

**Физико-химические
изменения белков
пищевых продуктов
при их кулинарной
обработки**

Белки определяют
биологическую ценность, а также
структурно-механические
свойства многих продуктов.

Тема 1. Понятие о структуре и технологических свойствах белков

С белками в продуктах

- связана вода (этим определяется сочность продукта);
- связаны жиры (этим определяется нежность консистенции);
- связаны пигменты (этим определяется окраска продукта).

Белки – макромолекулы, которые представляют собой длинные цепи, построенные из остатков сотен и тысяч аминокислот, соединённых пептидной связью $-CO-NH-$.

Изменения белка происходят как при механической, гидромеханической, биохимической, так и при тепловой обработке продуктов. Глубина изменений зависит от условий обработки (рН среды, температуры и др.) и от свойств белка.

Структура белка определяется не только химическим составом, но и порядком чередования различных аминокислотных остатков в полипептидной цепи, а также расположением этих цепей в пространстве.

То есть конформацией белковой
молекулы.

Различают четыре порядка морфологической организации белка (или четыре структуры, или четыре уровня организации, или четыре ступени организации).

Гидратация белков пищевых продуктов

Гидратация – это способность белков связывать воду.

При этом белки набухают, что сопровождается их частичным растворением, увеличением массы и объема.

Белковая молекула организована так, что гидрофобные связи у нее или экранированы (прикрыты другими связями) или находятся внутри молекулы, а гидрофильные – находятся на поверхности белковой молекулы.

Наличие на поверхности гидрофильных групп обеспечивает белковой молекуле постоянную гидратную оболочку.

Гидратная оболочка придает
устойчивость растворам белка,
мешая отдельным частицам
слипаться и выпадать в осадок.

Молекулы нативного белка имеют на своей поверхности полярные группы.

Молекулы воды также обладают полярностью, и их можно представить в виде диполей с зарядами на концах, равными по значению, но противоположенными по знаку.

При контакте с белком диполи воды
адсорбируются

на поверхности белковой
молекулы, ориентируясь вокруг
полярных групп белка.

Таким образом, основная часть воды, более или менее прочно связываемая в пищевых продуктах белками, является **адсорбционной.**

Различают **два вида адсорбции:**
ионную и молекулярную.

Величина молекулярной адсорбции воды постоянна для каждого вида белка, величина ионной адсорбции изменяется с изменением реакции среды.

В изоэлектрической точке, когда степень диссоциации молекул белка минимальная и заряд белковой молекулы близок к нулю, способность белка связывать воду наименьшая.

При сдвиге рН среды в ту или иную сторону от изоэлектрической точки усиливается диссоциация основных или кислотных групп белка, увеличивается заряд белковых молекул и усиливается гидратация белка.

В технологических процессах эти свойства белков используют для увеличения их водосвязывающей способности.

Примерами гидратации в кулинарной практике являются: приготовление омлетов, котлетной массы из продуктов животного происхождения, различных видов теста, набухание белков круп, бобовых, макаронных изделий и т. д.

От степени гидратации белков зависит такой важнейший показатель качества готовой продукции, как сочность, а также выход (потери при тепловой обработке).

Среди факторов, обуславливающих степень гидратации белков, важнейшими являются:

- рН среды;
- Концентрация белкового раствора;
- Природные свойства белка и др.

1. Дегидратация белков пищевых продуктов

Дегидратацией называется потеря белками связанной воды под влиянием внешних воздействий при различных способах кулинарной обработки

Различают обратимую и необратимую дегидратацию. Вид дегидратации зависит от того, какую воду отняли у белка.

Обратимая дегидратация, является составной частью такого технологического процесса как сублимационная сушка (сухая возгонка льда в пар).

Необратимая дегидратация
отмечается при замораживании,
хранении в замороженном
состоянии и размораживании
мяса, мясопродуктов, птицы,
рыбы, нерыбных продуктов моря.

Необратимая дегидратация с выделением воды в окружающую среду имеет место и при тепловой обработке продуктов. В окружающую среду может перейти до половины содержащейся в продукте воды и растворимых веществ.

Необратимая дегидратация имеет место при выпечке изделий из теста при денатурации белков клейковины. Но выделившаяся при этом вода не выделяется в окружающую среду, а поглощается клейстеризующимся крахмалом муки.

Тема 2. Денатурация и деструкция белков

Денатурация белков пищевых продуктов

Денатурация белков — это изменение нативной (природной, исходной) пространственной конфигурации белка под воздействием внешних факторов.

К числу таких внешних факторов
(воздействий) можно отнести:

- нагревание (тепловая денатурация);
- механические воздействия:
встряхивание, взбивание
(поверхностная денатурация);

- высокую концентрацию водородных или гидроксильных ионов (химическая денатурация: кислотная или щелочная);
- интенсивную дегидратацию при сушке;
- ионизирующую радиацию;

- ультрафиолетовое воздействие;
- ультразвуковое воздействие и др.

При денатурации происходит изменение вторичной, третичной и четвертичной структуры белковой макромолекулы

Денатурация сопровождается
изменениями важнейших свойств белка:
– потерей индивидуальных свойств
(например, изменение окраски мяса
при его нагревании вследствие
денатурации миоглобина);

–потерей биологической активности
(например, в картофеле, грибах,
яблоках и ряде других растительных
продуктов содержатся ферменты,
вызывающие их потемнение, при
денатурации белки-ферменты теряют
активность);

-повышением атакуемости

пищеварительными ферментами;

–потерей способности к гидратации (растворению, набуханию), кроме коллагена, который после тепловой денатурации и деструкции до глютена способен растворяться в горячей воде.;

–потерей устойчивости белковых
глобул, которая сопровождается их
агрегированием (свертыванием, или
коагуляцией, белка).

Денатурация глобулярных белков.

Кинетическая энергия, сообщаемая белку, вызывает вибрацию его атомов, вследствие чего слабые водородные и ионные связи разрываются. (и белок свертывается (коагулирует)

Денатурация белка под действием,
например инфракрасного или
ультрафиолетового излучения
протекает аналогично тепловой
денатурации.

При химической денатурации под действием кислот, щелочей, соли разрываются внутримолекулярные водородные связи, ионные связи между остатками аминокислот, и изменяется конформация белковой молекулы.

При различных механических воздействиях (встряхивании, взбивании) происходит поверхностная денатурация белка.

Этот вид денатурации отмечается при взбивании яиц, сливок, морепродуктов, теста бисквитного, белково-взбивного.

При взбивании в белковую глобулу
внедряется пузырёк воздуха,
превращая белки в пену, состоящую
из пузырьков воздуха, окружённых
тонкими белковыми плёнками,

образование которых
сопровождается развёртыванием
полипептидных цепей в результате
разрыва связей при механическом
воздействии.

Белок сохраняет свою гидратную оболочку и находится в набухшем состоянии.

Белки в качестве
пенообразователей широко
используют при производстве
кондитерских изделий (тесто
бисквитное, белково-взбивное),
взбивании сливок, сметаны, яиц и
др.

Устойчивость пены зависит от природы белка, его концентрации, а также температуры.

Тепловая денатурация фибриллярного белка

**Тепловую денатурацию
фибриллярного белка коллагена
можно представить в виде плавления**

Условно тепловая денатурация фибриллярных белков происходит в три стадии:

- деформация фибрилл;
- активное набухание фибрилл;
- превращение в стекловидную, бесформенную, сплошную массу.

Постденатурационные изменения белка

В процессе денатурации
освобождаются химические связи,
которые взаимодействуют друг с
другом. И это взаимодействие
обеспечивает дальнейшее изменение
белковой молекулы, то есть
агрегирование

Отдельные молекулы белка
соединяются между собой в более
крупные частицы. Начинается
процесс агрегирования
(свёртывания)

Различают три типа свёртывания глобулярных белков, которые зависят

- от концентрации белка;
- от его предварительного коллоидного состояния.

Чем сложнее белок, тем сложнее тип его свертывания.

Факторы, влияющие на температуру денатурации: температуры, pH среды и продолжительности нагревания присутствие сахаров, присутствие жиров

Деструкция белка

Молекула белков под влиянием ряда факторов (температуры, воздействия ферментов) может разрушаться или вступать во взаимодействие с другими веществами с образованием новых продуктов

При длительном гидротермическом
воздействии происходит
деполимеризация белковой
молекулы с образованием
водорастворимых азотистых
веществ (свободных аминокислот,
пептидов).

Примером деструкции
денатурированного белка является
переход коллагена в глютин.

Деструкция белков имеет место при производстве некоторых видов теста (ферментативная деструкция).

В ряде случаев деструкция белков с помощью протеолитических ферментов является целенаправленным приемом, способствующим интенсификации технологического процесса, улучшению качества готовой продукции, получению новых продуктов питания.

Тема 3. Изменения белков животного
и растительного происхождения
при тепловой обработке продуктов
питания

Изменение белков куриного яйца

При нагревании белки яиц также денатурируют, а затем свертываются.

Свертывание протеинов яичного белка начинается при 50~55 °С, при 75° С весь белок превращается в студнеобразную белую массу,

которая при дальнейшем нагревании
становится более плотной и при 80°
С уже хорошо сохраняет свою
форму.

Желток начинает густеть только при 70°
С.

Поскольку концентрация белков в яйце высокая, они коагулируют, образуя сплошной гель без отделения влаги.

В яйце содержатся белки,
являющиеся антиферментами и
тормозящие пищеварение
(овомукоид). Во время тепловой
обработки антиферменты
разрушаются и яйца усваиваются
лучше.

Изменение белков молока

При нагревании выше 60° происходит денатурация альбумина, который свертывается и выпадает в виде хлопьев на дне и стенках посуды.

Денатурацией белков обусловлено и образование пенки при кипячении молока.

Дело в том, что в поверхностном слое под влиянием сил поверхностного натяжения уже частично произошла денатурация белков, и поэтому при нагревании на поверхности она происходит быстрее.

Изменение белков мяса, птицы,
рыбы

Изменение мышечных белков
при кулинарной обработке.

Студнеобразные миофибриллы, расположенные внутри мышечных волокон, состоят из глобулярных белков миозина, актиномиозина и других, а так же фибриллярного белка актина. Эти белки находятся в состоянии студня.

Жидкое содержимое мышечных волокон представляет собой водный раствор белков (глобулина, миогена, миоглобина и др.), растворимых азотистых и без азотистых экстрактивных веществ, минеральных соли и т. д.

При тепловой обработке (жаренье, варке) растворенные мышечные белки, содержащиеся в саркоплазме, денатурируют и свертываются,

а белки миофибрилл, находящиеся в виде студня, уплотняются и выпрессовывают содержащуюся в них жидкость вместе с растворимыми в ней веществами.

Денатурация растворимых мышечных белков мяса начинается при 30-35° С, и к тому времени, как мясо прогреется до 60° С около 90% всех растворимых белков денатурируют и теряют растворимость.

Однако даже прогревание мяса до 95-100°С не вызывает полной денатурации белков, и некоторая часть их сохраняется, но теряют способность растворяться.

Уплотнение белковых гелей
миофибрилл приводит не только к
выпрессовыванию жидкости, но и
уплотнению мышечных волокон,
повышению их прочности.

При варке мяса и птицы, пока продукты не прогрелись, часть водорастворимых белков переходит в воду, образует очень разбавленный раствор и при дальнейшем нагревании свертывается, выделяясь в виде хлопьев на поверхности бульона.

Если воду, в которой варится мясо или птица, посолить до прогревания продуктов, то в раствор перейдет больше белков за счет глобулинов (растворимых в присутствии соли) и количество пены увеличится.

Поэтому при варке мяса воду солят
после того, как мясо прогреется и
белки потеряют способность
растворяться.

Изменение белков соединительной
ткани мяса

Соединительная ткань может быть рыхлой, плотной с большим содержанием коллагена, плотной с большим содержанием эластина.

Чем больше в ткани эластина и меньше коллагена, тем труднее и меньше она размягчается при тепловой обработке.

**Изменение белков
растительного
происхождения**

Изменение при тепловой обработке
белков овощей и фруктов

Денатурация вызывают
свертывание белков как в
протоплазме, так и в клеточном
соке с образованием хлопьев.

При коагуляции протоплазмы
кожистый слой ее разрушается и,
следовательно, исчезает
препятствие для диффузии веществ
клеточного сока через клеточные
оболочки.

Разрушение кожистого слоя протоплазмы в результате тепловой обработки является причиной того, что вареные овощи при хранении в воде теряют растворимых веществ значительно больше, чем сырые.

Изменение при тепловой обработке белков зерномучных продуктов

В бобовых, крупах и муке белки
находятся в состоянии сухих
бесструктурных гелей.

Набухание зерновых продуктов при замачивании; так же как и образование эластичного теста при замесе муки, обуславливается набуханием содержащихся в них белков, которые превращаются при этом в более или менее обводненные гели.

Вода, поглощаемая белками при набухании, связывается ими адсорбционно и осмотически. Последнее главным образом и обуславливает набухание белков.

Так, при замесе и последующем брожении теста белковые вещества муки способны поглощать и удерживать около 200% воды по отношению к их количеству.

На гидратацию полярных групп
белковых макромолекул идет не
более одной четвертой части всей
поглощенной воды

Остальная часть ее связывается
белками осмотически, вызывая
характерное для образования
клейковины.

При варке зерновых продуктов и выпекании теста белки в результате денатурации свертываются, что влечет за собой уплотнение обводненных белковых гелей и выпресовывание значительной части содержащейся в них влаги.

Последняя, однако, не выделяется в окружающую среду, как это имеет место при тепловой обработке мяса и рыбы, а остается в продукте, поглощаясь клейстеризующимся крахмалом.

Свертывание белков зерномучных
продуктов происходит в
температурном интервале от 50 до
70°С.

В кулинарной практике воздушно-
сухую пшеничную муку иногда
нагревают выше 100°С.

Небольшого количества влаги (около 14 %), содержащейся в воздушно-сухой муке, достаточно, чтобы произошла денатурация ее белков.

Это вызывает значительное
(примерно на 50 %) уменьшение
способности белков муки к
адсорбционному связыванию влаги и
полную потерю способности к
набуханию, т. е. осмотическому
поглощению влаги белками.

В муке, подвергнутой сухому нагреву, при замесе с водой клейковина не образуется, поэтому из такой муки нельзя получить теста.