МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Майкопский государственный технологический университет»

Кафедра технологии, машин и оборудования пищевых производств

Коблева М.М.

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ПИЩЕВЫХ СРЕД

Учебное пособие

Майкоп - 2019

Печатается по решению научно-технического совета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Майкопский государственный технологический университет»

Рецензент:
профессор, д-р техн. наук, доцент Сиюхов Х. Р.

Коблева М. М.

Курс лекций по дисциплине «Физико-механические методы обработки пищевых сред». Предназначено для студентов всех форм обучения по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование, профиль подготовки «Машины и аппараты пищевых производств» / М. М. Коблева. – Майкоп: изд-во ИП Магарин, 2019. - с.

РАЗДЕЛ 1. ВВЕДЕНИЕ. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Тема 1. Общие положения. Рациональное использование энергетических ресурсов в пищевой промышленности. Пути улучшения качества выпускаемой продукции

Существующие в настоящее время в пищевой промышленности технологические процессы в ряде случаев достигли естественного предела скорости и по своей природе не могут быть интенсифицированы. Для дальнейшего развития производства необходимы новые научно-технические решения, основанные на современных достижениях науки и техники.

За последние годы разработаны высокоинтенсивные процессы и аппаратура, основанные на электрофизических методах (электротермия, включая токи ВЧ и СВЧ, инфракрасный нагрев, электростатическое поле, ультразвук, импульсная техника и др.), использование которых в пищевой промышленности позволит в ряде случаев по-новому построить технологический процесс, значительно увеличить производительность труда, повысить выход готового продукта и улучшить его качество, снизить металло - и энергоемкость машин и установок.

Использование энергетических полей в условиях промышленного производства - сложная научно-техническая задача, требующая решения комплекса вопросов:

– выявление областей производства экономически эффективных для применения электрофизических методов с учетом рационального сочетания их с традиционными технологическими решениями;

– исследование комплекса свойств продукта: электрофизических, структурно-механических, теплофизических и других и установление их взаимосвязей;

– исследование процессов тепло- и массообмена в условиях использования новых концентрированных источников энергии;

– разработка теоретических основ расчета и конструирования аппаратуры для обработки пищевых продуктов в энергетических полях, комплексная оценка качества изделий.

В технологических процессах продукты обрабатываются различными энергетическими полями: механическими, электрическими, акустическими и др.

Эффективность и интенсивность воздействия этих полей на продукт определяются сопротивляемостью сырья, т. е. его физическими характеристиками. Величины сопротивляемости особенно важны при проведении процессов с использованием высококонцентрированных источников энергии.

Характеристика продукта складывается из комплекса физических свойств.

Поэтому отдельные свойства, например электропроводность, не отражают поведения материала даже в простейшем процессе электроконтактного нагрева. В этом случае для рационального решения вопроса необходимо знание динамики изменения структурно-механических, биохимических и других свойств.

Проблема комплексного исследования свойств пищевых продуктов представляется первостепенной. Особо важное значение приобретает изучение взаимосвязи и взаимовлияния различных характеристик сырья и продуктов, например, реологических, электрофизических, теплофизических и др.

Пути улучшения качества выпускаемой продукции

Современная рыночная экономика предъявляет принципиально новые требования к качеству выпускаемой продукции. Качество продукции - важнейший показатель деятельности предприятия. Повышение качества продукции в значительной мере определяет выживаемость предприятия в

условиях рынка, темпы научно-технического прогресса, рост эффективности производства, экономию всех видов ресурсов, используемых на предприятии.

Качество - синтетический показатель, отражающий совокупное проявление многих факторов - от динамики и уровня развития национальной экономики до умения организовать и управлять процессом формирования качества в рамках любой хозяйственной единицы. Качество включает в себя множество компонентов. Прежде всего, к ним относятся технико-экономические показатели качества продукции. В последние годы все большее значение приобретают и такие свойства и характеристики продукции, как экологические, эргономические, эстетические.

Качество – это совокупность свойств продукции, обусловливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с целевым назначением. Именно разнообразные свойства продуктов определяют их полезность для использования на какие-либо цели, например, продовольственные или кормовые. Комплекс этих полезных свойств и составляет качество продукции.

Уровень качества продуктов можно определить конкретно, используя для этого определенные показатели. Это могут быть качественные признаки, определяемые органолептическими методами (сенсорно), а именно: цвет, форма, запах, вкус. Очень широко для оценки качества используются количественные параметры, составляющие основу показателей качества. ***Показатель качества – это количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции.***

Если показатель качества характеризует какое то одно простое свойство продукции, то он называется *единичным*, а если – несколько простых свойств или одно сложное, то это *комплексный* показатель качества.

Любой единичный показатель качества имеет *наименование*, по которому определяется оцениваемое свойство продукта, и конкретное *числовое значение*, по которому и получают представление об уровне

качества, сравнив его с нормами стандарта. Например, *влажность* зерна, выраженная в %, дает представление о содержании в нем гигроскопической воды и соответственно о его технологических свойствах и устойчивости при хранении. Выделяют *фактические* значения показателей качества, которые определяются по стандартной методике из отобранных средних проб продукции, и *регламентируемые* (нормы стандартов). Уровень качества устанавливается сравниванием действительного и стандартного значений показателей.

Комплексными показателями качества являются товарный ***сорт*** или товарный ***класс*** продукции. Это ее градация по нескольким единичным показателям качества. Чтобы отнести продукцию к тому или иному товарному сорту или классу, необходимо определить все единичные показатели качества, нормируемые стандартом. Чем выше сорт (класс) продукции, тем выше ее цена при реализации. Если хотя бы по одному показателю продукция не отвечает требованиям данного сорта (класса), она переводится в более низкий товарный сорт (класс) или же признается нестандартной.

Любой показатель качества имеет *технологическое и экономическое* значение. Технологическое значение связано с тем, что определяется пригодность данного вида продукции к хранению или переработке. Экономическое же значение в том, что чем выше показатели качества, тем выше цена на продукцию и, следовательно, выше экономическая эффективность производства.

Качеством продукции можно управлять, чтобы способствовать его повышению. На него влияют различные факторы. В период выращивания зерна, овощей и плодов решающими факторами являются приемы агротехники, технологии возделывания, а также уровень плодородия почвы и погодные условия. После уборки урожая очень важно правильно организовать послеуборочную обработку продукции, проведение которой позволяет улучшить качество. При этом необходимо создать условия для

послеуборочного дозревания зерна и плодов. В период хранения необходимо выдерживать оптимальные режимы для каждого вида продукции и неукоснительно соблюдать все правила хранения. Полноценные продукты питания (хлебобулочные и макаронные изделия, крупы, растительные масла, плодоовощные консервы) можно получить только при соблюдении технологии переработки.

РАЗДЕЛ 2.
ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ПИЩЕВЫХ СРЕД.

Тема 2. Процесс измельчения твердых пищевых продуктов. Способ гомогенизации

Переработка пищевых продуктов начинается с обработки их физическими методами. К физическим методам можно отнести:

- измельчение;
- сортирование;
- обработку давлением;
- перемешивание;
- разделение неоднородных систем;
- осаждение;
- фильтрацию.

Измельчение

Измельчение твердого пищевого продукта – это процесс его деформирования до момента разрушения или разрыва, например, помол пшеницы в муку, дробление какао бобов.

Измельчение жидкого пищевого продукта – процесс диспергирования, например, при образовании эмульсий либо при образовании капелек из струй в процессе сушки распылением.

Поведение твердого тела под действием прилагаемой нагрузки описывают механические характеристики, к которым относят предел упругости, предел прочности на разрыв, предельное напряжение сдвига в области пластичности.

Если прилагаемая нагрузка ниже предела упругости, то испытываемая материалом деформация является упругой, то есть форма материала восстанавливается после снятия нагрузки.

Значение предела прочности на разрыв зависит от наличия в материале трещин или других дефектов в структуре. В образцах значительных размеров даже небольшая нагрузка может вызвать разрыв материала при незначительной деформации из-за большого количества дефектов структуры.

С уменьшением размера образца материала количество дефектов уменьшается и предел прочности возрастает.

В промышленности используют различные способы измельчения:

- раздавливание между двумя поверхностями;
- разрезание (куттерование);
- удар о твердую поверхность;
- соударение частиц;
- срезание частиц в окружающей среде;
- раздавливание при трении скольжения;
- измельчение немеханическими средствами, например, излучением, теплотой, электричеством, взрывом.

Выбор способа измельчения зависит от свойств обрабатываемого продукта. Твердые, хрупкие материалы, например, кристаллы сахара или сухого зерна, лучше измельчать ударом или трением, а пластичные материалы, например, мясо, измельчают резанием (куттерованием).

Свойства продуктов изменяются в зависимости от интенсивности механического воздействия. Многие пищевые продукты являются пластичными и тягучими, если воздействие происходит медленно, и эластичными или хрупкими в случае ударных нагрузок.

Измельчение винограда при производстве вин также должно быть ограниченным. Поэтому дробление винограда осуществляют на машинах с резиновыми валиками, которые обеспечивают раздавливание плодовой мякоти, но не разрушают семечки.

С другой стороны, выбор метода измельчения диктуется присущими ему принципиальными особенностями. Например, при помоле зерна,

измельчении бобов какао и кофе, сахара в кондитерском производстве степень дробления продуктов во многом диктуется оптимальным расходом энергии, которая резко возрастает при увеличении степени измельчения.

В колбасном производстве степень измельчения мяса на куттере или машинах для тонкого измельчения мяса зависит от нагревания сырья во время измельчения; повышение температуры выше допустимой может вызвать существенное снижение качества готовых изделий.

Гомогенизация

Гомогенизация - это один из способов измельчения, который заключается в дроблении частиц или капель (дисперсная фаза) при одновременном равномерном распределении их в дисперсионной среде.

Дисперсионной средой является жидкость, а в качестве дисперсной фазы может быть другая жидкость или твердая материя, и тогда в первом случае получаемый продукт называется эмульсией, а во втором – суспензией (таблица 1).

Таблица 1

Классификация неоднородных систем

Фаза		Неоднородная система
дисперсионная	дисперсная	
1	*2*	*3*
Жидкость	Твердое тело	Суспензии: • грубые • тонкие • мути • коллоидные растворы
Жидкость	Жидкость	Эмульсии
Жидкость	Газ	Пены
Газ	Твердое тело	Пыли
Газ	Жидкость	Туманы

Обычно гомогенизацию проводят с целью механической стабилизации дисперсной фазы в дисперсионной среде. Известно, что неоднородная система, находящаяся в состоянии покоя, разделяется на составные части под действием массы. Осаждение частиц происходит по законам падения тел в среде, которая оказывает сопротивление их движению.

Скорость осаждения взвешенных частиц зависит от их плотности, степени дисперсности и физических свойств жидкости, в которых они осаждаются. В начальный момент частицы падают ускоренно, но через некоторый промежуток времени, когда сопротивление жидкой фазы уравновесит действие массы, они приобретают постоянную скорость осаждения.

Постоянную скорость осаждения частиц (м/с) для ламинарной области можно определить по закону Стокса:

$$W_{op} = d^2(\rho_T - \rho)g \Big/ 18\mu,$$

где W_{op} – скорость осаждения частиц для ламинарной области, м/с;

d – приведенный диаметр частицы;

g – ускорение свободного падения;

ρ_T – плотность твердой частицы кг/м^3;

ρ – плотность среды;

μ – динамическая вязкость среды, кг/м^{2}с.

Как видно из данного уравнения, диаметр частиц оказывает самое большое влияние на скорость осаждения (разделения).

Важно отметить, что любому размеру частиц соответствует определенная скорость разделения, а следовательно, и продолжительность разделения фаз. При достаточно малом диаметре частиц устойчивость эмульсии или суспензии может быть весьма продолжительной.

Гомогенизация вызывает качественное улучшение вкусовых свойств таких продуктов, как шоколад, молочные продукты и др.

Шоколадная масса представляет собой тонкодисперсную смесь сахарной пудры, какао тертого, какао масла и добавок. Тонкое измельчение какао тертого и сахарной пудры и непрерывная обработка шоколадной массы в вымешивающем оборудовании приводит к равномерному распределению твердых частиц в какао масле и снижению вязкости массы.

Во время охлаждения происходит кристаллизация какао масла и переход шоколада в твердое состояние. При изготовлении шоколада из тонко гомогенизированного сахара и какао получают продукт с замечательными вкусовыми свойствами.

Тема 3. Разделение сыпучих смесей. Сортирование

При обработке на пищевых производствах часто возникает необходимость разделить сыпучие смеси на фракции, различающиеся теми или иными свойствами: формой и размерами частиц, скоростью осаждения в жидкой фазе или газовой среде, электрическими или магнитными свойствами. Например, в пивоваренном и спиртовом производстве зерно, поступающее на переработку, предварительно очищается от примесей; а в мукомольном производстве после размола сырья помол разделяется на отруби и муку и тому подобное.

При просеивании для отделения довольно крупных частиц применяют перфорированные сита с крупными отверстиями или сетки. Для того чтобы частицы попадали в отверстия, сита подвергают вибрации или вращению.

Сортирование является самостоятельной и необходимой операцией при производстве целого ряда пищевых продуктов.

Сортировка пищевых продуктов преследует две основные задачи обработки: во-первых, сортировка должна обеспечить отделение некачественного сырья, посторонних примесей, загрязнений, а во-вторых, она должна обеспечить стандартизирование сырья, то есть разделение его по

размеру, массе, другим свойствам. Это позволяет проводить процесс в соответствии со свойствами сырья, то есть при оптимальных условиях.

Тема 4. Обработка пищевых продуктов давлением. (прессование)

Прессование широко применяется в пищевой промышленности. Сущность процесса заключается в том, что обрабатываемый материал подвергается внешнему давлению при помощи специальных механических устройств - прессов. При прессовании имеют место обжатие, формование и брикетирование.

Отделение жидкости от твердого тела

Этот процесс неразрывно связан с фильтрацией отжимаемой жидкости через капилляры остатка. Одновременно с удалением жидкости происходит уплотнение и брикетирование остатка.

Отжатие жидкости при помощи давления применяется в сыроделии для отжатия сыворотки от сырного зерна, в виноделии - для отжатия сока из винограда, в ликероводочной промышленности - для отжатия сока из ягод и плодов, в маслоделии - для отжатия растительного масла из семян, отделения жира от шквары и т.п.

Придание пластическим телам определенной геометрической формы

В этом случае из сложной системы жидкость не отделяется, но обрабатываемая масса принимает необходимую по техническим условиям форму.

Формование (штампование) пластических материалов применяется в кондитерском и макаронном производстве для придания тесту определенной формы.

Связывание частиц зернистых, сыпучих материалов в более крупные агрегаты определенной формы

Брикетирование применяется в производстве сахара-рафинада, а также в производстве брикетов свекловичного жома и других производствах.

При прессовании, например, в тестоделителях для хлебопекарного теста, делительно-закаточных машинах для бараночных заготовок, макаронных прессах и тому подобных обрабатываемые пищевые массы находятся в условиях всестороннего сжатия. При этом происходит их уплотнение сначала в результате удаления воздуха или жидкости, а затем переориентация и более плотная упаковка частиц массы в основном благодаря пластической деформации.

Практически различают трудно- и легкоуплотняемые материалы. Трудноуплотняемыми являются такие, которые после длительной зоны предварительного уплотнения (без большой затраты энергии) незадолго до максимального уплотнения могут воспринимать большие нагрузки без заметного уплотнения.

Легкоуплотняемые материалы имеют короткую зону предварительного уплотнения, нагрузка медленно возрастает на протяжении всего времени прессования.

От физико-механических свойств перерабатываемого материала, его дисперсности и температуры, объема конечного спрессованного продукта зависят: величина зоны предварительного уплотнения, упругость массы, работа, затрачиваемая на изменение формы, и скорость нагружения материала.

Количество получаемой жидкой фазы при прессовании масличных материалов, плодов, ягод зависит от величины рабочего давления, характера связи жидкости с материалом, содержания жидкой фазы в исходном материале и остатке, температуры процесса, толщины прессуемого слоя и продолжительности процесса.

Жидкая фаза в прессуемых продуктах находится в свободном и связанном состоянии. Свободная жидкость легко отделяется от сухого вещества материала.

Для отделения осмотической и адсорбционно связанной влаги требуется затрата значительной энергии.

Перед отжатием пищевые материалы подвергают механической, термической, электрофизической обработке. Механическая обработка заключается в измельчении материала с целью разрушения клеточных оболочек, препятствующих выходу жидкости из клеток.

При термической и электрофизической обработке происходят более сложные процессы, но цель та же: подготовить сырье к наиболее полной отдаче жидкой фазы при прессовании.

Формование пищевого продукта - это процесс, при котором продукту придается определенная структурирования форма. К формованию относят: брикетирование и таблетирование пищевых продуктов с добавлением связующих компонентов, агломерацию (агломераты - это достаточно прочные образования мелких частиц продукта, связанные между собой силами Ван-дер-Ваальса или электростатическими силами) в производстве сухого молока, кофе и других.

Процесс перемешивания

Перемешивание – процесс, при котором достигается беспорядочное распределение двух или более разнородных материалов с различными свойствами.

Перемешивание ингредиентов можно осуществлять разными способами. Ингредиенты помещаются в емкость, которая вращается или опрокидывается, в результате чего и происходит перемешивание. Перемешивание может осуществляться в емкости лопастями самой различной конструкции.

Смесь ингредиентов может перекачиваться через решетку с отверстиями, клапаны, штуцера или другие устройства, в которых осуществляется перемешивание. Во всех случаях процесс может быть периодическим или непрерывным.

Обычно эффективность перемешивания, то есть степень гетерогенности смеси ингредиентов, оценивают субъективно. Простейший метод оценки гетерогенности заключается в отборе некоторого числа образцов и визуальном определении степени перемешивания (гетерогенности).

Более точные результаты дает оценка образцов, масса которых постоянна. В каждом образце определяют массу каждого компонента путем сортировки по размеру, плотности или по другим свойствам.

От полноты смешивания существенно зависит качество готового продукта. При этом следует выделить два обстоятельства.

Во-первых, качество большинства пищевых продуктов определяется однородностью их состава по всему объему продукта. Действительно, хорошо вымешанный колбасный фарш со шпиком позволяет получить колбасу с хорошим рисунком на разрезе; это же относится ко многим хлебобулочным и кондитерским изделиям, когда равномерное распределение добавок, например, орехов или изюма, во многом определяет внешний вид изделия.

Во-вторых, тщательное перемешивание обеспечивает одинаковое протекание физико-химических процессов по объему продукта и нередко является условием быстрого и правильного протекания процесса. Особенно это играет роль в процессах посола при изготовлении колбасных изделий, сыров, при внесении бактериальных заквасок, при изготовлении молочных продуктов и других процессов.

Тема 5. Разделение неоднородных систем

Как уже выше отмечалось, каждая неоднородная система состоит из двух фаз (сред) - дисперсионной (внешней, сплошной) и дисперсной (внутренней, мелкораздробленной).

Между этими фазами имеется поверхность раздела - этим неоднородные системы (как смеси) отличаются от растворов, которые не имеют поверхности раздела между компонентами.

Методы разделения выбирают в зависимости от характера составных частей системы и состояния фаз.

Разделение жидкостей от жидкостей осуществляют путем гравитационного или центробежного разделения. Эти процессы применяются для разделения воды и масла при производстве растительных масел, регенерации рыбьего жира, отделении сливок от молока, влаги при влажной выгонке жира.

Разделение жидкости от твердых тел осуществляют центрифугированием, фильтрованием, прессованием. Эти процессы применяют при производстве крахмала, масла, сахара, молока, соков, напитков и др., а также при различной очистке, в том числе сточных вод.

Разделение твердых материалов от твердых материалов осуществляют по размеру частиц путем сортировки и просеивания в мукомольной промышленности, при сортировке зерна, по цвету при сортировке кофейных зерен.

В зависимости от того, как фаза движется относительно другой, различают два основных метода разделения: осаждение и фильтрование.

В процессе осаждения (отстаивания) частицы движутся относительно сплошной среды.

При фильтровании дисперсионная среда проходит сквозь концентрированную дисперсную фазу или через специально предназначенное для разделения пористое тело.

Осаждение (отстаивание)

Отстаивание - это осаждение под действием собственной массы твердых частиц, находящихся во взвешенном состоянии в жидкой среде.

Скорость осаждения взвешенных частиц зависит от их плотности и степени дисперсности и физических свойств жидкости, в которой они осаждаются, так как последняя оказывает сопротивление их движению.

Недостатком осаждения в отстойниках является длительное время осаждения. Значительно интенсифицировать процесс осаждения можно с применением центробежных сил.

Осаждение, особенно с применением центробежных сил, широко используется в пищевых производствах.

Фильтрация

Процесс разделения неоднородных систем за счет «просеивания» их через фильтрующею перегородку носит название фильтрование.

Фильтрацию разделяют на два вида: поверхностную и объемную.

Поверхностную фильтрацию применяют для выделения твердых частиц из раствора, то есть для разделения твердой и жидкой суспензий.

Объемную фильтрацию применяют для осветления напитков, удаления пыли из воздуха и других сред, то есть для разделения коллоидной, жидкой или газообразной фаз коллоидных растворов, золей или аэрозолей.

В качестве фильтрующих элементов используют тканевые салфетки или фиброзные материалы. Хотя отверстия в фильтрующем элементе по сравнению с диаметром частиц, отделяемых от жидкости, относительно большие, жидкости не проходят через отверстия, а улавливаются волокнами фильтрующего элемента или частицами осадка, уже адсорбированными на волокнах фильтрующего элемента, то есть накапливаются на поверхности волокон.

Скорость фильтрования зависит от падения давления при прохождении жидкости через фильтрующие элементы.

Движущей силой процесса фильтрования является перепад давлений АР над перегородкой (или слоем осадка и перегородкой) и под перегородкой. Перепад давления создается при помощи вакуума, давления сжатого воздуха, подачи суспензии механическим путем, например, насосом.

Для предотвращения быстрого забивания основных фильтров часто применяются вспомогательные вещества - диатолит, перлит, целлюлоза, активированный уголь и другие в виде тонкодисперсных или тонковолокнистых веществ. Их наносят тонким слоем на фильтрующую перегородку.

В процессе фильтрования перепад давлений ΔР в большинстве случаев остается постоянным, а сопротивление слоя осадка увеличивается, так что скорость фильтрации $V_Ф$ можно выразить уравнением в $м^3/(м^2с)$:

$$V_Ф = \frac{dV}{F * d\tau},$$

где V – количество фильтрата, $м^3$;

F – площадь поверхности фильтрации, $м^2$;

τ - продолжительность фильтрации, с.

Фильтрация широко применяется в пищевой промышленности. В свеклосахарном производстве фильтрованием отделяют осадок от сатурационных соков, в пивоварении отделяют дробину от сусла и осветляют готовый продукт - пиво. Широко применяется фильтрование жидкостей в виноделии, ликероводочном производстве и в производстве соков.

Эффективность фильтрации, так же как и осаждения, оценивают по степени разделения смеси.

Тема 6. Примеры физических методов обработки.

Переработка зерновых

Зерно и зерновую продукцию хранят в специально оборудованных зернохранилищах насыпью и в таре.

Все зерно, которое поступает на хлебоприемные пункты, в случае потребности следует очищать, сушить и обеззараживать.

Организация переработки зерна на муку

Практикуют, как правило, несколько видов помолов и получают разные выходы и сорта муки.

Выходом называют количество муки, изготовленного из зерна в результате его помола. В нашей стране приняты такие выходы пшеничной муки, которые имеют и свои сортовые названия: выход 96% — 1 сорт, выход 85% — 2 сорт, выход 78% трехсортное.

Для пшеничной муки односортным выходом является 96 и 85%. Кроме муки, в процессе помола создаются побочные продукты разной ценности, такие как мучная пыль и высевка. Все помолы разделяются на разовые и повторные. Первые называются так потому, что переработка зерна на муку происходит после одноразового его пропускания через дробильный механизм или машину.

Существует жерновая машина или дробилка. Жерну изготавливают из недвижимого, а второе крутится со скоростью 10-12 м/с.

Повторные помолы состоят в том, что всю массу муки несколько раз пропускают через дробильную машину.

Чтобы изготовить высококачественную муку, следует выбирать партию зерна с хорошими мукомольными и хлебопекарными качествами. Необходимо старательно очистить его от примесей и загрязнений. Это достигают сухим и мокрым очищением, пропуская зерно через сепаратор, щитковые машины и т. д.

Качество муки всех видов и сортов нормируется стандартами. Для нее характерны:

1.показатели, количественное выражение которых не зависит от выхода и сорта муки. К этой группе относится: запах, вкус, хруст, влажность, заражение вредителями, и т. д.

2.показатели, которые нормируются для муки разных видов и сортов. К ним относят: цвет, крупность помола, количество и качество клейковины.

К показателям первой группы, требования такие:

Мука должна иметь слабый специфический мучной запах. При продолжительном разжевывании она сладковатая на вкус. Влажность не выше 15%. Она должна быть без признаков зараженности вредителями.

Переработка зерна на крупу

В нашей стране изготавливают такие виды и сорта круп:

С гречки – крупу пропаренную и не пропаренную 1 и 2 сорта, крупу продольную и диетическую муку; риса – рис шлифованный и полированный высшего, 1, 2 сортов, рис дробленный. Горох, проса, овес, кукуруза.

Технологический процесс производства круп:

очищение партии зерна от примесей;

сортировка очищенного зерна по крупности;

шелушение;

разделение зерна от пленок;

обработка зерна;

сортировка готовой продукции.

Качество круп нормируется государственными стандартами. При определении этого показателя учитывают цвет, запах и вкус.

Процесс изготовления комбикормов

Состоит из таких основных операций:

Прием, взвешивание и хранение сырья.
Очищение сырья от посторонних примесей
Шелушение овса и ячменя
Раздробление овса и других ингредиентов
Сушение и дробление минерального сырья
Подготовка смеси микродобавок с наполнителями
Введение в комбикорм мелясь, карбамид, гидрол и другие добавки.
Изготовление обогащенных смесей
Дозировка компонентов согласно с рецептом
Смешивание ингредиентов и добавок
Гранулирование и брикетирование смесей
Учет и отпуск комбикорма.

На с\х предприятиях организовывают производство ряда ингредиентов: травянной, витаминной и хвойной муки. На межхозяйственных комбикормовых заводах оборудуют цеха для изготовления белково-витаминных минеральных удобрений. Для эффективного использования машин и оборудования, а также для снижения эксплуатационных затрат строят межхозяйственные комбикормовые предприятия. По характеру работы их делят на две группы:

1. межхозяйственные комбикормовые заводы, которые имеют собственный баланс и работают на фураже с\х предприятий, которые его создали и обеспечивают их комбикормами. Для этих заводов целостно использовать комбикормовые агрегаты;

2. предприятия, которые входят в состав межхозяйственных откормочных комплексов.

Затраты на производство комбикормов включают стоимость основного и вспомогательного сырья, которое используют для изготовления комбикормов (стоимость зерна + добавки) и затраты, которые связаны с переработкой сырья и управлением предприятия.

Переработка и хранение мяса и других продуктов убоя

В настоящее время в нашей стране большое внимание уделяют вопросам повышения качества и рациональному использованию мяса и других продуктов убоя животных. При этом важное значение имеет подготовка к убою, транспортировка, первичная переработка скота и птицы, хранение мяса и т.д. Рационально использовать все продукты убоя животных можно только при правильной организации мест убоя, соблюдении технологических и ветеринарно-санитарных правил. При нарушении правил переработки, транспортировки и хранения снижается пищевая ценность мясопродуктов, они быстро портятся, увеличиваются потери. Важно не только получить высококачественное мясо и мясопродукты, но и сохранить их без потерь. Поэтому контроль за качеством мяса и продуктов, получаемых при убое животных, имеет важное значение.

Методы консервирования

Консервирование – это обработка пищевых продуктов для длительного сохранения их доброкачественности различными способами, которые обеспечивают подавление и прекращение биохимических процессов, происходящих в продуктах под действием ферментов. Консервирование позволяет устранить сезонность в потреблении скоропортящихся продуктов, расширить ассортимент товаров и повысить степень их готовности к употреблению. Кроме того, применение некоторых способов консервирования позволяет получать продукты с иными свойствами, т.е. по существу другие товары.

Для консервирования применяют низкие (охлаждение, замораживание), и высокие температуры (варка, сушка), физико-химические (посол), и химические (копчение) способы. Кроме того, в последние годы с этой целью используют сублимированную сушку, облучение ультрафиолетовыми

лучами, углекислый газ, радиоактивное облучение, хранение в озоне и газообразном азоте.

Консервирование холодом

Холодильная обработка и хранение мяса и мясопродуктов при низких температурах в современных условиях является одним из наиболее перспективных методов консервирования. Использование холода позволяет длительное время сохранять высокое качество продукта, транспортировать, его с мест производства в места потребления. При понижении температуры в мясе замедляется скорость протекания физико-химических и биохимических процессов, нарушается обмен веществ в микробных клетках. В результате этого часть микрофлоры погибает, а часть, находясь в состоянии анабиоза, временно теряет способность оказывать вредное воздействие. При замораживании содержащаяся в мясе вода переходит из жидкого состояния в твердое, поэтому не может быть использована микроорганизмами для своей жизнедеятельности.

Однако применение холода даже в течение длительного периода не обеспечивает гибели всей микрофлоры, особенно спорообразующей, а токсины, вырабатываемые бактериями не разрушаются даже при многократном замораживании и размораживании мяса. Более того, некоторые бактерии способны развиваться и при низких температурах. Поэтому охлаждение не приостанавливает порчи мяса, хотя развитие микрофлоры и, следовательно, процессы гниения резко затормаживаются. Следует иметь в виду, что низкие температуры не являются средством обезвреживания мяса, полученного от больных животных, патогенная микрофлора при замораживании остается жизнеспособной.

Для нормально охлажденного мяса характерны наличие корочки подсыхания, однородный цвет, своеобразный «мясной аромат», однородная упругая консистенция, мясной сок прозрачный, выделяется с трудом.

При охлаждении мяса происходит усушка, то есть уменьшается масса в результате испарения влаги с его поверхности. В первый период охлаждения в связи с интенсивным теплообменом потери массы больше, чем к концу процесса. Образующаяся на поверхности туш и полутуш сухая корочка подсыхания снижает испарение влаги.

Подмораживание мяса

При существующей технике охлаждения, хранения, перевозки охлажденное мясо практически удается сохранить без заметных признаков порчи не более 7-10 суток. Увеличение сроков хранения может быть достигнуто понижением температуры на 1-2° ниже криоскопической (минус 2-3°), то есть подмораживанием мяса. Подмораживают мясо в камере при температуре минус 25°, говядину в течение 6-10 ч, свинину - 4-8, баранину - 2-3 ч. При минус 18° длительность процесса увеличивается в 1,5-2 раза. После подмораживания мясо выдерживают сутки при минус 2°. Продолжительность хранения подмороженного мяса в 2-3 раза больше, чем охлажденного. Так, при минус 2-3° срок хранения подмороженной говядины составляет 20-30 суток, тушек птицы - 40 суток.

Хранить и транспортировать подмороженные туши можно в штабелях высотой 1,5-1,8 м без заметной деформации, что позволяет почти вдвое увеличить загрузку камер и транспортных средств. Подмораживание мяса в незначительной степени снижает первоначальные свойства продукта, так как в лед переходит малое количество влаги, и необратимых изменений в тканях не наблюдается. Гидролиз и окисление жира хотя и происходят, но эти процессы протекают значительно медленнее, чем в охлажденном мясе. При подмораживании мяса значительно сильнее подавляются жизнедеятельность микрофлоры, активность ферментов, замедляются химические и физические процессы.

Для увеличения сроков хранения охлажденного и подмороженного мяса можно использовать дополнительную обработку углекислым газом,

ультрафиолетовыми лучами, озоном, облучением, которые вызывают гибель или замедляют развитие микрофлоры.

Замораживание мяса

Для длительного хранения мясо замораживают. Этот процесс характеризуется понижением температуры мяса и мясопродуктов до минус 6° и ниже. При этом основная масса содержавшейся в тканях влаги превращается в твердое состояние, в связи с чем прекращается жизнедеятельность микроорганизмов, резко замедляются ферментативные, химические и физические процессы. При температуре минус 1,5° в мясе вымерзает 30% влаги, при минус 8° - 80, при минус 10° - около 90 и только при минус 60° вся влага переходит в твердое состояние. На характер образования кристаллов льда в тканях существенное влияние оказывает скорость замораживания. При медленном замораживании (при температуре в камере минус 10-15°), когда скорость отвода холода незначительна, в тканях образуется мало центров кристаллизации (1-2 на каждое мышечное волокно), они располагаются в основном в межклеточном пространстве, где концентрация солей ниже, чем внутри клеток, и криоскопическая точка достигается быстрее.

Рост размеров кристаллов усиливает давление на оболочки мышечных волокон, сдавливает и даже разрывает их, происходит обезвоживание коллоидов, что приводит к частичной денатурации белков, которые теряют свойство поглощать влагу. Формирование крупных кристаллов при замораживании - явление нежелательное, так как при этом объем мяса увеличивается примерно на 10%, кристаллы расширяют межклеточное пространство, разрушают соединительно-тканные прослойки своими острыми гранями, мышечные волокна деформируются.

Быстрое замораживание делает процесс более экономичным. Следует отметить, что достигнуть полного выравнивания температуры в толще и на поверхности продукта можно лишь при выдерживании мяса в течение очень

длительного срока. Поэтому замораживание заканчивают в тот момент, когда средняя температура мяса окажется несколько ниже температуры его последующего хранения. Скорость замораживания может быть увеличена, если процесс проводить в жидкой среде, что повышает коэффициент теплоотдачи в 20 раз, или путем изменения скорости циркуляции воздуха до 10 м/с, когда теплоотдача повышается в 3-4 раза. Длительность замораживания свинины примерно на 20-30%, а баранины на 60-70% меньше, чем говядины.

Для замораживания мясные туши и полутуши подвешивают в морозильных камерах так же, как и при охлаждении. Медленное замораживание (одно - и двухфазное) проводят при температуре от минус 15-20° и естественной циркуляции воздуха (0,1-0,2 м/с), интенсивное при минус 23-30, а быстрое при минус 30-35° и скорости воздуха 2-4 м/с. Относительная влажность воздуха во всех случаях должна составлять 90-95%. Продолжительность медленного двухфазного замораживания 40 ч, интенсивного 26 и быстрого 16 ч, не считая времени охлаждения, однофазного - соответственно 36; 24 и 20 ч. В настоящее время широкое распространение находит замораживание мяса и субпродуктов в блоках. При использовании этого метода расходы на хранение и транспортировку их резко снижаются, сокращаются до минимума потери массы,

Мороженое мясо хранят в условиях, исключающих изменение его качества и массы, или они должны быть минимальными. Туши и полутуши размещают в камере штабелями высотой 2,5-3 м по видам и категориям упитанности. Температура хранения должна быть не выше минус 12°, относительная влажность 95-100%. Более целесообразно, чтобы температура была равна минус 18°, при этом развитие плесеней исключается.

Сублимационная сушка

Ее осуществляют в специальных сушильных установках, которые состоят из сушильной камеры, конденсатора, вакуум-насоса, нагревателя и контрольно-измерительных приборов.

Сублимационную сушку проводят в условиях вакуума при температуре ниже точки замерзания воды, благодаря чему практически исключается течение ферментативных и химических процессов. Поэтому мясо полностью сохраняет первоначальные свойства, мало изменяет вкус, запах и цвет, а продукты, упакованные в герметичную тару, могут длительно сохраняться.

Сублимационной сушке подвергают свежее мясо, полученное от здоровых животных, с минимальным содержанием жировой и соединительной тканей. Наиболее подходящим является мясо молодняка, у которого удаляют соединительнотканные образования, жир и кости. Сушку измельченных кусков мяса осуществляют при температуре минус 15-20° и давлении 133 ПА и ниже. При этом удаляется до 90% влаги. Остаточную влагу удаляют при плюсовой температуре в пределах 40-80°. К концу сушки влажность мяса составляет 2-5%. Сублимированные мясопродукты упаковывают в газонепроницаемую тару (полимерные пленки, жестяные банки и др.). Срок хранения при плюсовых температурах составляет 6-8 месяцев.

Консервирование мяса посолом

Посол мяса - один из способов консервирования, который используется самостоятельно или в сочетании с другими способами как необходимый технологический элемент производства ветчины, колбасных изделий, копчения и других. Ассортимент и название получаемой продукции определяются видом мяса, характером и способом посола или наименованием части туши (окорок, грудинка, корейка и т.д.). Беконную свинину, посоленную в виде полутуши, называют беконной половинкой, в

виде бескостной грудинки - бескостным беконом. "Соленые" продукты получают в основном из свинины, реже из говядины, баранины и других видов мяса.

Консервирующее действие поваренной соли обеспечивается созданием высокого осмотического давления, которое способствует обезвоживанию клеток микроорганизмов, а также бактерицидному воздействию ионов натрия и хлора на жизнедеятельность бактерий. Процесс посола основан на физическом законе диффузии. При соприкосновении мяса с раствором поваренной соли возникает обменная диффузия. При этом в мясе накапливается соль, а в рассоле - растворимые в воде составные части мяса. При крепком посоле мясо обезвоживается, что связано с более высоким осмотическим давлением рассола по сравнению с осмотическим давлением мясного сока. При повышении концентрации поваренной соли степень обезвоживания возрастает и достигает максимума на 5-7-е сутки. Если концентрация рассола низкая, наблюдается проникновение воды в мясо (обводнение продукта), благодаря чему повышается его сочность.

Соль в определенной степени действует губительно на микрофлору, особенно при ее высоких концентрациях. Однако кишечную палочку, протей и группу сальмонелл обнаруживают и в солонине крепкого посола. Посолом консервируют только свежее, доброкачественное мясо, полученное от здоровых животных. Чем выше температура рассола и концентрация поваренной соли, тем быстрее она проникает в мясо. Однако высокая температура благоприятна для развития микрофлоры, оптимальная температура раствора для посола мяса 2-4°. Если для посола использовать высокие концентрации поваренной соли, мясо становится несъедобным даже после длительного вымачивания, кроме того, при этом наблюдается усиленное развитие солеустойчивой микрофлоры. Следовательно, соль надо применять в умеренном количестве.

В зависимости от содержания соли различают малосоленый (14-16%), нормальный (18%) и солоноватый (20%) рассолы. Концентрация рассола не

должна быть ниже 12%, иначе продукт портится в процессе посола. Недостатками мокрого посола являются значительная потеря белков (они переходят в рассол) и высокая влажность солонины, что значительно сокращает сроки ее хранения.

Копчение

Под копчением подразумевают обработку поверхности мясопродуктов веществами, содержащимися в коптильном дыме, который получают в результате неполного сгорания древесины. Для копчения наиболее пригоден дым, полученный при ограниченном доступе воздуха в процессе горения древесины. Такой дым состоит из газовой, паровой, жидкой и твердой фаз. Химический состав дыма чрезвычайно сложен, в его состав входят фенолы, альдегиды, кетоны - органические кислоты, спирты, смолы, зола, сажа и другие, многие из которых обладают бактерицидными свойствами. Наряду с ценными для копчения в дыме содержатся вещества, не принимающие участия в копчении (газообразные фракции) или ухудшающие качество продукта (сажа), или даже вредные (метиловый спирт, канцерогенные углеводороды и др.). Для копчения лучшим является дым, образующийся при сжигании опилок и стружек лиственных пород деревьев - бука, дуба, березы, ольхи, клена, ясеня. Не следует использовать хвойные породы, так как они придают мясопродуктам неприятный смолистый запах, темный цвет и горьковатый вкус.

В зависимости от температуры различают холодный (18-22°) и горячий (35-45°) способы копчения. Холодное копчение применяют для получения сырокопченых изделий, длится оно 3-7 суток, при этом продукт отличается высокими вкусовыми качествами и хорошо хранится, поскольку в процессе копчения он сильно обезвоживается, в результате чего в нем повышается содержание поваренной соли. Горячее копчение продолжается 12-18 ч, его применяют при выработке варено-копченых изделий. Получаемый продукт менее стоек при хранении.

На мясоперерабатывающих предприятиях продукты коптят в стационарных камерах или автокоптилках. В коптильной камере относительную влажность воздуха поддерживают на уровне 40-50%. Одновременно необходимо следить за температурой внутри камеры. Перед загрузкой в камеры прошедшие процесс посола мясопродукты вымачивают при температуре 20-30°, согласно инструкции, а затем подсушивают (подогревают) при температуре 50° в камере. Температуру в камере в начале копчения поддерживают на 10-12° выше той, при которой будет проводиться копчение.

Окончание копчения устанавливают по органолептическим показателям продукта. Копчение считается законченным, если продукт приобретает характерный коричневато-желтый цвет, острый специфический вкус и запах, а его поверхность становится сухой и блестящей. По окончании копчения продукт быстро охлаждают и сушат 3-15 суток в зависимости от вида продукта при 12° и относительной влажности воздуха 75%.

Выход готового продукта составляет 70% от исходной массы мяса. Хранят копченые изделия в упакованном виде до одного месяца при температурах, близких к 0°. В настоящее время находит применение мокрое копчение, когда вместо дыма используют коптильный препарат (жидкость), получаемый при обработке конденсата дыма. Этот способ позволяет выработать однородные по качеству изделия, исключить из продукта канцерогенные и другие вредные вещества, которые имеются в дыме, интенсифицировать технологический процесс.

Консервирование высокими температурами

Высокие температуры широко используют при производстве мясных консервов, колбасных и ветчинных изделий. Консервирование высокими температурами включает стерилизацию, варку и запекание.

Стерилизация - основное звено технологического процесса при изготовлении баночных мясных консервов. Она заключается в тепловой

обработке мяса при температуре выше 100°, в результате чего уничтожается микрофлора. Высокая температура (120°), которая используется при производстве мясных баночных консервов, исключает способность спор к прорастанию. Следовательно, нагрев мясопродукта до температуры выше 100° позволяет получить консервы, которые можно хранить 3-5 лет.

Варку широко применяют при производстве колбас, ветчинных и других изделий. В процессе варки уничтожается до 99% микрофлоры, поэтому она не гарантирует полного уничтожения микрофлоры и особенно спор. Следовательно, вареные продукты не могут долго храниться, их следует быстро реализовать. Варка колбасных и ветчинных изделий считается законченной, если температура внутри батона достигает 68-70°. При запекании на мясопродукты воздействуют горячим воздухом (150°). Температура в центре готового продукта составляет 68-70°. При запекании мясо теряет меньше сока, чем при варке, имеет хорошие вкусовые качества и более нежную консистенцию.

Производство баночных мясных консервов. Мясные консервы - это готовые к употреблению продукты, герметично закупоренные в жестяную или стеклянную тару с последующей обработкой высокой температурой (стерилизацией). Баночное консервирование в основном применяют для длительного хранения мяса и мясопродуктов. Мясные консервы вырабатывают из мяса (тушеные говядина, свинина, баранина, отварное и жареное мясо и др.), из субпродуктов (языки, почки, паштеты и др.), из фабрикатов и полуфабрикатов (сосиски, ветчина, бекон). По сравнению с другими способами консервирования баночные консервы могут длительно храниться в обычных складских условиях. Их легко транспортировать и можно употреблять без дополнительной обработки.

Перед отправкой на хранение поверхность банок смазывают техническим вазелином и укладывают в ящики. Хранят мясные консервы при температуре 0-5° и относительной влажности воздуха 75%. При хранении не следует допускать появления на банках ржавчины, которая может привести к

нарушению герметичности. Если консервы после изготовления направляют в реализацию, то на банку наклеивают этикетку с указанием названия, сорта, места выработки продукта, номера партии и даты выпуска.

Колбасное производство

Колбасные изделия обладают высокой питательной ценностью и калорийностью. Предприятия мясной промышленности нашей страны вырабатывают широкий ассортимент колбасных изделий. В зависимости от технологического процесса различают следующие виды колбас: вареные, полукопченые, копченые, ливерные, мясорастительные, диетические, кровяные, мясные хлеба, зельцы. Различные виды колбас по химическому составу и пищевой ценности неодинаковы.

Для каждого вида и сорта колбас установлены определенная рецептура и технология, выполнение которых строго контролируется. Одновременно при их изготовлении необходимо соблюдать санитарно-гигиенические правила, поскольку продукт предназначен в пищу без дополнительной термической или кулинарной обработки. Большое значение при производстве колбас имеет качество сырья. Для колбасных изделий используют нежирную говядину и свинину, реже - мясо животных других видов. Мясо должно быть свежим и доброкачественным. Говядина имеет важное для производства колбас свойство - поглощать и удерживать влагу, что обусловлено большим содержанием белков. Это обеспечивает плотную и сочную консистенцию продукта. Свинина улучшает вкусовые качества и повышает энергетическую ценность колбас.

Колбасные изделия выпускают в оболочке и реже без нее (мясные хлеба, студни и др.). Оболочки придают изделиям определенную форму, предохраняют от загрязнений, порчи, а при тепловой обработке задерживают выделение белков и экстрактивных веществ мяса. Оболочки могут быть натуральными (кишечное сырье различных видов животных) и

искусственными (полиэтилен, целлофан и др.). Оболочки должны быть чистыми и прочными. Колбасные изделия перевязывают шпагатом.

Процесс производства различных видов колбасных изделий имеет много общего. Он в основном складывается из следующих операций: подготовка сырья (обвалка, жиловка и сортировка мяса и мясопродуктов), предварительное измельчение, посол, приготовление фарша и шпика, формовка изделий, термическая обработка, упаковка и хранение. В то же время технология отдельных видов колбас имеет свои особенности.

РАЗДЕЛ 3.
ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Тема 7. Обработка пищевых продуктов инфракрасным излучением

К электрофизическим методам обработки пищевых продуктов относят обработку:

- переменным электрическим током;
- в электростатическом поле;
- электроконтактную;
- высокочастотную;
- сверхвысокочастотную;
- инфракрасным излучением.

Применяют и комбинированные методы, то есть обрабатывают продукт последовательно или одновременно двумя электрофизическими методами, например, обработка мяса сверхчастотным методом на первых стадиях и инфракрасным излучением на завершающей стадии жаренья или одновременный нагрев путем конвекции горячего воздуха и инфракрасным излучением.

Электрофизические методы обработки широко применяются в самых различных отраслях промышленности, так как сравнительно с традиционными имеют неоспоримые преимущества, как и недостатки. К наиболее важным преимуществам относятся высокая скорость процесса и компактность промышленных устройств, к недостаткам - относительная сложность и высокая стоимость промышленных устройств (но не всегда).

При использовании этих методов для обработки пищевых продуктов возникают серьезные трудности, обусловленные гетерогенностью состава продуктов и различной лабильностью отдельных составных частей. Например, в разных частях объема мясных продуктов даже на расстоянии нескольких миллиметров соотношение белок : жир : вода может различаться

в несколько раз; два клубня сахарной свеклы, взятые с одного участка, могут различаться по массе и содержанию сахара в 2 раза и более и так далее. Если при традиционных методах обработки статистическое усреднение продукта почти всегда позволяет вести процесс в оптимальном режиме, то, как будет показано позднее, электрофизические методы обработки воздействуют неодинаково на части продукта, различающиеся по объему. Поэтому если путем измельчения и механического перемешивания нельзя достичь однородности продукта, то использование электрофизического метода для обработки пищевых продуктов может быть весьма проблематичным.

Электрофизические методы обработки пищевых продуктов основаны на использовании электромагнитной энергии излучения.

Инфракрасное излучение используется главным образом для нагревания продукта.

В отличие от кондуктивного нагрева, при нагреве инфракрасным излучением поверхность продукта остается открытой, с нее идет интенсивное испарение воды, вызывающее охлаждение поверхностных слоев. Это также дает возможность подводить к продукту интенсивный поток тепла - до тех пор, пока поверхностные слои не будут чрезмерно обезвожены.

Нагрев инфракрасным излучением осуществляется следующим образом. Источник или генератор ИК-излучения нагревается от обычных источников (например, электрической энергией для светлых излучателей и тэнов, энергией сгорания газа для газовых беспламенных горелок и так далее). В результате нагрева в источнике излучения повышается общая кинетическая энергия молекул, происходит более частое их соударение, часть электронов попадает на возбужденную орбиту, при их возвращении на основную орбиту генератор вырабатывает энергию в виде электромагнитного излучения.

Генерируемое электромагнитное излучение направленным потоком облучает обрабатываемый продукт.

При столкновении квантов излучения с электронами в молекуле продукта они передают всю свою энергию электронам, которые вследствие

этого переходят в возбужденное состояние и затем возвращаются на основную орбиту, теряя при этом избыток энергии в виде тепла, в результате чего происходит нагревание продукта.

Качественное отличие ИК-нагрева от диэлектрического заключается в механизме трансформации энергии излучения в тепло. ИК-поле проникает на небольшую глубину в продукт. Глубина проникновения ИК-излучения обратно пропорциональна коэффициенту поглощения. С уменьшением длины волны глубина проникновения ИК-лучей увеличивается и может достигать в отдельных случаях 3-5 мм. Вследствие чего такой вид нагрева является промежуточным между поверхностным и объемным.

Применение ИК-нагрева позволяет значительно сократить продолжительность процесса тепловой обработки, уменьшить металлоемкость и размеры аппаратов, автоматизировать производство, получить продукт высокого качества.

При выборе излучателя учитывают целый ряд факторов - такие, как особенности технологического процесса, свойства материала, интенсивность излучения генератора, возможность импульсного облучения, экономические требования и так далее.

В наиболее общем случае ИК-аппарат состоит из камеры, транспортирующего органа, ИК-излучателей, системы вентиляции, управления и автоматики.

При выборе излучателя следует исходить из особенностей обрабатываемого материала. При этом особенное значение имеют оптические свойства обрабатываемого материала.

Под оптическими свойствами материала понимают его пропускательную, поглащательную и отражательную способность.

Оптические свойства материала зависят от многих факторов, в том числе от структуры материала, содержания в нем влаги и доли её связи с материалом, состояния и цвета поверхности продукта.

Пищевые продукты содержат большое количество влаги с разными формами связи, что неодинаково отражается на общем спектре поглощения материала.

Различают интегральные и спектральные оптические характеристики продуктов. Для практических целей в условиях конкретного излучателя и объема нагрева лучше пользоваться интегральными характеристиками, отражающими взаимодействие объема с лучистой энергией во всем используемом диапазоне длин волн. Интегральные характеристики относятся к длине волны, соответствующей максимуму излучения излучателя.

Пищевые продукты в зависимости от химического состава и других показателей обладают выраженной селективностью к поглощению ИК-излучения в различных областях спектра. Поэтому источник излучения следует выбирать с учетом спектральных характеристик материала, КПД аппарата, интенсивности подвода теплоты, а также экономических показателей процесса.

Как показывает опыт эксплуатации промышленных установок ИК-излучения, практически во всех случаях ИК-обработки наблюдается повышение качества и выхода готовой продукции, снижение энергетических затрат, упрощение конструкции аппарата.

Нагрев продукта в оптимальных условиях, как правило, обеспечивает большой выход и лучшее качество. При этом обеспечиваются и более высокие технико-экономические показатели процесса.

Тема 8. СВЧ - обработка пищевых продуктов. Электроконтактные методы обработки пищевых продуктов

СВЧ, устройство, предназначенное для изменения фазы электромагнитных колебаний на выходе линии передачи.

Нагрев СВЧ-энергией является принципиально новым методом нагрева продукта в поле электромагнитного излучения. В отличие от всех других способов нагрева, при которых тепло воспринимается поверхностью

продукта и проникает внутрь за счет теплопроводности, электромагнитное поле СВЧ способно проникать на значительную глубину, что позволяет осуществлять объемный нагрев независимо от теплопроводности.

Приготовление кулинарных изделий осуществляется в специальных СВЧ-шкафах (печах), использующих принцип диэлектрического нагрева, при котором прогревается только помещенный в камеру продукт, как правило, без добавления воды и жира. При этом из-за потерь тепла в окружающую среду температура поверхностных слоев меньше, чем центральных, в результате чего на поверхности продукта отсутствуют специфическая корочка и колеровка.

По своим органолептическим свойствам продукт, доведенный до готовности в СВЧ-аппарате, приближается к продукту, полученному в результате припускания.

Основным преимуществом объемного прогрева продуктов в СВЧ-поле является быстрота приготовления пищи: время приготовления уменьшается приблизительно в 10 раз по сравнению с поверхностным нагревом и составляет для большинства блюд несколько минут. При этом сохраняются питательные вещества и значительно улучшаются вкусовые качества по сравнению с традиционным способом приготовления пищи. Исключается пригорание изделий и улучшаются санитарно-гигиенические условия труда обслуживающего персонала. СВЧ-аппарат практически безынерционен в управлении, причем при СВЧ-нагреве отсутствует холостой ход и связанные с ним потери тепла. Нагрев прекращается одновременно с прекращением подачи энергии. СВЧ-нагрев наиболее эффективен для приготовления вторых блюд, а также для разогревания замороженных готовых изделий.

У пищевых продуктов, прошедших тепловую обработку в СВЧ-шкафах, отсутствует корочка, характерная для жаренья традиционным способом. Поэтому в шкафах СВЧ устанавливают ИК-излучатели, которые включают на 1-2 мин после доведения изделий до состояния кулинарной

готовности. В результате такой обработки изделия приобретают специфическую корочку и колер.

Электроконтактные методы обработки пищевых продуктов

Электроконтактные методы обработки, то есть методы, осуществляемые путем непосредственного контакта электрического тока с продуктом, применяются для нагрева, электроплазмолиза растительного сырья, электрофлорации, электростимуляции мясных туш с целью ускорения созревания мяса.

Сущность электроконтактного нагрева состоит в том, что электрический ток, проходя через продукт, обладающий сопротивлением, нагревает его.

Для некоторых процессов без всяких опасений за электрохимические превращения можно использовать электроконтактный метод и на частоте 50 Гц. Например, при сушке табачных листьев процесс осуществляется в три фазы: разогрев продукта с незначительным удалением влаги, интенсивное испарение и фаза, характеризующаяся малыми значениями тока и небольшим испарением влаги. При поперечном прохождении тока в течение 5-6 мин можно удалить до 90% влаги.

Весьма эффективным является использование электроконтактного метода нагрева для размораживания пищевых продуктов, в первую очередь мясных и рыбных блоков.

Электростимуляция является разновидностью электроконтактного метода. Применение электроконтактного метода обработки для электростимуляции мясных туш с целью интенсификации процессов созревания мяса является примером эффективного использования теоретических положений в промышленной практике.

В основу процесса положено известное явление механического сокращения мышечных волокон под действием электрического тока.

Для проведения электростимуляции разработаны различные генераторы с регулированием частоты следования импульсов, а также формированием их формы, обеспечением полной электробезопасности процесса и другими.

Аппаратурно электростимуляция может быть включена в любой участок цехов убоя в виде дискретного устройства либо в качестве непрерывно действующего оборудования технологического процесса.

Хорошие результаты дают следующие параметры электростимулирования: напряжение тока 220 В, частота 50 Гц при импульсивной подаче 1:1 с продолжительностью импульса 0,5 с.

Электроплазмолиз является эффективной электроконтактной обработкой растительного сырья.

Основные положения плазмолитической теории указывают на следующие особенности сокоотдачи.

Сокоотдача растительного сырья зависит от первоначальной степени проницаемости протоплазменной оболочки и от особенности последней противостоять внешним воздействиям в процессе предварительной обработки и прессования.

Любые внешние воздействия, направленные на повреждение клеточных структур и увеличение их проницаемости, должны приводить в итоге к повышению сокоотдачи.

Электроплазмолиз, в отличие от теплоплазмолиза, не вызывает разрушения клеточных стенок и поэтому исключает переход пектиновых веществ в сок, а также способствует разрыву плазменных оболочек на более крупные частицы, которые легко задерживаются клеточными стенками при извлечении сока, что положительно сказывается на выходе сока.

Эффективность электроплазмолиза зависит от ряда факторов: градиента напряжения, длительности обработки, температуры и электрофизических свойств сырья. Конечный эффект электроплазмолиза не

зависит от частоты электрического тока, выбор которой определяется в основном электрохимическими соображениями.

Электроплазма растительной клетки при электроплазмолизе увеличивается, так как дискретность электрических свойств клетки в результате ее разрушения сглаживается. Вследствие этого значения тока при электроплазмолизе должны быть экстремальными, а максимум тока соответствует полному разрушению плазменных оболочек.

Если электроплазмолиз проводится при градиенте напряжения (40 кВ/м и ниже), то жизненные функции клетки могут быть нарушены не полностью и после снятия напряжения частично восстанавливаются. Однако для полного плазмолиза в этом случае достаточно незначительного механического воздействия. Такой плазмолиз получил название коацерватного.

При селективном электроплазмолизе, который имеет место при градиентах напряжения 170-200 кВ/м при экспозиции 0,001-0,002 с, температура всей массы продукта изменяется незначительно. Избирательность подогрева протоплазмы обусловлена тем, что плазменные оболочки являются основным сопротивлением ткани электрическому току. Селективный характер носит также импульсный электроплазмолиз, который протекает при высоких значениях градиента напряжения - 1400-1500 кВ/м при микросекундной продолжительности импульса.

При импульсном электроплазмолизе разрываются протоплазменные оболочки и происходит коагуляция протоплазмы в результате приложения импульсного поля высокой напряженности. Специфика импульсного воздействия сказывается на форме разрушения живой протоплазмы клеток. При таких воздействиях протоплазма полностью распадается, в то время как при воздействии переменного тока частотой 50 Гц она может сохранять свою целостность и после гибели.

Характерным для электроимпульсного плазмолиза является то, что выход сока, а следовательно, и глубина самого процесса плазмолиза в

большей степени зависит от градиента напряжения и в значительно меньшей степени от энергии импульса. По-видимому, при этом происходит прямое действие электрического тока вместе с силовым воздействием на структуру протоплазмы.

Конструкции электроплазмолизаторов могут быть самыми разнообразными, предназначенными для различных видов сырья и универсальными. Известны типы электроплазмолизаторов: валковый, камерный одноярусный и многоярусный, транспортерный, шнековый, центробежный, линейный, импульсный.

Тема 9. Обработка пищевых продуктов в электростатическом поле. Электрофлотация

Сущность обработки пищевых продуктов в электростатическом поле состоит в том, что ионизированный газ, перемещаясь в электрическом поле, сообщает заряд тонкодисперсным частицам вещества (коптильный дым, пыль, краска и другие), которые, приобретая заряд, также совершают упорядоченное направленное движение от одного электрода к другому.

Процессы с применением высоковольтной ионизации применяют для электрокопчения, электроочистки газов, электросепарирования, электроантисептирования, электропанировки и других.

Ионизации газов достигают двумя путями:

- несамостоятельной ионизацией, которая возникает, если пространство между электродами подвергают воздействию внешнего источника теплоты (ультрафиолетовое излучение, высокая температура, рентгеновские лучи и другие);
- самостоятельной ионизацией, возникающей в результате повышения напряжения в цепи до некоторой определенной величины, при которой заряженные частицы, разгоняясь в электрическом поле и сталкиваясь с нейтральными молекулами газа, ионизируют их.

Электросепарирование, или разделение дисперсий, основано на различии электрофизических, геометрических, физико-химических и других показателей составляющих дисперсию компонентов.

Сообщить частице заряд можно разными способами: в поле коронного разряда за счет адсорбции газов на поверхности частицы, путем непосредственного контакта с электродами, электризацией трением и другими. Заряженные частицы под действием электрического поля и механических сил воздействия совершают упорядоченное, но разное движение для составляющих систему компонентов.

Разработаны различные конструкции электросепарирующих устройств, предназначенные для классификации, разделения, очистки, а также их комбинации.

Элетросепараторы классифицируют на камерные, барабанные, ленточные и лотковые.

Электрофлотация - физико-химический метод очистки воды от нерастворимых (дисперсных) веществ. Метод основан на проведении электролиза воды на нерастворимых электродах и флотационном эффекте. В процессе электрофлотации нерастворимые загрязняющие вещества поднимаются на поверхность сточной воды, переносимые всплывающими микропузырьками электролитических газов.

С помощью электрофлотации можно разделить жидкие неоднородные системы. Сущность процесса состоит в разложении постоянным электрическим током воды на водород и кислород в виде очень мелких пузырьков, осаждающихся на поверхности твердой фазы и увлекающих ее вверх. Для флотации в основном используются пузырьки водорода, выделяющиеся на катоде.

Пузырьки водорода, пронизывая весь объем флотируемой жидкости, вытесняют кислород, снижая тем самым уровень окислительно-восстановительного потенциала, то есть в электрофлотаторе наряду с разделением фаз происходит эффективная деаэрация продукта.

Электрофлотацию используют в разных областях.

Большой эффект дает электрофлотация при очистке виноградного сока. Электрофлотация не влияет на содержание инвертного сиропа, сухих, дубильных и красящих веществ, титруемую кислотность, щелочность и pH среды.

Процесс очистки сточных вод протекает более благоприятно в присутствии кислорода, поэтому при электрофлотации не используют диафрагму, а толщину объекта пронизывают пузырьки кислорода и водорода, что обеспечивает определенное бактерицидное действие.

Хороший эффект дает использование электрофлотации для выделения кормовых дрожжей из паточной барды. Установлено, что образующуюся пену можно использовать непосредственно для сушки.

Конструктивно аппараты для электрофлотации можно разделить на следующие группы:

- аппараты с горизонтально расположенным дном и катодом и с вертикально установленным анодом;
- аппараты с катодом, расположенным параллельно дну сосуда, имеющим рабочую поверхность, близкую сечению сосуда, что позволяет поднимающимся пузырькам водорода пронизывать всю массу обрабатываемого объекта.

РАЗДЕЛ 4.
ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Тема 10. Классификация способов тепловой обработки

Одним из основных технологических процессов производства пищевых продуктов, при котором сырье, претерпевая комплекс сложных физико-химических, структурных и других изменений, превращается в готовый продукт, является тепловая обработка. От способа и режима ее во многом зависят качественные и технико-экономические показатели готового продукта.

Назначение и цели тепловой обработки разнообразны:

- при выработке готовых к употреблению в пищу изделий продукты (сырье) доводят до состояния кулинарной готовности, уничтожают большинство вегетативных форм микроорганизмов и в необходимой степени инактивируют ферменты, при этом происходит, например, в продуктах животного происхождения, денатурация и коагуляция мышечных и дезагрегация соединительно-тканных белков;
- тепловая обработка может быть предварительной, при которой продукт (сырье) подвергается кратковременному нагреву для его подготовки к последующей обработке;
- при производстве мяса и других продуктов убоя - поверхностная обработка для ослабления удерживаемости щетины, шерсти, слизистой и других оболочек, а также придания продукту необходимых специфических свойств;
- при размораживании, расплавлении - нагрев с целью изменения структурного состояния и так далее.

Глубина изменений, происходящих в пищевых продуктах в процессе тепловой обработки, зависит главным образом от достигаемой внутри продукта температуры, длительности и способа нагрева, наличия воды в

самом продукте или в греющей среде, соприкосновения греющей среды с массой продукта, величины парциального давления водяных паров в греющей среде, применения лучистой энергии и так далее.

Тепловая обработка продуктов осуществляется различными способами: погружением в жидкую среду; воздействием паровоздушной и пароводяной смесями острого пара, электроконтактным нагревом, энергией СВЧ, инфракрасным излучением и другими, а также комбинированием перечисленных способов. В зависимости от поставленной цели можно получить конечный продукт с необходимыми свойствами путем использования того или иного способа тепловой обработки.

По технологическому назначению все способы тепловой обработки пищевых продуктов можно подразделить на основные и вспомогательные, а по наличию влаги в греющей среде, воздействию ее на продукт и способу подвода энергии - на влажные, сухие и комбинированные.

Под основными способами тепловой обработки понимают такие, при которых происходят целесообразные изменения физических, химических, структурных и других свойств и состояний продукта, в результате которых он становится пригодным в пищу (например, при производстве колбасно-кулинарных изделий и консервов, выпечке хлеба и других) или существенно изменяются свойства сырья и оно переходит из одного качественного состояния в другое (например, вытопка жира, экстракция желатина и так далее).

К вспомогательным способам тепловой обработки следует отнести такие, при которых обрабатываемое сырье не претерпевает существенных изменений: шпарка, опаливание, ужаривание, подсушка и так далее.

Они, как правило, предшествуют основным способам обработки продуктов, а в ряде случаев способствуют приданию сырью специфических свойств (обжарка, пассерование, бланширование и так далее), необходимых для выработки соответствующего продукта.

Основные способы тепловой обработки продуктов подразделяются в зависимости от греющей среды и применяемых методов на влажные, сухие и комбинированные.

Тема 11. Влажные способы тепловой обработки

Характерной особенностью влажных способов тепловой обработки является то, что продукту передается тепло от жидкой горячей среды (воды или бульона), влажного пара или смеси насыщенного пара и воздуха. Тепловую обработку этими способами проводят в большинстве случаев при температуре 75-100°С.

Влажные способы применяют, например, при производстве мясопродуктов (колбасных и кулинарных изделий) для доведения до кулинарной готовности жесткого мяса с высоким содержанием соединительной ткани. Кроме того, их используют при вытопке жира и в других технологических процессах.

К влажным способам тепловой обработки относят: варку в воде, на пару и припускание; стерилизацию, пастеризацию, тиндализацию (дробная стерилизация); тепловую обработку в электромагнитном поле СВЧ. Эти способы тепловой обработки имеют ряд разновидностей, связанных с характером производства и видом обрабатываемого продукта (колбаса, кулинарные и соленые изделия, консервы, жиры, овощепродукты и так далее).

Варка - это нагрев мяса и мясопродуктов, рыбы и овощей до состояния кулинарной готовности в воде, острым паром или смесью насыщенного пара и воздуха температурой ниже 100°С в специальных камерах, открытых котлах, в автоклавах под давлением и электромагнитном поле СВЧ. При производстве мясо-, рыбо- и овощепродуктов варку осуществляют в различных средах при разных режимах: в кипящей воде при атмосферном или повышенном давлении, а также при вакуумировании; в воде с температурой ниже точки кипения; паром (при этом продукт помещают в

закрытый сосуд, в который подают влажный пар). Тепловая обработка паром наиболее популярна из-за меньших потерь массы и возможности получить продукт более сочный, чем при варке в воде.

Припускание применяют в основном при тепловой обработке продуктов с высоким содержанием влаги. Некоторые из них припускают без добавления жидкости, в собственном соку, который выделяется из продукта при нагревании. Припускание осуществляется в сосуде с плотно закрывающейся крышкой с частичным погружением продукта в кипящую среду. Тепло передается ему от влажного пара, который, соприкасаясь с продуктом, конденсируется, выделяя скрытую теплоту парообразования, и нагревает его, доводя до кулинарной готовности. Температура греющей среды – 100-102°С, соотношение продукта и греющей среды - примерно 1:0,3.

Стерилизация консервов - это нагрев продукта, изолированного от внешней среды путем упаковки его в герметичную жестяную, стеклянную или мягкую полимерную тару, до температуры и в течение времени, достаточных для предотвращения развития микрофлоры при длительном хранении продукта. Консервы обычно стерилизуют при температуре выше 100°С, они могут содержать единичные непатогенные микроорганизмы.

Пастеризацией называют однократную тепловую обработку изолированного от внешней среды продукта, при которой уничтожаются преимущественно вегетативные формы микроорганизмов. В зависимости от обрабатываемого продукта процесс проводят до температуры 52-75°С, а в отдельных случаях - до 80-86°С. Пастеризации подвергают некоторые мясные и рыбные продукты (паштеты, полуконсервы), меланж, органопрепараты, сливки, молоко, пиво и другие.

Вытопкой жира называют выделение его путем нагрева сырья. Степень разрушения жировой ткани при этом зависит от температуры нагрева и количества воды. При вытопке жира влажным способом процесс осуществляется с добавлением 20-50% воды к массе жиросырья.

Ректификация (производство этилового спирта). Ректификацией называется процесс разделения смеси, состоящей из двух и более компонентов, кипящих при различных температурах. Получаемая в результате брожения зрелая бражка имеет сложный состав. Кроме воды и спирта она содержит различные органолептические и неорганические соединения, сахара, декстрины, минеральные вещества, летучие соединения (эфиры, спирты, альдегиды, кислоты) и другие.

При кипении смеси летучих компонентов паровая фаза обогащается компонентом, имеющим более низкую температуру кипения. В водно-спиртовом растворе упругость паров спирта при любой температуре значительно выше упругости паров воды. Вследствие этого содержание спирта в паре больше, чем в кипящем водно-спиртовом растворе.

Тема 12. Сухие способы тепловой обработки

Характерной особенностью сухих способов тепловой обработки продуктов является ведение процесса при незначительном парциальном давлении пара в среде нагрева. В результате продукты приобретают специфический запах и аромат жареных, копченых или запеченных с золотистой корочкой. К этим способам относят жаренье, запекание, копчение, сушку сухарей, макаронных изделий, крахмала, овощей, фруктов, выпечку хлеба и другое.

Тепловую обработку такими способами, как правило, осуществляют при высоких температурах (от 150 до 200°С), в результате в поверхностном слое продукта протекают сложные реакции, при которых развиваются характерные вкус и аромат продукта. В этих реакциях участвуют белки, аминокислоты, жиры и сахара и происходит изменение цвета поверхностного слоя.

Сухие способы тепловой обработки применяют для приготовления продуктов из сырья с небольшим содержанием соединительной ткани и

клетчатки. Эти способы, как и влажные, имеют разновидности, связанные с видом обрабатываемого продукта.

Жаренье. Жаренью подвергают картофель, мясные и рыбные кулинарные изделия, некоторые виды колбас, буженину и другие. Его осуществляют с использованием различных приемов.

Прием 1. В небольшом количестве жира, погружением в жир, а также излучением от нагретых поверхностей.

Продукт помещают на противень с жиром, нагретым до температуры 150-180°С, соотношение продукта и жира 1:0,1-0,2. Поверхность изделия при этом способе быстро обезвоживается и покрывается золотистой корочкой. Его используют для жаренья мяса животных и птицы до полной готовности или полуготовности (обжаривание). Продолжительность тепловой обработки 15-45 мин. Передача тепла к внутренним слоям продукта происходит за счет теплопроводности.

Прием 2. Продукт погружают в жарочную ванну с жиром, нагретым до температуры 130-190°С, что обуславливает образование корочки по всей его поверхности. Таким образом, жарят мясо животных, птицы, мучные изделия до полной готовности.

Прием 3 состоит в том, что политый жиром продукт помещают в камеру жарочного шкафа и нагрев его производится в основном за счет излучения (на 80-85%) от нагретых поверхностей камеры и частично благодаря теплопроводности горячего пода и конвекции воздуха.

Запекание. В отличие от других способов тепловой обработки при запекании изделий нагрев ведут продуктами сгорания газа или горячим воздухом. При этом передача тепла продуктам осуществляется конвекцией, излучением и распространяется оно внутрь за счет теплопроводности.

Поэтому под запеканием следует понимать тепловую обработку горячим воздухом (продуктами сгорания газа) в коптильных камерах, ротационных печах или в электрических шкафах. По сравнению с варкой в воде, при этом способе потери сока и жира ниже, выход готовых продуктов

выше, они обладают лучшим вкусом и ароматом и имеют более нежную консистенцию. Осуществляют запекание при температурах в диапазоне от 80 до 280°С.

Процесс может быть интенсифицирован путем повышения температуры греющей среды, однако поддержание температуры выше 120°С в течение всего процесса приводит к снижению качества и выхода запеченных изделий. Эти показатели могут быть улучшены путем использования покрытий и применения ступенчатого режима запекания.

Запекание применяют при производстве кулинарных изделий, колбас, мясных хлебов, соленых мясных и рыбных продуктов и прочего.

Копчение. Под копчением обычно подразумевают обработку поверхности пищевых продуктов веществами, содержащимися в коптильном дыме, который получают при неполном сгорании дров или опилок. Основное назначение такой обработки - придание продуктам специфических вкуса и аромата и повышение их стойкости при последующем хранении. Копчение можно рассматривать в известной мере как химический способ обработки продукта, качество которого зависит от химического состава коптильной среды - древесного дыма при традиционных способах копчения, от коптильных препаратов при бездымном копчении.

Известно, что дым представляет собой аэрозоль, состоящий из твердых частиц, взвешенных в паре. Эти твердые частицы состоят главным образом из смол и играют второстепенную роль в сообщении продукту специфического привкуса, а первостепенная роль принадлежит паровой фазе, содержащей кислоты, альдегиды и фенольные соединения и обладающие бактерицидными свойствами, присущими древесному дыму. Кроме того, в состав дыма входят канцерогенные полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), из которых наиболее активным является 3,4-бензпирен. Содержание его в копченых изделиях колеблется от следов до 50 мг на 1 кг. Исследования показали перспективность применения искусственных оболочек для задержания этих веществ. Известно, что

концентрация 3,4-бензпирена в полукопченой колбасе в естественной оболочке в 5 раз больше, чем в оболочке из белкового сырья, и в 9-10 раз больше, чем в целлюлозной.

При достаточной влажности коптильного дыма целлюлозная оболочка проницаема для паровой фазы, содержащей коптильные вещества, однако при подсыхании она теряет проницаемость. Поэтому при копчении продуктов важное значение имеет обеспечение наиболее благоприятной влажности в камере. Если она слишком высокая, то проницаемость целлюлозы не увеличивается, но цвет изделий может ухудшиться. Установлено, что наиболее благоприятной при копчении является влажность 25-40%.

В зависимости от температуры, при которой ведется процесс, различают два вида копчения: горячее и холодное (для мясопродуктов).

Горячее копчение. Горячее копчение при температуре 35-50°С в течение 12-24 ч применяют при производстве полукопченых колбас (копчение после варки). Первичное копчение (обжарка) варено-копченых колбас осуществляют при температуре 70-80°С в течение 1-2 ч, вторичное, после их варки и охлаждения, - при температуре 30-35°С в течение 48 ч, а при 40-55°С - 24 ч. При горячем копчении в течение достаточно длительного времени в тканях сырых продуктов с заметной скоростью происходят ферментативные изменения, которые существенным образом влияют на органолептические свойства продукта. В результате этих изменений изделие становится пригодным в пищу без дополнительной кулинарной обработки.

В некоторых случаях собственно копчение органически объединяется с термической обработкой изделий - запеканием. При копчении продуктов относительную влажность дымовоздушной смеси целесообразно поддерживать на уровне 40-45%, чтобы одновременно осуществлялась их сушка.

Холодное копчение при температуре 18-22°С в течение 2-3 суток применяют при изготовлении сырокопченых колбас и копченостей в целях

увеличения выпуска копченых изделий (колбас) без снижения их качества. Копчение можно осуществлять в течение 20-22 ч при температуре 26-28°С.

Сушка. Сушкой называют процесс удаления из материала любой жидкости, в результате чего в нем увеличивается доля сухих веществ. Учитывая, что при этом удаляют главным образом воду, под сушкой понимают процесс обезвоживания. Это сложный технологический процесс, который часто является решающим этапом производства. Принципы и методы обезвоживания различны. По энергетическому признаку А.С. Гинзбург выделяет среди них два основных: 1) удаление влаги без изменения ее агрегатного состояния, в виде жидкости; 2) с изменением его, то есть при фазном превращении жидкости (льда) в пар. В первом случае обезвоживание может быть осуществлено механическим способом (прессование, центрифугирование, фильтрование); во втором - сушка связана с затратами тепла на фазовое превращение влаги. В большинстве случаев это тепло сообщается материалу извне одним из известных способов: кондукцией, конвекцией, радиацией при прогреве материала от поверхности внутрь или за счет электромагнитной энергии токов высокой (сверхвысокой) частоты. Такая сушка называется тепловой.

Основные процессы тепловой сушки - перенос энергии и перевод в результате этого влаги продуктов в парообразное состояние. Методы сушки по способу передачи тепла материалу подразделяются на конвективные, кондуктивные и сушку под воздействием энергетических полей.

При конвективной сушке источником энергии может служить нагретый газ (воздух, продукты сгорания топлива, газовоздушная смесь, перегретый пар, инертный газ - азот), омывающий влажный материал (продукт) в самых разнообразных условиях; при кондуктивной - последний прижат к нагретым плитам, вальцам, цилиндрам.

Тема 13. Комбинированные способы тепловой обработки

В последние годы в технологических схемах производства того или иного продукта совмещают несколько способов тепловой обработки. Так, при тушении используют два способа: вначале сухой продукт обжаривают со всех сторон в открытой емкости с добавлением жира или без него до образования золотистой корочки, затем влажный продукт доводят до кулинарной готовности припусканием с добавления бульона пряностей и полностью закрытой емкости при температуре 95^0С. Тепло подводится так, чтобы количество испаряющейся и конденсирующейся воды было одинаковым, а продукт находился частично в жидкости, частично – в паровоздушной смеси. Такую обработку применяют главным образом для размягчения жесткого мяса и продуктов растительного происхождения.

При производстве варено-копченых изделий совмещают копчение и варку. Окорока, рулеты и др. коптят в обжарочных камерах при температуре 30-50^0С в течение 3-6 ч; затем их варят в воде или паром, температура в момент загрузки 95-100^0С.

Тепловая обработка копчено-запеченных изделий включает в себя одновременно два процесса: горячие копчение и запекание дымовоздушной смесью с температурой 75-95^0 С в течение 6–12 ч в зависимости от массы обратываемого продукта. При выработке копчено-запеченных рулетов из соленых массированных говядины и баранины процесс тепловой обработки ведут в обжарочных печах слегка увлажненной дымовоздушной смесью вначале при температуре 110^0С в течение 25 мин, затем её понижают до 85-90^0С и изделия выдерживают при этой температуре до достижения в центре 68-70^0С. Продолжительность процесса 4-6 ч.

При выпечке хлеба в начале процесса тесто поглощает влагу в результате конденсации паров воды из среды пекарной камеры; в этот период масса куска теста несколько увеличивается. После прекращения конденсации влаги начинается её испарение с поверхности, которая к этому времени

прогревается до 100^0С, превращаясь в сухую корку. Обезвоженная корка прогревается в процессе выпечки до 160-180^0С, а температура в центре мякоти поднимается до 95-97^0С.

Для большинства пшеничных ржаных изделий выпечку осуществляют в три стадии:

- нагрев осуществляется в камере в паровоздушной среде при температуре 110-120^0С и относительной влажности 80% в течение 2-3 мин. В конце этого периода температуру повышают до 240-280^0С;
- образование корки, закрепление объема и формы изделия проходит при относительно высокой влажности газовой среды;
- завершение выпечки. Этот период характеризуется менее интенсивным поводом тепла, что позволяет снизить упек. Температура поддерживается на уровне 180^0С.

Режим выпечки зависит от сорта хлеба, вида и массы изделия, качества теста, свойств муки и конструкции печи. Продолжительность выпечки колеблется от 8 до 12 мин для мелкоштучных изделий и до 60 мин для ржаного хлеба массой 1 кг.

Тема 14. Вспомогательные способы тепловой обработки пищевых продуктов

Все способы предварительной тепловой обработки относятся к вспомогательным. Они, как и основные, делятся на влажные, сухие и комбинированные.

Влажные способы вспомогательной тепловой обработки

К влажным способам вспомогательной тепловой обработки относятся шпарка, подшпарка, бланширование, разогревание, обезжиривание, размораживание, обварка, ошпарка, разваривание, упаривание, уваривание, варка сиропа, ферментирование.

Шпарка – кратковременная обработка поверхности тушек птицы, туш свиней, шерстных и слизистых субпродуктов при температуре греющей среды (воды, пара) 51-83^{0}С с целью ослабления связи между подлежащими удалению частицами (пером, волосом, щетиной, слизистой оболочкой, эпидермисом) с самим обрабатываемым объектом.

При выборе оптимальных параметров шпарки птицы преследуют две цели: наибольшее снижение удерживаемости оперения в фолликулах кожи и обеспечение минимальных физико-химических изменений мышечной ткани. Установлено, что оптимальными для шпарки тушек кур является: температура воды – 55-57^{0}С, продолжительность обработки – 90 с.

Шпарку свиных туш в шкуре производят в том случае, если свинину направляют на выработку бекона и ветчинных изделий. Осуществляют её в воде или пароводяной смеси температурой 63-65^{0}С в течении 3-5 мин, цель такой обработки – ослабление удерживаемости щетины. Затем щетину удаляют вручную или машинами.

Подшпарка – процесс, аналогичный шпарке, только проводится при более высокой температуре греющей среды. Этот процесс применяется для удаления рогового башмака с путового сустава (температура воды – 90-95^{0}С, продолжительность обработки – 3-5 мин), а также пера с крыльев, шеи и головы птицы на унифицированных поточно-механизированных линиях (температура воды – 60-63^{0}С, продолжительность обработки – 30 с).

Бланширование – кратковременная варка овощей, рыбы, мяса и мясопродуктов, не содержащих грубой соединительной ткани (клетчатки), с целью снижения содержания влаги в них. При этом происходит уменьшение гидрофильных и увеличение гидрофобных свойств белковых компонентов в результате их денатурации и коагуляции. Бланширование считается законченным, когда температура в центре продукта достигает примерно 70^{0}С. Осуществляют этот процесс в горячей воде, острым паром и в электромагнитном поле СВЧ. В зависимости от дальнейшего использование продукта и вида греющей среды бланширование проводят при разных

температурах: в воде – при 70-100^{0}С (соотношение продукта и греющей среды 1:5), в паре при 105-110^{0}С.

При производстве мясо- и рыбопродуктов (ливерных и кровяных колбас, паштетов, зельцов, консервов) используют бланширование в воде для предварительной обработки – 5-20 мин.

Обварка – подвергают бараночные изделия после расстойки тестовой заготовки. Обварку осуществляют в кипящей воде, в которую добавляют сахар и патоку для лучшего зарумянивания.

Ошпарка заготовок расстоенного теста осуществляется в паровых камерах при давлении 0,15 МПа в течение 0,5-3 мин вместо обварки бараночных изделий. Температура в центре тестовой заготовки достигает 50-60^{0}С, на поверхности – на 10^{0}С выше. В результате нагревания в тесте начинается процессы клейстеризации крахмала и денатурации белков.

Разваривание осуществляют при производстве этилового спирта для разрушения клеточных стенок, освобождения крахмала из клеток и перевода его в растворимую форму, в которой он быстрее и легче осахаривается ферментами. Разваривание крахмалосодержащего сырья проводят путем обработки его паром с избыточным давлением 400-500 КПа.

При тепловой обработке (разваривании) идет интенсивное набухание крахмала, его клейстеризация и переход в растворимую форму, обусловленные интенсивным поглощением воды. Процесс разваривания сопровождается увеличением содержания сахаров и декстринов за счет частичного гидролиза крахмала под действием собственных ферментов сырья и естественной кислотности. Высокая температура на стадии разваривания вызывает протекание процессов меланоидинообразования (взаимодействие сахаров с аминокислотами), термического разложение сахаров (карамелизация) и других, что приводит к снижению количества сбраживаемых сахаров.

Разваривание крахмалосодержащего сырья осуществляют тремя способами: периодическим, полунепрерывным и непрерывным. Наиболее

распространенный способ - непрерывный по двум схемам. Первая схема заключается в разваривании при пониженной температуре (130-140^{0}С) в течение 50-60 мин. Вторая – при температуре 165-172^{0}С в течение 2-4 мин.

Упаривание – осуществляется для повышения содержания сухих веществ в жидких продуктах. Его применяют при производстве сахара (для концентрации сухих веществ в сиропе, органопрепаратов, жиров, желатина и других продуктах).

При производстве сахара упаривание сиропа осуществляют после дополнительной его очистки до содержания сухих веществ 92,5-93,5%. При первом этапе сгущение ведут на многокорпусной выпарной установке, что позволяет снизить удельный расход тепла примерно в 2,5 раза. Обычно применяют четырехкорпусные выпарные установки. Последний корпус работает под разряжением. Нагретый до температуры кипения (126^{0}С) сульфатированный сок направляют в первый корпус выпарной установки, где из него выпаривается часть воды, образуя вторичный пар. Сок последовательно проходит из первого корпуса во второй, третий, четвертый и затем в концентратор, сгущаясь до нужной плотности.

Греющий пар подается только в первый корпус, остальные обогреваются вторичным паром. После сгущения сироп подвергается очистке.

Уваривание – это разновидность упаривания сиропа. Применяется для получения утфеля (уваренный сахарный сироп, содержащий 7,4% воды и около 55% выкристаллизовавшегося сахара), патоки, глюкозы, мармелада, конфет.

Уваривание утфеля ведут в периодически действующих вакуум-аппаратах в четыре стадии:

- сгущение сиропа до пересыщения раствора и начала заводки кристаллов;

- заводка кристаллов сахара (образование центров кристаллизации сахарозы);
- наращивание кристаллов сахарозы;
- окончательное сгущение, спуск утфеля.

Обезжиривание (экстракция) – способ разделения твердых или жидких смесей, основанный на обработке их различными растворителями, в которых компоненты смеси растворяются неодинаково. Растворитель подбирают так, чтобы в нем хорошо растворялся извлекающий компонент и слабо – другие. Применяют обезжиривание при производстве желатина.

Размораживание – в технологической практике под размораживанием понимают отепление продукта температурой, близкой к криоскопической в наиболее толстой части. Целью размораживания является приведение продукта в состояние, наиболее близкое к исходному. Режимы процесса рассчитаны на минимальные потери массы при максимальном сохранении качества.

Теплоносителями при размораживании могут быть воздух, воздух в смеси с конденсирующимся паром, жидкость (вода, рассол) и электромагнитная энергия СВЧ. В соответствии с особенностями теплоносителей меняются приемы и условия проведения процесса.

Разогревание. Особое место занимает процесс разогревания замороженных готовых изделий, объединяющий две операции: размораживание и нагревание до определенной температуры. При этом используют традиционный способ нагрева, воздействие электрического поля СВЧ, а также комбинированный способ – размораживание в естественных условиях с последующим нагреванием традиционным способом или в СВЧ–аппаратах.

Сухие способы вспомогательной тепловой обработки

Эти способы включают в себя пассерование, поджаривание, сушку, разводку, темперирование, упаривание и другое.

Пассерование – обжаривание продуктов с жиром или без него перед последующей тепловой обработкой при производстве кулинарных изделий, консервов (пассеруют морковь, лук, коренья, томатную пасту).

Поджаривание (обжаривание) – тепловая обработка мясного сырья (мозгов, почек и других) перед стерилизацией в достаточно большом количестве жира.

Сушка – применяется для повышения стойкости при хранении зерна, пищевых продуктов, биопрепаратов, желатина и так далее.

Термические методы используют при производстве шоколада. Термическую обработку какао-бобов осуществляют с целью удаления влаги, улучшения вкусовых свойств и уничтожения микрофлоры. Режим термической обработки какао-бобов зависит от их размера. Термическую обработку какао-бобов осуществляют в токе горячего воздуха в вертикальных шахтах при температуре, не превышающей 120^0С. В нижнем отделении шахты осуществляется их охлаждение.

Разводка – при получении шоколадной массы под разводкой понимают процесс введения в провальцованную порошкообразную шоколадную массу оставшегося масла, которое придает массе жидкую консистенцию. Эту операцию проводят в месильных машинах различной конструкции – миксах, меланжерах и других. Процесс ведется при 60–70^0С при обработке шоколадных масс, содержащих добавки. Длительность процесса около 3 ч.

Темперирование шоколадной массы осуществляют с целью избежания образования на поверхности шоколада серого цвета (жирового поседения). Перед формированием необходимо провести специальную обработку путем темперирования шоколадной массы, в результате которой создаются центры кристаллизации устойчивой формы какао-масла. С этой целью шоколадную массу перед формованием перешивают при строго определенном

температурном режиме: быстрое охлаждение до 33^0С, затем медленное охлаждение до 30^0С с тщательным перемешиванием.

Комбинированные способы вспомогательной тепловой обработки

Комбинированными способами вспомогательной тепловой обработки являются: опаливание, обжарка, обезжиривание, влаготепловая обработка мезги (мякоти масличного материала).

Опаливание производят для удаления (сжигания) остатков волос, пуха, волосовидного пера и эпидермиса при обработке шерстных субпродуктов. Одновременно поверхность продукта дезинфицируется, а при обработке шерстных субпродуктов приобретает специфические приятный запах и желто-коричневый цвет. Процесс осуществляют при 600-800^0С, а температура открытого пламени достигает 1000^0С. Опаливанию влажных субпродуктов и птицы предшествует подсушка отходящими из опалочной зоны газами температурой 300-450^0С.

Обжарка – кратковременное горячее копчение при температуре 70-120^0С в течение 15-30 мин – в зависимости от диаметра батонов сосисок, сарделек, вареных и полукопченых колбас, производится перед варкой. В результате изменяются свойства и состояние кишечной оболочки. При этом прогревается фарш, обычно до температуры 40-45^0С для изделий малого диаметра и 30-35^0С для колбас в широкой оболочке, что способствует приобретению ими розово-красного цвета, в то время как поверхность колбасных батонов приобретает красный с коричневатым оттенком цвет. Осуществляется процесс в две фазы: первая - подсушка поверхности батонов, вторая – собственно обжарка (обработка дымовыми газами). Относительная влажность дымовоздушной смеси должна быть не ниже 3% и не выше 25%.

Обезжиривание применяют при производстве костного жира и осуществляют его с использованием экстракции и сушки.

В большинстве случаев при производстве пищевых продуктов тепловую обработку осуществляют традиционными методами путем прогрева от поверхности продукта внутрь.

Сравнительно низкая теплопроводность большинства продуктов требует длительного воздействия тепла на них. Повышение температуры греющей среды с целью интенсификации процесса приводит к перегреву периферийных слоев и, следовательно, к увеличению потерь массы, снижению пищевой и биологической ценности продукта, что ограничивает возможности интенсификации традиционных методов тепловой обработки продуктов. Учитывая это, во многих странах мира широко проводят исследования возможности тепловой обработки электрофизическими методами, позволяющими избежать отмеченных выше недостатков.

В настоящее время для тепловой обработки продуктов получает преимущественное развитие использование энергии электромагнитного поля сверхвысоких частот (СВЧ) и инфракрасного излучения (ИК-диапазона). Энергия электромагнитного поля СВЧ способна проникать на значительную глубину, что позволяет осуществлять объемный нагрев независимо от теплопроводности, сохранять пищевую и биологическую ценность продуктов.

Влаготепловая обработка мятки производится при получении растительных масел. После обрушивания и отделения оболочки, измельчения масличного материала получают мятку. Влаготепловая обработка мятки - гидротермическая обработка, она способствует ослаблению связей масла с частицами мятки, что облегчает отделение масла при прессовании. Обработанная мятка называется мезгой. Влаготепловая обработка заключается в жаренье мятки и проходит в два этапа. На первом этапе доводят влажность мятки из семени подсолнечника до 8-9% и температуру - до 60°С. При этом происходит поглощение воды частицами мятки, что вызывает их набухание и увеличение пластичности.

На втором этапе мятку высушивают при температуре 105^0С и доводят влажность мезги из семени подсолнечника до 5-6%. На этой операции происходит денатурация белковых веществ.

Тема 15. Физико-химические изменения, происходящие при предварительной тепловой обработке продуктов

Предварительную тепловую обработку продуктов широко применяют при производстве сахара из свеклы, в мясной, молочной, рыбной промышленности и в консервном производстве.

Предварительной тепловой обработкой называют кратковременное (5-15 мин) воздействие на сырье горячей (80-100°С) воды, пара, растительного масла или животного жира.

В различных технологических процессах предварительная тепловая обработка проводится с разными целями, например, с целью изменения объема, массы, размягчения сырья, увеличения клеточной проницаемости и так далее.

Изменение объема и массы сырья. Предварительная тепловая обработка может преследовать цель как увеличить объем и массу сырья, так и уменьшить их. Например, при изготовлении мясорастительных консервов, в рецептуру которых входят сухие бобовые продукты, сухой горох или фасоль, их бланшируют в течение 10-20 мин. При набухании зерен во время бланширования благодаря впитыванию воды объем и масса бобов увеличивается примерно в 2 раза.

Обычно бланшируют также рис, масса которого при этом увеличивается на 100%.

При изготовлении мясных и рыбных консервов, а также некоторых видов варенья и компотов сырье подвергают бланшированию и обжариванию, при которых теряется часть влаги в сырье, вследствие этого повышается массовая доля сухих веществ, и в банки, таким образом, закладываются более концентрированные продукты.

Размягчение сырья. Предварительной тепловой обработке для размягчения сырья подвергают главным образом растительное сырье. Размягчают плоды и овощи для того, чтобы их можно было плотнее уложить в банки, или для облегчения удаления несъедобных частей - кожицы, косточек, семян - при последующем протирании на ситах.

Размягчаются плоды при тепловой обработке по двум причинам.

При нагревании гидролизуется протопектин, склеивающий отдельные клетки между собой и цементирующий растительную ткань. При гидролизе протопектин переходит в растворимую форму, клетки отделяются друг от друга, плодовая ткань мацерируется, становится рыхлой и мягкой.

Однако для гидролиза протопектина требуется относительно продолжительное время тепловой обработки плодов (15-20 мин).

Известно, что при нагревании растительной ткани до 80-85°С в течение 3-4 мин плоды становятся мягкими. Это вызвано тем, что при нагревании коагулируются белки протоплазмы, цитоплазменная оболочка повреждается, осмотическое давление, обусловливающее твердость (упругость) плода, стравливается и плод размягчается.

Увеличение клеточной проницаемости. В ряде случаев цитоплазменные оболочки растительных клеток препятствуют протеканию технологических процессов, и их необходимо разрушить, так как именно эти полупроницаемые мембраны препятствуют полному извлечению плодовых соков при прессовании.

Без предварительной тепловой обработки свекловичной стружки практически невозможно извлечь сахар с требуемыми скоростью и глубиной, достигаемыми в производственных условиях. От того, насколько удачно будет проведен этот процесс, зависят степень извлечения сахара из свеклы, доброкачественность и pH диффузионного сока, неучтенные потери на диффузии и другие показатели.

Предварительная тепловая обработка свекловичной стружки проводится главным образом для того, чтобы разрушить основные барьеры

на пути сахарозы из вакуоли клеток к верхней поверхности стружки и множество мембран на границе внешней и внутренней поверхности цитоплазмы, а также на границе разнообразных органелл, включенных в цитоплазму.

Главным фактором, определяющим пропускаемость свекловичной ткани в результате нагрева, является степень изменения (денатурация) белков цитоплазмы, где основную роль играют температура нагрева и концентрация сахарозы. Сахароза может тормозить денатурацию.

Наряду с денатурацией белков цитоплазмы в процессе предварительной тепловой обработки на проницаемость ткани влияют другие факторы: экстракция растворимых веществ как из вакуоли, так и из пектинцеллюлозных оболочек клеток, и физико-химические изменения оболочек клеток.

Режимы предварительной тепловой обработки, концентрации сахара и другие факторы могут по-разному влиять на проницаемость цитоплазмы и клеточных оболочек и приводить к разным суммарным эффектам. Например, повышение температуры усиливает денатурацию белков протоплазмы, улучшая ее проницаемость, но в то же время способствует более быстрому растворению гидрофильных составляющих клеточной оболочки, что ухудшает проницаемость последней.

Понижение концентрации сахарозы в растворе усиливает денатурацию белков, но в то же время способствует общему уменьшению коэффициента диффузии.

Для оценки предварительной обработки свекловичной стружки в процессе экстракции используют коэффициент степени проницаемости (отпаривания) φ, который представляет собой отношение коэффициента диффузии сахара из свекловичной стружки D к коэффициенту диффузии из стружки того же качества D_o, прошедшей оптимальную тепловую обработку ($\varphi = D/D_o$).

Существует три диапазона температур, при которых характер изменения проницаемости свекловичной стружки в зависимости от времени тепловой обработки имеет свои особенности.

В диапазоне температур 50-60°С существует индукционный период (3-5 мин), в течение которого тепловое воздействие не влияет на проницаемость стружки. В последующем проницаемость свекловичной стружки возрастает, но не достигает максимально возможной величины.

В диапазоне температур 60-75°С индукционный период отсутствует. Коэффициент диффузии возрастает в течение 10-15 мин теплового воздействия, после чего несколько уменьшается.

При температурах выше 75°С максимальные значения коэффициентов диффузии наблюдаются при самых непродолжительных периодах тепловой обработки - до 2,5 мин. После этого наступает период относительного постоянства величины коэффициента диффузии, который затем уменьшается.

Полагают, что наличие индукционного периода, выражающего сдвиг между началом теплового воздействия и изменением проницаемости ткани при температуре 50-60°С, связано с тем, что при этих температурах процессы денатурации, протекающие в несколько стадий, развиваются медленно. Поэтому от момента теплового воздействия до стадии денатурации, на которой начинает изменяться проницаемость протоплазмы, проходит определенный период времени - тем меньший, чем выше температура теплового воздействия: при 50°С - 5 мин, при 60°С - 3 мин. Один из наиболее эффективных технологических приемов, позволяющих повредить цитоплазменные мембраны, - бланширование плодов водой или паром. Повреждения цитоплазменных мембран и увеличения клеточной проницаемости можно достичь на разных температурных уровнях - начиная с 65°С, при соответствующей продолжительности обработки. Естественно, что чем выше температура бланширования, тем меньше необходимое время обработки.

Цитоплазменные мембраны являются препятствием также и в том случае, когда нужно не извлечь содержимое клеток, а наоборот, пропитать чем-либо клетку извне, например, сахаром или солью.

Непроницаемость цитоплазменных мембран является большой помехой при производстве варенья. При варке варенья протекают противоположные по направлению диффузионно-осмотические процессы, в результате которых из плодов извлекается влага, а внутрь клетки проникает сахар из окружающего плоды сиропа.

После варки плоды должны сохранять первоначальный объем и не быть сморщенными, соотношение между плодами и сиропом должно находиться на уровне 1:1. Исходя из этого, варенье надо варить так, чтобы количество извлекаемой при варке влаги W компенсировалось количеством впитываемого сахара С, то есть отношение W/C должно быть около единицы.

Если погрузить свежие плоды или их дольки в сахарный сироп, то в первые минуты, пока плоды еще не прогрелись и цела протоплазма, происходит лишь осмотическое отсасывание влаги, а диффузионное проникновение сахара внутрь плодовых клеток задерживается непроницаемой для сахара цитоплазменной оболочкой. Поэтому плоды сразу же и сморщиваются.

В дальнейшем цитоплазма при нагревании плодов повреждается, и сахар проникает в клетку. Но к этому моменту влаги извлечено уже слишком много, и нужной компенсации достичь не удается.

Если же плоды до варки пробланшировать, то клеточная проницаемость их возрастает, и при последующем погружении в сироп оба процесса - осмотическое отсасывание влаги из клеток и диффузионное перемещение сахара в клетку - будут идти одновременно. Плоды при этом останутся целыми, несморщенными.

Инактивирование ферментов. Кратковременное прогревание, или бланширование при 80-100°С, инактивирует большинство ферментов,

прекращает их деятельность и тем самым предупреждает ферментативную порчу.

Потемнение нарезанных семечковых плодов на воздухе вызывается деятельностью окислительных ферментов. Схему окислительного процесса ферментативного потемнения нарезанных плодов можно выразить следующим образом.

На первой стадии фермент (обозначаемый буквой А) присоединяет молекулярный кислород воздуха и активирует его, образуя соединение типа пероксида:

$$A + O_2 \rightarrow AO_2.$$

Если в плодах имеется соответствующий субстрат восстановительного характера (дубильные вещества, полифенолы, обозначаемые буквой В), то образовавшийся органический пероксид AO_2 отдает кислород уже в атомарном виде, окисляя таким образом дубильные вещества, которые молекулярным кислородом воздуха не окисляются. Поэтому вторая стадия ферментативного процесса протекает по схеме:

$$AO_2 + 2B \rightarrow A + 2BO.$$

При этом фермент восстанавливается в первоначальном виде, а образующийся оксид ВО представляет собой темноокрашенное соединение, называемое иногда флобафеном.

Для предотвращения действия ферментов при консервировании плодов и овощей применяют кратковременное (5-10 мин) бланширование в воде при температуре 85-100°С.

Инактивирование ферментов лучше протекает в кислой среде, поэтому при бланшировании воду подкисляют лимонной или винно-каменной кислотой до концентрации 0,1-0,2%.

Гидролиз протопектина. Желеобразную консистенцию фруктовой продукции (повидло, мармелад, желе) придает растворимый пектин. В присутствии сахара и кислоты пектин образует студни.

Полагают, что желе получается тогда, когда осаждение пектина происходит в агрегатах мицелл в присутствии сахара, который действует как обезвоживающий агент, поглощающий сольватные оболочки, и в присутствии водородных ионов, нейтрализующих отрицательные заряды пектиновых молекул. Образовавшееся желе представляет собой сплетение фибрилл из пектиновых молекул, промежутки между которыми заполнены сахарным сиропом.

В некоторых плодах пектина содержится мало, и при производстве желеобразной продукции приходится добавлять так называемые желирующие соки, то есть соки из плодов с большим содержанием пектина.

Иногда пектиновых веществ в плодах много, но они находятся главным образом в нерастворимой форме в виде протопектина. В этом случае плоды обрабатываются так, чтобы прошел гидролиз протопектина и он превратился в растворимую форму. Чтобы гидролизовать протопектин, плоды бланшируют паром в течение 10-20 мин.

Удаление воздуха. Содержащийся в межклеточных пространствах растительной ткани воздух попадает в готовую продукцию, а также действует на промежуточных этапах на сырье, вызывает ухудшение качества продукта, способствует коррозии металлической тары, вызывает повышенное давление в банках при стерилизации. При бланшировании большая часть воздуха из сырья удаляется.

Улучшение вкусовых свойств. Для улучшения вкусовых свойств, придания продукту специфических вкусовых качеств применяют обжаривание в жире - при производстве мясных консервов, или растительном масле - при производстве рыбных и овощных консервов.

Наряду с улучшением вкуса при обжаривании продукт теряет некоторое количество влаги, в результате в нем повышается содержание сухих веществ, следовательно, и его калорийность.

Механизм образования вкусовых веществ и отделения влаги при нагреве такой же, как при варке или жаренье, когда продукт доводится до состояния кулинарной готовности.

Тема 16. Изменения физико-химических свойств и биологической ценности при тепловой обработке продуктов

Около 80% пищевых продуктов употребляются после термической обработки, что способствует их размягчению и повышению усвояемости. Кроме того, температурная обработка приводит к гибели вредных микроорганизмов и разрушению токсинов, что обеспечивает безопасность продуктов, в первую очередь, животного происхождения и корнеплодов. При тепловой обработке разрушается ряд токсических веществ, например, ингибиторы пищеварительных ферментов.

Крахмал, содержащийся во многих продуктах, при нагревании с водой набухает, превращается в клейстер и становится доступным действию ферментов, расщепляющих его в пищеварительном тракте.

Усвояемость белковых продуктов (мяса, рыбы и пр.) при тепловой обработке повышается по другим причинам. При нагревании белки теряют устойчивость против действия пищеварительных ферментов. Нарушение режима тепловой обработки может привести и к прямо противоположному результату. Например, пережаренное мясо усваивается хуже, чем правильно приготовленное.

Кроме того, некоторые продукты (яйца, картофель, фасоль и др.) содержат ингибиторы - вещества, тормозящие действие пищеварительных ферментов. Тепловая обработка эти вещества разрушает.

Некоторые сырые продукты (фасоль, горох, позеленевший картофель и др.) содержат в себе естественные яды, которые при тепловой обработке либо разрушаются, либо переходят при варке в воду и удаляются с ней.

При тепловой обработке продуктов образуются новые вкусовые и ароматические вещества, которые возбуждают аппетит и способствуют лучшему усвоению пищи.

Под действием тепла обрабатываемый продукт (сырье) претерпевает ряд сложных физико-химических изменений, которые, в свою очередь, являются следствием изменений белков, жиров, углеводов, воды и так далее, содержащихся в продукте. Эти изменения зависят от температуры нагрева продукта, температуры греющей среды, скорости (продолжительности) нагрева, способа нагрева, вида, сорта, химического состава исходного сырья, условий предварительной обработки и других факторов.

Изменение белков

Белки являются наименее устойчивой составной частью пищевых продуктов.

Белковая молекула при нагреве подвергается сложным физико-химическим изменениям, прежде всего денатурации и коагуляции, от глубины которых зависит структура и качество готового продукта.

Процесс нагрева белков сопровождается развертыванием глобул и освобождением свободных радикалов, в связи с этим возникает возможность образования межмолекулярных связей, агрегации частиц и их осаждения, ведущих к уменьшению растворимости белков.

Внутренняя перестройка белковой молекулы - собственно денатурация - проявляется в агрегировании полипептидных цепей. Процесс агрегирования проходит через 2 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 продукта. Агрегация и

коагуляция белков определяют образование непрерывного пространственного каркаса готового продукта.

Перестройка белковой молекулы при денатурации ослабляет гидрофильные и усиливает гидрофобные свойства, следовательно, происходит снижение защитного (стабилизирующего) действия гидратационных слоев вблизи полярных группировок. Внутримолекулярные связи в молекуле заменяются межмолекулярными, образуется нерастворимый сгусток. Из разбавленных растворов выпадают хлопья, из концентрированных - коагель, то есть происходит коагуляция белков.

Процесс денатурации белков сопровождается разрушением структуры воды, вследствие этого действующие между протофибриллами вторичные силы (силы Ван-дер-Ваальса) стягивают молекулы (например, в мясе молекулы миозина) в более компактную форму. При повышении температуры контакт воды с углеводородом приводит к замене энергетически более выгодного взаимодействия «вода-вода» на взаимодействие «углерод-вода», структура белка уплотняется и, как следствие, выделяется часть жидкости.

В результате денатурации и коагуляции мышечных белков возрастают прочностные свойства мяса, сваривание же коллагена и последующий его гидролиз, напротив, ослабляют их.

За формирование структуры и свойств готового продукта ответственны в основном миозин и глобулярный актин. Ф-актин не играет существенной роли в этом процессе, так как содержит в 2 раза меньше легкодоступных сульфгидрильных групп, чем глобулярный актин.

При нагреве мышечной ткани изменяются также белки саркоплазмы. Выпадение саркоплазматических белков из их растворов происходит вследствие денатурации, которая начинается при температуре около 40°С. Основная масса этих белков коагулирует между 55°С и 65°С, причем наиболее интенсивно при pH=5,5. При температуре 66°С небольшое

количество глобулярных белков еще сохраняет растворимость. При 80°С растворимые белки перестают существовать.

Полагают, что тепловая денатурация саркоплазматических белков ведет к слипанию слоев и осаждению их на поверхности миофибрилл, в результате чего уменьшается водосвязывающая способность мяса.

Тепловая денатурация белков складывается из коагуляции мышечных белков и гидролиза соединительной ткани. Оба процесса влияют на образование пространственной структуры и, в конечном счете, на жесткость продуктов.

Коагуляция оказывает решающее воздействие на важнейшие свойства белков: растворимость, водосвязующую способность и устойчивость к действию ферментов. Необратимые денатурационные изменения белков протекают в узких температурных зонах, зависящих от условий нагрева.

Изменения мышечной ткани в процессе нагрева носят сложный кооперативный характер и зависят от изменений белков, воды, соли и других веществ. В образовании каркаса готового продукта участвуют в основном слабые водородные связи, гидрофобные взаимодействия, силы Ван-дер-Ваальса. При этом происходит разрыв боковых цепей и образование -S-S-связей, изменяются третичная, четвертичная и частично вторичная структуры белка и структура воды.

Таким образом, процесс нагрева мышечной ткани сопровождается перестройкой нативной структуры белковой молекулы в зависимости от температуры и длительности процесса, определяющих степень коагуляции белков.

Дезагрегация соединительно-тканных белков. Состояние соединительно-тканных белков при нагреве удовлетворительно характеризует развариваемость коллагена, определяют по количеству оксипролина, перешедшего в воду при отмывании мяса, подвергнутого нагреву.

Установлено, что при нагреве мяса СВЧ-энергией коллаген разрушается в меньшей степени, чем при нагреве в воде. Так, при нагреве СВЧ-энергией до 70°С разрушается 14,5% коллагена против 28% при нагреве в воде. При повышении температуры до 90°С (что имеет место при варке мяса птицы) разрушается соответственно 19,5 и 36,4%. Это свидетельствует, что при СВЧ-нагреве не обеспечивается необходимая (25-40%) дезагрегация коллагена, следовательно, в случае использования СВЧ-энергии для тепловой обработки необходимо использовать ее в комбинации с другими видами энергии или нагревать продукт СВЧ-энергией до более высокой температуры.

Таким образом, физико-химические изменения белков мяса при нагреве в воде и электромагнитном поле СВЧ обнаруживают сходство процессов формирования структуры готового продукта. Однако агрегационные процессы при СВЧ-нагреве выражены менее, поэтому формирование структуры завершается при более высокой температуре (70°С). При нагреве мясного фарша СВЧ-энергией образование прочного белкового каркаса начинается при температуре 52-55°С, активно продолжается до 65-70°С (в зависимости от способа и скорости нагрева), дальнейшее повышение температуры вызывает уплотнение образовавшейся структуры за счет дисульфидных сшивок и выпрессовывания влаги.

Изменение жиров

Животные жиры представляют собой сложные смеси, главным компонентом которых являются глицериды, преимущественно триглицериды, которые способны к взаимодействию с водой, в результате чего происходит расщепление эфирных связей. Реакция гидролиза протекает ступенчато. Вначале от молекул триглицеридов отщепляется один радикал жирной кислоты, в результате образуются диглицерид и жирная кислота.

Затем отщепляется второй радикал и образуется моноглицерид, и третий - получается свободный глицерин. Скорость гидролитического распада жира возрастает при повышении температуры. Однако увеличение

скорости гидролиза, вызываемое повышением температуры, имеет практическое значение лишь при температурах выше 100°С и при продолжительном процессе. Например, нагрев свиного жира в автоклаве с водой в течение 7 ч при температуре 125°С вызывает повышение кислотного числа на 0,64, а при 130°С - на 0,98.

В технологической практике особенно важное значение имеет ускорение гидролитического распада жира липолитическими ферментами (липазой), содержащимися в жировой ткани. Так, кислотное число свиного жира, свободного от липазы, при 30°С через 75 ч возрастает всего на 0,36, тогда как кислотное число того же жира при 22°С, но в присутствии липазы, увеличивается на 3,9.

От содержания в жире свободных жирных кислот зависит температура дымообразования (горения) жира.

При действии на жир окислителей происходят более глубокие изменения глицеридов: характер и глубина их действия зависят от их окислительной активности. Окисление жиров кислородом протекает по типу цепных разветвленных реакций. При этом в процесс вовлекаются стабильные молекулы кислорода.

Когда энергия, выделяющаяся в ходе окисления, достаточна для образования новых активных радикалов, возникают новые реакции с возрастающей скоростью. При недостаточном количестве выделяемой энергии активные радикалы, взаимодействуя друг с другом, образуют неактивные вещества, и цепь обрывается.

Первичными продуктами окисления жиров являются перекисные соединения типа RO_2H. Отсюда скорость реакции окисления жиров в начальной фазе может характеризоваться скоростью образования перекисей.

Ход процесса и энергия активации одинаковы как для твердых, так и для расплавленных жиров в широком температурном интервале. Величина энергии активации зависит лишь от свойств жира и не зависит от

присутствия веществ, подавляющих цепную реакцию (ингибиторов), и их природы.

Кроме температуры, на скорость окисления жиров оказывают влияние внешняя энергия (световая и другая) и вещества, играющие роль катализаторов (гемовые пигменты, некоторые металлы и их соли).

Окисление жира может происходить как в результате контакта с кислородом воздуха, так и при взаимодействии с адсорбированным ранее кислородом.

Характер взаимодействия активированных молекул кислорода с жиром зависит от температуры. При температуре ниже 50°С образуются преимущественно гидроперекиси жирных кислот или их эфиров (глицеридов).

В начале окисления в жире происходят малозаметные изменения, и перекисное число практически не изменяется или изменяется незначительно. Этот период принято называть индукционным. Существование этого периода, особенно его длительность, обусловлены также наличием в составе природных жиров веществ, вначале тормозящих процесс окисления.

В индукционном периоде не обнаруживаются продукты более глубокого окисления жира; только когда перекисное число достигнет 0,04-0,05%, появляются следы альдегидов за счет дальнейших превращений перекисей.

По окончании индукционного периода рост перекисного числа резко ускоряется.

В зависимости от преобладающего направления химических изменений окисляемого жира различают:

- прогоркание, когда окисление сопровождается главным образом накоплением низкомолекулярных продуктов распада;
- осаливание, при котором преимущественно образуются оксикислоты и происходит их полимеризация и конденсация.

Таким образом, при умеренной тепловой обработке, например, при промышленной вытопке жира, варке мяса и рыбы, пастеризации молока и тому подобному, жиры не претерпевают сколько-нибудь существенного изменения.

Однако при жаренье продуктов, выпечке хлебобулочных и кондитерских изделий, когда температура достигает 180°С и выше, они подвергаются существенным изменениям. При высокой температуре, а также продолжительном нагревании жиров они подвергаются гидролизу, окислению и полимеризации, разложению с образованием летучих жирных кислот (дымообразование). Многие продукты окисления ненасыщенных жирных кислот легко полимеризуются с образованием высокомолекулярных соединений. Это приводит к потемнению цвета жира, увеличению его вязкости.

Если изменение жиров, вызывающее снижение пищевой ценности, заметно только при высокой температуре и продолжительном нагреве, то образование вкусовых веществ происходит уже при умеренном нагреве. Хотя механизм образования вкусовых веществ пока неясен, но очевидно, что в их образовании принимают участие летучие вещества, в том числе и продукты расщепления жиров.

Изменение углеводов

В пищевых продуктах содержатся различные углеводы: простые моносахара, дисахариды, крахмал, клетчатка, полуклетчатка и так далее.

Крахмал в большом количестве содержится в картофеле, зерне, мучных изделиях, а клетчатка - во всех растительных продуктах.

При нагревании крахмала в присутствии воды (или ее паров) происходит его клейстеризация, которая заключается в разрушении структуры крахмальных зерен и их набухании.

При сухом нагреве выше 120°С происходит его декст-ринизация, которая заключается в расщеплении крахмальных полисахаридов и

превращении их в растворимые в воде высокомолекулярные вещества - пиродекстрины и ряд летучих веществ.

При нагревании крахмала с водой в кислой среде (кислотный гидролиз) или в присутствии ферментов-амилаз происходит его гидролиз, заключающийся в распаде крахмальных полисахаридов с присоединением воды.

Крахмал состоит из амилозы (20-25%) и амилопектина (75-80%). В воде при нагревании амилоза растворяется, образуя прозрачный коллоидный раствор, в котором распределены набухшие частицы амилопектина.

В естественном состоянии крахмал нерастворим в холодной воде. При 60°С кукурузный крахмал набирает до 30% воды, при 70°С - около 100% к своей исходной массе. Разрушение структуры крахмального зерна при нагревании в воде протекает через различные фазы.

В первой фазе вода медленно и обратимо поглощается зернами и происходит ограниченное набухание. Вязкость суспензии заметно не повышается. В небольшом пределе температур, приблизительно при 65°С (точная температура является характерной для каждого вида крахмала), начинается вторая фаза набухания: зерно неожиданно набухает, увеличивается во много раз в размере, поглощая большое количество влаги и быстро теряя свое двойное лучепреломление.

Во второй фазе быстро нарастает вязкость крахмальной суспензии. Небольшое количество крахмала растворяется.

Во время третьей фазы набухания, которая происходит при повышенной температуре, зерна становятся почти бесформенными мешочками, из них выщелочена более растворимая часть крахмала.

Суспензии, содержащие даже небольшой процент крахмала, так заполнены этими набухшими мешочками его зерна, что при охлаждении образуют прочный студень. При обработке горячей водой крахмальные зерна распадаются и крахмал переходит в раствор. А именно распадаются на молекулы меньшего размера, которые неспособны образовывать

пространственные сетки, характерные для набухших зерен, однако из высоких концентраций растворов крахмала, даже из совершенно диспергированного, легко образуется гель. Его прочность зависит от переплетения крахмальных молекул, особенно амилозы с прямыми цепочками.

Простые сахара, в том числе продукты гидролиза крахмала, при нагревании могут гидролизоваться, карамелизироваться, вступать в реакции меланоидинообразования.

Дисахариды, гидролизуясь, присоединяют воду, превращаясь в простые сахара. Гидролиз происходит под действием ферментов или при нагревании в кислой среде. Если сахара нагревать до температуры выше плавления, то они теряют воду и карамелизируются.

В результате карамелизации образуются ангидриды, которые одновременно полимеризуются, распадаются, образуя различные вещества, в том числе и альдегиды (фурфурол, пировиноградный альдегид и другие). Они, в свою очередь, полимеризуются, конденсируются с образованием темноокрашенных соединений карамелана, карамелина и других.

При нагревании сахаров в присутствии азотистых соединений (белковых веществ, аминокислот, аминов) протекают реакции покоричневения, меланоидинообразования (или реакции Майяра с образованием темноокрашенных соединений - меланоидинов).

Под действием нагрева углеводы клеточных стенок растительных продуктов специфически изменяются. Растительная клетка окружена оболочкой, внутри которой находятся протоплазма, ядро и вакуоли. Отдельные клетки соединены друг с другом срединными пластинками. Оболочку и срединные пластинки называют клеточными стенками.

Оболочка клеток состоит из клетчатки (целлюлозы), полуклетчатки (гемицеллюлозы) и других веществ, а срединные пластинки - главным образом из протопектина. Он не относится к углеводам, но близок к ним по строению. Это сложное вещество, состоящее из остатков галактуроновых

кислот, соединенных в длинные цепи полигалактуроновых кислот, которые, в свою очередь, через солевые мостики, альдегидные группы и так далее образуют сложную молекулу протопектина.

Прослойки протопектина (срединные пластинки) придают механическую прочность растительным тканям.

При нагревании происходит ионообменная реакция в срединных пластинках: ионы кальция и магния, через которые соединяются цепочки полигалактуроновых кислот, заменяются одновалентными натрием и калием. Тем самым нарушается связь между клетками, так как протопектин распадается на отдельные цепи галактуроновых кислот, которые носят название пектинов.

В мясных продуктах содержание углеводов невелико, но они заметно влияют на вкусовые свойства продуктов, поскольку участвуют в образовании сильных вкусовых соединений - меланоидинов.

Значительно большее влияние оказывают углеводы на образование соответствующих вкусовых качеств при обжаривании пищевых продуктов (овощи или рыба) в масле.

Для обжаривания сырье на несколько минут погружают в нагретое до 130-140°С растительное масло.

При обжаривании из сырья испаряется значительная часть влаги, а в него впитывается некоторое количество масла.

При обжаривании на поверхности продукта образуется золотисто-коричневая корочка из карамелизованных углеводов, что придает продукту специфический вкус.

Образование корочки можно представить следующим образом. При погружении сырья в горячее масло влага начинает испаряться, и прежде всего - с поверхности продукта. Поскольку концентрация влаги в глубине получается больше, чем на поверхности, происходит диффузионное подсасывание влаги из глубины на поверхность, где она испаряется.

Пока поверхность влажная, температура ее не может подняться выше 100°С, хотя она и соприкасается с маслом, нагретым до 130-140°С: выкипающая влага отнимает тепло от поверхности и охлаждает ее.

Для глубокой карамелизации углеводов и образования корочки необходима температура выше 100°С, так как скорость испарения влаги с поверхности превышает скорость диффузионного подсасывания ее из глубины на поверхность. Поэтому через некоторое время поверхностный слой обезвоживается, температура его сразу поднимается выше 100°С, и появляется карамелизированная корочка.

При обжаривании овощей корочка образуется из содержащихся в них углеводов - сахаров, крахмала, целлюлозы, пектина. Рыбу перед обжаркой панируют, и корочка образуется из углеводов муки.

В спиртовом производстве тепловой обработке, которую принято называть разваривaнием, подвергают крахмалосодержащее сырье.

Разваривание осуществляют для разрушения клеточных стенок, освобождения крахмала из клеток и перевода его в растворимую форму, в которой он быстрее и легче осахаривается ферментами. Разваривание крахмалосодержащего сырья проводят путем обработки его паром с избыточным давлением 400-500 кПа.

При тепловой обработке в процессе разваривания идет интенсивное набухание крахмала, его клейстеризация и переход в растворимую форму, обусловленные интенсивным поглощением воды.

При выходе разваренной массы из варочного аппарата давление снижается до атмосферного, что вызывает превращение содержащейся в клетках воды в пар, объем которого в несколько раз превышает объем воды. Такое резкое увеличение объема приводит к разрыву клеточных стенок сырья и превращает его в однородную массу.

Процесс разваривания сопровождается увеличение содержания сахаров и декстринов за счет частичного гидролиза крахмала под действием собственных ферментов и естественной кислотности. Высокая температура

на стадии разваривания вызывает протекание процессов меланоидинообразования, термического разложения сахаров (карамелизация) и выхода сахара.

При выпечке хлеба в первые минуты происходит спиртовое брожение внутри теста, которое ускоряется по мере нагрева и при 35°С достигает максимума. В дальнейшем брожение затухает и при 50°С прекращается, так как дрожжевые клетки отмирают, а при 60°С приостанавливается жизнедеятельность кислотообразующих бактерий.

В результате остаточной деятельности микрофлоры во время выпечки в тесте увеличивается содержание спирта, диоксида углерода и кислот, что повышает объем хлеба и улучшает его вкус. Кроме того, в первые минуты выпечки происходит тепловое расширение воздуха и газов внутри теста, что существенно влияет на увеличение объема теста.

Биохимические процессы связаны с изменением состояния крахмала и белков; при температуре 70-80°С изменения прекращаются. Крахмал при выпечке клейстеризуется и энергично разлагается, причем его гидролиз в ржаном тесте идет интенсивнее, чем в пшеничном. Поэтому в ржаном тесте содержание водорастворимых веществ (декстринов и сахаров) значительно выше, чем в пшеничном.

От глубины и интенсивности взаимодействия крахмала и белков зависят цвет корки пшеничного хлеба, его вкус и аромат. Это связано с тем, что образовавшиеся сахара вступают в окислительно-восстановительное взаимодействие с белками, и получаются темноокрашенные вещества - меланоидины - и другие ароматические соединения.

Белки и крахмал при выпечке претерпевают существенные изменения. При 50-70°С одновременно протекают процессы денатурации и коагуляции белков и клейстеризации крахмала. Белки при этом выделяют воду, поглощенную при замесе теста, уплотняются, теряют свою эластичность и растяжимость. Прочный каркас скоагулированных белков закрепляет форму хлеба.

Изменение витаминов

Высокая температура от 50 до 100°С быстро разрушает витамины. Уже в первые минуты варки пищи витамины почти полностью разрушаются. При варке и жарке картофеля теряется около 30% витамина С. Если картофель приправлен жиром или продолжительное время находится в воде, значительно разрушается и витамин А. Жарение в жире разрушает витамин Е. При пастеризации молока в зависимости от продолжительности разрушается 25-40% витамина D, так необходимого нам.

Из этого следует, что в первую очередь и в наибольшем количестве разрушается витамин С, а организм нуждается в его постоянном притоке. Потеря витамина С уменьшает устойчивость к нагреванию и других витаминов, с ним связанных. Недостаток или полное отсутствие витамина С нарушает неисчислимое количество процессов, а также сложные соотношения с остальными питательными веществами.

В таблице 2 приведены данные потери витаминов при тепловой обработке в %-ном соотношении.

Таблица 2

Потери витаминов при тепловой обработке продуктов (%)

№ п/п	Блюда	Витамины					
		А	β-каротин	B_1	B_2	РР	С
1. Вторые блюда из мяса							
1	Говядина отварная	-	100	55	43	40	100
2	Говядина тушеная	-	10	30	10	5	70
3	Говядина жареная	-	-	42	18	19	-
4	Свинина отварная	-	100	40	28	15	100
5	Свинина тушеная	-	20	25	10	5	70
6	Свинина жареная	-	20	16	7	5	70
7	Баранина отварная	-	100	40	38	15	100
8	Баранина тушеная	-	10	25	10	5	76
9	Баранина жареная	-	-	40	18	15	-
10	Почки тушеные или	25	15	60	50	58	85

	жареные						
11	Печень тушеная	10	5	18	10	5	47
12	Печень жареная	18	15	26	16	10	70
13	Куры отварные	63	42	60	39	44	50
14	Куры жареные	67	30	40	39	36	50
15	Цыплята отварные	37	-	45	29	36	56
16	Цыплята жареные	16	-	22	29	18	-
17	Индейка отварная	-	-	62	39	44	-
18	Индейка жареная	-	-	40	39	36	-
2. Вторые блюда из рыбы							
1	Треска отварная	35	-	43	40	30	70
2	Треска, минтай, окунь морской, хек, скумбрия, судак, щука, ставрида жареные	20	-	22	20	15	35
3	Минтай отварной	35	-	45	40	30	60
4	Окунь морской, щука, макрурус отварные	35	-	45	40	30	65
5	Хек, судак отварные	35	-	45	40	30	55
6	Ледяная рыба отварная	-	-	45	40	30	67
7	Ледяная рыба жареная	-	-	22	20	15	35
8	Камбала дальневосточная отварная	-	-	45	40	30	70
9	Палтус отварной	35	-	45	40	30	100
10	Палтус жареный	20	-	22	20	15	-
11	Салака тушеная	26	-	33	30	20	90
12	Скумбрия отварная	35	-	45	40	30	67
13	Лещ жареный	20	-	22	20	15	-
3. Гарниры и блюда из картофеля, круп, бобовых и макаронных изделий							
1	Картофельное пюре	-	-	15	15	20	80
2	Картофель отварной	-	-	15	15	20	30
3	Картофель жареный	-	-	20	15	5	50
4	Капуста тушеная	-	24	37	28	24	68
5	Макароны отварные	-	-	26	20	9	-
6	Каша рисовая рассыпчатая	-	-	43	34	22	-
7	Каша гречневая рассыпчатая	-	-	36	22	15	-
8	Каша пшенная рассыпчатая	-	-	30	22	15	-
9	Каша пшеничная	-	-	30	22	15	-

	рассыпчатая						
10	Каша перловая рассыпчатая	-	-	30	22	15	-
11	Каша ячневая рассыпчатая	-	-	30	22	15	-
12	Свекла отварная в кожуре	-	-	8	5	8	30
13	Морковь вареная очищенная	-	5	30	15	25	30
14	Морковь пассерованная	-	5	15	12	18	65
15	Лук репчатый пассерованный	-	10	30	25	25	50
16	Брюква пассерованная	-	8	10	10	5	70
17	Петрушка пассерованная	-	10	10	5	5	50
18	Сельдерей пассерованный	-	10	15	10	10	80
19	Котлеты картофельные	-	-	25	20	25	85
20	Котлеты морковные	-	10	30	30	25	100
21	Морковное пюре		5	20	15	15	90
22	Кабачки припущенные	-	10	20	7	12	34
23	Каша манная жидкая	-	-	10	5	5	-
24	Каша манная вязкая	-	-	16	10	9	-
4. Блюда из творога и яиц							
1	Яйца вкрутую	-	-	-	-	-	-
2	Яйца всмятку	-	-	-	-	-	-
3	Яичница натуральная	-	-	-	-	-	-
4	Омлет натуральный	-	-	10	10	-	10
5	Омлет из яичного порошка	-	10	-	-	-	-
6	Сырники из творога полужирного	10	10	10	8	5	50
5. Сладкие блюда и напитки							
1	Кисель клюквенный	-	-	-	-	20	40
2	Компот из сушеных фруктов	-	-	-	-	20	-
3	Компот из чернослива	-	50	-	-	20	-
4	Желе клюквенное	-	-	-	-	20	54
5	Мусс клюквенный	-	-	-	-	20	60
6	Напиток яз плодов шиповника	-	100	-	-	20	30
7	Молоко коровье	-	100	-	-	20	30

Изменение минеральных элементов

Термическая обработка разрывает химические связи между минеральными элементами, с одной стороны, и белками, углеводами, жирами, ферментами и т.д. - с другой. В итоге такие «разорванные» минеральные вещества из органических превращаются обратно в неорганические или же переводятся в трудноусваиваемую форму. Особенно это касается таких элементов, как кальций, железо, йод и ряда других.

Видоизмененный кальций откладывается в стенках кровеносных сосудов и в соединительной ткани (сухожилия, связки и так далее). Железо не может усваиваться из вареных продуктов, и в итоге развивается анемия. Йод также разрушается от долгой термической обработки, что приводит к заболеванию зобом даже в местах, где йода достаточно.

Тема 14. Изменение пищевой и биологической ценности продуктов

В процессе тепловой обработки полуфабрикат приобретает структуру, вкус и аромат готового продукта, пригодного для питания.

Пищевая ценность мяса при нагреве в расчете на единицу повышается, так как в результате потерь влаги увеличиваются удельный вес и калорийность мяса, содержание жира и белка. На самом деле, в результате тепловой обработки пищевая ценность продуктов снижается по сравнению с исходным уровнем, так как происходят потери азотистых веществ, жира, микроэлементов и водорастворимых витаминов.

На изменение пищевой и биологической ценности значительное влияние оказывают температура и длительность нагрева продукта.

При температуре около 90°С начинается отделение неорганического фосфора, образование сероводорода и аммиака, выделение углекислоты. Образование сероводорода за счет сульфгидрильных групп увеличивается по экспоненте с повышением температуры. При температурах 110-120°С,

используемых для консервирования мяса, эти изменения становятся значительными и могут вызвать коррозию металла, ухудшение вкуса и снижение биологической ценности консервов.

При температуре, близкой к 100°С, аммиак образуется в основном за счет амидных групп глутамина. Сероводород образуется в результате распада глютатиона. Выделение углекислоты связано с изменениями бикарбонатной буферной системы и частично углеводной системы мяса. При более высоких температурах аммиак и углекислота образуются также и в результате дезаминирования и декарбоксилирования аминокислот (в основном свободных и частично находящихся в составе белков и полипептидов), а накопление сероводорода - в результате разрушения серосодержащих аминокислот. Очевидно, нагреваемый продукт по качеству тем выше, чем меньше в нем аммиака, сероводорода, углекислоты. Но так как начальное их содержание в мясе может быть различным, их абсолютное количество после нагрева нельзя использовать для суждения о качественных изменениях продукта.

При нагреве выше 100°С происходит потеря общего азота, тем большая, чем выше температура и значительнее длительность нагрева. С повышением температуры выше 100°С и увеличением продолжительности нагрева наряду с гидролитическим распадом мышечных белков интенсифицируется термический распад коллагена до глютина и гидролиз глютина до более низкомолекулярных соединений.

Нагрев образцов соленой свинины в интервале температур от 85°С до 120°С в течение часа сопровождается усиленным (от 9 до 60% к содержанию в исходном сырье) распадом коллагена. Полный гидролиз коллагена достигается после варки в течение 3 ч при температуре 126°С и ведет к ухудшению консистенции тканей, их чрезмерному разволокнению. Глубокий гидролиз глютина является причиной образования низкомолекулярных соединений, уменьшающих способность бульона к студнеобразованию.

Мясо - главный источник белков, поступающих в организм человека. Качество белка характеризуется содержанием незаменимых для человеческого организма аминокислот и степенью приближения их количества к оптимальному, рекомендованному Комитетом ФАО/ВОЗ.

При тепловой обработке, особенно при температурах выше 100^0С, аминокислоты, вступая во взаимодействие друг другом (реакция карамелизации), с углеводами (реакция Майяра), а также подвергаясь расщеплению под действием тепла и окислительному разложению в присутствии кислорода воздуха, образуют соединения, недоступные расщеплению ферментами желудочно-кишечного тракта, распадающиеся до аммиака, сероводорода и других низкомолекулярных соединений.

Установлено, что нагрев до температуры 80-90^0С не вызывает существенных изменений аминокислотного состава. При стерилизации мясопродуктов установлено уменьшение содержания серосодержащих аминокислот. Избежать снижения пищевой ценности продукта удается за счет повышения температуры и сокращения времени процесса стерилизации. Так, при температуре 110^0С нагрев должен продолжаться не более 80 мин, при 115^0С - не более 1 ч, при 120^0С и 125^0С - менее 1 ч.

По данным отечественных и зарубежных исследователей, аминокислотный состав готовых продуктов, подвергнутых нагреву СВЧ-энергией и традиционными способами, практически одинаков.

Таким образом, степень изменения содержания аминокислот мясопродуктов больше зависит от температуры и длительности нагрева, чем от способа тепловой обработки.

Влияние тепловой обработки продуктов на потери массы

Тепловая обработка мясных, рыбных и других продуктов сопровождается потерями массы, вызываемыми сложными структурными изменениями мышечных и соединительно-тканных волокон, денатурацией и коагуляцией белков, изменением структуры воды и рядом других факторов.

Основными факторами, влияющими на потери массы в процессе тепловой обработки, являются: температура, до которой нагревается продукт, длительность выдержки при этой температуре, величина pH обрабатываемого сырья; способ тепловой обработки, скорость нагрева, температура греющей среды, размеры образца, реологические характеристики, его химический состав, различные добавки: поваренная соль, фосфаты, плазма крови, соевые белки, крахмал, вода, казеинат натрия, вид мяса и его анатомическое происхождение, возраст, пол, порода животных; условия тепловой обработки: наличие конвекции, избыточного давления, наличие защитной упаковки и другое.

С повышением температуры образца потери массы увеличиваются. При этом следует отметить, что увеличение потерь зависит от способа нагрева и наличия соли. При нагреве соленого мяса потери ниже, чем у несоленого.

Следует отметить, что при нагреве соленого мяса СВЧ-энергией потери ниже, чем при нагреве в воде. Для несоленого мяса по достижении температуры 55°С картина обратная. Эту закономерность можно объяснить следующим образом.

При нагреве мяса СВЧ-энергией градиенты температуры и влагосодержания совпадают, то есть при объемном нагреве температура внутри продукта выше, чем на поверхности. При традиционных способах нагрева градиенты температуры и влагосодержание внутри продукта направлены противоположно, что в определенной степени препятствует перемещению влаги из внутренних слоев к поверхности, обеспечивая меньшие потери массы. Предварительный посол уменьшает потери массы и повышает водосвязующую (водосвязующая способность является характерным свойством мяса, по изменению которого можно судить о потерях массы в процессе тепловой обработки и качестве продукта) способность мяса.

Меньшие потери массы и лучшая водосвязующая способность соленого фарша, нагретого СВЧ-энергией, по сравнению с фаршем, нагретым в воде, частично могут быть объяснены на основе гипотезы А. Каладжиева. Согласно этой гипотезе, в образовании слабых водородных связей в модели белковой молекулы могут одновременно находиться катионы и анионы, так как диполи $–NH^{+}_{3}$ и $–CO^{-}_{2}$ не лежат на одной и той же оси. Благодаря одновременному электростатическому взаимодействию в соленом мясе анионов и NH^{+}-диполей ионы поваренной соли стабилизируются в молекулярной форме, затрудняя диссоциацию.

При нагреве СВЧ-энергией водородные мостики разрываются, и система переходит в линейную форму, в которой три диполя располагаются на одной оси, что соответствует очень стабильной структуре.

Внедрившиеся в мышечные белки молекулы поваренной соли действуют, как «дистанционные блоки», которые в какой-то мере препятствуют образованию хаотически пространственно уплотняющейся белковой структуры, а возникающие связи в определенных границах могут устанавливаться как в виде последовательных звеньев (цепочек), так и в виде плотных упаковок в напряженном состоянии. В результате такого действия соли при тепловой обработке соленого мяса возникает объемное сжатие с меньшим напряжением, чем при нагреве несоленого мяса, что способствует уменьшению потерь воды.

Допустимо и такое объяснение меньших потерь массы и лучшей водосвязующей способности соленого фарша, нагретого СВЧ-энергией по сравнению с традиционной тепловой обработкой: неустойчивые молекулярные ассоциации способны перестроить свою структуру в течение ($1•10^{-10}$-$1•10^{-11}$) с, то есть в несколько десятков раз быстрее, чем может измениться направление электрических силовых линий. На основании этого можно предположить, что при повышении температуры СВЧ-нагрева (f = $2{,}375•10^{9}$ Гц) в результате разрыва водородных связей и разрушения гидрофобных взаимодействий белковая система переходит в линейную

форму вследствие неориентированного действия тепла и ориентированного действия электромагнитного поля. Ассоциация дискретных (растянутых) белков и последующая их коагуляция происходят при более низких объемных напряжениях, чем при традиционных способах тепловой обработки, следовательно, сопровождаются меньшим выделением влаги.

Приведенные рассуждения дают основание ожидать меньших потерь соленого мяса при СВЧ-нагреве по сравнению с традиционными способами нагрева.

Список использованной литературы:

1. Российская Федерация. Законы. О защите прав потребителей [Текст] : с изменениями и дополнениями от 7 февраля 1992 г. № 2300–1 (в ред. ФЗ от 09.01.96., №2–ФЗ, от 17.12.99. №212–ФЗ) // Российская газета. 1996. 25 янв.
2. Большаков, С.А. Холодильная техника и технология продуктов питания [Текст] : учебник / С.А. Большакова. – М. : Академия, 2003. – 304 с.
3. Димов, Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник для вузов [Текст] / Ю.В. Димов. – СПб. : Питер, 2004 . – 432 с.
4. Карташова, Л.В. Товароведение продовольственных товаров растительного происхождения [Текст] : учебное пособие / Л.В. Карташова, М.А. Николаева, Е.Н. Печникова. – М. : Деловая литература, 2004. – 816 с.
5. Коснырева, Л.М. Товароведение и экспертиза мяса и мясных товаров [Текст] : учебник для вузов / Л.М. Коснырева, В.И. Криштафович, В.М. Позняковский. — М. : Академия, 2005. — 320 с.
6. Мудрецова-Вис, К.А. Микробиология, санитария и гигиена [Текст] : учебник / К.А. Мудрецова-Вис, А.А. Кудряшова, В.П. Дедюхин. – М. : Деловая литература, 2001. – 388 с.
7. Мурусидзе, Д.Н. Технология производства продукции животноводства [Текст] / Д.Н. Мурусидзе, В.Н. Легеза, Р.Ф. Филонов. – М. : КолосС, 2005. – 432 с.
8. Нечаев, А.П. Технология пищевых производств [Текст] / А.П. Нечаев [и др.]. – М. : КолосС, 2005. – 768 с.
9. Хромеенков, В.М. Технологическое оборудование хлебозаводов и макаронных фабрик [Текст] / В.М. Хромеенков. – СПб. : Гиорд, 2004. - 496 с.
10. Химический состав российских пищевых продуктов [Текст] : справочник / под редакцией проф. Скурихина И.М. и проф. Тутельяна В.А. – М. : ДеЛи принт, 2002.

11. Шарковский, Е.К. Гигиена продовольственных товаров [Текст] : учебное пособие / Е.К. Шарковский. – М. : Новое знание, 2003.

12. Образование витамина B_{12} аэробными метилотрофными бактериями / Е.Г. Иванова [и др.] // Микробиология. – 2006. - № 4. – С. 570 – 571.

Коблева М. М.

Курс лекций по дисциплине
«Физико-механические методы обработки пищевых сред»
для студентов всех форм обучения
по направлению подготовки
15.03.02 Технологические машины и оборудование,
профиль подготовки «Машины и аппараты пищевых производств»