

УДК 637.5

Глубина измельчения мышечной ткани и формирование конденсационной структуры сырокопченых колбас

Д-р техн. наук **С.В. Мурашев**, s.murashev@mail.ruмагистр **А.Н. Гаврилова**

Университет ИТМО

191002, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

В статье впервые проведен комплексный анализ факторов, влияющих на структурообразование в сырокопченых колбасах с целью регулирования и управления этим процессом. Коагуляционная структура фарша в технологическом процессе производства превращается в конденсационную структуру колбас. В ходе этого процесса изменяется характер связей и их энергия, что выражается в превращении пластичных свойств в упруго-эластичные. В зависимости от вида колбасных изделий (сырокопченые или вареные колбасы) необходим фарш с определенной влагосвязывающей способностью. Требуемая величина влагосвязывающей способности фарша регулируется степенью измельчения мясного сырья и количеством поваренной соли, используемой в соответствии с рецептурой. В тоже время влагосвязывающая способность белков зависит от pH. Учитывая грубо дисперсное измельчение фарша, особенность технологии производства сырокопченых колбас заключается в зависимости вторичного структурообразования от интенсивности гидролитического расщепления белков мышечной ткани. В связи с этим, технологические усилия в производстве сырокопченых колбас должны быть направлены на понижение pH с целью активизации внутриклеточных ферментов и удаления избыточной воды, препятствующей агрегации и формированию конденсационной структуры. Полученные результаты могут быть использованы для повышения качества и эффективности технологии производства сырокопченых колбас.

Ключевые слова: измельчение мяса; внутриклеточные ферменты; влагосвязывающая способность; pH фарша.

The depth of grinding of the muscle tissue and the formation of condensation patterns of raw sausages

Ph.D. **Sergei V. Murashev**, s.murashev@mail.rumaster **A. N. Gavrilo**

ITMO University

191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

In article the complex analysis of the factors influencing structurization in raw smoked sausages for the purpose of regulation and management of this process is for the first time carried out. Coagulation structure of the stuffing in the technological process of production turns into condensation the structure of the sausages. During this process changes the nature of relationships and their energy, resulting in the transformation of plastic properties in elastic. Depending on the type of sausage (smoked or cooked sausage), you need a beef with a certain water-binding ability. The required amount of water-binding capacity of meat is regulated by the degree of grinding of raw meat and the amount of salt used in accordance with the recipe. At the same time the water-binding ability of proteins depends on pH. Given the roughly dispersed grinding of meat, a feature of the technology of production of raw sausages is according to secondary structure formation on the intensity of hydrolytic breakdown of proteins in muscle tissue. In this regard, the technological effort in the production of raw sausages should be aimed at lowering the pH to activate interstitial enzymes and removal of excess water, preventing aggregation and the formation of condensation patterns. The obtained results can be used to improve the quality and effectiveness technology of production of smoked sausages.

Keywords: grinding meat; interstitial enzymes; water-binding capacity; pH of meat.

При формировании структуры сырокопченых колбас происходит сложный комплекс физико-химических и биохимических процессов, в которых большое значение принадлежит исходным свойствам мясного сырья. Понимание этих процессов и целенаправленное регулирование их развития необходимо для повышения качества и выхода готовых изделий. В связи с этим в данной статье детально рассматривается вся совокупность процессов и влияний, обеспечивающих формирование конденсационной структуры сырокопченых колбас, начиная с измельчения мясного сырья, с необходимыми свойствами, в ходе получения фарша. Структура и структурообразование в белковых системах рассмотрены в [1, 2], реологические свойства в [3, 4], машины для получения фарша представлены в [5].

Получение фарша с требуемыми свойствами и обеспечение процессов, происходящих в ходе вторичного структурообразования и необходимых для производства определенного вида колбасных изделий, зависит от глубины измельчения мышечной ткани и количества поваренной соли, используемой в соответствии с рецептурой. Для получения сырокопченых колбас эти параметры должны обеспечить минимизацию влагосвязывающей способности белков фарша. При производстве вареных колбас, напротив, усилия направлены на то, чтобы фарш обладал максимальной влагосвязывающей способностью.

Производство сырокопченых колбас нуждается в грубом (неглубоком) измельчении и повышенном количестве поваренной соли для минимизации влагосвязывающей способности белков и осуществления вторичного структурообразования, в ходе которого коагуляционная структура фарша преобразуется в конденсационную структуру готового продукта. Количество поваренной соли в производстве сырокопченых колбас составляет около 3,5% от массы основного сырья, и оно еще больше возрастает в ходе сушки по мере испарения воды после завершения технологического процесса.

Вареные колбасы производят из фарша получаемого глубоким (тонким) измельчением мышечной ткани с использованием пониженного, в сравнении с сырокопчеными колбасами, количества поваренной соли, что в совокупности и обеспечивает наибольшую влагосвязывающую способность белков мышечной ткани. Количество поваренной соли, используемой в производстве вареных колбас, составляет около 2% от массы основного сырья. Учитывая, что в фарш добавляют воду, а выход большинства сортов вареных колбас превышает 100%, то содержание соли становится еще меньше.

Монолитная белковая масса сырокопченых колбас возникает в ходе вторичного структурообразования при превращении коагуляционной структуры в конденсационную. Исходная грубо дисперсная фаршевая масса, получаемая неглубоким измельчением мышечной ткани, превращается в монолитную и значительно больше гомогенную конденсационную структуру при условии активности внутриклеточных ферментов катепсинов и участия ферментов микроорганизмов в гидролитическом расщеплении белков мышечной ткани.

Особенность катепсинов, ферментов находящихся в лизосомах, заключается в проявлении максимальной активности около рН 5. В живом состоянии клеток мышечной ткани окружающая лизосомы цитоплазма имеет слабощелочное значение рН. При этом слабощелочная среда цитоплазмы защищает клетки от повреждения гидролитическими ферментами в случае разрушения лизосом или утечки из них указанных ферментов. Поэтому фарш для получения сырокопченых колбас должен иметь кислую среду, необходимую для активизации катепсинов и протекания в дальнейшем вторичного структурообразования. В тоже время развитие патогенной микрофлоры в кислой среде замедляется.

Наряду с активизацией катепсинов кислая среда в фарше создает более благоприятные условия для испарения воды. Белки мышечной ткани имеют изоэлектрическую точку в диапазоне 5,2...5,4. Поэтому кислая среда с рН совпадающей или близкой к изоэлектрической точке белков мышечной ткани необходима для беспрепятственного удаления избыточной воды. В коагуляционной структуре фарша вода разделяет дисперсные частицы и препятствует их сближению с образованием устойчивых связей. Коагуляционная структура фарша превращается в конденсационную структуру сырокопченых колбас при условии удаления прослоек жидкой и адсорбированной воды, образующей гидратные оболочки. В результате протекают процессы агрегации и вторичного структурообразования.

Требуемая величина рН фарша обеспечивается, во-первых, использованием мясного сырья с пониженным значением рН в пределах 5,4...5,8 и способного к дальнейшему понижению этого показателя. Способность к понижению рН обеспечивается повышенным содержанием гликогена в мышечной ткани, который необходим для интенсивного образования молочной кислоты. Во-вторых, происходит дополнительное понижение рН в ходе производства колбасы в результате протекания различных процессов. Например, это жизнедеятельность молочнокислых бактерий; поверхностная адсорбция и последующая диффузия в глубину изделий в ходе копчения компонентов дыма являющихся кислотами; гидролиз жиров, приводящий к образованию свободных жирных кислот. Образованию органических кислот способствует добавление в рецептуру колбас углеводов. Таким образом, в ходе осадки рН изделий понижается до значений 5,2...5,4.

Использование мясного сырья с низким значением рН = 5,4...5,8, близким к изоэлектрической точке белков, уменьшает их влагосвязывающую способность. Вследствие этого увеличивается количество воды в межклеточном пространстве мышечной ткани, что облегчает посол мясного сырья. Функция посола и повышенного содержания NaCl в фарше в структурообразовании сырокопченых колбас заключается в высаливании белков и продуктов их гидролиза. Потеря связанной воды создает условия для возникновения стабильных связей между агрегирующими частицами белков, о чем подробнее будет сказано ниже.

Значение высаливания особенно возрастает в связи с тем, что вследствие гидролиза белков распадаются пептидные связи и образуются гидрофильные группы ($-\text{COOH}$ и $-\text{NH}_2$), обладающие способностью хорошо связывать воду. Из них особенно хорошо связывают воду карбоксильные группы. Указанные вопросы подробно рассмотрены в работе [6].

В результате посола мясного сырья изменяется ионная сила раствора, окружающего белки мышечной ткани, что в сочетании с кислым значением рН, возникающим в фарше сырокопченых колбас, создает предпосылки для денатурации мышечных белков. Разрушение слабых связей, происходящее при денатурации белковых молекул, приводит к разворачиванию полипептидных цепей, вследствие чего внутренние участки последних становятся доступнее для ферментативного протеолиза. В этом может заключаться еще один из механизмов активизации гидролиза грубо измельченной мышечной ткани, который необходим для гомогенизации продукта и формирования конденсационной структуры колбас.

В производстве сырокопченых колбас традиционно используются коньяк и мадера. Для совершенствования технологии, влияющей на кинетику сушки-созревания, коньяк заменяется на водно-спиртовые настои с ароматизирующими добавками [7]. В качестве добавок может использоваться разнообразное нетрадиционное растительное сырье: нетрадиционные культуры [8], кориандр [9], базилик [10] и другие пряно-ароматические растения [11].

Таким образом, понижение рН в технологии сырокопченых колбас до значений, приближающихся к максимуму активности гидролитических ферментов лизосом, активизирует расщепление грубо дисперсной структуры фарша. Кроме того, кислая среда со значением

pH близким к изоэлектрической точке белков способствует удалению воды из белковой системы и обеспечивает протекание вторичного структурообразования. Удаление воды также препятствует развитию микрофлоры. Следовательно, в белковом продукте кислая среда не только препятствует развитию патогенной микрофлоры, но и дополнительно подавляет ее развитие, устраняя препятствие для испарения воды и понижения a_w .

В тоже время необходимо иметь в виду, что в технологии сырокопченых колбас возникают воздействия, способные подавлять ферментативную активность. Такие наиболее значимые компоненты коптильного дыма, как фенольные и карбонильные соединения способны модифицировать молекулы белков. Возникновение различных видов молекулярной модификации белков, внутримолекулярных и межмолекулярных мостиков делают белковую структуру более жесткой. Вместе с потерей подвижности молекулы ферментов теряют и каталитическую активность.

Несмотря на необходимость удаления части воды для протекания вторичного структурообразования, ряд таких процессов, как жизнедеятельность микроорганизмов, диффузия, ферментативная активность возможны только в присутствии в фаршевой массе определенного количества воды, которая служит участником и средой происходящих изменений. Очень важно, что эти процессы также необходимы для реализации вторичного структурообразования. Вода с одной стороны препятствует, а с другой необходима для формирования структуры сырокопченой колбасы.

Сравнительно высокая влажность продукта нужна на начальном этапе ферментации, поскольку ускоряется процесс вторичного структурообразования в продукте [7]. Наличие воды создает благоприятные условия для выхода белков и продуктов их протеолиза в дисперсионную среду и перехода ко вторичному структурообразованию. Накопление продуктов гидролиза по принципу отрицательной обратной связи может воспрепятствовать протеолизу белков и затормозить вторичное структурообразование.

Диффузия через водную среду продуктов гидролиза, напротив, обеспечивает их отток и, тем самым, ускоряет ферментацию. Как следствие, активизируется вторичное структурообразование в сырокопченых колбасах. Увеличение содержания белков и продуктов их ферментации в водной среде, в том числе и благодаря удалению воды в результате испарения с поверхности изделий на более позднем этапе технологического процесса, способствует увеличению контактов между ними и образованию стабильных связей.

В подтверждение сказанного, можно сослаться на различие в скорости ферментативной деструкции и структурирования в центре батона и по краям. Ферментативная деструкция происходит с большей скоростью в центральной части батона, но образование структурного каркаса происходит там менее интенсивно, чем по краям [7]. Это связано с тем, что в центральной части больше содержание воды, необходимой для ферментативной деструкции, но препятствующей вторичному структурообразованию, по сравнению с краями батона. В связи с этим сушку сырокопченых колбас нужно осуществлять в условиях, исключающих чрезмерное высыхание поверхностного слоя. Вода из внутренних слоев должна отводиться и испаряться с поверхности для понижения ее содержания в центре с целью активизации агрегационных процессов между молекулами во всех частях изделия.

Важное обстоятельство заключается в замедлении развития плесеней, дрожжей и бактерий при более высокой активности воды по сравнению с затуханием интенсивности гидролитических и ферментативных процессов. Причем, что также очень важно, затухание развития микроорганизмов происходит в более узком диапазоне активности воды, в то время как замедление гидролитических и ферментативных процессов происходит постепенно в широком диапазоне a_w .

Тем не менее, экстрагирование белков и продуктов гидролиза белков из фрагментов мышечных волокон, полученных при грубом измельчении мышечной ткани для образования непрерывной конденсационной структуры сырокопченой колбасы, как и другие происходящие при этом

диффузионные процессы, возможны только при наличии необходимой для этого дисперсионной среды. Дисперсионная среда представляет собой водный раствор, содержащий белки, а также пептиды и аминокислоты, образующиеся в ходе ферментации белков, и ряд других соединений. Из этой дисперсионной среды в ходе испарения воды возникает непрерывная конденсационная структура сырокопченой колбасы, содержащая включения жира, фрагменты клеток мышечных волокон и соединительной ткани. Лизис мышечных клеток в ходе ферментации не завершается полностью. Это связано с тем, что во время сушки сырокопченых колбас из-за уменьшения содержания воды происходит постепенное замедление всех физико-химических и биохимических процессов.

В ходе вторичного структурообразования удаляется избыточная вода, образующая прослойки между агрегирующими частицами и сольватные оболочки вокруг их гидрофильных центров. К гидрофильным центрам относятся заряженные и полярные группы. Белки и продукты их гидролиза содержат как противоположно заряженные ($-\text{COO}^-$ и $-\text{NH}_3^+$), так и полярные группы ($-\text{OH}$ и др.).

Большая диэлектрическая проницаемость воды препятствует электростатическому взаимодействию противоположных зарядов. Удаление воды разрушает гидратные оболочки, и между заряженными группами возникает электростатическое притяжение с образованием ионных связей. Максимальная прочность структуры, сформированная ионными связями, возникает при наибольшем количестве взаимодействующих противоположно заряженных групп, т.е. при равенстве положительных и отрицательных зарядов между взаимодействующими частицами. Такая ситуация возникает в изоэлектрической точке, что приводит к агрегации белков и пептидов. У белков мышечной ткани изоэлектрическая точка находится в диапазоне 5,2...5,4. Именно вблизи этих значений находится рН в сырокопченых колбасах.

Разрушению гидратных оболочек способствует поваренная соль. Хлорид натрия в зависимости от концентрации оказывает двоякое действие на белковые молекулы. При низких концентрациях NaCl смещает изоэлектрическую точку белков в кислую область, вследствие чего увеличивается их отрицательный заряд и возрастает гидратация. Такое действие на белки необходимо при производстве вареных колбас, для которых влагосвязывающая способность имеет первостепенное значение. Увеличению связывания воды в вареных колбасах способствует также более высокое рН фарша близкое к 6,3, что значительно превышает соответствующий показатель фарша для сырокопченых колбас.

Рецептуры сырокопченых колбас содержат более высокое содержание поваренной соли по сравнению с вареными. При увеличении концентрации NaCl возникает высаливающий эффект. Он представляет собой конкуренцию за воду между ионами Na^+ и Cl^- с одной стороны и заряженными группами белков и пептидов с другой. Благодаря большой энергии связи молекул воды вокруг ионов натрия и хлора образуются гидратные оболочки, а заряженные группы белков и пептидов их лишаются. Лишенные гидратных оболочек противоположно заряженные группы белков легче образуют ионные связи и агрегируют.

Наряду с электростатическим взаимодействием заряженных групп в упрочнении геля участвуют также водородные связи. При небольшой энергии, но значительном количестве водородные связи способны вносить существенный вклад в стабилизацию структуры белкового каркаса геля. Третьей составляющей стабилизирующей гель могут стать ковалентные связи, образование которых также нельзя исключать.

Таким образом, в формировании геля между частицами, возникающими в ходе протеолиза мышечных белков, участвуют ионные, водородные и возможно ковалентные связи. Образованная

этимися силами пространственная структура геля и представляет собой конденсационную структуру сырокопченой колбасы.

В технологии производства фарша сырокопченых колбас решающее значение имеет грубое измельчение. Глубина измельчения влияет на величину удельной поверхности, от которой зависит адсорбционная способность. Однако ранее проведенные исследования [12, 13, 15] показали, что кратность измельчения мяса оказывает существенное влияние на рН получаемого продукта. Такой вывод был сделан исходя из того, что рН определялось сразу после совершения определенного количества измельчений мясного сырья в пределах 2...18.

При кратности измельчения 4...6 для баранины и 7...9 для говядины наблюдаются минимумы рН, что обеспечивает также минимальную влагосвязывающую способность при данной степени измельчения и делает полученный фарш пригодным для использования в производстве сырокопченых колбас. В зависимости от вида мясного сырья происходит смещение положения минимума от кратности измельчения. Для баранины он наступает раньше. Аналогичные результаты, только для величины предельного напряжения сдвига, по измельчению мяса говядины получены в [2], где установлен минимум указанной величины при кратности измельчения 7...8.

В работе [7] высказано справедливое утверждение, что по мере измельчения мясного сырья растет поверхность измельчаемых частиц, в результате чего увеличивается количество адсорбционно-связанной влаги, что также не может вызывать сомнений при условии, если сами измельчаемые частицы не претерпевают каких-либо дополнительных изменений. Исходя из этой точки зрения окружающая среда, в которой они находятся, не должна оказывать на них своего воздействия.

По мере измельчения мяса удельная поверхность частиц неуклонно увеличивается без каких-либо минимумов до достижения некоторой предельной величины, связанной с тем, что дальнейшее измельчение мясной массы уже невозможно. В связи с непрерывным увеличением поверхности частиц также непрерывно будет увеличиваться и количество адсорбционно-связанной влаги. Поэтому, исходя из таких теоретических предпосылок, невозможно объяснить минимум влагосвязывающей способности, возникающий при кратности измельчения 6...9 в зависимости от вида мяса.

По нашему мнению, изменение рН при измельчении мяса обусловлено причинами, связанными с нарушением естественной компартментации, существующей в мышечных клетках (волокнах), и носящими механохимический характер. Разрушение структуры несоленой мышечной ткани и рост однородности фарша приводит сначала, при небольшой кратности измельчения, к выходу из соответствующих компартментов, а далее к выравниванию распределения различных эндогенных ионов, присутствующих в мышечной ткани (K^+ , Na^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} и др.), что оказывает влияние на свойства белков и ферментов.

Ионы кальция концентрируются в эндоплазматической сети, и при повторении циклов сокращения-расслабления в живой мышечной ткани происходит периодическое чередование их выхода в миоплазму и последующая эвакуация. Саркоплазматическая сеть близко окружает миофибриллы, поэтому при небольшой кратности измельчения мышечных волокон ионы кальция выходят из поврежденного саркоплазматического ретикулума и воздействуют, прежде всего, на миофибриллы. Происходит комплекс сопряженных изменений.

Ионы кальция инициируют взаимодействие актина и миозина [14]. При сокращении мышечных волокон расходуется АТФ, следовательно, для восполнения его содержания активизируется гликолиз, завершающийся образованием молочной кислоты, которая понижает рН. Понижение рН, в свою очередь, вызывает уменьшение влагосвязывающей способности при небольшой кратности измельчения мышечной ткани.

Кроме того, из физической и коллоидной химии белка известно, что гидратация белка зависит от смещения изоэлектрической точки белков в результате изменения ионного окружения. Смещение изоэлектрической точки белков pH_i может происходить в результате изменения ионного окружения белков по мере измельчения мяса. Ионное окружение изменяется вследствие нарушения естественной компартментации ионов в ходе измельчения мышечной ткани.

Биохимические и физико-химические изменения инициируемые измельчением мясного сырья следует рассматривать как совокупность механохимических процессов.

Выводы

Рассмотренные биохимические и физико-химические процессы, происходящие в крупнодисперсном фарше для получения сырокопченых колбас, позволят более эффективно управлять технологией для повышения качества продукта. Особое внимание следует уделить ферментативным процессам и обезвоживанию продукта, которые регулируются показателем pH , зависящим от значительного числа факторов, включая свойства мясного сырья. На происходящие процессы существенное влияние оказывает поваренная соль, используемая в повышенной концентрации. Возникающая в ходе ферментации дисперсионная среда наряду с удалением избыточной воды обеспечивает условия для вторичного структурообразования, в ходе которого происходит агрегация белковых частиц, приводящая к образованию геля.

Литература

1. *Измайлова В.Н., Ребиндер П.А.* Структурообразование в белковых системах. М.: Наука, 1974. 268 с.
2. *Матц С.А.* Структура и консистенция пищевых продуктов. М.: Пищевая промышленность, 1972. 238 с.
3. *Горбатов А.В.* Реология мясных и молочных продуктов. М.: Пищевая промышленность, 1979. 380 с.
4. *Мачихин Ю.А., Мачихин С.А.* Инженерная реология пищевых материалов. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. 215 с.
5. *Чижикова Т.В.* Машины для измельчения мяса и мясных продуктов. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 302 с.
6. *Мурашев С.В.* Влияние разрушения структуры коллагена на гидрофильные свойства продуктов этого процесса // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2013. № 3(17). С. 4.
7. *Косой В.Д., Дорохов В.П.* Совершенствование производства колбас. М.: ДеЛи принт, 2006. 766 с.
8. *Лавруков М.Ю., Кузнецова Н.М.* *NEPETA* (котловник) и *DRACOCERPHALUM* (змееголовник) – нетрадиционные культуры с уникальными свойствами // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. СПб, 2008. №9. С. 49–50.
9. *Белокопытов Д.В., Степанова Н.Ю.* Сортоизучение кориандра в условиях Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. СПб, 2011, № 22. С.51–54.
10. *Степанова Н.Ю., Васильева М.В.* Изучение базилика в условиях Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. СПб, 2013. № 30. С.35–38.
11. *Студеникина Е.В., Степанова Н.Ю.* Использование пряно-ароматических растений в промышленности // Вестник студенческого научного общества. СПб., 2013. 2 часть. С. 257–260.
12. *Мурашев С.В., Кодиров У.О.* Влияние глубины измельчения на свойства фарша говядины // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2014. № 1(19).
13. *Мурашев С.В., Курбанов Б.М.* Зависимость свойств фарша баранины от степени измельчения сырья // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2014. №2(20).
14. *Соколов А.А.* Физико-химические и биохимические основы технологии мяса и мясопродуктов. М.: Пищевая промышленность, 1973. 496 с.
15. *Пеленко В.В., Зуев Н.А., Ольшевский Р.Г., Иваненко В.П., Крысин А.Г.* Оценка зависимости производительности измельчителей мяса от их конструкции и физико-механических свойств сырья // Вестник Международной академии холода. 2015. № 1. С. 9–15.

References

1. Izmailova V.N., Rebinder P.A. *Strukturoobrazovanie v belkovykh sistemakh* [Structurization in proteinaceous systems]. Moscow, Nauka Publ., 1974, 268 p.
2. Matts S.A. *Struktura i konsistentsiya pishchevykh produktov* [Structure and consistence of foodstuff]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1972, 238 p.
3. Gorbатов A.V. *Reologiya myasnykh i molochnykh produktov* [Rheology of meat and dairy products]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1979, 380 p.
4. Machikhin Yu.A., Machikhin S.A. *Inzhenernaya reologiya pishchevykh materialov* [Engineering rheology of food materials]. Moscow, Legkaya i pishchevaya promyshlennost' Publ., 1981, 215 p.
5. Chizhikova T.V. *Mashiny dlya izmel'cheniya myasa i myasnykh produktov* [Machinery for grinding meat and meat products]. Moscow, Legkaya i pishchevaya promyshlennost' Publ., 1982, 302 p.
6. Murashev S.V. Vliyanie razrusheniya struktury kollagena na gidrofil'nye svoystva produktov etogo protsessa [Effect of destruction of the structure of collagen in the hydrophilic properties of the products of this process]. *Scientific journal ITMO University, series Processes and equipments for food production*. 2013, no. 3(17), P. 4.
7. Kosoi V.D., Dorokhov V.P. *Sovershenstvovanie proizvodstva kolbas* [Improvement of production of sausages]. Moscow, DeLi print Publ., 2006, 766 p.
8. Lavrukov M.Yu., Kuznetsova N.M. NEPETA (kotovnik) i DRACOCEPHALUM (zmeegolovnik) – netraditsionnye kul'tury s unikal'nymi svoystvami [NEPETA (catnip) and DRACOCEPHALUM (zmeegolovnik) – non-traditional culture with unique properties]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. St.Petersburg, 2008, no.9, pp. 49–50.
9. Belokopytov D.V., Stepanova N.Yu. Sortoizuchenie koriandra v usloviyakh Leningradskoi oblasti [studying of grades of a coriander in the conditions of the Leningrad region]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. St.Petersburg, 2011, no. 22, pp.51–54.
10. Stepanova N.Yu., Vasil'eva M.V. Izuchenie bazilika v usloviyakh Leningradskoi oblasti [Studying of a basil in the conditions of the Leningrad region]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. St.Petersburg, 2013, no. 30, pp.35–38.
11. Studenikina E.V., Stepanova N.Yu. Ispol'zovanie pryano-aromaticeskikh rastenii v promyshlennosti [The use of aromatic plants in the industry]. *Vestnik studencheskogo nauchnogo obshchestva*. St.Petersburg, 2013, part 2, pp. 257–260.
12. Murashev S.V., Kodirov U.O. Vliyanie glubiny izmel'cheniya na svoystva farsha govyadiny [Influence of depth crushing on the property of forcemeat of beef]. *Scientific journal ITMO University, series Processes and equipments for food production*. 2014, no. 1 (19).
13. Murashev S.V., Kurbanov B.M. Zavisimost' svoystv farsha baraniny ot stepeni izmel'cheniya syr'ya [Dependence of properties of forcemeat of mutton on extent of crushing of raw materials]. *Scientific journal ITMO University, series Processes and equipments for food production*. 2014, no. 2 (20).
14. Sokolov A.A. *Fiziko-khimicheskie i biokhimicheskie osnovy tekhnologii myasa i myasoproduktov* [Physical and chemical and biochemical bases of technology of meat and meat products]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1973, 496 p.
15. Pelenko V.V., Zuev N.A., Ol'shevskii R.G., Ivanenko V.P., Krysin A.G. Otsenka zavisimosti proizvoditel'nosti izmel'chitelei myasa ot ikh konstruksii i fiziko-mekhanicheskikh svoystv syr'ya [Evaluation of meat grinder performance depending on their design and physical and mechanical properties of raw-material]. *Bulletin of the International Academy of Refrigeration*. 2015, no. 1, pp. 9–15.

Статья поступила в редакцию 02.09.2015