

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Кафедра «Технологии и биотехнологии продуктов питания
животного происхождения»

Почетный работник высшего профессионального образования РФ,
кандидат технических наук, профессор
ЗАБАШТА АНДРЕЙ ГРИГОРЬЕВИЧ

«Технология колбасного производства»

ПОСОЛ МЯСНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ И ПРОДУКТОВ ИЗ МЯСА

**(ИЗМЕНЕНИЯ В МЯСЕ В ПРОЦЕССЕ ПОСОЛА МЯСНОГО
СЫРЬЯ)**

Лекция 16.

КОНСЕРВИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ПОВАРЕННОЙ СОЛИ

- Консервирующее действие поваренной соли обусловлено высоким осмотическим давлением (если применяются высокие концентрации), обезвоживание протоплазмы микробных клеток, специфическим действием ионов натрия и хлора на микроорганизмы.
- Микрофлора рассолов имеет свою специфику, которая является результатом своеобразной селекции. Из общего количества бактерий, попадающих в рассол, выживают только те, которые способны развиваться в условиях рассола. Среди микроорганизмов, встречающихся в заливочных рассолах, обычно преобладают микрококки, грамотрицательные палочки и молочнокислые бактерии.

КОНСЕРВИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ПОВАРЕННОЙ СОЛИ

- Микроорганизмы обладают различной устойчивостью к действию хлористого натрия. Различают галлофилы – микроорганизмы, которые развиваются только при высокой концентрации хлористого натрия, и солетолерантные – микроорганизмы, которые выдерживают высокие, но развиваются и при более низких концентрациях поваренной соли. Среди галлофилов встречаются пигментообразующие микроорганизмы (желтые, красные), способные вызвать порчу мясного продукта.
- Развитие гнилостных и сальмонеллезных бактерий, а также бактерий рода *Cl. botulinum*, вызывающих тяжелое отравление – ботулизм, прекращается при концентрации поваренной соли около 10 %. Бактерии *Salmonella* отмирают при концентрации поваренной соли около 19 % через 75–80 сут. Кокковые формы бактерий переносят концентрацию поваренной соли около 15 %. Стафилококки, вызывающие пищевые отравления, прекращают рост при концентрации 15–20 %, а при 20–25 % – отмирают.

КОНСЕРВИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ПОВАРЕННОЙ СОЛИ

- Анаэробные микроорганизмы встречаются в рассолах очень редко. *Cl. putrificus* и *Cl. sporogenes* прекращают свое развитие при концентрации рассола 12 %. Дрожжи и плесневые грибы развиваются при концентрации поваренной соли около 20 %. При повышении температуры галофильные микроорганизмы быстро размножаются, вызывая порчу мясных продуктов и рассолов.
- При посоле изменяются свойства мясного сырья, так свинина становится более сочной, нежной и приобретает своеобразный вкус и аромат. Этот процесс носит ферментативный характер. Некоторые исследователи считают, что аромат в соленых мясных продуктах обусловлен в результате действия ферментов некоторых видов микроорганизмов, а также вследствие адсорбирования ароматических веществ при помощи этих ферментов.

КОНСЕРВИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ПОВАРЕННОЙ СОЛИ

- Определенные виды микроорганизмов, находящихся в рассолах, обладают консервирующим действием – предохраняют мясные продукты от порчи в процессе посола, подавляя рост гнилостных бактерий. Такими микроорганизмами-антагонистами в отношении многих гнилостных видов бактерий, вызывающих порчу рассола и продуктов, являются представителями рода *Lactobacterium*.
- Устойчивость старых рассолов как раз можно объяснить наличием в них лактобактерий. Бактерии – представители рода *Micrococcus*, также способствуют устойчивости рассола от порчи.

КОНСЕРВИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ПОВАРЕННОЙ СОЛИ

- Массовая доля поваренной соли в продуктах из мяса влияет на вкус, поэтому её устанавливают в следующих пределах: в вареных изделиях – не более 3,0 %; копчено-вареных – не более 3,5 %; копчено-запеченных – не более 2,5 %; сырокопченых – не более 6,0 %. При посоле мясопродуктов применяют ненасыщенные рассолы, консервирующее действие которых невелико. Консервирующий эффект усиливается при сочетании посола с другими способами технологической обработки – охлаждением, копчением, сушкой.

ДИФФУЗИОННЫЙ ОБМЕН ПРИ ПОСОЛЕ

- В момент соприкосновения раствора поваренной соли (рассола) с внешней (при погружении в рассол) или внутренней поверхностями (при шприцевании рассола в толщу продукта) между ними возникает обменная диффузия, которая приводит к перераспределению поваренной соли, воды и растворимых составных частей продукта. В зависимости от состава продукта, концентрации рассола и продолжительности процесса может происходить как обезвоживание, так и обводнение тканей. Ионы натрия и хлора проникают в продукт, а растворимые компоненты выводятся во внешнюю среду; вода в зависимости от концентрации рассола либо выходит в рассол, либо поглощается из рассола продуктом.

ДИФФУЗИОННЫЙ ОБМЕН ПРИ ПОСОЛЕ

- То же происходит при обработке продукта сухой солью с той лишь разницей, что в этом случае вначале образуется рассол в результате растворения поваренной соли в воде продукта; продукт при этом всегда обезвоживается.
- В рассол переходят белковые, экстрактивные и минеральные вещества, водорастворимые витамины. Количество веществ, переходящих в рассол, различно и зависит от условий посола (концентрации и количества рассола, продолжительности посола и ряда других факторов).
- Потери белковых веществ (альбумины, глобулины) возрастают с увеличением концентрации рассола до 10–12 %, при дальнейшем её изменении они уменьшаются. При сухом посоле потери минимальные. Количество белкового азота, накапливающегося в рассоле, возрастает с повышением температуры (но не выше температуры денатурации белков).

ДИФФУЗИОННЫЙ ОБМЕН ПРИ ПОСОЛЕ

- Так как белковые вещества не способны диффундировать через стенки клеток, их потери с рассолом происходят в результате перехода в него белков, заполняющих кровеносную систему и белков разрушенных клеток. Относительное количество белков, теряемое при посоле, уменьшается с повышением упитанности мяса.
- В процессе посола мяса потеря растворимых веществ и особенно белков, естественно нежелательна. Однако при правильном посоле некоторая потеря питательных веществ не снижает пищевой ценности соленых мясных продуктов. Их пищевая ценность даже повышается, так как продукт становится более нежным, вкусным и лучше усваивается, чем несоленое мясо.

ДИФФУЗИОННЫЙ ОБМЕН ПРИ ПОСОЛЕ

- Факторы, интенсифицирующие процесс проникновения посолочных веществ, вместе с тем способствуют увеличению потерь растворимых веществ продуктов в рассол. Уменьшение потерь при посоле мяса способствует применению низкого жидкостного коэффициента, рассола высокой концентрации, использование «старых» рассолов, использование методов шприцевания и последующего массирования с сокращением продолжительности выдержки мяса в рассоле или полного исключения таковой.
- Наиболее важно при посоле перераспределение поваренной соли и воды. От количества поваренной соли в продукте зависит вкус и устойчивость к действию микроорганизмов. Количество воды определяет выход продукта и его консистенцию, а также концентрацию поваренной соли в тканевой жидкости, следовательно, и устойчивость продукта по отношению к микроорганизмам.

КИНЕТИКА ПОСОЛА

- **Кинетика посола.** Понятия – концентрация поваренной соли и массовая доля поваренной соли в продукте – различны. Под концентрацией поваренной соли в продукте подразумевается условная величина, выражающая отношение количества поваренной соли к суммарному количеству воды и поваренной соли (рассолу) в продукте. Эта величина практически определяет численное значение осмотического давления в ткани и, следовательно, обуславливает консервирующее действие поваренной соли и течение диффузионно-осмотических процессов при посоле.
- Под массовой долей поваренной соли (в %) в продукте подразумевается отношение количества поваренной соли к массе продукта после посола. В зависимости от массовой доли поваренной соли в продукте различают следующие вкусовые оттенки: особо малосоленый – 2,0–2,5 %, малосоленый – до 3,0 %, нормальной солености – до 3,5 %, солоноватый – до 4,5 %, соленый – более 4,5 % поваренной соли.

КИНЕТИКА ПОСОЛА

- Процесс перераспределения поваренной соли между рассолом и продуктом (в состоянии покоя системы: рассол–продукт) в своей основе имеет диффузионно-осмотический характер.
- При посоле мяса в рассоле протекает одновременно три фазы этого процесса:
 - – перемещение поваренной соли из рассола в продукт;
 - – перемещение поваренной соли в толще продукта;
 - – выравнивание концентрации поваренной соли в рассоле, меняющейся вследствие перехода соли в продукт.
- Перемещение поваренной соли из рассола в продукт – наиболее важная фаза процесса посола, так как определяет продолжительность посола и вызывает возникновение двух других фаз процесса.

КИНЕТИКА ПОСОЛА

- Животные ткани пронизаны развитой системой кровеносных и лимфатических сосудов, сообщающей каждую клетку ткани с внешней средой (в данном случае с рассолом). Ткани, таким образом, относятся к типичным капиллярно-пористым материалам с густой сетью макро- и микрокапилляров. Эта система капилляров участвует в процессе диффузионного обмена между тканью и рассолом. В связи с этим проникновение поваренной соли в ткань и перераспределение между тканью и рассолом происходит в основном двумя путями:
 - – осмотически через мембраны и перепонки, покрывающие внешнюю поверхность обрабатываемого участка ткани;
 - – через систему макро- и микрокапилляров, пронизывающих ткань во всех направлениях, с последующим перераспределением поваренной соли и воды между капиллярной системой и клеточными элементами ткани.

КИНЕТИКА ПОСОЛА

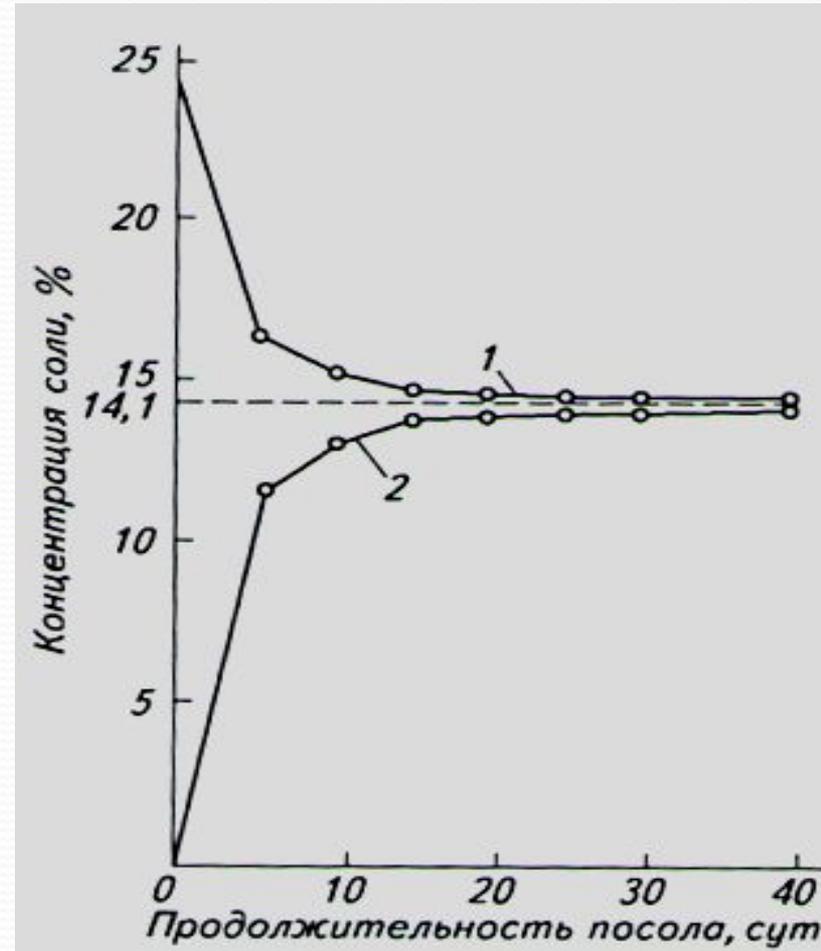
- При этом проникновение поваренной соли вторым путем происходит в первую очередь и с большей скоростью.
- Даже при посоле в рассолах низкой концентрации, когда кусок мяса в целом не теряет воду, клеточные элементы ткани обезвоживаются в результате перехода воды в кровеносную систему. Но после максимального обезвоживания клеток начинается обратный переход воды из системы пор и капилляров в клеточные элементы.
- Диффузионно-осмотические явления, происходящие внутри куска мяса между клеточными элементами и кровеносной системой, определяют способность соленого мяса отдавать то или иное количество рассола во время тепловой обработки, т. е. изменения его массы. Они тем меньше, чем дольше мясо находилось в посоле.

КИНЕТИКА ПОСОЛА

- Роль, которую система макро- и микрокапилляров играет в процессе посола, позволяет использовать её для ускорения посола тем или иным способом: введением рассола в кровеносную систему через крупные сосуды, нагнетанием его в систему капилляров путем чередования вакуума и давления, массирования как предварительно прошприцованного рассола мясного сырья, так и массирования с введением рассола в массажер.
- Несмотря на сложность и многообразие явлений, возникающих при проникновении поваренной соли в ткань и перераспределение воды между тканью и рассолом, в общем виде можно представить уравнениями, сходными с теми, которыми пользуются для описания диффузионно-осмотических процессов в гелях.

КИНЕТИКА ПОСОЛА

На рисунке представлен график изменения концентрации поваренной соли в рассоле и в погруженном в него куске мышечной ткани. Начальная концентрация поваренной соли в мышечной ткани – 0,2 %. Из графика видно, что концентрация поваренной соли в мышечной ткани растет, а концентрация поваренной соли в рассоле падает, приближаясь к какой-то конечной величине.



Изменение концентрации поваренной соли в рассоле (1) и мышечной ткани (2) при мокром посоле

КИНЕТИКА ПОСОЛА

Эту величину можно получить путем расчета, как гипотетическую равновесную концентрацию при очень большой продолжительности посола. Эта концентрация представляет собой условную концентрацию суммарного количества поваренной соли в суммарном количестве рассола системы: рассол–мышечная ткань.

$$\frac{a_p'}{W_p' + a_p'} = \frac{a_{тк}'}{W_{тк}' + a_{тк}'} = \frac{a_{тк}' + a_p'}{W_p' + W_{тк}' + a_p' + a_{тк}'},$$

где a_p , $a_{тк}$ – количество поваренной соли соответственно в рассоле и в тканях до посола;

W_p , $W_{тк}$ количество воды соответственно в рассоле и в тканях до посола.

Те же символы с индексом ' соответствуют состоянию в конце посола.

КИНЕТИКА ПОСОЛА

- Как следует из вышеприведенного уравнения, концентрация поваренной соли в тканях приближается к её концентрации в окружающей среде. Но даже теоретически достигнуть её она не может: соответственно правилу Доннана (мембранное равновесие) в присутствии по одну сторону мембраны заряженных частиц, не способных диффундировать через неё, по другую сторону должен быть некоторый избыток противоположных ионов.

КИНЕТИКА ПОСОЛА

При посоле процесс односторонней диффузии веществ в однородной среде выражается вторым законом Фика:

$$\frac{dc}{d\tau} = -D \frac{d^2C}{dh^2},$$

где C – концентрация вещества в данной точке;

τ – длительность диффузии;

D – коэффициент диффузии;

h – расстояние от поверхности раздела в системе рассол – ткань.

КИНЕТИКА ПОСОЛА

Для случая диффузии в трехмерной системе (диффузия поваренной соли происходит одновременно в трех направлениях) второй закон Фика имеет вид:

$$\frac{dC}{d\tau} = -D\Delta^2 C,$$

где $\Delta^2 C$ – оператор Лапласа;

$$\Delta^2 C = \frac{d^2 C}{dx^2} + \frac{d^2 C}{dy^2} + \frac{d^2 C}{dz^2}.$$

Закон Фика исходит из предположения, что перенос диффундирующих веществ обуславливается наличием градиента концентрации в изотермических условиях.

КИНЕТИКА ПОСОЛА

- Изменения температуры системы учитывается с помощью уравнения:

$$D_2 = D_1 \frac{T_2 \eta_1}{T_1 \eta_2} ,$$

- где T_1 и T_2 – температура системы, К;
- η_1 и η_2 – коэффициенты вязкости рассола, отвечающие этим температурам.

- Температурный градиент вызывает дополнительное перемещение вещества в направлении теплового потока – термодиффузию.

КИНЕТИКА ПОСОЛА

При наличии градиента концентрации в условиях конвективного перемешивания жидкую фазу гетерогенной системы жидкость – твердое тело можно условно разбить на две области: в первой, непосредственно прилегающей к поверхности раздела (называемой пограничным диффузионным слоем), перенос вещества осуществляется путем молекулярной диффузии (т. е. подчиняется закону Фика); во второй, составляющей основную часть жидкой фазы, постоянство концентрации обеспечивается интенсивной конвекцией. Перенос веществ из жидкой фазы в твердую через диффузионный пограничный слой имеет большее значение для скорости диффузионного процесса.

Таким образом, в системе рассол – продукт наблюдаются три одновременно протекающих фазы обмена, направленного к выравниванию концентраций: конвективный перенос вещества в основной массе рассола; молекулярный перенос в пограничном диффузионном слое; перенос вещества в продукте. В соответствии с этим представлением о диффузионном процессе в гетерогенной системе различают внешнюю (относительно продукта), граничную и внутреннюю диффузии (в продукте).

КИНЕТИКА ПОСОЛА

● Применительно к условиям посола процесс распределения посолочных веществ в системе рассол – продукт (имеющий форму, близкую к форме пластины) можно выразить, исходя из закона Фика, следующим уравнением:

$$\tau = \frac{K_1 + K_2 Ch^2}{9,2 D \lg \frac{C_p}{C_h}},$$

● где τ – длительность посола, сутки;

● K_1 – коэффициент, учитывающий сопротивление пограничного диффузионного слоя;

● K_2 – коэффициент, учитывающий изменение структуры ткани и её сопротивление проникновению посолочных веществ;

● D – коэффициент диффузии в растворе, см²/сутки;

● C_p – концентрация рассола в момент τ , %;

● C_h – концентрация рассола поваренной соли в мясе на глубине h , %

● h – путь проникновения, см.

КИНЕТИКА ПОСОЛА

В условиях интенсивного перемешивания рассола длительность посола можно выразить следующим уравнением:

$$\tau = \frac{ah^2}{D_{mk} \lg \frac{C_p}{C_h}},$$

где a – постоянная величина, равная 0,108;

D_{mk} – коэффициент проникновения посолочного вещества в данную ткань, см²/сутки;

$$D_{mk} = \frac{D}{m},$$

где m – коэффициент, учитывающий отличие скорости проникновения вещества в ткань от скорости диффузии его в воду при той же температуре.

КИНЕТИКА ПОСОЛА

В большинстве случаев мясные продукты многослойны. Каждый из слоев отличается по проницаемости. В корейке например, следует различать три слоя: шкурка, шпик, мышечная ткань. Для многослойных мясо продуктов длительность посола определяется из следующего уравнения:

$$\tau = \frac{\alpha \left(\alpha \sqrt[3]{(G:n)} \right)^2}{D_{тк} \lg(C_p : C_k)},$$

где α – коэффициент, учитывающий соотношение тканей (слоев) в продукте. Для однородных продуктов (чистая мышечная ткань, шпик) $\alpha = 0,05$; для многослойных продуктов $1,0 > \alpha > 0,5$;

G – масса продукта, кг;

n – коэффициент пропорциональности между массой и определяющим размером (толщиной) продукта в третьей степени;

КИНЕТИКА ПОСОЛА

$$n = \frac{G}{H^3},$$

где H – определяющий размер, см.

Интенсивность процесса проникновения хлористого натрия в животные ткани зависит от ряда технологических факторов. Эти факторы можно рассматривать как внешние относительно обрабатываемой ткани (концентрация рассола, скорость циркуляции и др.) или внутренние, присущие ткани: химический состав ткани, степень её предварительной обработки (парная, охлажденная, размороженная, подвергнутая предварительному массажу и т. п.).

КИНЕТИКА ПОСОЛА

- Движущей силой процесса посола является наличие разности концентраций поваренной соли в рассоле и продукте. Чем выше концентрация соли в рассоле, тем быстрее протекает процесс посола. Скорость проникновения и накопления соли в продукте резко уменьшается в процессе посола вследствие уменьшения разности концентраций в системе рассол – продукт.
- Уровень концентрации поваренной соли в продукте тем значительнее, чем выше концентрация рассола вблизи пограничного слоя. Поэтому все факторы, воздействие которых приводит в той или иной степени к перемешиванию рассола, т. е. к усреднению его концентрации и, следовательно, к повышению концентрации соли на поверхности продукта, вызывают ускорение процесса посола. К ним в первую очередь относятся механическое перемешивание рассола, массажирование в присутствии рассола, барботирование, циркуляция, тепловое воздействие и др. При интенсивном перемешивании рассола, кроме того, уменьшается толщина пограничного слоя.

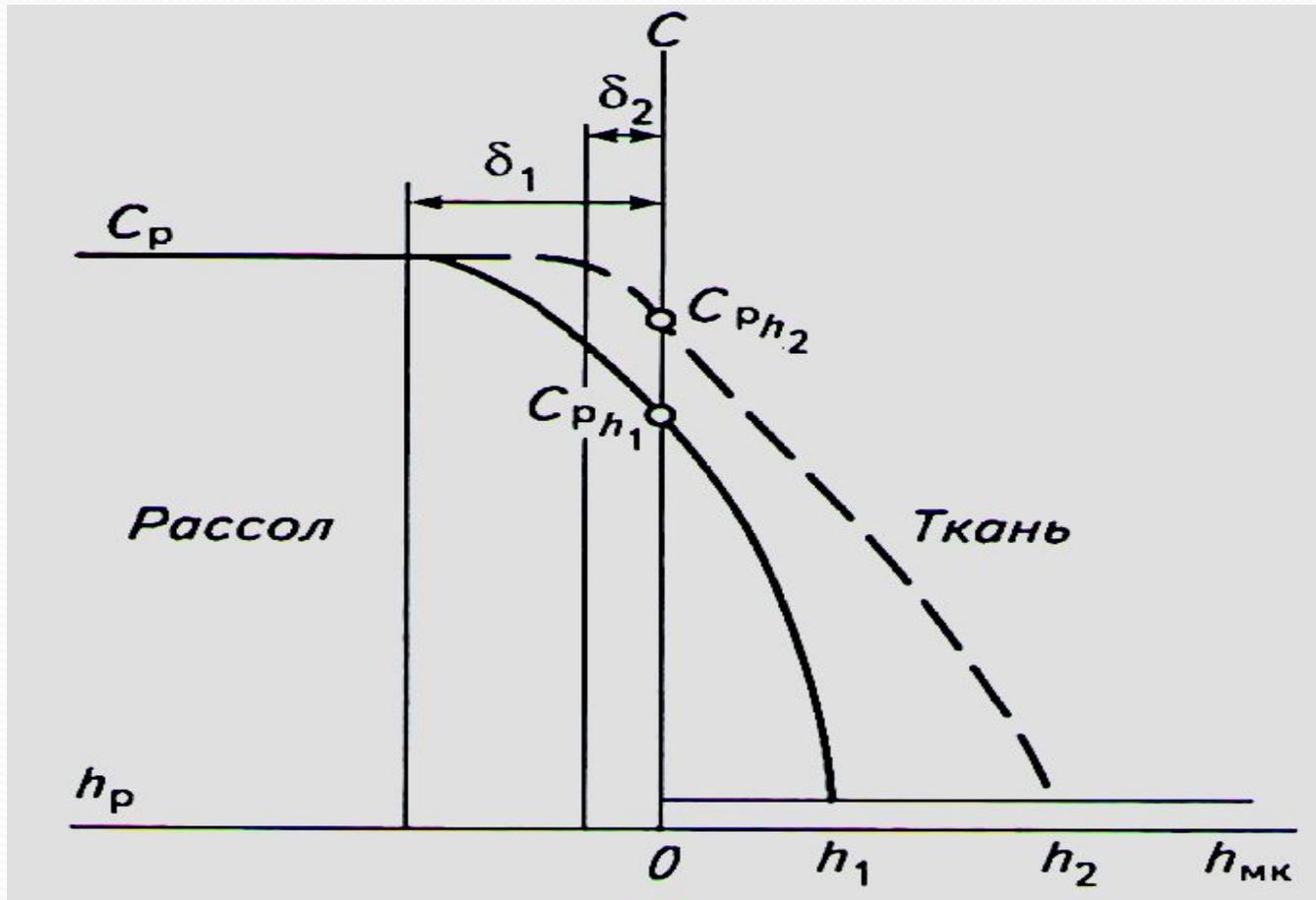
КИНЕТИКА ПОСОЛА

- При массировании мяса в присутствии рассола, вследствие возникновения градиента давления перенос посолочных ингредиентов подчиняется закону нестационарной фильтрации, а сам процесс посола имеет фильтрационно-диффузионно-осмотический характер.
- Скорость процесса можно повысить, поддержанием концентрации рассола на постоянном высоком уровне.
- Продолжительность процесса посола обратно пропорциональна коэффициенту D_{mk} . Повышение его значения при заданных первоначальной концентрации применяемого рассола и конечном содержании хлористого натрия в продукте уменьшает продолжительность процесса посола. Величина коэффициента проникновения зависит от конкретных условий посола: параметров рассола и свойств мясопродукта.

КИНЕТИКА ПОСОЛА

- В условиях конвекции и перемешивания рассола основное сопротивление диффузионному потоку в рассоле оказывает диффузионный пограничный слой, лежащий на границе раздела системы рассол – продукт. В пределах диффузионного пограничного слоя резко снижается концентрация рассола, что приводит к уменьшению его концентрации на поверхности продукта. уменьшение толщины пограничного слоя вызывает увеличение градиента концентрации в мясе и, следовательно, повышение скорости процесса.

КИНЕТИКА ПОСОЛА



Влияние толщины диффузионного пограничного слоя на распределение поваренной соли в системе рассол – ткань:

C_p – концентрация в основной массе рассола; C_{ph_1} , C_{ph_2} – концентрация соли на поверхности раздела системы рассол–ткань; δ_1 и δ_2 – толщина диффузионного пограничного слоя; h_p – расстояние от поверхности раздела сред рассол–ткань³⁰

КИНЕТИКА ПОСОЛА

- Толщина пограничного слоя зависит от скорости и характера движения рассола. Увеличение скорости движения рассола и переход от ламинарного к турбулентному уменьшает его толщину. Сходным образом влияет вибрационное воздействие (частотой 50, 100 Гц), благодаря которому посол ускоряется на 15–20 %. При посоле в ультразвуковом поле (частота колебаний 300 кГц) ускорение относительно посола в неподвижном рассоле составляет 4–4,5 раза. Полученный эффект является суммарным воздействием колебаний и повышения температуры, которое имеет место при действии ультразвука.

КИНЕТИКА ПОСОЛА

- В отличие от диффузии в жидкостях, на скорость диффузии при посоле влияет сопротивление самого продукта. Оно обусловлено наличием в тканях множества полупроницаемых перегородок, задерживающих движение диффундирующих частичек, а также тем, что диффузия протекает в коллоидной системе, а не в чистой воде, которая к тому же занимает в тканях лишь часть объёма. В связи с этим поваренная соль в мышечную ткань проникает примерно в 4 раза медленнее, чем в воду.
- На проницаемость ткани в большей или меньшей степени влияет морфологический и химический состав мясного сырья, направление проникновения поваренной соли относительно направления мышечных волокон, характер и глубина предварительной перед посолом обработки мяса (созревания, замораживания, размораживания, массажирования), температурные условия посола, условия воздействия в процессе посола (вибрация, массажирование, применение вакуума и повышенного давления).

КИНЕТИКА ПОСОЛА

- Проницаемость мышечной, соединительной и жировой тканей находится примерно в соотношении 8:3:1. Существенное различие в скоростях накопления поваренной соли в различных тканях объясняется особенностями их морфологического строения и их химическим составом. Проницаемость тканей зависит от содержания в них воды: как правило, чем больше воды входит в состав ткани, тем выше её проницаемость.
- Мышечная ткань обладает анизотропной проницаемостью. Перенос хлористого натрия вдоль мышечных волокон протекает примерно на 10 % быстрее по сравнению с переносом поперек волокон.

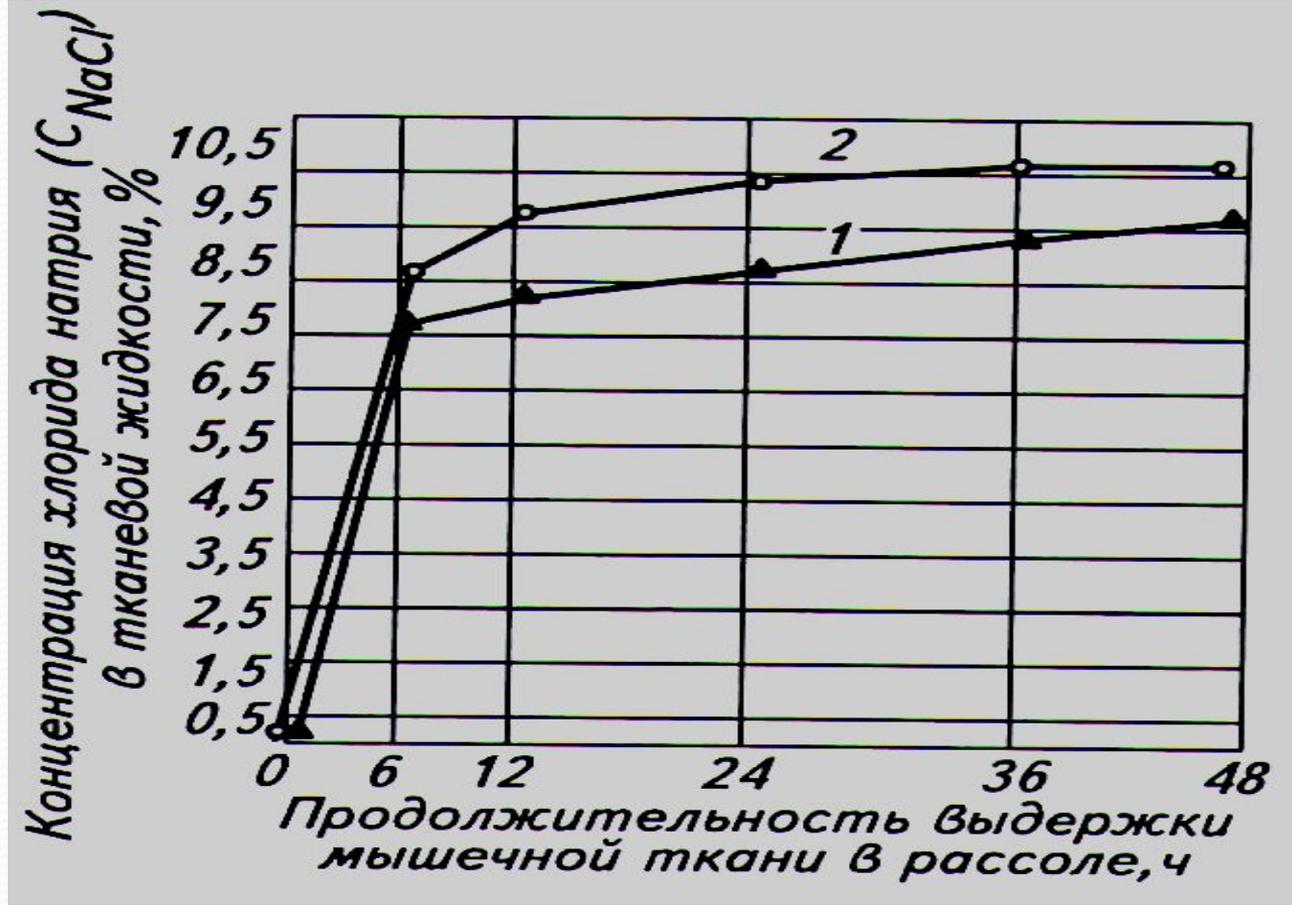
КИНЕТИКА ПОСОЛА

- Проницаемость размороженной мышечной ткани выше, чем охлажденной. Различие тем меньше, чем ниже температура замораживания. Максимальная проницаемость размороженной мышечной ткани наблюдается при замораживании при температуре наибольшего кристаллообразования ($-1 \div -6$ °C), т. е. когда ткань в максимальной степени повреждается образующимися крупными кристаллами льда, проницаемость размороженной мышечной ткани (после медленного замораживания при температуре $-9,6$ °C) примерно в 1,5 раза выше проницаемости охлажденной мышечной ткани.

КИНЕТИКА ПОСОЛА

- Применение предварительного массажа перед посолом значительно повышает проницаемость мышечной ткани для посолочных веществ. При выдержке в рассоле плотностью $1100,1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ при температуре $0 \div 4 \text{ }^\circ\text{C}$ мышечной ткани, подвергнутой предварительному массажу в течение 30 минут, наблюдается более интенсивное повышение концентрации хлористого в тканевой жидкости по сравнению с мышечной тканью, не подвергавшейся такому воздействию

КИНЕТИКА ПОСОЛА

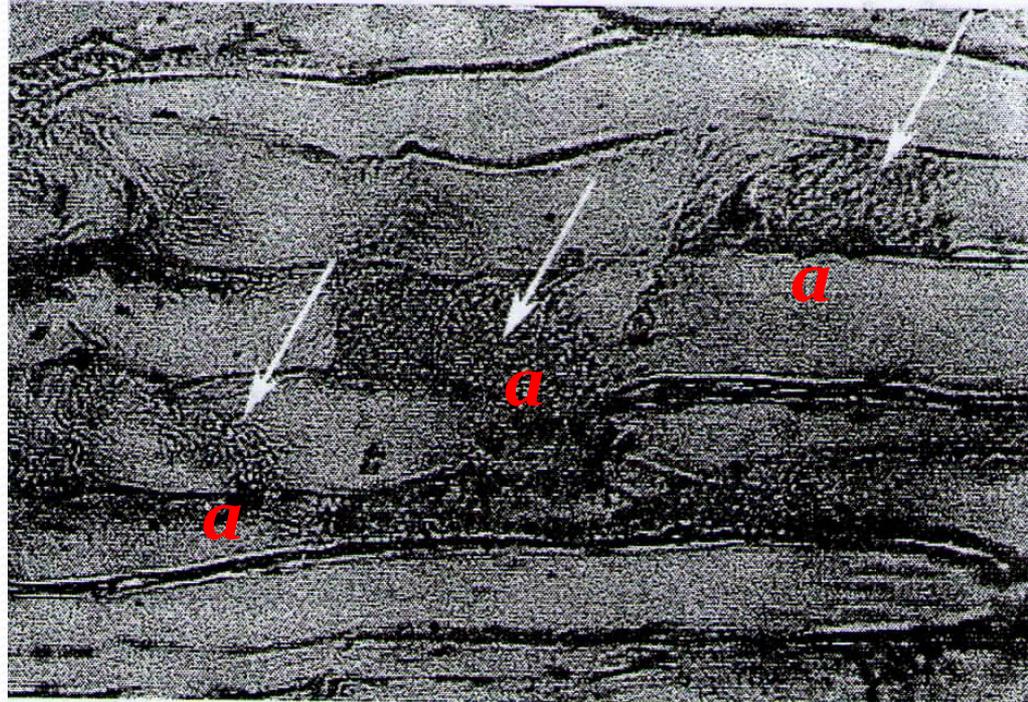


Изменение концентрации хлористого натрия (C_{NaCl}) в тканевой жидкости мышечной ткани в процессе выдержки в рассоле плотностью $1100,1 \text{ кг/м}^3$ при температуре $0 \div 4 \text{ }^\circ\text{C}$:

1 – без предварительного массажа

КИНЕТИКА ПОСОЛА

● Это объясняется повышением проницаемости мышечной ткани для посолочных веществ в процессе предварительного массирования, способствующего повышению проницаемости мышечной ткани. Морфологические изменения мышечной ткани в процессе предварительного массирования характеризуются увеличением количества поперечно-щелевидных нарушений и ослаблением продольной и поперечной исчерченности мышечных волокон



**Микроструктура охлажденной свиной мышечной ткани после предварительного массирования в течение 40 мин:
a – поперечно-щелевидные нарушения мышечных волокон**

КИНЕТИКА ПОСОЛА

- Применение предварительного массажа мышечной ткани с последующей выдержкой в рассоле приводит к более интенсивному приросту массы мышечной ткани и накоплению в ней посолочных веществ.
- В момент погружения мышечной ткани в рассол происходит заполнение рассолом системы пор и капилляров, в системе мышечная ткань – рассол возникает градиент концентрации между тканевой жидкостью мышечной ткани и рассолом. Обменные процессы в системе мышечная ткань – рассол носят диффузионно-осмотический характер.
- В процессе выдержки мышечной ткани в рассоле наблюдается прирост её массы (ΔM , %):

$$\Delta M = \frac{M_1 - M_0}{M_0} \cdot 100, \%$$

● где M_0 – масса образца мышечной ткани перед погружением в рассол, кг;

● M_1 – масса образца мышечной ткани после выдержки в рассоле в течение времени τ_3 , кг.

КИНЕТИКА ПОСОЛА

Одним из важных показателей, характеризующих процесс выдержки мышечной ткани в рассоле, является скорость изменения массы (V_m), которая определяется как отношением изменения массы образцов в процессе выдержки (ΔM , %) к продолжительности выдержки ($\Delta \tau_3$, ч):

$$V_m = \frac{\Delta M}{\Delta \tau_3}, \text{ \%} \cdot \text{с}^{-1},$$

где ΔM – изменение массы образцов мышечной ткани в процессе выдержки в рассоле, %;

$\Delta \tau_3$ – продолжительность выдержки в рассоле, с.

При выдержке в рассоле мышечной ткани, подвергнутой предварительному массажированию, в интервале выдержки от 0 до 2 ч скорость прироста (изменения массы) образцов мышечной ткани возрастает с увеличением длительности предварительного массажирования.

С увеличением длительности выдержки в рассоле с 2 ч до 24 ч мышечной ткани в рассоле, скорость прироста массы образцов мышечной ткани с увеличением длительности предварительного массажирования снижается.

КИНЕТИКА ПОСОЛА

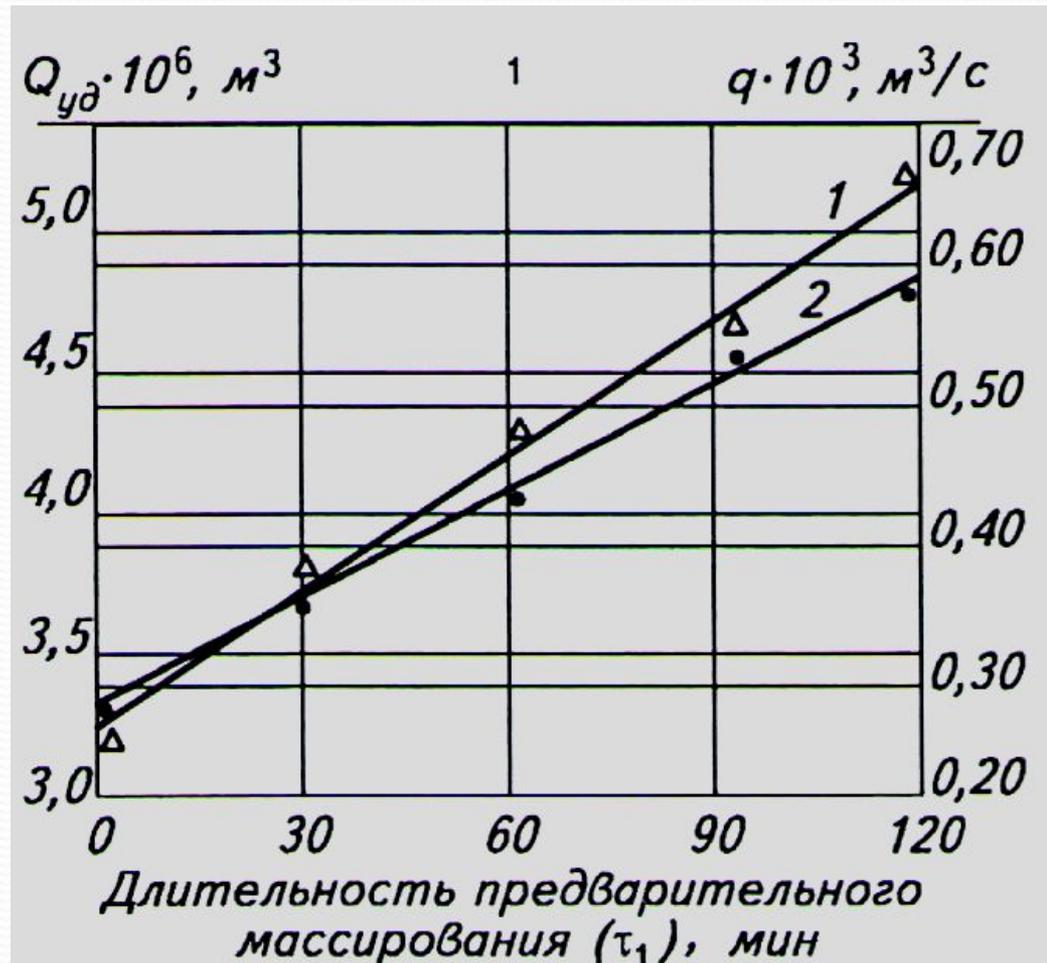
- Величина скорости изменения массы (V_m) образцов мышечной ткани при выдержке в рассоле в зависимости от длительности предварительного массажирования может быть определена с помощью следующего уравнения:

$$V_m = A_o + \beta_1 \cdot (\tau_1)^a, \% \cdot \text{с}^{-1},$$

- где A_o , β_1 , a – коэффициенты, полученные опытным путем, зависящие от термического состояния мышечной ткани и параметров предварительного массажирования;
- τ_1 – длительность предварительного массажирования, с.

КИНЕТИКА ПОСОЛА

- Применение предварительного массирования способствует более интенсивному увеличению концентрации хлористого натрия в тканевой жидкости при выдержке мышечной ткани в рассоле.



Прямая 1 – средний удельный расход рассола (q); прямая 2 – количество удерживаемого рассола при шприцевании ($Q_{уд}$.)

КИНЕТИКА ПОСОЛА

- С повышением температуры увеличивается скорость переноса посолочных веществ. Практически увеличение скорости посола с повышением температуры характеризуется следующими коэффициентами (скорость переноса при температуре 4 °С принята за единицу):

● Температура, °С	4	20	30	40	50
● Кратность увеличения скорости	1,0	1,7	2,1	2,7	3,6

- Повышение температуры посола свиных окороков с 2–4 °С до 16–18 °С позволяет сократить продолжительность процесса примерно в 2 раза. Однако повышенную температуру при посоле следует сочетать с направленным использованием бактериальных культур, являющихся антогонистами по отношению к нежелательной микрофлоре и гарантирующих наряду с другими мероприятиями санитарное благополучие продукта. Посол окороков при температуре рассола 50 °С можно завершить за 9–18 ч вместо 3–5 сут при температуре 16–18 °С.

КИНЕТИКА ПОСОЛА

- Повышение температуры посола свиных окороков с 2–4 °С до 16–18 °С позволяет сократить продолжительность процесса примерно в 2 раза. Однако повышенную температуру при посоле следует сочетать с направленным использованием бактериальных культур, являющихся антагонистами по отношению к нежелательной микрофлоре и гарантирующих наряду с другими мероприятиями санитарное благополучие продукта. Посол окороков при температуре рассола 50 °С можно завершить за 9–18 ч вместо 3–5 сут при температуре 16–18 °С.
- Однако посол мяса при повышенных температурах не нашел широкого распространения из-за трудностей обеспечить высокое санитарно-гигиеническое благополучия технологического процесса.

КИНЕТИКА ПОСОЛА

- Повышенные температуры применяется в основном при посоле языков, используемых для производства вареных колбас и деликатесных изделий. Посол языков осуществляют одним из следующих способов:
- 1 способ. В рассол с температурой 40–45 °С помещают языки и выдерживают, свиные – 2 ч, говяжьи – 2,5 ч.
- 2 способ. В рассол с температурой 18–20 °С помещают языки и выдерживают в течение 15–16 ч. затем рассол подогревают до температуры 40–45 °С и выдерживают в нем в течение 1 ч.
- После выдержки по способам 1 и 2 языки варят при температуре 87–90 °С, свиные – 1,5–2,0 ч, говяжьи – 1,5–2,5 ч в зависимости от массы.

КИНЕТИКА ПОСОЛА

- Продолжительность посола зависит от пути переноса посолочных веществ и, следовательно, даже небольшое уменьшение определяющего размера (толщины) продукта ведет к существенному сокращению длительности процесса.
- Особенно эффективным фактором интенсификации процесса посола является уменьшение пути переноса поваренной соли. С целью сокращения пути проникновения посолочных веществ отруба подвергают обвалке, а также применяют способы шприцевания рассола: путем инъекции рассола в продукт через полую перфорированную иглу или систему игл (многоигольчатое шприцевание), или же через кровеносную систему (у передних и задних окороков рассол вводится соответственно через лопаточную и бедренную артерии), а также методом безигольной инъекции. При шприцевании рассола в мышечную ткань получается сложная система рассол – ткань, когда рассол заключен в толще мышечной ткани.

КИНЕТИКА ПОСОЛА

- Продолжительность посола зависит от пути переноса посолочных веществ и, следовательно, даже небольшое уменьшение определяющего размера (толщины) продукта ведет к существенному сокращению длительности процесса.
- Особенно эффективным фактором интенсификации процесса посола является уменьшение пути переноса поваренной соли. С целью сокращения пути проникновения посолочных веществ отруба подвергают обвалке, а также применяют способы шприцевания рассола: путем инъекции рассола в продукт через полую перфорированную иглу или систему игл (многоигольчатое шприцевание), или же через кровеносную систему (у передних и задних окороков рассол вводится соответственно через лопаточную и бедренную артерии), а также методом безигольной инъекции. При шприцевании рассола в мышечную ткань получается сложная система рассол – ткань, когда рассол заключен в толще мышечной ткани.

КИНЕТИКА ПОСОЛА

- Введение рассола в широко разветвленную кровеносную систему значительно сокращает длительность посола (в 3–4 раза по сравнению с посолом без инъекции рассола), предотвращает повреждение тканей иглой, обеспечивает лучшее удержание воды продуктом, уменьшает потери белковых и других веществ, способствует повышению выхода продукции. Существенным недостатком этого способа является невозможность применения его для всех без исключения отрубов.
- Одна из основных целей посола – равномерное распределение посолочных ингредиентов по всему объёму продукта. Характер внедрения и первоначального накопления посолочных ингредиентов во многом предопределяет их дальнейшее распределение.



Спасибо за внимание!