуры до 65 °С при рН 5,25...6,00 и до 75 °С при рН 6,25...7,00 вызывает при прессовании значительное снижение количества неотпрессованной влаги и увеличение отпрессованной.

При температуре выше 65 (75) °С происходит дополнительное уплотнение структуры в результате образования дисульфидных сшивок и выпрессовывания влаги в процессе нагрева. При этом ведущая роль в формировании белкового каркаса мясопродукта принадлежит миозину.

Повышение температуры до 75 °С вызывает изменение закономерностей количества отпрессованной и неотпрессованной влаги на противоположные, что, по-видимому, означает завершение процесса коагуляции белков. Дальнейший нагрев фарша до 135 °С способствует снижению количества отпрессованной и увеличению неотпрессованной влаги. Интенсивность этих изменений зависит от рН сырья, температур образца и греющей среды. Так, по достижении образцом температуры 90 °С потери массы и снижение количества отпрессованной влаги превосходят соответствующие значения, достигаемые при температуре греющей среды 100 °С. Такое явление можно объяснить следующим образом: по достижении температуры 90 °С дезагрегация коллагена в обоих случаях пока еще незначительна, а продолжительность нагрева в интервале температур 75...90 °С существенно различается и составляет 395 с при температуре греющей среды 100 °С против 34 с при 145 °С. Таким образом, длительность тепловой обработки при исследуемых режимах оказывает большее влияние, чем температура греющей среды. В целом снижение количества отпрессованной и увеличение неотпрессованной влаги могут быть объяснены развитием процесса дезагрегации коллагена.

Влияние рН мясного фарша. Кроме изменения структуры воды, денатурационных изменений мышечных белков и дезагрегации коллагена существенное влияние на изменение водоудерживающей способности оказывает рН сырья. Результаты исследований изменения рН мяса в процессе нагрева в зависимости от температуры образца и первоначальной величины рН представлены на рис. 11.13.

На изменение рН в процессе нагрева мяса более сильное влияние, чем температура греющей среды, оказывают рН исходного сырья и температура образца. Несмотря на то что с повышением последней прирост рН возрастает (величина прироста зависит от рН исходного фарша), водоудерживающая способность его снижается, так как параллельно происходит сдвиг изоэлектрической точки фибриллярных белков к более высоким значениям рН.

Состав мясных и костных бульонов из мяса птицы и субпродуктов. Качественный состав бульонов, приготовляе-

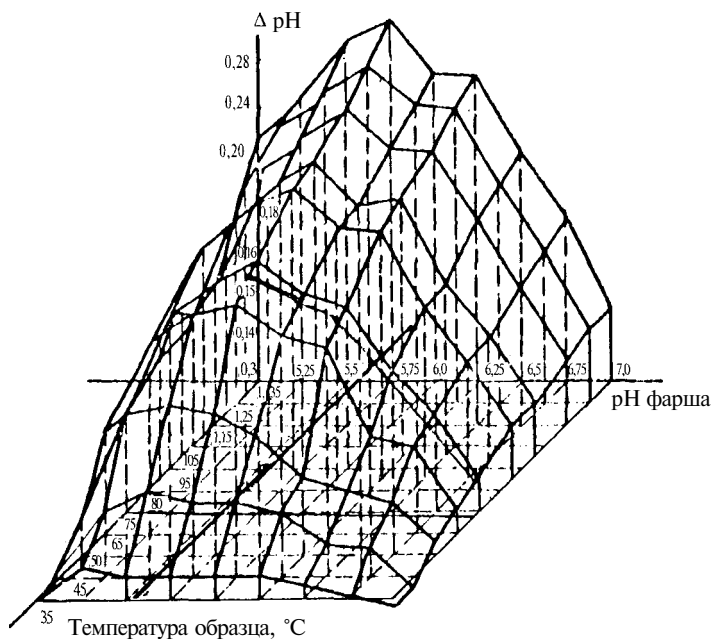


Рис. 11.13. График зависимости изменения рН мясного фарша в процессе нагрева до заданной температуры от исходного рН (температура греющей среды 145 °С)

мых из мяса и мясопродуктов, одинаков, в него входят экстрактивные и минеральные вещества, белки, липиды, витамины. Белки представлены в основном глютином, который образуется в результате деструкции коллагена в условиях влажного нагрева. Белки мышечных волокон переходят в бульон в количествах, не превышающих 0,2 % массы мясного сырья. Эмульгированный жир содержится в бульонах, приготовляемых из жирного мяса (грудинка, покрэмка), жирной птицы (утки, гуси), языков; количество его не превышает 0,8 % массы мясного сырья. Таким образом, основными водорастворимыми компонентами мясных и костных бульонов являются экстрактивные, минеральные вещества и глютин. Количественное содержание указанных компонентов в бульоне зависит от вида мясного сырья, использованного для варки.

Как уже отмечалось, экстрактивные, минеральные и другие низкомолекулярные водорастворимые вещества, а также витами-

ны сосредоточены в саркоплазме мышечных волокон. Из этого следует, что бульоны, сваренные из говядины 1-го и 2-го сорта (см. рис. 11.5 и табл. 11.4), содержат больше экстрактивных и минеральных веществ по сравнению с бульонами, сваренными из говядины 3-го сорта, содержащей до 20 % соединительной ткани.

Механизм образования мясных бульонов связан с тепловой денатурацией мышечных и соединительнотканых белков. Мышечные белки при денатурации свертываются, отдают в окружающее пространство часть влаги (около 50 %), которая, выходя из мышечных волокон, увлекает за собой часть экстрактивных и минеральных веществ. Этот концентрированный раствор попадает в межмышечное пространство, однако в нем не задерживается из-за тепловой деформации прослоек мускульной соединительной ткани. Куски мяса сжимаются во всех направлениях, в результате чего отпрессованная белками жидкость вместе с растворенными в ней экстрактивными и минеральными веществами вытесняется в окружающую воду, образуя бульон. Определенная роль в образовании бульона принадлежит диффузии водорастворимых веществ из мяса в окружающую воду при варке мяса. Возможность для диффузии возникает в результате денатурации белков мяса, в том числе сарколеммы мышечных волокон и соединительнотканых прослоек. Движущей силой диффузии служит разность концентраций растворимых веществ в мясе и бульоне. Переход растворимых веществ из мяса в бульон в результате диффузии может быть усилен двумя путями: увеличением гидромодуля (соотношения воды и мяса) и более мелкой нарезкой мяса, в результате чего возрастает поверхность контакта между мясом и водой.

Погружение мяса для варки в холодную или горячую воду не влияет на количество растворимых веществ, переходящих из мяса в бульон.

При варке говядины без костей крупными кусками (1...2 кг) в воду переходит около 2 % растворимых веществ от массы мяса, в том числе 1,5 % органических и 0,5 % минеральных. При варке языков в бульон переходит около 1,5 % растворимых веществ от массы сырья, в том числе около 30 % составляют минеральные вещества.

При варке кур в виде целых тушек в воду переходит 1,65 % растворимых веществ от их массы, в том числе минеральных — 0,25 %, экстрактивных — 0,68 %.

При варке костных бульонов в течение 3 ч в воду переходит от 2 до 2,5 % растворимых веществ от массы костей.

Если сухой остаток мясного бульона принять за 100 %, то он распределится так: 49 % — экстрактивные вещества, 25 — минеральные вещества, 24 — белки (в основном глютин), 2 % — эмульгированный жир. В костном бульоне сухой остаток распределится следующим образом: 4 % — экстрактивные вещества, 6 — минеральные вещества, 77,6 — глютин, 12,4 % — эмульгированный жир. Своеобразный состав костного бульона объясняется низким содержанием в костях экстрактивных веществ, наличием минеральных веществ в виде нерастворимых фосфатов и карбонатов кальция.

Контрольные вопросы и задания

1. Приведите сравнительную характеристику химического состава говядины и свинины.
2. По каким параметрам пищевая ценность мяса птицы отличается от пищевой ценности говядины?
3. Какие вещества входят в тканевый состав мускульной ткани мяса сельскохозяйственных животных и птицы?
4. Что общего и в чем различия в тканевом составе субпродуктов и мяса?
5. Каково строение мышечной ткани мяса и какова ее пищевая ценность?
6. Какие белки входят в состав мускульной ткани мяса и какими свойствами они обладают?
7. Что представляют собой липиды мяса? Из чего они состоят? Как изменяются показатели качества липидов мяса при тепловой кулинарной обработке?
8. Какие витамины и минеральные вещества содержатся в мясе и какие изменения они претерпевают при кулинарной обработке?
9. Приведите классификацию, строение и химический состав соединительной ткани и обоснуйте ее изменение при нагреве.
10. Что представляет собой жировая ткань мяса?
11. Как влияет вид скота и птицы на наличие моно- и полиненасыщенных жирных кислот?
12. Какие изменения происходят в жирах при кулинарной обработке мяса?
13. Что собой представляет по составу и строению пищевая кость?
14. Что такое денатурация, коагуляция и свертывание белков мяса?
15. Как влияет денатурация и коагуляция белков на изменение водоудерживающей способности мяса и его прочностных свойств?
16. Как изменяются экстрактивные вещества в процессе кулинарной обработки мяса?
17. Объясните процесс образования аромата в мясных кулинарных изделиях при их тепловой обработке.
18. Какие имеются формы связи воды с белками и структурными элементами мышечной ткани мяса?
19. Как изменяется содержание прочно- и слабосвязанной воды в процессе тепловой обработки мяса?

ИЗМЕНЕНИЯ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В РЫБЕ И НЕРЫБНЫХ МОРЕПРОДУКТАХ

Особенности морфологического строения и химического состава мяса рыб, моллюсков и других продуктов моря в значительной мере определяют содержание технологического процесса производства полуфабрикатов, блюд и кулинарных изделий из них.

РЫБА

Мясо рыб и нерыбных морепродуктов — важный источник полноценных белков, липидов, витаминов, минеральных солей.

Основное пищевое значение имеют туловищные поперечно-полосатые мышцы рыб. Они расположены вдоль позвоночника: две спинные и две брюшные, разделенные продольными соединительнотканными перегородками — септами. Мышцы рыб, как и мышцы теплокровных животных, состоят из мышечных волокон, собранных в миотомы, которые имеют форму полых конусов, обращенных вершиной к наружной стороне мышцы (рис. 12.1).

Мышца состоит из определенного числа миотом, соответствующего числу позвонков. Миотомы скреплены между собой со-

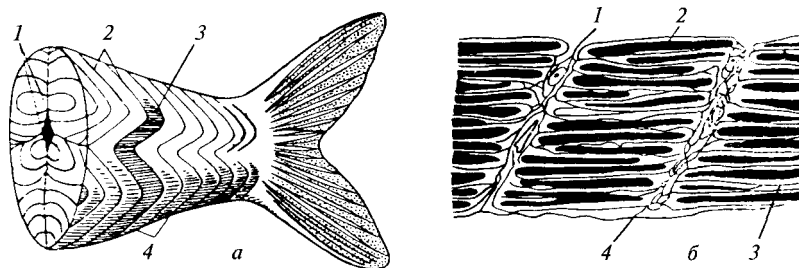


Рис. 12.1. Строение мышц рыбы:

- a* — поперечный разрез: 1 — продольные септы;
2 — поперечные септы (миосепты); 3 — мышечные волокна
(направление их показано штрихами); 4 — миотомы;
б — продольный разрез: 1 — поперечная септа; 2 — мышечное волокно;
3 — перимизий; 4 — кровеносные и лимфатические сосуды

единительнотканными прослойками — миосептами. Мышечные волокна в миотомах расположены вдоль мышц, они собраны в пучки соединительной тканью — эндомизиумом.

Прослойки соединительной ткани, скрепляющие пучки мышечных волокон, а также миосепты образуют перемизий мышечной ткани рыб. В миотомах концы мышечных волокон прикреплены к миосептам. Таким образом, длина мышечных волокон определяется шириной миотомом и составляет 10...20 мм, толщина — 10... 100 мкм. Внутреннее строение мышечных волокон аналогично строению мышечных волокон теплокровных животных.

Соединительнотканнные прослойки состоят из переплетающихся коллагеновых и эластиновых волокон, между которыми встречаются жировые и пигментные клетки. Некоторые участки тела рыб представляют собой сплошную жировую ткань. Здесь же, между мышечными волокнами и миотомами, проходят кровеносные и лимфатические сосуды, нервы и небольшое количество полужидкого бесструктурного вещества (межклеточной жидкости). Таким образом, мясо рыб представляет собой мышцы вместе с соединительной и жировой тканями.

Содержание воды, жира, азотистых и минеральных веществ в мясе рыб колеблется в широком диапазоне (табл. 12.1) и зависит от вида рыбы, а в пределах одного вида — от сезона и места лова, возраста рыбы и других факторов. Рыба, выловленная в период преднерестовых миграций и в период нереста, как правило, тощая, с низкими вкусовыми качествами.

Мясо рыб содержит белые и бурые (темные) мышцы. Бурые мышцы составляют около 10 % съедобного мяса, они располагаются вдоль боковой линии тела рыбы, отличаются повышенным содержанием миоглобина (1...3 %), своеобразным составом экстрактивных веществ, липидов, микроэлементов. Как следствие этого, бурое мясо имеет более низкие вкусовые показатели по сравнению с белым мясом.

Количественное содержание съедобного мяса у рыб разных видов обусловлено особенностями их анатомического строения (массой головы, внутренних органов, плавников) и колеблется в пределах 40...65 %. Мясо большинства видов рыб употребляют в пищу с кожей, масса которой составляет 2,5...3 % (хек серебристый, кета), 4,5...6 % (морской окунь, сом, осетр, севрюга). Кожа рыб имеет определенное пищевое значение. Так, в коже морского окуня содержится 28,3 % азотистых веществ (в основном кол-

**12.1. Химический состав и энергетическая ценность некоторых видов рыб
(г на 100 г съедобного мяса)**

Рыба	Вода	Белки (N • 6,25)	Жиры	Зола	Энергетическая ценность, ккал/100 г
Аргентина	79,1	17,6	2,0	1,3	88
Горбуша	71,8	21,5	7,0	1,2	147
Жерех	77,5	18,8	2,6	1,1	99
Зубатка	74,1	19,6	5,3	1,1	126
Камбала дальневосточная	79,7	15,7	3,0	1,6	90
Карп	77,4	16,0	5,3	1,3	112
Кета	74,2	19,0	5,6	1,2	127
Ледяная	78,8	18,1	2,2	1,3	84
Лещ	77,7	17,1	4,1	1,1	109
Макрурус	91,2	7,3	0,4	1,3	32
Минтай	81,9	16,0	0,9	1,3	72
Навага беломорская	77,9	19,8	1,6	1,3	91
Окунь морской	77,1	18,2	3,3	1,4	103
Осетр	71,4	16,4	10,9	1,3	164
Палтус:					
белокорый	76,9	18,9	3,0	1,2	103
черный	70,1	12,8	16,1	1,0	196
Сазан каспийский	78,0	18,2	2,7	1,1	97
Севрюга	71,6	16,9	10,3	1,2	160
Скумбрия:					
атлантическая	67,5	18,0	13,2	1,3	191
дальневосточная	61,4	19,3	18,0	1,3	239
Сом	76,7	17,2	5,1	1,0	115
Ставрида океаническая	75,6	18,5	4,5	1,4	114
Судак	79,2	18,4	1,1	1,3	84
Треска	82,1	16,0	0,6	1,3	69
Угольная	69,8	12,2	16,9	1,1	201
Хек серебристый	79,9	16,6	2,2	1,3	89
Щука	79,3	18,4	1,1	1,2	84

лагена), 2,2 % липидов, 3 % минеральных веществ. При тепловой кулинарной обработке кожа способствует сохранению целостности порционных кусков рыбы, что улучшает внешний вид блюд. В то же время при жарке некоторых видов рыб (навага, сом, осетровые, угорь и др.) кожа сильно уплотняется вследствие денатурации коллагена и сокращения длины коллагеновых волокон, происходит ее деформация во всех направлениях. В результате этих изменений кожа становится слишком жесткой и несъедоб-

ной. Внешний вид порционных кусков рыбы при этом ухудшается. В связи с тем что для размягчения кожи требуется длительный влажный нагрев, рыбу для жарки во фритюре и приготовления изделий из котлетной массы разделявают на филе без кожи и костей (мякоть).

Для специализированных цехов предприятий общественного питания, перерабатывающих значительное количество рыбы, технологическое и экономическое значение имеет размер экземпляров рыб. Как правило, у мелкой рыбы соотношение съедобного мяса и костей меньше, чем у крупной. Так, при разделке сазана на филе с кожей и реберными костями количество отходов и потерь у крупных экземпляров составляет 47%, у мелких — 51%. Эти различия учтены в действующей нормативной документации.

Внутримышечная соединительная ткань в тушках рыб распределена более или менее равномерно, поэтому мясо рыб не делят по сортам и кулинарному назначению, как мясо теплокровных мясопромышленных животных.

Тем не менее известно, что мясо очень крупных экземпляров рыб (треска, тунцы, белуга, щука и др.) в приготовленном виде более жесткое по сравнению с мясом рыб этих же пород средних и мелких по размеру экземпляров. Часть мышц, находящихся в области хвостового плавника, в приготовленном виде обычно более жесткая по сравнению с мышцами, расположенными в средней и передней частях тушки рыбы.

Для мяса рыб характерны значительные колебания количества азотистых веществ (см. табл. 12.1). Азот белков составляет в среднем 85 % общего азота мяса рыб. Большая часть белков мяса рыб (55...65 %) представлена белками актомиозинового комплекса (миозин, актин, актомиозин), они входят в состав миофибрилл мышечных волокон. Саркоплазматические белки (миоген, миоальбумин, глобулин X) составляют 20...25 %. На долю белков соединительной ткани (коллаген и эластин) в мясе рыб приходится в среднем 2...4 %, у хрящевых рыб — до 8 %. В мясе рыб содержатся денатурированные нерастворимые белки (5...8 %), нуклеопротеиды, липопротеиды, мукопротеиды, хромопротеиды и другие белковые вещества.

Мышечные белки мяса рыб биологически полноценные, содержат все незаменимые аминокислоты, однако в мясе разных видов рыб количественное содержание их колеблется в широких пределах: валин — 0,6...9,4 %, лейцин — 3,9... 18,0, изолейцин —

2,6...7,7, лизин — 4,1...14,4, метионин — 1,5...3,7, треонин — 0,6...6,2, триптофан — 0,4...1,4, фенилаланин — 1,9... 14,8 %.

К изменениям условий окружающей среды мышечные белки рыб более чувствительны, чем белки теплокровных животных. Сразу после вылова рыбы в ее мышечных тканях наступают необратимые изменения: актин, миозин и актомиозин частично денатурируют уже через несколько часов. По мере хранения рыбы денатурация белков усиливается. При замораживании рыбы характер распределения жидкости между мышечными волокнами и межмышечным пространством имеет такой же характер, как и в мясе теплокровных животных.

При размораживании рыбы (в технологическом процессе) структурные элементы мышечных волокон восстанавливаются не полностью из-за потери белками способности к гидратации. Установлено, что при медленном размораживании рыбы денатурационные изменения мышечных белков усиливаются. В связи с этим в производственных условиях рыбу с костным скелетом рекомендуется размораживать быстро, для чего ее погружают в холодную воду (10... 15 °С) на 2...3 ч. В процессе размораживания рыбы в воде происходят массообменные процессы: масса рыбы увеличивается на 5... 10 % в результате поглощения воды, а из рыбы в воду переходит около 0,25 % органических и 0,1 % минеральных веществ вследствие диффузии. Для торможения процесса диффузии при размораживании рыбы в воду рекомендуется добавлять натрия хлорид в количестве 0,8 %.

Вымачивание соленой рыбы сопровождается поглощением воды мышечной тканью (до 45 %) и переходом из рыбы в воду минеральных и органических азотистых веществ, поэтому блюда, приготовленные из соленой вымоченной рыбы, обычно имеют слабовыраженный вкус и аромат свежей рыбы, который обусловлен экстрактивными и минеральными веществами. В связи с этим консервирование свежей рыбы методом крепкого посола в последнее время применяют ограниченно, за исключением выработки малосолевой гастрономической рыбной продукции (семга, сельдь, кета, рыба холодного копчения).

На стадии приготовления полуфабрикатов порционные куски рыбы можно хранить до 24 ч при температуре около 0 °С. Панировать рыбу рекомендуется непосредственно перед жаркой, так как свежая и размороженная рыба содержат значительное количество слабосвязанной воды, увлажняющей панировку.

Порционные куски осетровой рыбы перед основной тепловой обработкой подвергают кратковременному (1...2 мин) бланшированию в горячей воде (95 °С) при гидромодуле 1 : 3. При этом происходят денатурация некоторой части белков в поверхностных слоях порционных кусков рыбы, уменьшение их объема, снижение массы рыбы на 10... 15 % в результате отделения в окружающую среду воды с растворенными в ней экстрактивными и минеральными веществами. При массовом приготовлении полуфабрикатов из рыбы осетровых пород воду, оставшуюся после ошпаривания порционных кусков, используют для приготовления супов и соусов.

При изготовлении рубленых полуфабрикатов, измельчении рыбы в мясорубке мышечные волокна и соединительнотканые прослойки разделяются на более мелкие фрагменты с выходом цитоплазмы в окружающее пространство. Однако липкость рыбного фарша и его упругоэластично-вязкие свойства значительно уступают аналогичным свойствам мясного фарша. В связи с этим ассортимент полуфабрикатов из натуральной рубленой рыбы ограничен, преобладают полуфабрикаты из рыбной котлетной массы, в которой в качестве водоудерживающего компонента используют хлеб или густой молочный соус.

К рыбному сырью, перерабатываемому на предприятиях общественного питания, предъявляют определенные гигиенические требования в отношении его безопасности по физико-химическим и микробиологическим показателям. В живой рыбе, охлажденной и мороженой, в рыбном фарше и филе лимитируется содержание токсических элементов (свинца, меди, мышьяка, кадмия, ртути, цинка), гистамина (тунцы, скумбрия, лососевые, сельди), нитрозаминов, пестицидов, полихлорированных бифенилов, радионуклидов (цезий-137 и стронций-90), а также содержание общего количества микроорганизмов, условно-патогенных и патогенных микроорганизмов.

При тепловой кулинарной обработке в мясе рыб протекают сложные физико-химические процессы: денатурация белков, образование новых вкусовых и ароматических веществ, разрушение некоторой части витаминов, превращения пигментов, выплавление жира и выход части его в окружающую среду.

Тепловая денатурация мышечных белков сопровождается уплотнением мышечных волокон, отделением некоторой части воды вместе с растворенными в ней экстрактивными и минеральными веществами. Тепловая денатурация коллагена и последующая за ней дезагрегация этого белка приводят к разрыхле-

нию структуры мяса рыб. В отличие от мяса теплокровных животных коллаген мяса рыб менее устойчив к гидротермическому воздействию, денатурация его происходит при 40 °С, в соответствии с этим и переход коллагена в глютин происходит более быстрыми темпами и в более низком температурном интервале.

Формирование своеобразного вкуса и аромата рыбы, подвергнутой тепловой кулинарной обработке, связано со своеобразным составом экстрактивных, минеральных веществ и липидов. Специфический вкус приготовленной рыбы обусловлен сравнительно высоким содержанием азотистых экстрактивных веществ (9... 18 % общего азота мышц) и своеобразием их состава. В мясе морских рыб, как правило, содержится больше экстрактивных веществ, чем в мясе пресноводных рыб. Среди свободных аминокислот в мясе рыб мало глутаминовой кислоты, обладающей вкусом, свойственным говяжьему мясу, и очень много циклических аминокислот — гистидина, фенилаланина, триптофана. Гистидин в значительных количествах содержится в темном мясе морских рыб: в скумбрии до 280 мг/100 г, в тунцах до 400, в сайре до 500 мг/100 г. В процессе посмертного автолиза рыбы в результате ферментативного декарбоксилирования гистидин превращается в гистамин, обладающий высокой биологической активностью и токсичностью. В малых концентрациях (до 100 мг/кг) гистамин оказывает сосудорасширяющее действие на организм человека, одновременно стимулирует деятельность желудочно-кишечного тракта. В более высоких концентрациях гистамин может вызывать тяжелые пищевые отравления. В связи с этим океанических рыб, содержащих повышенное количество темного мяса (сайру, сардину, скумбрию и др.), после вылова сразу направляют на промышленную переработку (консервы, копчение).

Креатин и креатинин в мясе рыб содержатся в сравнительно небольших количествах. В мясе морских рыб из веществ этой группы обнаружен метилгуанидин, которого нет в мясе пресноводных рыб и теплокровных животных. Метилгуанидин в больших концентрациях токсичен.

В мясе большинства рыб содержится мало пуриновых оснований, производных имидазола и холина. Так, карнозина в мясе пресноводных рыб содержится 3 мг/100 г, а в говядине — 300 мг/100 г, холина — соответственно 2,5 и 110 мг/100 г.

В составе экстрактивных веществ мяса рыб содержатся значительные количества азотистых оснований. Они подразделяются

на летучие и триметиламмониевые. Среди летучих оснований преобладают моно-, ди- и триметиламин и аммиак. В свежельвленной морской рыбе триметиламина содержится 2...2,5 мг/100 г, в пресноводной — 0,5 мг/100 г. Аммиака в морской рыбе содержится 3...9 мг/100 г, в пресноводной — до 0,05 мг/100 г. При хранении охлажденной рыбы под действием микроорганизмов количество летучих оснований в мясе рыб может возрасти. Среди триметиламмониевых оснований преобладают триметиламин-оксид и бетаины, в морской рыбе они содержатся в количествах соответственно 100...1080 и 100... 150 мг/100 г.

При варке на переход экстрактивных и минеральных веществ из рыбы в бульон оказывают влияние не только денатурация мышечных белков и их постденатурационные изменения, но и диффузия. Количество растворимых веществ, переходящих из рыбы в бульон в результате диффузии, зависит от гидромодуля. В связи с этим порционные куски рыбы ценных пород обычно готовят припусканием с добавлением жидкости в количестве, не превышающем 30 % к массе рыбы. Образующийся при этом бульон используют для приготовления соусов.

В рыбных бульонах содержится в среднем 28 % экстрактивных и 24 % минеральных веществ, 48 % глютина. В бульонах, приготовляемых из рыбных отходов (голов, плавников, костей, кожи), содержание экстрактивных веществ не превышает 4 %, минеральных — 11 %. Остальная часть сухого остатка бульона состоит из глютина (74 %) и эмульгированного жира. Существенные различия в составе бульонов из рыбы и рыбных отходов объясняются тем, что экстрактивные и минеральные вещества сосредоточены в основном в мышечных волокнах. Минеральные вещества костей представлены нерастворимыми в воде фосфатами и карбонатами кальция.

По качественному составу экстрактивных азотистых веществ рыбные бульоны существенно отличаются от мясных. В рыбных бульонах преобладают циклические (гистидин, триптофан, фенилаланин) и серосодержащие (цистин, цистеин, метионин, таурин) свободные аминокислоты. В бульонах из океанических рыб содержится метилгуанидин — сильное основание, в больших концентрациях оказывающее токсическое действие на живые организмы. К особенностям рыбных бульонов относится содержание в них значительных количеств аминов, среди которых важная роль принадлежит метиламинам и гистамину. Гигиеническими требованиями к качеству и безопасности продовольственного

сырья и пищевых продуктов установлен предельно допустимый уровень содержания гистамина в мясе некоторых видов рыб (тунец, скумбрия, лосось, сельдь), который составляет 100 мг/кг.

Содержащийся в мясе рыб креатин при тепловой кулинарной обработке частично превращается в креатинин, который вступает в химические реакции с продуктами карбониламинных реакций, свободными аминокислотами и сахарами с образованием гетероциклических ароматических аминов, обладающих сильным мутагенным и канцерогенным действием на живые организмы. В мясе беспозвоночных, не содержащем креатина, при тепловой кулинарной обработке гетероциклические ароматические амины не образуются.

Общие потери массы при тепловой кулинарной обработке рыбы находятся в пределах 18...20 %, что вдвое меньше потерь массы мяса крупного рогатого скота. При жарке рыбы потери обусловлены обезвоживанием продукта, а при жарке жирной рыбы дополнительные потери могут возникать в результате выплавления и выхода в окружающую среду некоторого количества жира. При варке рыбы определенную долю в общих потерях составляют экстрактивные, минеральные вещества и белки. Как при варке, так и при жарке рыбы 90...95 % общих потерь массы составляют потери воды, отделяемой денатурирующими мышечными белками.

Динамика выделения воды мясом крупного рогатого скота и рыбы при одних и тех же параметрах тепловой кулинарной обработки выглядит по-разному. Из графиков, представленных на рис. 12.2, видно, что в интервале температур 45...75 °С обезвоживание говядины и мяса рыбы идет интенсивно, причем в говядине — более быстрыми темпами. При температурах выше 75 °С потери рыбой воды прекращаются, в то время как говядина теряет воду вплоть до достижения температуры 90...95 °С, что указывает на более низкие температурные границы денатурации и свертывания белков рыбы по сравнению с мышечными белками теплокровных животных.

Сравнительно небольшие потери воды мясом рыб при тепловой кулинарной обработке объясняются особенностями его химического состава и гистологического строения: высоким содержанием белков актомиозинового комплекса в миофибриллах мышечных волокон; простым строением перимизия мышц; сравнительно низкой температурой денатурации и деструкции коллагена внутримышечной соединительной ткани. Тепловая денатурация мышечных белков сопровождается сравнительно

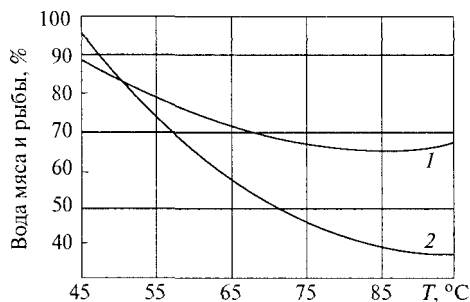


Рис. 12.2. График изменения содержания воды в рыбе и мясе при нагревании (по Д. И. Лобанову):

1 — рыба; 2 — мясо

слабой их дегидратацией. Вода, отделяемая белковыми гелями мышечных волокон и поступающая в пространство между пучками мышечных волокон, слабо выпрессовывается в окружающее пространство из-за незначительной деформации внутримышечных соединительнотканых образований мышц рыбы и сравнительно быстрой желатинизации коллагена. В результате этого мясо рыб при тепловой обработке теряет не более 25 % содержащейся в ней воды.

При варке, жарке и при СВЧ-нагреве потери массы рыбы практически одинаковые. При жарке рыбы ИК-лучами потери массы снижаются на 4...5 % благодаря повышенной проникающей способности инфракрасного излучения и сокращению продолжительности тепловой обработки.

Исследования белков мышечной ткани сырой и подвергнутой тепловой кулинарной обработке рыбы показало, что изменения направлены на значительное уменьшение растворимости миофибриллярных белков по сравнению с белками саркоплазмы, возрастание в 3...3,5 раза количества денатурированных белков и растворимых азотистых веществ, в том числе белковой природы, в связи с переходом коллагена в глютин.

Автолиз, протекающий в мясе рыб под действием тканевых ферментов при холодильном хранении, способствует дополнительному накоплению азотистых оснований и других соединений, характерных для мяса рыб. В результате этого специфические запах и вкус рыбных блюд усиливаются. Интенсивнее эти процессы протекают при хранении морской рыбы.

Липиды рыб обладают высокой биологической эффективностью. Они сосредоточены в мясе, икре и молоках, в печени некоторых видов рыб. По содержанию липидов в съедобном мясе рыб подразделяют на жирные, средней жирности и тощие. К жирным рыбам (содержание жира 12...30 %) относятся миноги, угорь речной, палтус черный, скумбрия тихоокеанская, осетровые, угольная рыба; к рыбам средней жирности (содержание жира 2...8 %) — карп, лещ, сазан, ставрида и др.; к тощим (содержание жира до 2 %) — судак, щука, треска, пикша, сайда, минтай, зубатка, макрурус, навага и др.

В состав липидов рыб входят триглицериды, свободные жирные кислоты, моно- и диглицериды, фосфолипиды, а также стерины, витамины, каротиноиды.

Для жира рыб характерны сравнительно низкая температура плавления (12...28 °С) и высокое содержание ненасыщенных жирных кислот (76...87 %) очень сложного состава. В состав триглицеридов межмышечного и подкожного жира рыб входят 17 ненасыщенных жирных кислот, различающихся как длиной алифатической цепи, так и числом двойных связей (от одной до шести). Высокая биологическая эффективность липидов рыб связана с наличием в их составе линолевой (18 : 2) и арахидоновой (20 : 4) жирных кислот, которые не синтезируются в организме человека и должны поступать с пищей. Из двух названных жирных кислот незаменимой является линолевая кислота. Источником поступления ее в организм человека служат животные жиры и растительные масла. Присутствие в липидах мяса рыб высоконенасыщенных жирных кислот, их окисление с образованием пероксидов, гидропероксидов, оксикислот и других продуктов окисления являются причиной снижения пищевой ценности готовой продукции. Особенно лабильны жирные кислоты, имеющие 4, 5, 6 двойных связей. Их содержание в жире пресноводных рыб составляет 6...30 %, морских — 13...57 % общей массы жирных кислот.

В мышечной ткани рыб содержатся очень активные гидролитические ферменты, поэтому скорость автолиза высокая. Липаза рыб сохраняет активность в мороженой мышечной ткани и инактивируется только при -22 °С. При хранении рыбы может происходить гидролиз липидов с одновременным интенсивным окислением продуктов гидролиза кислородом воздуха. Особенно интенсивно гидролизуются и окисляются фосфолипиды.

Продукты гидролиза и окисления липидов имеют неприятные вкус и запах, которые сохраняются в готовых кулинарных изделиях. Для снижения их накопления применяют глазирование замороженной рыбы, упаковку в газонепроницаемые материалы и другие способы.

Физико-химические изменения экстрактивных веществ и липидов рыб — одна из причин того, что пищевая ценность блюд, приготовляемых из рыбы длительного хранения, обычно значительно ниже, чем блюд, приготовляемых из живой или охлажденной рыбы. Эти различия особенно заметны при использовании морской рыбы, что необходимо учитывать в технологическом процессе: увеличивать закладку специй и ароматической зелени и кореньев при варке и припуске рыбы, добавлять уксус, рассол, подбирать соответствующие соусы и гарниры.

НЕРЫБНЫЕ МОРЕПРОДУКТЫ

Мясо большинства беспозвоночных (моллюсков и ракообразных) в приготовленном виде более нежное по сравнению с мясом рыб, что объясняется их малоподвижным образом жизни. Исключение составляют кальмары, имеющие мускулистое тело (мантию) и мигрирующие на большие расстояния. Тело других ракообразных заключено в прочную защитную оболочку (раковину, панцирь), мускулатура развита слабо.

По химическому составу мясо беспозвоночных существенно отличается от мяса рыб (табл. 12.2).

Для мяса беспозвоночных характерны сравнительно высокое содержание минеральных веществ, низкое содержание липидов и значительные колебания содержания азотистых веществ. В составе небелковых азотистых веществ отсутствуют креатин и креатинин, мало содержится пуриновых оснований, дипептидов, среди свободных аминокислот преобладают заменимые, много глутаминовой аминокислоты и мало циклических и серосодержащих аминокислот. Азотистые основания в значительных количествах содержатся в мясе ракообразных и кальмаров. Гистамин в съедобном мясе беспозвоночных содержится в пределах, характерных для мяса пресноводных рыб.

В мясе беспозвоночных содержится значительное количество гликогена (2... 10 %), чем объясняется его сладковатый вкус в приготовленном виде. Липидный компонент включает триглицериды, фосфолипиды, холестерин и стеролы. Жирнокислотный состав липидов отличается высоким содержанием ненасыщен-

**12.2. Химический состав съедобного мяса
некоторых видов беспозвоночных (%)**

Беспозвоночные	Вода	Липиды	Азотистые вещества	Минеральные вещества
Креветки	75,6	1,5	19,0	2,6
Омары, лангусты	75,5	1,3	21,0	2,8
Раки пресноводные	79,0	1,8	19,0	2,7
Устрицы	79,5	1,3	10,4	1,2
Мидии	81,0	1,3	11,2	2,9
Морской гребешок	79,0	0,8	14,5	2,1
Кальмары	80,3	0,8	21,8	1,4
Осьминоги	78,0	0,9	14,0	1,5
Трепанги	90,0	0,4	5,1	1,8
Криль антарктический	78,0	4,2	15,1	2,8

ных кислот, в том числе арахидоновой. В то же время в составе липидов мяса беспозвоночных содержится мало высоконенасыщенных жирных кислот с 5, 6 двойными связями, что объясняет хорошую стабильность беспозвоночных при длительном холодильном хранении.

Таким образом, по химическому составу азотистых экстрактивных веществ и липидов мясо беспозвоночных ближе к мясу пресноводных рыб и представляет большую ценность для диетического питания и питания детей всех возрастов.

Морская капуста представляет собой слоевища морских бурых водорослей рода ламинарий шириной до 0,5 м, длиной 3...5 м. Добывают морскую капусту в прибрежных водах Тихого океана для пищевых целей и получения солей альгиновой кислоты и маннита. В расчете на сухую массу морская капуста содержит 5...20 % белков, 1...3 % липидов, 6... 12 % пищевых углеводов, 0,1...0,6 % йода и другие микроэлементы. На предприятия общественного питания морская капуста поступает в замороженном или сушеном виде, ее вымачивают в холодной воде: мороженую около 1 ч, сушеную 12 ч. Варят морскую капусту 2 ч при гидромодуле 1:2, при этом в воду переходит часть Сахаров и минеральных веществ. В готовом продукте сохраняется достаточное количество пищевых веществ, наибольшую ценность из которых представляют минеральные вещества, особенно йод, а также витамины группы В, каротин и витамин С.

Таким образом, рыба и нерыбные морепродукты играют большую роль в питании, являясь поставщиками полноценных бел-

ков, ненасыщенных жирных кислот, фосфолипидов, витаминов, макро- и микроэлементов. Мясо рыб и нерыбных морепродуктов содержит фтор, йод, бром, мышьяк и другие микроэлементы, дефицит которых часто наблюдается в растительных продуктах.

Контрольные вопросы и задания

1. Расскажите об особенностях строения тела рыб с точки зрения их пищевого использования.
2. Чем отличается химический состав съедобного мяса рыб от химического состава мяса теплокровных животных?
3. В чем состоит механизм образования рыбных бульонов и каков их химический состав?
4. Какие физико-химические процессы протекают в мясе рыб при тепловой кулинарной обработке?
5. Назовите особенности химического состава беспозвоночных, употребляемых в пищу.

Глава 13

СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОДУКЦИИ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

Механические свойства любой системы теснейшим образом связаны с ее структурой. Структурно-механические свойства изучает наука реология.

Реология (от греч. rheos — течение, поток logos — слово, учение) — наука о деформациях и текучести веществ, сформировавшаяся как самостоятельная часть физико-химической механики. Она изучает течение и деформации различных веществ и материалов, широко используя при этом многие положения механики и теории упругости.

Приготовление блюд и кулинарных изделий связано с переработкой пищевых продуктов, представляющих собой структурированные системы, обладающие упругопластично-вязкими свойствами. Знание структурно-механических свойств сырья и полуфабрикатов необходимо для создания новых конструкций машин и аппаратов, выбора рациональных режимов работы оборудования и оптимальных технологических схем производства, использования их в качестве контролируемых параметров при создании автоматизированных систем управления технологическими процессами при непрерывном контроле качества продукции.

Знание реологии необходимо в таких технологических процессах, как измельчение и перемешивание пищевых масс, пресование, формование и т. д.

Важнейшие реологические характеристики пищевых материалов — предельное напряжение сдвига, вязкость и адгезионно-когезионная прочность (адгезия), знание которых позволяет рассчитать процессы течения пищевых масс в рабочих органах машин, судить о степени отклонения реологических свойств от оптимальных значений.

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ РЕОЛОГИИ

Все реальные тела способны деформироваться под воздействием внешних сил, т. е. изменять свою форму и размеры.

Под деформацией понимают относительное смещение частиц тела, при котором не нарушается его непрерывность. Деформация называется упругой, если она исчезает после снятия нагрузки, и остаточной, если после снятия нагрузки она сохраняется. Величина и характер деформации обусловлены свойствами материала тела, его формой и способом приложения внешних сил.

При деформировании тела возникают внутренние силы взаимодействия его отдельных частиц. Мету интенсивности этих внутренних сил называют напряжением.

После прекращения воздействия на тело внешних сил напряжения частично или полностью рассасываются вследствие теплового движения молекул и других элементов структуры. Процесс убывания напряжений во времени называется релаксацией. Время релаксации — важная структурно-механическая характеристика тела.

К важнейшим реологическим свойствам тела относятся вязкость, упругость, эластичность и прочность.

Прочность — свойство материалов в определенных условиях и пределах, не разрушаясь, воспринимать те или иные воздействия. Критериями прочности для различных случаев служат предел текучести, предел ползучести и др.

Упругость — способность тел мгновенно восстанавливать свою форму и объем после прекращения действия внешних сил. Упругие свойства определяются предельным напряжением сдвига и другими механическими характеристиками.

Под напряжением сдвига понимают сопротивление тела действию касательной составляющей приложенной силы. На-

пряжение сдвига равно отношению этой силы к поверхности сдвига. Минимальная сила, необходимая для осуществления сдвига (перемещение слоев на площади сдвига), определяется величиной предельного напряжения сдвига. Если при всестороннем равномерном давлении изменяется только объем тела, а форма остается неизменной, то при сдвиге изменяется форма тела при постоянном объеме.

Если деформации изменяются во времени, то они характеризуются скоростью деформации (например, скоростью деформации сдвига).

Вязкость — способность жидкости оказывать сопротивление перемещению одной ее части относительно другой под действием внешней силы. Величина, обратная вязкости, называется текучестью. Вязкость зависит от температуры, давления, влажности или жирности, концентрации, степени дисперсности и т. п. Различают вязкость эффективную и пластическую.

Пластичность — способность тела сопротивляться изменению формы под действием внешних воздействий.

Эластичность — свойство тел восстанавливать форму или объем постепенно в течение некоторого времени.

Релаксация напряжений (давления) — процесс постепенного рассеивания запасенной в теле энергии упругой деформации путем превращения ее в теплоту. Релаксация напряжений делится на два периода: первый характеризуется резким уменьшением напряжения в условиях быстро затухающей скорости релаксации; второй определяется замедленным снижением напряжения с весьма низкой скоростью релаксации.

Для практики формования пищевых продуктов наибольший интерес представляет первый период релаксации, так как на довольно короткий промежуток времени приходится большая часть напряжения.

Ползучесть — свойство материала непрерывно деформироваться под воздействием постоянной нагрузки. В пищевых материалах ползучесть проявляется очень быстро, с чем необходимо считаться при их обработке.

Тиксотропия — способность некоторых дисперсных систем самопроизвольно восстанавливать структуру, разрушенную механическим воздействием. Она свойственна дисперсным системам и обнаружена у многих полуфабрикатов и пищевых продуктов.

СТРУКТУРА ПИЩЕВЫХ СИСТЕМ

Реологические свойства продукта во многом определяются его структурой и текстурой. Структура — от лат. *structura* — совокупность устойчивых связей объекта, обеспечивающих его целостность и тождественность самому себе; текстура — от лат. *textura* — ткань, связь, строение.

Многие пищевые массы помимо твердого и жидкого состояний обладают структурами, которые по физическим свойствам занимают промежуточное положение. К ним относятся белковые и углеводные студни, суспензии разной концентрации (пасты, эмульсии, пены и др.).

Наличие внутренней структуры придает таким системам определенные механические свойства — упругость, пластичность, вязкость, прочность, которые объективно характеризуют их консистенцию. Механические свойства зависят от природы входящих в систему веществ и их соотношения, а также от сил взаимодействия между ними.

13.1. Типы дисперсных систем пищевых продуктов (по А. В. Горбатову и др., 1982)

Дисперсионная среда	Дисперсная фаза	Дисперсная система	Продукт (в том числе сырье, полуфабрикаты)
Газ	Жидкость	Жидкий аэрозоль	Экстракт кофе при распылительной сушке
	Твердое тело	Твердый аэрозоль	Мука при пневмотранспортировании
Жидкость	Газ	Пена	Белковая пена
	Жидкость	Эмульсия	Молоко, майонез
	Твердое тело	Золь	Какао-масса
Твердое тело	Газ	Суспензия	Фруктовый сок
		Твердая пена, пористое твердое тело	Мороженое, бэзе, сухари
	Жидкость	Твердая эмульсия	Масло, маргарин
	Твердое тело	Пористое твердое тело, заполненное жидкостью	Овощи и фрукты
Твердое тело		Твердая суспензия	Макаронные изделия, шоколад, карамель

**13.2. Сложные дисперсные системы пищевых продуктов
(по Ю. А. Мачихину и др., 1990)**

Продукт	Дисперсная фаза	Дисперсионная среда
Шоколад	Кристаллы сахара, твердые частицы какао, пузырьки воздуха	Кристаллическая форма какао-масла
Мороженое	Пузырьки воздуха, капельки жира, белковые макромолекулы	Кристаллическая водянистая фаза
Мякиш хлеба	Пузырьки воздуха, частично кристаллические молекулы крахмала, частицы отрубей	Крахмальный и белковый гель
Фрукты, овощи, картофель, зерно, масличные семена	Капельки жидкости, пузырьки воздуха, крахмальные зерна	Целлюлоза, белковая оболочка
Мясо	Капельки жидкости, кости, капельки жира	Белковые макромолекулы

В соответствии с представлениями академика П. А. Ребиндера принято различать два основных типа дисперсных структур: коагуляционную и конденсационно-кристаллизационную. Коагуляционные структуры удерживаются силами Ван-дер-Ваальса, действующими через жидкие прослойки. Основные условия их образования — неоднородность поверхности соприкосновения частиц и наличие гидрофобных участков, на которых возникают точечные контакты — начальные звенья будущей структуры. Эти структуры могут обладать свойствами неньютоновских жидкостей и сильно изменяются при нагреве, введении ПАВ, изменении кислотности и других воздействиях.

Конденсационно-кристаллизационные структуры образуются в процессе конденсации полимеров или кристаллизации их растворов и расплавов; их существование определяется прочными химическими связями, отдельные частицы срастаются, жидкие прослойки между ними отсутствуют. Системы с такой структурой обладают большей прочностью, хрупкостью и необратимостью при разрушении.

Коагуляционные структуры могут переходить в конденсационно-кристаллизационные в процессе обработки продукта, когда создаются условия для удаления жидких прослоек между частицами, например при сушке или прессовании.

13.3. Классификация пищевых продуктов по реологическим свойствам и текстурным признакам (по Ю. А. Мачихину и др., 1990)

Дисперсная система	Продукт (в том числе сырье, полуфабрикат)	Типичные реологические свойства	Типичные текстурные признаки продукта
Чистая жидкость	Вода, спирт, масло	Ньютоновская вязкость	Водянистый, жидкий
Чистый расплав	Расплавленные жиры (какао-масло), расплавленный сахар	Преимущественно ньютоновская вязкость	Жидкий, густой, маслянистый
Истинный раствор	Солевые и сахарные растворы, экстракты, пиво, напитки	То же	Жидкий, густой
Коллоидный раствор	Белковые растворы, мутные фруктовые и ягодные соки	Ньютоновская вязкость, возможны вязкоупругость, тиксотропия	Жидкий, густой, слизистый
Жидкообразная	Суспензии (какао, фруктовые и овощные соки, супы), эмульсии (молоко, сливки, майонез)	Ньютоновская и неньютоновская вязкость, тиксотропия, вязкоупругость	Жидкий, густой, кремообразный, тягучий, вязкотекучий, клейкий
Пастообразная	Фруктовое пюре (яблочный мусс), ореховый мусс, творог, фарш	Неньютоновская вязкость, тиксотропия, реопексия, вязкоупругость	Густой, клейкий, кашицеобразный, резинообразный, слизистый, тягучий
Связанная мягкая	Масло, пенная масса, желе, тесто, йогурт, суп, паштет, картофельное пюре	Пластичная вязкость, обратимая и необратимая тиксотропия, упругость, вязкоупругость	Мягкий, мажущийся, скользкий, кремообразный, пастообразный, клейкий, эластичный
Связанная полутвердая	Мякиш хлеба, вареная колбаса, вареный картофель	Упругость, пластичная вязкость, вязкоупругость	Мягкий, крепкий, резинообразный, вязкий
Прочная	Свежие яблоки, груши, картофель, огурцы, мясо, хлебобулочные продукты длительного хранения, шоколад, конфеты	То же	Мягкий, прочный, хрупкий, ломкий, вязкий
Твердая	Карамель, зерно, ядра орехов, макаронные изделия, морковь	Упругость, твердость, высокая текучесть и прочность, хрупкость	Крепкий, твердый, хрупкий, ломкий, стекловидный

Пищевые продукты, включая сырье и полуфабрикаты, в зависимости от состава, дисперсного строения и структуры обладают различными реологическими свойствами и текстурными отличительными признаками (табл. 13.1 и 13.2).

Наиболее сложными реологическими свойствами обладают высококонцентрированные дисперсные системы (табл. 13.3) с пространственными структурами. Образование и изменение структур, обусловленные физико-химическими, биохимическими, коллоидно-химическими или чисто физическими процессами, всегда приводят к изменениям их реологических свойств.

МЕХАНИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ИДЕАЛИЗИРОВАННЫХ ТЕЛ

Необходимо отметить, что все законы реологии разработаны для идеальных тел. Известны три основные модели идеализированных материалов: идеально упругое тело (по Гуку), идеально пластическое тело (по Сен-Венану), идеально вязкая жидкость (по Ньютону).

Механической моделью вязкой жидкости является демпфер (рис. 13.1, *a*), или тело Ньютона. Идеально вязкая жидкость характеризуется тем, что напряжения в ней пропорциональны скорости деформации.

Вязкое течение происходит под действием любых сил, как бы малы они ни были, однако скорость деформации при уменьшении сил уменьшается, а при их исчезновении обращается в нуль.

Моделью упругого твердого тела является пружина (рис. 13.1, *b*), или тело Гука. Идеально упругое тело — это система, в которой энергия, затраченная на деформацию, накапливается в теле и может быть возвращена при разгрузке.

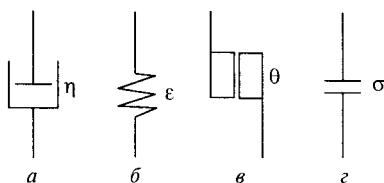


Рис. 13.1. Механические модели, отражающие простые реологические свойства материалов:

a — тело Ньютона; *b* — тело Гука; *v* — тело Сен-Венана; *z* — тело Рэнкина

Модель идеально пластичного тела изображается в виде пары трения и определяется как тело Сен-Венана (рис. 13.1, *в*). Оно неподатливо при нагрузке ниже предела текучести, а после его превышения неограниченно деформируется. Предел текучести — это реологическая константа элемента пластичности. При изучении структурно-механических свойств пищевых продуктов их испытывают на разрушение, которому предшествуют мгновенные необратимые деформации.

Модель твердого тела, или тело Рэнкина, изображается как пара сцепленных пластин (рис. 13.1, *з*). Реологическая константа данного элемента — предел прочности. Если при осевом нагружении достичь предела прочности, сцепленные пластины необратимо разъединяются.

Необходимо отметить, что ни один из реальных пищевых продуктов не может быть полностью описан ни одной из моделей идеальных тел. В большинстве своем пищевые продукты соответствуют сложным моделям, представляющим собой комбинацию простых, т. е. являются упругопластичными, упруговязкими или вязкопластичными телами, причем в зависимости от условий (температуры, влажности, давления, способа и скорости приложения нагрузки) превалируют то одни, то другие свойства. В связи с этим при изучении реологических свойств продукта обязательно должны быть четко указаны условия проведения испытаний, в противном случае полученные результаты будут несопоставимы.

Свойства жидкостей

К жидкостям относятся вещества, у которых при постоянном напряжении сдвига θ наблюдается течение (деформация e) с постоянной или переменной скоростью. Свойства жидкостей могут проявляться и у пластичных тел после превышения предела текучести.

При простом течении ньютоновской жидкости с напряжением θ возникает деформация с определенной скоростью сдвига u . Отношение напряжения сдвига к скорости деформации сдвига является реологической константой жидкости и называется ньютоновской вязкостью η :

$$\eta = \theta / \dot{\gamma}$$

Для неньютоновских жидкостей вязкость является функцией скорости сдвига, поэтому ее называют «кажущейся» или эффективной вязкостью $\eta_{эф}$ ($\text{Па} \cdot \text{с}$), которая достаточно полно характеризует поведение текучего материала.

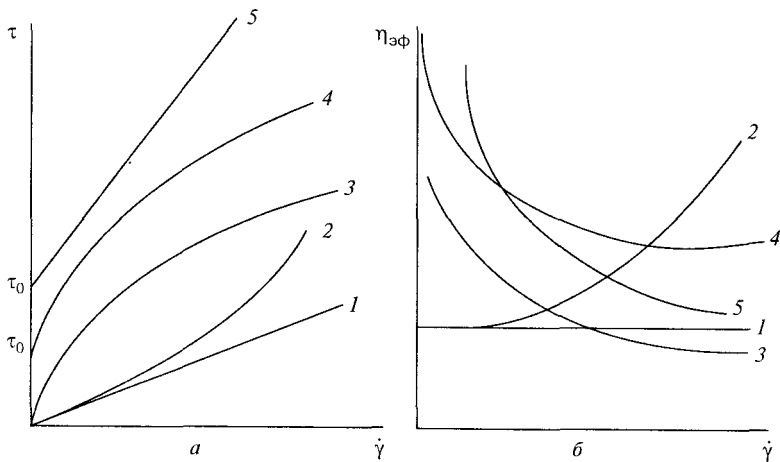


Рис. 13.2. Неполные кривые течения (а) и функции вязкости (б):

1 — ньютоновской жидкости; 2 — дилатантной жидкости; 3 — структурно-вязкой жидкости; 4 — нелинейного пластичного тела; 5 — линейного пластичного тела

Определение эффективной вязкости предусматривает измерение значений $(\eta, \dot{\gamma})$ в широкой области для построения кривой течения и функции вязкости.

Для характеристики жидкостей используют кривые течения — реограммы, представляющие собой графическую зависимость напряжения сдвига от скорости деформации в условиях простого сдвига.

Реограмма ньютоновских жидкостей представляет собой прямую линию 1 (рис. 13.2), проходящую через начало координат. Все кривые течения 2-5, которые отклоняются от прямой линии, соответствуют неньютоновским жидкостям. При этом кривая 2 отражает дилатантное течение, характерное в основном для концентрированных дисперсных систем, при котором с увеличением скорости деформации наступает «затруднение сдвига» (при высокой концентрации дисперсной фазы вследствие образования пространственной структуры возникает предел текучести); кривая 3 — псевдопластичное течение, что характерно для «сдвигового размягчения» вследствие разрушения структуры с увеличением скорости деформации; кривая 4 — нелинейное пластичное течение, характерное для большинства пластичных тел.

Линейный участок кривой 5 характерен для бингамовских тел и соответствует идеальному пластичному течению.

Таким образом, эффективная вязкость неньютоновских жидкостей состоит из двух компонентов:

1 — неньютоновской вязкости η , основанной на внутренней трении жидкости и представляющей собой физическую константу материала;

2 — структурного сопротивления $\eta_{эф}(\gamma) - \eta_{эф}$, зависящего от структурного состояния дисперсных систем и являющегося функцией скорости сдвига $\dot{\gamma}$.

Свойства твердых тел

Твердые тела в зависимости от упругости бывают гуковскими и негуковскими.

Гуковское тело — это идеально упругое тело, состояние которого описывается уравнением Гука

$$\theta = G\gamma,$$

где G — модуль упругости.

После снятия нагрузки, отдавая накопленную энергию, гуковское тело без запаздывания возвращается в исходное состояние.

Однако среди твердых тел встречаются такие, поведение которых не соответствует поведению идеально упругого тела. Такие тела называются негуковскими.

Для негуковского твердого тела с нелинейной упругостью

$$\theta / \gamma = G \text{ const}$$

При этом модуль сдвига является функцией деформации, что характерно, например, для пористых пенообразных пищевых материалов. В связи с этим, как и для неньютоновских жидкостей, вводят понятие эффективного модуля упругости $G_{эф}$. Если напряжение не превышает предела текучести (или прочности) твердого тела, соотношение между напряжением сдвига и деформацией описывается уравнением

$$\theta = G_{эф} \gamma^m.$$

На рис. 13.3 приведены графики зависимости деформации E от времени деформирования t при постоянном напряжении для твердых, твердообразных, жидких и жидкообразных структур пищевых продуктов.

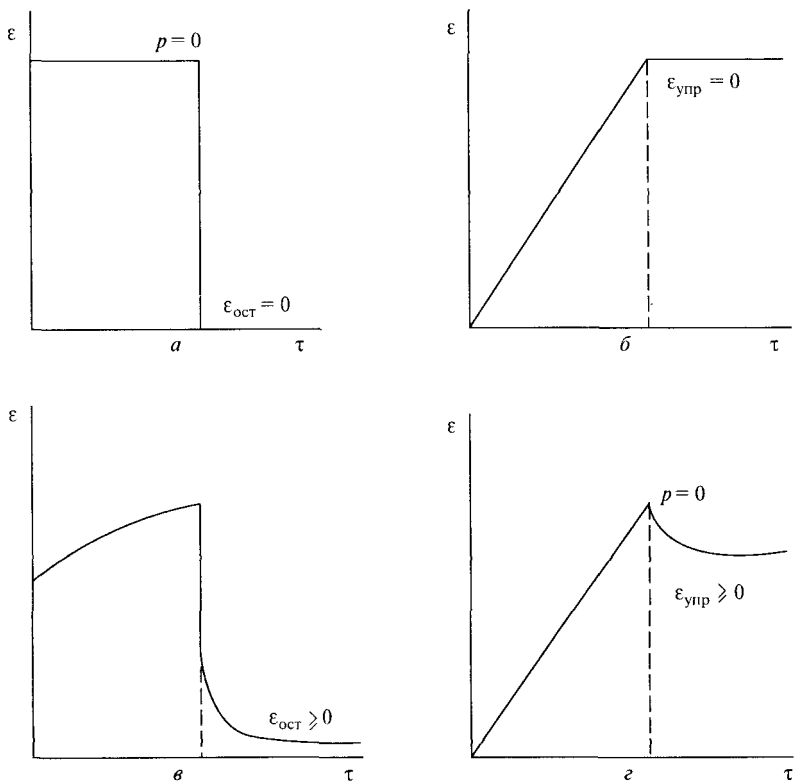


Рис. 13.3. Схема зависимости деформации ϵ от времени τ при постоянном напряжении

Для идеально твердых тел (рис. 13.3, *a*) основной характеристикой является модуль упругости, определяемый по величине упругой, исчезающей после снятия напряжений деформации $\epsilon_{\text{упр}}$. Определить вязкость твердого тела не представляется возможным из-за отсутствия у него пластической остаточной деформации ($\epsilon_{\text{ост}} = 0$).

Измерение величины упругих деформаций и модулей у некоторых твердых (кристаллических) структур также связано со значительными трудностями из-за малой величины этой деформации, хрупкости. Для таких тел определяют прочность или критическое напряжение разрушения структуры. При этом испытываемый

образец нагружают постепенно, увеличивая напряжение до критического, соответствующего разрушению структуры. В структуре постепенно развиваются дефекты (например, трещины). Критическое напряжение, или прочность, бывает значительно меньше, чем модуль упругости, определенный по величине мгновенной упругой деформации, протекающей в доли секунды.

У идеальных, или истинных, жидкостей (рис. 13.3, б) представляется возможным определить только вязкость, так как вся получаемая деформация является остаточной ($E_{\text{ост}} = 0$) и после снятия нагрузки не исчезает.

У идеально твердых тел и жидкостей по указанным выше причинам нельзя определить период релаксации напряжений.

У большинства продуктов можно определить как упругие, так и остаточные деформации и по ним рассчитать модули упругости, вязкость и период релаксации. На рис. 13.3, в представлен пример для твердообразных, а на рис. 13.3, г — для жидкообразных продуктов.

Таким образом, многочисленные реальные твердые тела обладают мгновенной обратимой упругостью и запаздывающей упругостью, а после превышения предела текучести возникает пластичное течение.

Пищевые продукты и полуфабрикаты, такие, как тесто, творожные массы, мясные и рыбные фарши, мясо, шпик, фруктовые и овощные пюре, джемы, повидло, сливочное масло и маргарины, кремы, относятся к пластично-вязким твердообразным структурами, и их деформационное поведение, или течение, отличается от поведения ньютоновских жидкостей или твердых тел.

Для неразрушенных структур существует два основных типа кривых кинетики деформации.

В первом случае (рис. 13.4, а) приложенное напряжение меньше предела текучести ($P < P_{\text{л}}$). Этот тип встречается очень редко, например, при действии малых напряжений на пищевые студни деформация может быть полностью обратимой.

При мгновенном действии напряжения возникает упругая деформация ε_0 как мгновенная реакция тела на внешнее воздействие OA . Ее величина определяется силами первичных химических связей. Вслед за мгновенной, упругой развивается уже во времени высокоэластичная деформация, также обратимая по величине AC . Ее величина характеризует силу связи между отдельными макромолекулами и их звеньями. Деформация достигает некоторого максимального значения ε_{max} и далее не меняется,

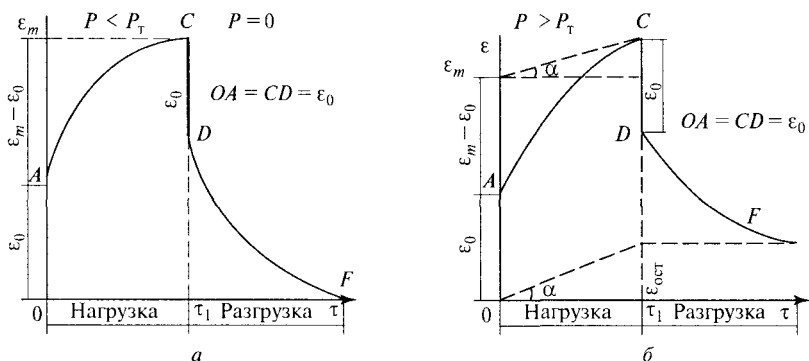


Рис. 13.4. Кривые кинетики деформации материала

так как действующее напряжение уравнивается силами внутреннего сопротивления тела, конечный участок кривой является линейным. В точке C напряжение снимают ($P = 0$), деформация спадает до нуля по кривой CDF , система полностью восстанавливает свою форму.

В большинстве случаев для реальных пищевых систем приложенное напряжение превышает предел текучести ($P > P_T$) и получается кривая, изображенная на рис. 13.4, б.

При мгновенном действии напряжения возникает упругая деформация ϵ_0 как мгновенная реакция тела на внешнее воздействие.

После возникновения мгновенной упругой деформации обнаруживается непрерывное нарастание остаточной деформации, переходящее в пластическое течение. Остаточная деформация нарастает с постоянной скоростью, которую можно охарактеризовать $\operatorname{tg} \alpha$, а максимальная деформация ϵ_{\max} за время действия нагрузки x определяется отрезком, отсекаемым на оси ординат касательной к конечному участку кривой.

В точке C напряжение снимают, происходит своеобразный «отдых» образца, при этом упругая деформация исчезает.

$\epsilon_0 = OA = CD$, и идет восстановление эластической деформации. С увеличением времени кривая BP будет приближаться к некоторому конечному значению остаточной деформации $\epsilon_{\text{ост}}$.

По кривой кинетики деформации кроме предела упругости можно найти модули мгновенной упругости сдвига, эластичности и другие характеристики.

ПРЕДЕЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ СДВИГА

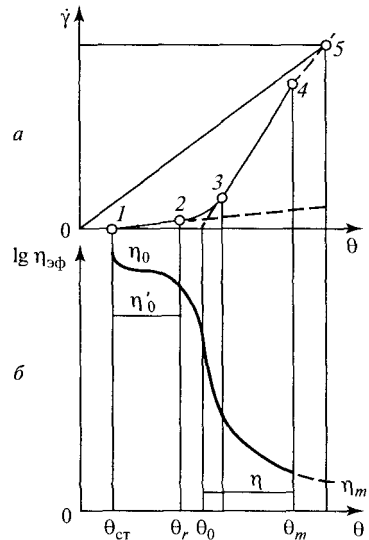
Реограммы пластично-вязких твердообразных материалов имеют сложный характер с несколькими характерными участками (рис. 13.5).

С увеличением напряжения сдвига до точки 7 происходит только упругая деформация, слои друг относительно друга не перемещаются, материал ведет себя как твердое тело, вязкость системы бесконечно велика.

Величина $\theta_{ст}$ (статическое предельное напряжение сдвига) характеризует переход системы из состояния покоя в состояние медленного перемещения одного слоя относительно другого (ползучесть) без заметного разрушения структуры. Деформация становится высокоэластичной, вязкость принимает максимальное значение (η_{max}) и называется пластической или шведовской.

Величина $\theta_{ст}$, или более распространенное на практике обозначение θ_0 — предельное напряжение сдвига неразрушенной структуры, является одной из основных реологических характеристик пластично-вязких материалов. Под предельным напряжением сдвига понимают напряжение, по достижении которого материал начинает необратимо деформироваться (течь).

Рис. 13.5. Реологические кривые для твердообразных систем:
a — зависимость градиента скорости от напряжения сдвига; *b* — зависимость логарифма эффективной вязкости от напряжения сдвига;
 0—1 — зона упругих деформаций;
 1—2 — зона начала течения с наибольшей эффективной и пластической вязкостью;
 2—3 — начало зоны лавинного разрушения структуры;
 3—4 — зона лавинного разрушения структуры (течение с наименьшей пластической вязкостью);
 5 и выше — зона ньютоновского течения с постоянной вязкостью предельно разрушенной структуры



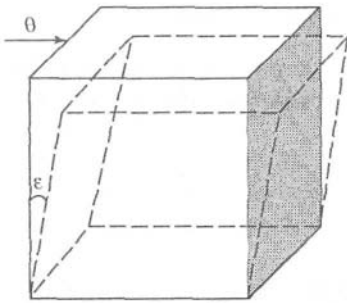


Рис. 13.6. Деформация сдвига

Для большей наглядности представим себе кубик (рис. 13.6), который нижним основанием приклеен к неподвижной плоскости, а к верхнему основанию приложено напряжение θ . В результате кубик превратится в ромбоэдр, так как его боковые стороны сдвинутся на угол θ . Этот угол называется углом сдвига. Он зависит от приложенного напряжения и свойств материала.

Если напряжения сдвига малы, то и углы невелики и исчезают после того, как будут сняты напряжения, в этом случае тело проявляет упругие свойства. Если приложены большие напряжения, получаются большие углы ϵ , после снятия напряжений углы сдвига могут частично уменьшаться, но не до нуля, т. е. появятся остающиеся углы сдвига ϵ . Напряжения, при которых они появляются, называются пределом упругости и характеризуют предельное напряжение сдвига.

Участок 2—3 (см. рис. 13.5) соответствует интенсивному (лавиновому) разрушению структуры в системе. Начало разрушения θ_r означает переход ползучести в течение с постоянно изменяющейся вязкостью, называемой эффективной вязкостью $\eta_{\text{эф}}$.

Эффективная вязкость — это итоговая характеристика для данного напряжения сдвига, характеризующая равновесное состояние между процессами восстановления и разрушения структуры, а также ориентации частиц в направлении установившегося ламинарного потока жидкости.

Участок 3—4 (прямая линия) отвечает течению системы с разрушенной структурой. Величина θ_0 , отсекаемая на оси абсцисс продолжением прямолинейного участка, называется динамическим или бингамовским предельным напряжением сдвига.

Величина θ_{max} соответствует практически полному разрушению структурных элементов. Вязкость системы принимает минимально возможное значение.

АДГЕЗИЯ

Адгезия (от лат. *adhesio* — прилипание) — это сцепление разнородных тел, соприкасающихся своими поверхностями. Она относится к поверхностным свойствам пищевых продуктов, играет важную роль в различных технологических процессах, где существует контакт между продуктом и поверхностью обрабатывающей машины, и, как правило, нежелательна.

На адгезию пищевых масс оказывают влияние свойства используемого сырья и особенности технологии. Например, адгезия дрожжевого теста зависит от способа приготовления (опарное, безопарное, сорт муки, количество дрожжей, добавки ПАВ и др.).

До настоящего времени природа адгезии полностью не выяснена и существует несколько теорий ее существования (адсорбционная, термодинамическая, диффузионная, электрическая, химическая и др.).

По адсорбционной теории адгезия связана с действием межмолекулярных сил: физических — ван-дер-ваальсовых, ковалентно-ионных. При взаимодействии двух тел вследствие броуновского движения молекул и их перегруппировки на границе контакта устанавливается адсорбционное равновесие.

Диффузионная теория, развиваемая С. С. Воюцким, объясняет адгезию полимеров диффузией макромолекул в поры и трещины металлической поверхности, а также результатом диффузии в аморфный слой гидроксида, образующегося на поверхности металла.

Согласно электрической теории Б. В. Дерягина и Н. А. Кротовой адгезия объясняется контактной электризацией на границе разнородных тел, т. е. возникновением в зоне контакта своеобразного электрического молекулярного конденсатора, обусловленного двойным электрическим слоем.

Химическая теория связывает явление адгезии с химической активностью контактирующих тел. В месте контакта происходит химическое взаимодействие контактирующих материалов, в результате которого на поверхности металла образуются мономолекулярный слой продуктов реакции взаимодействия.

Таким образом, хотя механизм адгезии недостаточно изучен и не существует единой теории этого процесса, каждая из выше-

приведенных теорий определенным образом объясняет явление адгезии.

С понятием адгезии тесно связано понятие когезии. Когезия означает связи внутри данного тела. Соотношение адгезии и когезии в значительной степени определяет условие после удаления структурированных пищевых масс (тесто, фарши и др.) при нарушении их контакта с твердой поверхностью.

В большинстве случаев силы адгезии превышают силы когезии и отрыв от поверхности субстрата происходит полностью или частично в объеме адгезива. В этом случае отрываема поверхность полностью или частично оказывается покрыта адгезивом, а вид отрыва называют когезионным или смешанным. Например, для мучного теста это означает прилипание части теста к внутренней поверхности различных емкостей, к деталям технологического оборудования. Повышенная по сравнению с когезией адгезия теста приводит к потерям пищевого сырья и снижению производительности оборудования.

На величину адгезии оказывают влияние различные факторы: влажность продукта, площадь, давление и продолжительность контакта с поверхностью, вид поверхности, скорость отрыва и др.

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Для определения реологических параметров материала и показателей консистенции применяют множество методов и приборов (реометров), которые различаются по области применения, виду измеряемой величины, принципам нагружения, степени автоматизации и другим признакам (табл. 13.4).

Большинство реологических методов измерения и приборов предназначено для лабораторных исследований. В современных приборах измерения частично или полностью автоматизированы, а результаты обрабатываются с помощью компьютеров.

Для исследования систем с низкой вязкостью (соки, молоко, растительное масло и др.) используют капиллярные и шариковые вискозиметры; для систем с высокой вязкостью — ротационные вискозиметры (реотесты, вискозиметры Воларовича, Мачихина и др.).

Для определения величины предельного напряжения сдвига также используют различные методы и приборы. К наиболее доступным и простым приборам относятся конические пластометры и пенетрометры с различными инденторами (конус, шар,

13.4. Классификация реометров (по Ю. А. Мачихину, 1990)

Реометры	Вид нагружения (течения)	Измеряемая величина	Область применения
Вискозиметры: капиллярные	Одномерное сдвиговое течение	Реологические характеристики	Фруктовые и овощные соки, молоко, кефир, сливки, растительное масло, сиропы, творог, мясной и рыбный фарши, пасты, конфетные массы, тесто
ротационные шариковые колебательные	То же Течение Стокса Одномерное и двумерное сдвиговое течение		
Пенетрометры	Многомерное пенетрационное течение	Предельное напряжение сдвига, параметры текстуры	Твердые жиры, желе, тесто, мякиш хлеба, фрукты, овощи, сыр, колбаса, мясо, шоколад
Компрессионные	Сжатие образца	Предел прочности при сжатии, объемная вязкость, параметры текстуры	Твердообразные пищевые продукты
Универсальные типа «Инстрон»	Растяжение, сжатие, изгиб, сдвиг и другие простейшие виды нагружения исследуемого продукта	Прочностные характеристики, параметры текстуры	То же
Трибометры	Сдвиг	Фрикционные характеристики	»
Адгезиометры	Отрыв контактирующего элемента от поверхности исследуемого материала	Адгезионные характеристики	»

игла и др.), а также приборы для измерения деформации сдвига на наклонной плоскости.

Принцип работы конического пластомера (пенетрометра) состоит в том, что в исследуемый продукт под действием постоянной нагрузки погружают конус, который может иметь гладкую или рифленую поверхность. По глубине погружения индентора судят о консистенции продукта и его структурно-механических свойствах.

Согласно акад. П. А. Ребиндеру, величину предельного напряжения сдвига θ_0 рассчитывают по максимальному погружению конуса h_{\max} в исследуемый материал:

$$\theta_0 = MK/(h_{\max})^2$$

где M — масса нагрузки, действующая на конус; K — константа конуса, зависящая от угла его вершины.

Для определения адгезии используют универсальные адгезиометры, действующие по принципу отрыва. Применяют пластины различной площади, изготовленные из различного материала (нержавеющая сталь, фторопласт 4), при этом изменяют давление и время предварительного контакта, скорость отрыва и другие параметры.

Поскольку величина адгезии P_0 (Па) характеризуется силой, отнесенной к единице площади контакта S , то ее определяют как удельную силу нормального отрыва пластины F от продукта:

$$P_0 = F/S.$$

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ КУЛИНАРНОЙ ПРОДУКЦИИ

Н. А. Коробочка с помощью ротационного вискозиметра «Реотест-2» установила реологические показатели качества соусов «Новинка» и «Молочно-яблочного» при 20 °С, индекс течения, коэффициент консистенции, предельное напряжение сдвига, вязкость. С использованием компьютера была получена новейшая зависимость вязкости исследуемых концентрированных соусов от степени деформации.

Кривые течения концентрированных соусов в достаточной мере описываются реологическими уравнениями Гершеля—Балкли:

$$\theta = \theta_0 + (\eta_{\text{пл}}\dot{\gamma})^n$$

где θ — напряжение сдвига; θ_0 — предельное напряжение сдвига; $\eta_{\text{пл}}$ — пластическая вязкость; $\dot{\gamma}$ — скорость сдвига.

Для соусов «Новинка» $\theta = 189,81 + 284,60\dot{\gamma}^{0,08}$, для «Молочно-яблочного» $\theta = 154,66 + 183,08\dot{\gamma}^{0,21}$.

Установлено, что предельное напряжение сдвига мясных фаршей более чувствительно к изменению технологических и механических факторов, чем пластическая и эффективная вязкость. В. Е. Артеменко проводил исследования по определению

13.5. Предельное напряжение сдвига фарша с добавками овощей

Содержание в фарше овощей, %	Предельное напряжение сдвига фарша с добавками овощей, Па	
	Морковь	Капуста
10	896	780
20	714	547
40	635	460
60	566	349

предельного напряжения сдвига комбинированных мясорастительных фаршей с разным содержанием овощей. Полученные результаты приведены в табл. 13.5.

Как видно из таблицы, изменение состава фарша влияет на величину предельного напряжения сдвига системы. Уменьшение предельного напряжения сдвига с увеличением в фарше доли овощей связано с увеличением содержания слабосвязанной воды и утолщением жидкостных прослоек дисперсионной среды.

Возрастание величины предельного напряжения сдвига мясного фарша в процессе его механического перемешивания может быть объяснено образованием белками дополнительными структурно-коагуляционных элементов. Как известно, для мясоспродуктов характерен коагуляционный тип структуры, которая является результатом взаимодействия между частицами вещества на основе сил Ван-дер-Ваальса через дисперсионную среду. В результате механического воздействия при перемешивании и действия поваренной соли часть миофибриллярных белков растворяется и переходит в дисперсионную среду, что и приводит к возрастанию предельного напряжения сдвига системы.

Б. А. Баранов исследовал влияние структурирующей добавки на реологические свойства мясных и рыбных фаршей. В качестве структурирующей добавки была использована сухая смесь, состоящая из пищевого альгината натрия, карбоната кальция и пищевой лимонной кислоты. Количество добавляемой смеси составляло 0,5...1,5 % к массе фарша. Исследования показали, что добавление смеси приводит к усилению упругих свойств фаршей и значительному возрастанию адгезии к нержавеющей стали и фторопласту. Так, липкость фарша с добавлением 1,5 % смеси была почти в 2 раза выше, чем у контрольного образца. Одновременно зафиксировано, что предельное напряжение сдвига готового изделия снижается, т. е. оно становится более мягким и сочным.

Основным показателем, характеризующим консистенцию мучного теста, также является предельное напряжение сдвига, которое зависит от технологии приготовления, влажности и температуры теста. Например, сырцовый способ приготовления пряничного теста обеспечивает наибольшее значение предельного напряжения сдвига, которое для пряничного теста варьирует в зависимости от рецептуры и влажности теста. Наиболее высокое значение предельного напряжения сдвига отмечено у пряничного теста, в рецептуру которого не входят естественные эмульгаторы.

С увеличением влажности теста значение предельного напряжения сдвига уменьшается. Предельное напряжение сдвига может также служить объективным показателем качества готовых изделий, например пряников, в процессе хранения. Так, О. Мазур было установлено, что нарастание структурной прочности зависит от способа приготовления изделий и их хранения. Была установлена граница, характеризующая хорошее качество пряников в процессе хранения, она соответствует значению структурной прочности в пределах 0,4 МПа. Сырцовые пряничные изделия, хранившиеся при обычных условиях, достигали структурной прочности, равной 0,4 МПа, к пятым суткам хранения, а заварные — только к восьмым суткам.

Б. А. Баранов с сотрудниками изучали структурно-механические характеристики теста молочных коржиков с добавлением альгината натрия (модуль упругости и вязкость, предельное напряжение сдвига и адгезия). В ходе исследований установлено, что тесто с добавками альгината натрия имеет более низкие значения предельного напряжения сдвига, а вязкость возрастает пропорционально количеству добавляемого альгината натрия.

Установлено, что добавление альгината натрия приводит к существенному возрастанию (в 1,5 раза) адгезии теста как к нержавеющей стали, так и к фторопласту.

Таким образом, величина предельного напряжения сдвига, адгезии для различных пищевых материалов может служить объективным показателем их качества.

На рис. 13.7 приведены кривые деформаций сдвига (полученные Л. В. Бабиченко) для дрожжевого, слоеного (пресного) и песочного теста. Как видно из графика, исследованные полуфабрикаты теста резко различаются по своим структурно-механическим свойствам.

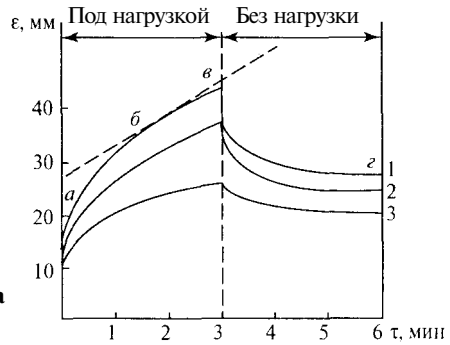


Рис. 13.7. Кривые деформации сдвига дрожжевого (1), слоеного (2) и песочного теста (3)

Так, в дрожжевом и слоеном тесте деформации в системе происходили уже при нагрузке, равной 0,85 и 0,60 Н, а в песочном — только при нагрузке 2,15 Н.

Для кривой деформации дрожжевого теста характерны постепенное и достаточно медленное развитие высокоэластической деформации и течение с убывающей скоростью (участки $a-b$ и $b-v$), а в разгруженной системе наблюдаются большая деформация упругого последействия и постепенное ее развитие, т. е. высокая эластичность (участок $v-z$). На характер кривой, несомненно, оказали влияние свойства клейковины дрожжевого теста, в частности ее эластичность.

Характер кривой деформации слоеного теста, не отличающегося по влажности от дрожжевого, несколько иной. Тесто обладает меньшей эластичностью, что, по-видимому, можно объяснить влиянием большого количества добавляемого в него сливочного масла.

Кривая сдвига песочного теста отражает быстрое развитие упругих деформаций (низкую эластичность). После разгрузки системы деформации незначительны.

К достоинствам этого вида теста относятся способность долго сохранять приданную ему форму, рассыпчатость, отсутствие из-за низкой влажности так называемой «затяжистости».

Рассчитанные в результате испытаний величины модуля упругости и вязкости для трех видов теста позволяют численно выразить различия в консистенции этих полуфабрикатов (табл. 13.6).

Следует отметить, что полуфабрикаты теста, структурно-механические характеристики которого отличаются от приведенных в таблице, имеют иные органолептические показатели. На-

**13.6. Структурно-механические характеристики
различных видов теста при 20 °С**

Тесто (полуфабрикат)	Влажность, %	Модуль упругости, кПа · с	Вязкость, Па · с	Органолептические показатели
Дрожжевое (опарное)	37	4,0	4,5	Эластичное, упругое
Слоеное (пресное)	35	3,4	3,6	Мягкое
Песочное	20	28,7	15,3	Рассыпчатое, мелкозернистое

пример, образец слоеного теста при влажности, близкой к стандартной (36,6 %), оказался излишне плотным и упругим, поскольку модуль упругости этого теста в 2 раза, а вязкость в 3 раза больше соответствующих средних величин, определенных для теста с хорошими органолептическими показателями.

Для липкого, «затяжистого» песочного теста с повышенной влажностью (35,5 % вместо 19 %) получены заниженные значения структурно-механических характеристик: модуль упругости $7,6 \cdot 10^3$ Па, вязкость $6,5 \cdot 10^5$ Па · с.

Таким образом, из полученных данных следует, что о качестве полуфабрикатов теста можно судить по их структурно-механическим свойствам.

Для изделий из ржаного теста особое значение наряду с другими имеют реологические свойства. Структура теста и качество готовых изделий зависят от особенностей белково-углеводного состава ржаной муки. Для ржаного теста характерны отсутствие губчатого клейковинного каркаса и наличие жидкой фазы, основу которой составляют пептизированный белок, слизи, растворимые декстрины, сахара, ограниченно набухающая часть белков, отрубянистых частиц.

Н. А. Акимова и Е. Я. Троицкая проводили реологические исследования с применением методов математического моделирования, целью которых были нахождение оптимальной концентрации компонентов, входящих в рецептуру (в том числе яблочного пюре), определение лучшего соотношения между ними, описание характера течения ржаного теста с помощью математических уравнений, а следовательно, выявление качества модельных и контрольных образцов и установление опти-

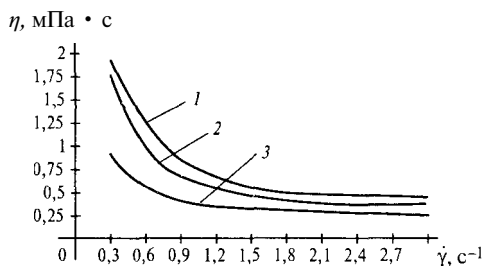


Рис. 13.8. Зависимость эффективной вязкости модельных рецептов теста от градиента скорости:

- 1 — образец с содержанием яблочного компонента 5 %;
- 2 — образец с содержанием яблочного компонента 15 %;
- 3 — образец с содержанием яблочного компонента 25 %

мальных структурно-механических показателей исследуемого полуфабриката теста.

Исследования проводили с помощью ротационного вискозиметра "Reotest-2" при температуре 20 °С. В процессе эксперимента, учитывая характер исследуемого теста, были подобраны рабочие диапазоны измерений в рамках имеющихся режимных параметров и найдены значения показателей (вязкость, предельное напряжение сдвига), определены уравнения течения теста.

Исследование структурно-механических показателей теста приведено на рис. 13.8 и 13.9.

Из рис. 13.8 отчетливо видно влияние яблочного компонента на структурно-механические свойства теста, при введении дополнительного количества которого наблюдается резкое снижение его вязкости; в режиме скоростей сдвига 0,33...16,2 с⁻¹ эта

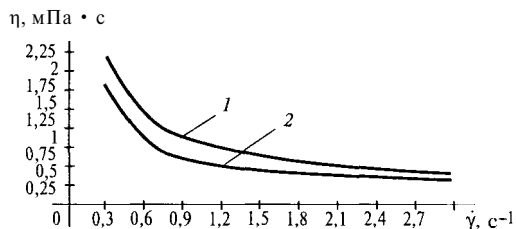


Рис. 13.9. Зависимость эффективной вязкости теста от градиента скорости:

- 1 — контрольный образец; 2 — оптимальный образец

величина находится в пределах 0,928...0,029 мПа · с. И наоборот, при уменьшенном количестве измельченных яблок в структуре теста вязкость возрастает с 0,083 до 1,940 мПа · с.

При обработке полученных данных на компьютере был проведен регрессионный анализ найденных зависимостей, который показал, что среди математических моделей (линейной, степенной, гиперболической, экспоненциальной) с наибольшей долей достоверности происходящие процессы можно описать степенными уравнениями. Коэффициенты корреляции для исследованных модельных образцов были соответственно $r_1 = -0,9859$, $r_2 = -0,9928$, $r_3 = -0,9840$.

Найденные степенные зависимости $\eta = f(\dot{\gamma})$, описывающие характер течения модельных образцов теста, показали, что исследуемые объекты относятся к вязкопластическим структурам, которые подчиняются следующим уравнениям течения:

$$\eta_1 = 6,737\dot{\gamma}^{-0,766}; \eta_2 = 6,590\dot{\gamma}^{-0,791}; \eta_3 = 6,013\dot{\gamma}^{-0,828}.$$

Характер течения модельных образцов 1 и 3 отличается от характера течения образца 2. Оптимальная кривая зависимости вязкости от скорости сдвига (образец 2) находится между двумя модельными образцами, его вязкость изменяется в пределах 1,771...0,062 мПа · с.

Недостатки образца 1 — плотная, неоднородная консистенция, немного крошливая, быстро образуется «заветренная» корочка, у образца 3 — растекающаяся, неплотная консистенция, заметны вкрапления непромышленных компонентов; изделия при формировании плохо сохраняют форму, рисунок не сохраняется.

При введении фруктовых добавок в сахарожировую яичную массу в тесте происходит разжижение структуры в результате относительного увеличения дисперсионной среды.

В этом случае можно говорить о том, что при введении фруктовых добавок совместно с яйцами в жировую массу образуется система с пониженной подвижностью воды, в связи с чем уменьшается адсорбция влаги белками муки при последующем замесе теста.

Изменение прочностных свойств теста при введении в него дополнительного количества яблочного компонента имеет степенной характер. Уменьшение эффективной вязкости теста по мере увеличения содержания в нем количества яблочного компонента свидетельствует о разжижении его структуры. Это явление можно объяснить ослаблением системы по мере увеличения содержания в ней воды.

При выборе оптимальной из исследуемых моделей теста учитывали не только реологические, но и другие показатели, входящие в комплексный показатель качества, а также органолептические свойства выпеченных изделий.

График, изображенный на рис. 13.9, показывает, что в адекватно описывающих процесс уравнениях течения, приведенных ниже, структура исследуемых путем сравнения контрольного и оптимального образцов разрушается различными темпами:

$$\eta_{\text{контр}} = 6,762\dot{\gamma}^{-1,163};$$
$$\eta_{\text{опт}} = 6,590\dot{\gamma}^{-0,791}.$$

Коэффициенты корреляции при этом $r_{\text{контр}} = -0,981$, $r_{\text{опт}} = -0,985$.

Установлен темп разрушения структуры, который составляет $m_{\text{контр}} = 2,163$, что значительно больше, чем $m_{\text{опт}} = 1,791$.

Вязкость контрольного образца теста находится в пределах 2,27...0,043 мПа·с. Образец теста разработанной рецептуры имеет менее вязкую консистенцию, чем контрольный, что объясняется введением в рецептуру растительных жиров, а также углеводов и воды, содержащейся в яблоках. Кроме того, более низкие значения вязкости полученного теста могут быть объяснены заменой пшеничной муки ржаной.

Таким образом, проведенные исследования позволили с помощью методов математического моделирования уточнить оптимальную рецептуру принципиально нового полуфабриката теста из ржаной муки, всесторонне исследовать его структурно-механические свойства и получить степенные уравнения течения изучаемого теста как вязкопластичного теста, а также в дальнейшем дать всестороннюю комплексную оценку качества как полученного полуфабриката теста, так и широкого ассортимента готовых изделий из него.

Под действием высоких температур (выпечка, пассерование) высокомолекулярные вещества муки претерпевают глубокие физико-химические изменения. Эти изменения сводятся к тепловой денатурации белковых веществ клейковины, теряющих способность к растяжению и деструкционным изменениям крахмала. Об изменении белков под влиянием различных температур нагревания можно судить по характеру кривых деформаций сдвига, полученных для мучного небродящего теста из муки, предварительно нагретой до различных температур (по данным Л. В. Бабиченко) (рис. 13.10).

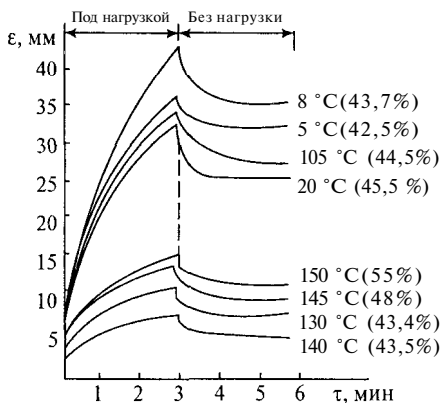


Рис. 13.10. Кривые деформации сдвига теста из муки воздушно-сухой и прогретой до различных температур (в скобках влажность)

Характер кривых для образцов теста из воздушно-сухой муки, нагретой до 65, 105 и 120 °С, свидетельствует о достаточно медленном развитии высокоэластической деформации и течения с убывающей скоростью, при этом разгруженная система характеризуется высоким значением упругого последействия. Повышение температуры нагрева муки сопровождается снижением эластичности теста. Особенно резкие изменения кривых наблюдаются для теста из муки, нагретой до 130 °С и выше. Они показывают быстрое развитие упругих деформаций (величины модулей сдвига и вязкости теста влажностью 45 % приведены в табл. 13.7).

Как видно из таблицы, при повышении температуры нагрева муки возрастает величина модуля сдвига теста. Для теста из му-

13.7. Структурно-механические характеристики теста из воздушно-сухой и нагретой муки

Температура, °С	Модуль сдвига, кПа	Вязкость $\eta \cdot 10^{-5}$, Па · с
20	1,18	0,45
55	1,75	0,47
105	0,92	0,52
120	1,37	0,68
130	1,58	1,60
140	2,18	2,20
145	3,41	2,90
150	30,00	11,80

13.8. Показатели размороженных полуфабрикатов

Вид мясных рубленых полуфабрикатов	Степень замены мяса, %	Реологические характеристики		Потери массы при тепловой обработке, %	Органолептическая оценка качества, средний балл
		Напряжение стандартной пенетрации, кПа	Работа резания, Дж/м ²		
С соевой мукой	0	1,881	369,4	29,5	4,4
	10	1,340	307,2	28,4	4,5
	20	0,778	238,0	26,8	4,5
	30	0,599	208,0	25,4	4,4
С белковым соевым текстуратом	0	1,881	369,4	29,5	4,4
	10	1,994	266,0	28,0	4,4
	20	2,126	254,9	26,2	4,5
	30	2,370	243,8	24,4	4,3

ки, нагретой до 150 °С, она почти в 30 раз больше, чем для теста из ненагретой муки.

В интервале от 120 до 130 °С значение вязкости повышается на один порядок, при более высоких температурах нагрева муки (от 130 до 150 °С) вязкость возрастает еще на один порядок, что свидетельствует о резких изменениях белков и углеводов муки. Таким образом, температура 120 °С является своего рода «критической». При нагревании выше этой температуры свойства муки изменяются наиболее резко.

Структурно-механические характеристики кулинарной продукции обычно определяют и интерпретируют в сочетании с другими показателями качества: водоудерживающей способностью, потерями массы при тепловой кулинарной обработке, органолептическими и другими показателями качества.

Так, мясные рубленые быстрозамороженные полуфабрикаты, приготовленные с разной степенью замены мясного сырья дезодорированной соевой мукой и белковым соевым текстуратом, характеризовались следующими реологическими данными, полученными О. А. Сунчалеевым и представленными в табл. 13.8.

Напряжение стандартной пенетрации и работу резания измеряли на универсальной испытательной машине «Инстрон-1122».

Из табл. 13.8 видно, что при замене части мясного сырья соевой мукой напряжение стандартной пенетрации снижается, а при замене белковым соевым текстуратом — возрастает. Это объясняется разным составом соевых заменителей: в соевой муке со-

держится 39 % белков и 21 % жира, а в белковом соевом текстурате — 51 % белков и 1,7 % жира. Набухшие белки укрепляют структуру фарша в полуфабрикатах, а жир, напротив, ослабляет. Эта закономерность проявляется и в показателе «Работа резания»: в первом варианте ее максимальное снижение составило 44 %, во втором — 35 %.

По разработанной технологии соевые заменители мяса вводят в мясной фарш в гидратированном виде. По результатам комплексных исследований качества полуфабрикатов и готовых изделий рекомендована 20%-ная замена мясного сырья соевыми продуктами.

В нормативной документации на производство полуфабрикатов и кулинарных изделий приводятся показатели, по которым можно судить об их химическом составе (содержание сахара, жира, влаги, кислотность и т. п.) и органолептических свойствах (вкус, запах, цвет). При этом консистенция продукта характеризуется как «твердая», «жесткая», «эластичная», «рассыпчатая», «незатяжная» и т. п., т. е. критерии оценки носят субъективный характер. Для более объективной оценки качества таких сложных многофазных дисперсных систем, как пищевые продукты и кулинарные изделия, целесообразно измерять и контролировать различные структурно-механические характеристики, с помощью которых можно определить необходимые усилия для перемещения продукта, его формования, судить о качестве продукта и степени его обработки, т. е. обосновывать оптимальные технологические режимы, контролировать и регулировать их, обеспечивая постоянное и стабильное качество готовой продукции.

Контрольные вопросы и задания

1. К каким структурам относятся пищевые продукты?
2. Перечислите основные свойства пищевых продуктов, связанные с их структурой.
3. Назовите и опишите основные механические модели идеальных тел.
4. Что понимают под вязкостью? Назовите виды вязкости.
5. Что понимают под предельным напряжением сдвига?
6. Что такое адгезия и когезия?
7. Назовите основные методы исследования реологических свойств пищевых систем.
8. Перечислите основные факторы, влияющие на различные структурно-механические свойства пищевых продуктов.

Глава 1 4

АКТИВНОСТЬ ВОДЫ КАК ФАКТОР СТАБИЛЬНОСТИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

Вода — составная часть всех пищевых продуктов. Технологические свойства, интегральный показатель качества и сроки хранения пищевых продуктов во многом зависят от свойств, количества и состояния (форма и энергия связи, активность) содержащейся в них воды.

Отечественные стандарты на пищевые продукты и кулинарные изделия содержат только количественную характеристику — «массовая доля влаги», которая не отражает важную роль воды в таких сложных гетерогенных и биологически активных системах, какими являются пищевые продукты.

ФОРМЫ СВЯЗИ ВОДЫ В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ

Вода — уникальная жидкость, свойства которой резко отличаются от свойств всех известных веществ на Земле. Изучению свойств воды, ее взаимодействию с другими веществами и поверхностью сухого каркаса посвящено большое число фундаментальных работ отечественных и зарубежных ученых: А. В. Лыкова, П. А. Ребиндера, А. В. Киселева, А. С. Гинзбурга, И. А. Рогова, Г. А. Егорова, Е. Д. Козакова, Р. В. Дакурта, С. Брунауэра, У. Скотта и др. Показано, что формы и энергия связи воды являются одной из основных характеристик качества продукта.

Классификации форм связи воды в материале большое внимание уделяли отечественные ученые. А. В. Лыков предложил все твердые материалы разделить по физическим свойствам на три группы (капиллярно-пористые, коллоидные, капиллярно-пористые коллоидные), что имело большое практическое значение для изучения процесса сушки различных материалов, в том числе и пищевых продуктов.

Классификация форм связи воды в материалах, учитывающая природу образования связи и энергию взаимодействия, предложена П. А. Ребиндером. Все формы связи воды он разделил на три группы: химическая, физико-химическая, физико-механическая. В соответствии с этой классификацией различают следующие виды связанной воды: химически связанная, адсорбционно связанная, вода макро- и микрокапилляров; осмотически

связанная и вода, свободно удерживаемая каркасом тела (иммобилизационная). Данная классификация была существенно дополнена и расширена Е. Д. Козаковым с учетом роли воды в биологических и биохимических процессах.

Таким образом, вода в материале или продукте может находиться в свободном и связанном состоянии. Свободная вода по своим свойствам приближается к обычной воде. Она легко удаляется из материала или продукта при высушивании, отжимании, прессовании, замерзает при температуре около 0 °С.

Химически связанная вода имеет очень прочную связь и не удаляется при высушивании, она входит в состав молекул. Ее можно удалить только в результате реакций, сопровождающихся выделением воды (меланоидинообразование, карамелизация и др.).

Физико-химически связанная вода подразделяется на воду, связанную моно- и полимолекулярной адсорбцией.

Влажность на уровне мономолекулярной адсорбции (3...6 %) имеют продукты сублимационной сушки — быстрорастворимый кофе и др. Считается, что вода, связанная мономолекулярной адсорбцией, не является растворителем и не участвует в химических реакциях, не замерзает при температурах, близких к абсолютному нулю.

Влажность на уровне полимолекулярной адсорбции (6... 14 %) характерна для многих сухих продуктов (пищевые концентраты, мука, крупы и т. п.). В продуктах с влажностью на уровне полимолекулярной адсорбции невозможен микробиологический рост, но могут происходить ферментативные процессы и реакции меланоидинообразования (потемнение, изменение запаха и др.).

Осмотическая связь воды обусловлена тем, что давление пара над раствором ниже, чем над растворителем (свободной водой). Осмотически удерживаемая вода диффундирует в виде жидкости через полупроницаемые мембраны живых клеток вследствие разности концентраций внутри и вне клетки. К осмотически связанной воде относят и воду набухания, и структурную воду, удерживаемую при формировании гелей.

К физико-механически связанной воде относят воду микро- и макрокапилляров. Капиллярно связанная вода удерживается за счет возникновения адсорбционной связи мономолекулярного слоя у стенок капилляра и снижения давления пара над вогнутым мениском в капилляре по сравнению с давлением пара над плоской поверхностью свободной воды.

Некоторые пищевые продукты и материалы хорошо поглощают из окружающей среды или выделяют пары воды и летучие вещества. Этот процесс называется сорбцией. Частные случаи: адсорбция — поглощение веществ из растворов или газов поверхностью твердого тела; абсорбция — поглощение веществ из смеси газов жидкостью во всем объеме; десорбция — обратный процесс перехода веществ из поверхностного слоя в окружающую среду.

ПОНЯТИЕ ОБ АКТИВНОСТИ ВОДЫ

Для оценки степени участия воды в различных химических, биохимических и микробиологических реакциях широко применяют показатель активность воды a_w , определяемый как отношение парциального давления паров воды над продуктом к парциальному давлению пара над чистой водой. Показатель «активность воды» был предложен У. Скоттом в 1953 г. и в настоящее время широко применяется на практике.

Показатель «активность воды» определяет микробиологическую ситуацию, характер и направление массовлагообмена, интенсивность биологических, физико-химических и химических процессов, происходящих в пищевых продуктах, и тем самым характеризует их качество, стабильность и безопасность.

Учитывая важность и большую информативность показателя a_w , он включен в систему стандартов ISO 9000, а также используется при анализе рисков по критическим контрольным точкам (ХАССП). В странах Евросоюза его определение наряду с показателями «влажность» (W) и «концентрация водородных ионов» (рН) является обязательным при экспертизе ряда продуктов, а в США определение a_w включено в инструкцию по контролю качества пищевых продуктов и лекарственных препаратов.

В отечественной научной практике часто используют термин «равновесная влажность», однако при этом за активность воды продукта принимают относительную влажность окружающей среды. Поскольку градиент значений активности воды продукта и относительной влажности окружающей среды служит движущей силой массовлагообмена при различных термических и гидротермических процессах, а также при хранении, данные об активности воды обрабатываемых продуктов необходимы для обоснования оптимальных режимов этих процессов.

Другое определение термодинамической активности предложено Г. Льюисом и М. Рендоллом: «активность — это отношение при данной температуре фугитивности f вещества в конкретном

состоянии к его фугитивности f_0 в состоянии, которое для удобства принято за стандартное», при этом фугитивность рассматривается как способность вещества к улетучиванию и присуща материалам, давление паров которых в той или иной степени отклоняется от идеального. При условии, что эта идеальность не слишком велика, фугитивность можно заменить измеренной величиной давления пара. В отношении воды дело обстоит именно так, поскольку при обычных температурах водяной пар приближается к идеальному газу.

За стандартное состояние водных растворов принимают фугитивность растворителя (воды). В идеальном случае для растворов действует закон Рауля

$$a_w = n_1/(n_1+n_2) = p_1/p_0 = p_{p.o.v.}/100$$

где n_1 и n_2 — количество молей растворенного вещества и растворителя в идеальном растворе; p_1 и p_0 — парциальное давление паров над раствором и растворителем (водой); $p_{p.o.v.}$ — равновесная относительная влажность, %.

Согласно закону Рауля активность воды должна быть равна молярной доле воды в растворе. Однако на практике наблюдаются существенные отклонения от идеального случая. По мнению М. Карел, эти отклонения вызваны несколькими причинами: не вся вода в продукте является растворителем (например, вода в мономолекулярном слое); не все растворенное вещество находится в реальном растворе (часть его может быть связана с другими компонентами, например, белки могут быть связаны с солями или сахарами); взаимодействия между молекулами растворенного вещества могут вызвать отклонение от идеальной ситуации.

Энергия связи воды с материалом (кДж/моль)

$$E = -RT \ln a_w$$

где R — универсальная газовая постоянная, равная 8,3144 кДж/(кмоль·К); T — температура, К.

Принято, что активность свободной воды равна единице, а абсолютно сухого вещества — нулю (химически связанная вода не учитывается). Подставив единицу в формулу, получаем, что энергия связи свободной воды равна нулю.

Перемещение воды в коллоидных капиллярно-пористых материалах обусловлено наличием градиента потенциала переноса, которым служит разность значений активности воды и продукта. Величина потенциала непосредственно связана с энергией связи воды в продукте. Так, адсорбционно связанная вода перемещает-

ся в продукте в виде пара и потенциалом переноса является парциальное давление пара. Вода микро- и макрокапилляров перемещается в виде жидкости (молекулярный перенос) или пара. В первом случае потенциалом переноса служит капиллярный потенциал, во втором — парциальное давление паров воды. Осмотически связанная вода перемещается в виде жидкости (диффузионный перенос), и потенциалом является осмотическое давление, которое связано с активностью воды раствора.

Поскольку градиент значений активности воды продукта и относительной влажности окружающей среды служит движущей силой массовогазообмена при различных термических и гидротермических процессах, а также при хранении, данные об активности воды обрабатываемых продуктов необходимы для обоснования оптимальных режимов этих процессов.

Для определения активности воды пищевых продуктов используют различные методы: манометрические (непосредственное измерение давления паров воды в вакууме), гигрометрические, тензометрические и т. д.

График зависимости влажность — активность воды при данной температуре называется изотермой сорбции. Для большинства пищевых продуктов изотермы имеют так называемый *S*-образный характер (рис. 14.1).

На рис. 14.1 зона *A* характеризует область, в которой вода прочно связана мономолекулярной адсорбцией, она характерна для продуктов с низкой влажностью, например продуктов сублимационной сушки. Зона *B* характеризует область, где вода менее прочно связана (полимолекулярная адсорбция) и уже могут происходить, хотя и очень медленно, ферментативные реакции. Зона *C* — область слабосвязанной воды, в которой могут протекать микробиологические и другие виды реакций порчи продукта, интенсивность которых зависит от уровня активности воды.

По изотерме можно прогнозировать поведение материала или продукта при изменении относительной влажности окружающей среды, интенсивность различных химических и биохимических реакций, структурные и структурно-механические свойства самого продукта и т. д.

На рис. 14.2 приведены графики зависимости интенсивности жизнедеятельности микроорганизмов, скорость реакций окисления, неферментативного потемнения, ферментативных процессов, структурных и структурно-механических свойств самого продукта от уровня активности воды. Существуют общепринятые

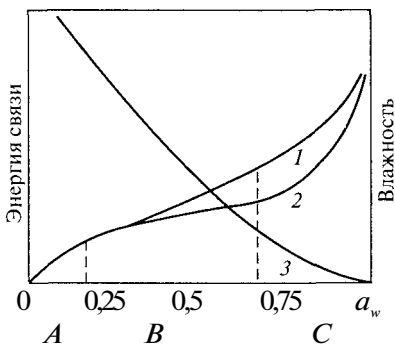


Рис. 14.1. Гипотетическая кривая изотермы сорбции паров воды продуктом:

1 — десорбция; 2 — адсорбция;
3 — энергия связи

граничные области значения активности воды, характеризующие интенсивность тех или иных реакций порчи пищевых продуктов. Так, процесс окисления липидов ускоряется при низких значениях активности воды (до 0,2), при 0,3 он достигает минимума, при значениях a_w более 0,5 постепенно ускоряется. Максимум развития реакций неферментативного потемнения приходится на интервал 0,5...0,7, а ферментативные процессы начинают развиваться и ускоряются при значениях активности воды более 0,7.

Для продуктов сублимационной сушки содержание воды считается оптимальным на уровне мономолекулярного слоя, поскольку вода в нем настолько прочно связана, что не может перемещаться, она не является растворителем и неактивна. Удаление воды мономолекулярной адсорбции при сушке в некоторых случаях ускоряет реакции порчи, например окисление липидов. Это связано с изменением активности катализаторов данной реакции, которая в воде ниже, чем в жире. Одной из причин считается удаление гидратной оболочки с металлов, катализирующих процесс окисления. Увеличение влагосодержания продуктов сублимационной сушки выше мономолекулярного слоя приводит к образованию полимолекулярных слоев, вода которых уже может участвовать в химических реакциях неферментативного потемнения.

Особый интерес представляют данные о жизнедеятельности микроорганизмов при различных уровнях a_w . Для большого числа бактерий, плесеней, дрожжей установлены значения a_w , ниже которых они не развиваются. В обобщенном виде они могут быть представлены в следующем виде: развитие бактерий прекращается при a_w ниже 0,9, плесеней — при a_w ниже 0,7, дрожжей — при a_w ниже 0,6 (табл. 14.1).

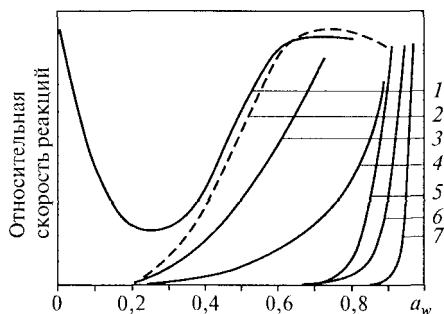


Рис. 14.2. Влияние активности воды на интенсивность процессов, вызывающих порчу продуктов (по Т. Лабуза):

- 1 — окисление липидов; 2 — неферментативное потемнение;
 3 — гидролитические реакции; 4 — ферментативная активность;
 5 — развитие плесеней; 6 — развитие дрожжей; 7 — развитие бактерий

Активность воды играет важную роль в выживаемости микроорганизмов при стерилизации и пастеризации пищевых продуктов. Понижение активности воды продукта приводит к повышению устойчивости микроорганизмов к термическому воздействию, что необходимо учитывать при разработке режимов стерилизации.

Исследование влияния различных уровней активности воды и концентрации дезинфектанта на деструкцию кишечной палочки показало, что активность воды существенно влияет на эффективность дезинфекции: при снижении a_w с 0,995 до 0,874 необходимо десятикратное увеличение концентрации препарата для обеспечения той же эффективности.

По некоторым данным, увеличение активности воды в продуктах на 0,01 приводит к сокращению сроков их хранения в 2 раза, что связано с возрастанием скорости микробиологических процессов.

В последние годы в нашей стране разработано много новых видов пищевых продуктов с пониженным содержанием поваренной соли и сахара, с использованием нетрадиционных видов сырья и различных пищевых добавок, что приводит к изменению активности воды продукта. На практике изменение рецептуры продукта, например снижение доли сахара, приводит к сокращению сроков хранения и необходимости введения консервантов. Так, уменьшение доли сахара в рецептуре изделий из теста на 20 % приводило к увеличению активности воды и, как следствие, снижению сроков хранения с девяти до трех дней.

**14.1. Минимальные значения активности воды,
необходимые для развития микроорганизмов (по Дж. Троллеру)**

Микроорганизмы	Активность воды
<i>Плесени</i>	
Monascus (Xeromyces) bisporus	0,61
Eurotium echinulatum	0,62
Chrysosporium fostidium	0,69
Aspergillus conicus	0,70
Eremascus albus	0,70
Eurotium (Aspergillus) arastelodami	0,70
Eurotium rubrum	0,70
Chrysosporium xerophilum	0,71
Eurotium chevalieri	0,71
Eurotium repens	0,71
Eurotium carnoyi	0,74
Eurotium herbariorum	0,74
Aspergillus candidus	0,75
Aspergillus restrictus	0,75
Wallemia sebi (Sporendonema epizoum)	0,75
Aspergillus niger	0,77
Aspergillus ochraceous	0,77
Eremascus fertilis	0,77
Aspergillus flavus	0,78
Aspergillus sydowii	0,78
Aspergillus tamaris	0,78
Aspergillus terreus	0,78
Aspergillus versicolor	0,78
Emericella (Aspergillus) nidulans	0,78
Penicillium chrysogenum	0,79
Penicillium martensii	0,79
Penicillium citrinum	0,80
Penicillium fellutanum	0,80
Penicillium spinulosum	0,80
Penicillium brevicompactum	0,81
Penicillium cyclopium	0,81
Penicillium frequentans	0,81
Penicillium patulum	0,81
Penicillium puberulum	0,81
Penicillium viridicatum	0,81
Aspergillus fumigatus	0,82
Penicillium expansum	0,83
Penicillium islandicum	0,83
Penicillium palitans	0,83
Alternaria citri	0,84
Aspergillus wentii	0,84
Paecilomyces variotii	0,84
Batrytis cinerea	0,93
Mucor plumbeus	0,93
Rhizopus nigricans	0,93
Stuchybotrys atra	0,94
Rhizoctonia solani	0,96

Микроорганизмы	Активность воды
<i>Дрожжи</i>	
Saccharomyces rouxii	0,62
Saccharomyces builii	0,80
Debaryomyces hansenii	0,83
Saccharomyces cerevisiae	0,90
<i>Бактерии</i>	
Halobacterium halobium	0,75
Micrococcus halodenitrificans	0,86
Staphylococcus aureus	0,86
Vibrio costicolus	0,86
Bacillus subliu	0,90
Bacillus stearothermophilus	0,93
Micrococcus lysodeikticus	0,93
Clostridium botulinum type B	0,94
Microbacterium spp.	0,94
Vibrio parahaemolyticus	0,94
Aerobacter aerogenes	0,94
Bacillus cereus	0,95
Bacillus megaterium	0,95
Clostridium botulinum type A	0,95
Clostridium perfringens	0,95
Escherichia coli	0,95
Lactobacillus viridescens	0,95
Salmonella spp.	0,95
Clostridium botulinum type E	0,97
Pseudomonas fluorescens	0,97

Показатель «активность воды» имеет большое значение в разработке технологии так называемых пищевых продуктов с промежуточной влажностью, a_w которых составляет 0,6...0,8, при влажности до 40 % и в них длительное время не происходят реакции, вызывающие порчу продукта.

В связи с необходимостью разработки нового поколения продуктов с промежуточной влажностью возник интерес к изучению активности воды растворов и изотерм сорбции различных пищевых веществ, так называемых «увлажнителей».

Изменять a_w продукта можно различными способами: добавлением растворимых солей, Сахаров и других компонентов, обезвоживанием, повышением осмотического давления, превращением части воды в лед при замораживании и др. В пищевой технологии традиционно в качестве веществ, понижающих активность воды, используют сахар и поваренную соль. В насыщен-

ном растворе сахара при 20 °С активность воды составляет 0,864, а поваренной соли — 0,753. В последние годы ассортимент водосвязывающих добавок постоянно расширяется, предлагаются вещества различной природы: соли, полисахариды, аминокислоты, белки, многоатомные спирты и т. п.

При исследовании относительной эффективности нескольких увлажнителей, способных понижать активность воды в концентрации 5... 10 %, установлен следующий порядок эффективности действия агентов: натрия хлорид и соли органических кислот, аминокислоты и белковые гидролизаты, глицерин, сорбит, сахароза и патока, полисахариды, яичный альбумин.

В зарубежной научной литературе большое внимание уделяют не только сорбционным характеристикам продукта, но и агрегатному состоянию его компонентов. Проблема состоит в том, что многие компоненты пищевых продуктов (низкомолекулярные углеводы и соли, протеины, полисахариды) могут находиться в одном из нескольких фазовых состояний: твердом кристаллическом, твердом аморфном (стеклообразном) и в виде раствора.

Нежелательное увеличение влажности и активности воды может происходить при хранении сухих продуктов в неблагоприятных условиях в результате поглощения паров воды из окружающего воздуха. Скорость поглощения воды из окружающей среды пропорциональна квадрату количества воды, которое должно быть поглощено до достижения состояния равновесия.

Как уже отмечалось, активность воды оказывает большое влияние на качество готового продукта. Так, сенсорные исследования показали, что для таких продуктов, как чипсы, воздушная кукуруза, существует определенный диапазон значений активности воды (0,35...0,50), при котором наблюдаются снижение хрупкости, рассыпчатости и, как следствие, ухудшение органолептических показателей.

АКТИВНОСТЬ ВОДЫ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ПРОДУКЦИИ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

Исследования показали, что в сырых очищенных овощах активность воды высока, вместе с тем сопоставление полученных данных показывает, что морковь и свекла имеют более низкие значения a_w , что, очевидно, вызвано содержанием в этих корнеплодах достаточно большого количества сахаров по сравнению с другими овощами (табл. 14.2).

14.2. Активность воды полуфабрикатов из овощей и картофеля

Полуфабрикат	Влажность, %	Активность воды
Картофель сырой очищенный	81,4	0,993
Морковь сырая очищенная	87,1	0,987
Свекла сырая очищенная	86,3	0,985
Лук репчатый сырой очищенный	86,7	0,992
Картофель отварной	82,6	0,987
Морковь отварная	81,3	0,985
Морковь отварная на пару	78,7	0,982
Свекла отварная	80,2	0,983
Свекла отварная на пару	76,8	0,982
Морковь пассерованная	44,8	0,933
Лук репчатый пассерованный	39,2	0,901
Картофель, жаренный: основным способом	73,2	0,963
брусочками		
во фритюре:		
брусочками	46,7	0,895
соломкой	21,5	0,796
хрустящий	4,5	0,327

Влияние тепловой кулинарной обработки на активность воды продукта на примере полуфабрикатов и изделий из овощей показало, что варка овощей в воде практически не влияет на активность их воды, в то же время варка острым паром приводит к более заметному снижению a_w , что, по-видимому, связано с большей потерей воды в результате выпаривания и меньшим выщелачиванием минеральных веществ и Сахаров. При пассеровании овощей активность воды заметно снижается вследствие значительного обезвоживания продукта (рис. 14.3). Изучение влияния процесса жарки на активность воды изделий из картофеля показывает, что степень снижения активности воды пропорциональна обезвоживанию продукта.

Исследование полуфабрикатов и готовых изделий из мяса показало, что варка и жарка натуральных полуфабрикатов не оказывают существенного влияния на изменение значений активности воды готового продукта, несмотря на достаточно большие потери массы (в основном за счет воды, содержащейся в продукте). Так, активность воды полуфабриката «антрекот» составляла 0,991, а после жарки — 0,982, что указывает на присутствие в готовом продукте определенного количества слабосвязанной воды с высокой фугитивностью. Сопоставление полученных данных показывает,

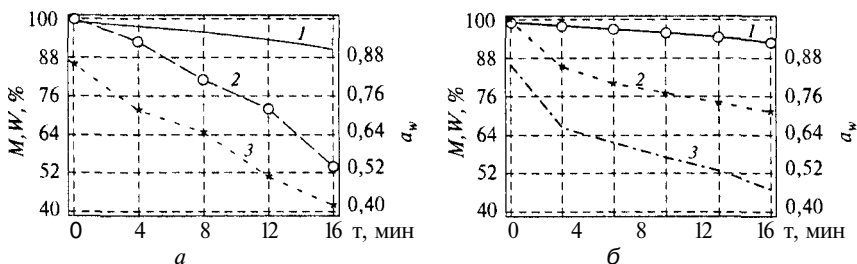


Рис. 14.3. Изменение активности воды (a_w), массы (M , %) и влажности (W %) репчатого лука (а) и моркови (б) при пассеровании:

1 - a_w ; 2 - M ; 3 - W

что активность воды полуфабрикатов и изделий из котлетной массы ниже, чем натуральных продуктов, что можно объяснить измельчением продукта, частичным выходом растворимых белков, добавлением соли, хлеба. Так, активность воды полуфабриката «котлеты домашние» составляла 0,984, жареного изделия — 0,977. Установлено, что активность воды натуральных рубленых изделий также существенно не меняется в процессе тепловой обработки. Так, активность воды полуфабриката «бифштекс натуральный рубленый» составляла 0,989, готового изделия — 0,981.

Исследование нескольких видов супов (борщи, щи, рассольники, супы-пюре и др.) показало, что активность воды всех изделий высока и сравнима с активностью растворов солей малой концентрации. Определены значения активности воды некоторых видов соусов (соус красный основной, луковый, красный кисло-сладкий, белый основной, польский и томат-паста).

Установлено, что для соусов характерны высокие значения активности воды, что свидетельствует о присутствии в данной группе продукции значительного количества слабосвязанной и свободной воды. Особо следует отметить данные об активности воды соуса польского: несмотря на низкую влажность (38 %), активность воды этого соуса достаточно велика, это связано с тем, что основная доля сухих веществ этого продукта представлена жиром (сливочным маслом), который практически не связывает воду. Таким образом, по влажности продукта не всегда можно судить о его стабильности.

Изучена активность воды полуфабрикатов из бездрожжевого теста: заварного, бисквитного, песочного и кекса «Столичный». Активность воды теста и выпеченных полуфабрикатов определя-

14.3. Активность воды отдельных полуфабрикатов

Изделие	Влажность, %	Активность воды
Крем сливочный	15,0	0,851
Крем «Гляссе»	22,2	0,871
Крем белковый (заварной)	31,8	0,875
Помадка	12,2	0,837
Сироп для промочки	50,1	0,894
Крошка бисквитная	4,1	0,419

ли после выдержки их в соответствии с технологическими требованиями. Установлено, что полуфабрикаты из бисквитного, заварного теста и кекса «Столичный» имеют достаточно высокие значения активности воды, которые определяются влажностью и количеством сахара в рецептуре. Песочное и слоеное тесто имеют активность воды на уровне, характерном для продуктов с промежуточной влажностью. Активность воды выпеченных полуфабрикатов значительно ниже, чем теста, и находится на уровне продуктов с промежуточной влажностью. Снижение активности воды выпеченных полуфабрикатов в основном объясняется потерями воды при выпечке, а также структурными изменениями белков и крахмала. Важную роль в снижении активности воды играет количество сахара в продукте. Достаточно сравнить выпеченные изделия из заварного и бисквитного теста, имеющие примерно одинаковую влажность. Так, активность воды бисквитного полуфабриката составила 0,803, а заварного — 0,950 при влажности соответственно 22,8 и 23,7 %.

Установлено, что активность воды отдельных полуфабрикатов (табл. 14.3) определяется содержанием как влаги (крошка бисквитная), так и сахаров (сироп, помадка).

Важно отметить, что основное значение имеет не только количественное содержание сахаров, но и их качественный состав. Так, повидло яблочное влажностью 32,59 % имеет более низкое значение активности воды ($a_w = 0,825$), чем крем сливочный влажностью 15,2 % ($a_w = 0,851$). Наличие в помадке редуцирующих сахаров приводит к значительному снижению уровня активности воды ($a_w = 0,837$).

Известно, что подавляющее большинство бактерий не развивается при активности воды ниже 0,95, исключение составляет *Staphylococcus aureus* и *Micrococcus*, имеющие минимальную $a_w = 0,86$, поэтому отделочные полуфабрикаты и особенно кре-

**14.4. Классификация продукции общественного питания
по уровню активности воды**

Примерный уровень активности воды и границы влажности (%) продукта	Наименование продукции	Наиболее вероятные причины порчи продукта в процессе хранения
Очень высокий: $a_w > 0,95$, $W= 60...95$	Овощные, мясные, рыбные полуфабрикаты, супы, соусы, гарниры из вареных и жареных овощей, изделия из мяса, рыбы и др.	Развитие бактерий, плесеней и дрожжей, ферментативные процессы
Высокий: $a_w = 0,90...0,95$, $W=40...60$	Гарниры из жареного картофеля, пассерованные овощи	Развитие плесеней, дрожжей
Средний: $a_w = 0,50...0,90$, $W= 15...40$	Гарниры из жаренного во фритюре картофеля, изделия из бездрожжевого теста (кроме заварного), отделочные полуфабрикаты, сухофрукты, замороженные полуфабрикаты	Реакции меланоидинообразования, развитие дрожжей и осмофильных плесеней, ферментативные процессы
Низкий: $a_w = 0,20...0,50$, $W=5...15$	Сушеные овощи, крекеры, чипсы, изделия из слоеного и песочного теста, пищевые концентраты, крупы, мука, продукты сублимационной сушки	Реакции окисления липидов и неферментативного потемнения

мы представляют потенциальную опасность из-за возможного развития этих микроорганизмов.

Б. А. Баранов разработал классификацию продукции общественного питания по уровням активности воды. В основу классификации положены экспериментально полученные данные активности воды различных групп продукции общественного питания и общепринятые границы значений активности воды, определяющие интенсивность развития нежелательных химических, биохимических и микробиологических реакций (табл. 14.4).

Классификация продукции общественного питания по уровням активности воды с теоретическим прогнозом нежелательных изменений их в процессе хранения может быть использована при разработке технологии, рецептур, условий упаковки и режимов хранения новых видов продукции общественного питания.

Контрольные вопросы и задания

1. Расскажите о классификации форм связи воды в пищевых продуктах.
2. Что такое фугитивность?
3. Что понимают под активностью воды?
4. Как активность воды влияет на развитие микроорганизмов?
5. Как активность воды влияет на интенсивность ферментативных процессов?
6. Как активность воды влияет на скорость реакций окисления липидов?
7. Как активность воды влияет на интенсивность реакций меланоидинообразования?
8. Как активность воды влияет на стабильность пищевых продуктов?
9. Как изменяется активность воды с увеличением или уменьшением влажности продукта?
10. Как влияет тепловая кулинарная обработка на активность воды готовой продукции?
11. Как влияют различные добавки на активность воды пищевых систем?

ЛИТЕРАТУРА

- Антипова Л. В., Жеребцов Н. А. Биохимия мяса и мясных продуктов. — Воронеж: Изд-во ВГУ, 1992. — 183 с.
- Антипова Л. В., Глотова И. А., Рогов И. А. Методы исследования мяса и мясных продуктов. — М.: Колос, 2001. — 376 с.
- Батурин А. К. Разработка системы оценки и характеристика структуры питания и пищевого статуса населения России: Дис... д-ра мед. наук. — М.: Институт питания РАМН, 1998. — 300 с.
- Биохимия растительного сырья / В. Г. Щербаков, В. Г. Лобанов, Т. Н. Прудникова и др. — М.: Колос, 1999. — 376 с.
- Богданов В. Д., Сафронова Т. М. Структурообразователи и рыбные композиции. — М.: ВНИРО, 1993. — 172 с.
- Воскресенский Н.А. Замораживание и сушка рыбы методом сульмации. — М.: Агропромиздат, 1987. — 200 с.
- Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов. — СП 2.3.6.1079—01.
- Дуборасова Т. Ю. Сенсорный анализ пищевых продуктов. — М.: Маркетинг, 2001. — 184 с.
- Жушман А. Н., Карпов В. Г., Лукин Н. Д. Модифицированные крахмалы как эффективные добавки // Пищевая промышленность. 1996. № 6. С. 8.
- Зубенко А. Ф. Физико-химические основы технологии кондитерских изделий. — Воронеж: 1997. — 520 с.
- Мицык В. Е., Невольниченко А. Ф. Рациональное питание и пищевые продукты. — Киев: Урожай, 1994. — 334 с.
- Нечаев А. П., Кочеткова А. А., Зайцев А. Н. Пищевые добавки. — М.: Колос, 2001. — 256 с.

Никуленкова Т. Т., Лавриненко Ю. И., Ястина Г. М. Проектирование предприятий общественного питания. — М.: Колос, 2000. - 216 с.

Позняковский В. М. Гигиенические основы питания, безопасность и экспертиза продовольственных товаров. — Новосибирск: Изд-во Новосибирского университета, 1999. — 448 с.

Ратушный А. С., Литвинова Е. В., Иванникова Т. В. Изменения белков и других азотистых веществ при кулинарной обработке продуктов. — М.: Издательский центр Российского химико-технологического университета имени Д. И. Менделеева, 2000. — 104 с.

Ратушный А. С., Ширшов А. Т., Соляков А. А. Пищевые гетероциклические амины как потенциальные мутагены и канцерогены. — М.: Изд-во РЭА имени Г. В. Плеханова, 1998. — 48 с.

Рогов И. А., Забашта А. Г., Казюлин Г. П. Общая технология мяса и мясопродуктов. — М.: Колос, 2000. — 368 с.

Рогов И. А., Горбатов А. В., Свинцов В. Я. Дисперсные системы мясных и молочных продуктов. — М.: Агропромиздат, 1990. — 320 с.

Родин Е. М. Холодильная технология рыбных продуктов. — 2-е изд. — М.: Агропромиздат, 1989. — 272 с.

Скурихин И. М., Нечаев А. П. Все о пище сточки зрения химика. — М.: Высшая школа, 1991. — 288 с.

Скурихин И. М., Волгарев М. Н. Химический состав пищевых продуктов: Справочник. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Агропромиздат, 1987. - 360 с.

Справочник руководителя предприятия общественного питания / А. П. Антонова, Г. С. Фонарева, С. Л. Ахиба и др. — М.: Минторг РФ, 2000. - 664 с.

Технология молока и молочных продуктов / Г. В. Тердохлеб, З. Х. Диланян, Л. В. Чекулаева и др. — М.: Агропромиздат, 1991. — 463 с.

Технология пищевых производств / Л. П. Ковальская, И. С. Шуб, Г. М. Мельникова и др.; Под ред. Л. П. Ковальской. — М.: Колос, 1999. - 752 с.

Технология продуктов из гидробионтов / С. А. Артюхова, В. Д. Богданов, В. М. Дацун и др.; Под ред. Т. М. Сафроновой и В. И. Шендерюка. — М.: Колос, 2001. — 496 с.

Химия пищи. Книга 1-я. Белки: структура, функции, роль в питании / И. А. Рогов, П. В. Антипова, Н. И. Дунченко, Н. А. Жеребцов. — М.: Колос, 2000. - 384 с.

Хлебников В. И. Технология товаров (продовольственных). — М.: Издательский дом «Дашков и К», 2000. — 427 с.

Шаробайко В. И. Биохимия продуктов холодильного консервирования. — М.: Агропромиздат, 1991. — 255 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Раздел I. Общая характеристика технологических процессов производства продукции общественного питания.	6
Глава 1. Основные стадии технологического процесса производства продукции общественного питания.	6
Глава 2. Классификация продукции общественного питания	23
Глава 3. Способы и приемы тепловой кулинарной обработки продуктов	35
Глава 4. Принципы составления рецептур на продукцию общественного питания.	49
Глава 5. Основные критерии и контроль качества продукции общественного питания.	60
Раздел II. Физико-химические процессы, протекающие в пищевых продуктах при их кулинарной обработке.	74
Глава 6. Изменения белков и других азотистых веществ.	74
Глава 7. Изменения Сахаров и крахмала	100
Глава 8. Изменения липидов.	127
Глава 9. Изменения, протекающие в картофеле, овощах, плодах и грибах	141
Глава 10. Изменения, протекающие в крупах, бобовых и макаронных изделиях.	213
Глава 11. Изменения, протекающие в мясе и мясопродуктах	230
Глава 12. Изменения, протекающие в рыбе и нерыбных морепродуктах	293
Глава 13. Структурно-механические характеристики продукции общественного питания.	306
Глава 14. Активность воды как фактор стабильности качества продукции общественного питания.	335
Литература	349

Учебное издание

Ратушный Александр Сергеевич
Хлебников Владимир Иванович
Баранов Борис Алексеевич
Жубрева Татьяна Васильевна
Бабиченко Людмила Васильевна
Троицкая Елена Яковлевна
Алешина Людмила Михайловна
Алекаев Николай Семенович

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКЦИИ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

В двух томах

Том 1. Физико-химические процессы, протекающие в пищевых продуктах при их кулинарной обработке

Учебное пособие для высших учебных заведений

Художественный редактор *В. А. Чуракова*
Технический редактор *Е. В. Денюкова*
Корректоры *Л. В. Ким, В. Н. Маркина*
Оригинал-макет подготовлен *С. А. Янковой*

Подписано в печать 23.04.03. Формат 60 * 88/16. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Гарнитура NewtonС. Объем 11,0 бум. л. Усл. печ. л. 21,56.
Уч.-изд. л. 22,25. Изд. № Н/9987. Тираж 3000 экз. Заказ 7220.

Издательство «Мир»
Министерства РФ по делам печати, телерадиовещания
и средств массовых коммуникаций.
107996, ГСП-6, Москва, 1-й Рижский пер., 2
Диапозитивы изготовлены в издательстве «Мир»

Отпечатано с готовых диапозитивов
в типографии ФГУИПП «Янтарный сказ».
236000, Калининград, ул. К. Маркса, 18.

ISBN 5-03-003580-X



9 785030 035802

Оцифровка: РЭА им. Г.В. Плеханова; кафедра ТОПП; Гацولاев В.М.