

УДК 637.524.2

Особенности физико-химических и механических процессов формирования фарша для вареных колбасных изделий

Д-р техн. наук **С.В. Мурашев**, s.murashev@mail.ru
Шерзоди Шероли

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

Исследованы физико-химические и механические процессы формирования структуры фарша для вареных колбас с целью максимального сокращения выпуска некондиционных изделий. К физико-химическим относятся такие процессы, как образование поверхности раздела фаз, эмульгирование, адсорбция, экстрагирование и набухание белков, растворение и образование их коллоидных растворов, диффузионные и осмотические процессы и т.д. К механическим — измельчение резанием, перемешивание, различные формы деформации тканей, трение и др.

Детально рассмотрены внешние факторы, оказывающие решающее влияние на формирование структуры фарша для вареных колбас – это тонкое измельчение мясного сырья и определенная концентрация поваренной соли. Показано, что с одной стороны тонкое измельчение фарша в совокупности с действием раствора поваренной соли, имеющего необходимую ионную силу, создают благоприятные условия для экстракции миофибриллярных белков и образования дисперсионной среды фарша. Необходимая ионная сила раствора возникает при использовании поваренной соли в количестве около 2% от массы несоленого сырья. В тоже время с другой стороны благодаря тонкому измельчению отпадает потребность в активизации внутриклеточных ферментов для разрушения белковых структур. Более того, необходимость связывания и удержания воды требует такого значения рН, при котором активизация внутриклеточных ферментов катепсинов не происходит. Одновременно благодаря тонкому измельчению возникает еще одна специфическая особенность, отличающая вареные колбасы от других видов мясных изделий – это сильно диспергированный жир, равномерно распределенный в среде с большим содержанием воды. Вследствие этого наибольшая стабильность фарша для вареных колбас возможна при максимальной экстрагируемости и растворимости миофибриллярных белков мышечной ткани.

Полученные результаты могут быть использованы для повышения качества и эффективности технологии производства вареных колбасных изделий, при сокращении непроемких потерь.

Ключевые слова: тонкое измельчение мяса; экстракция миофибриллярных белков; влагосвязывающая способность; рН фарша.

DOI: 10.17586/2310-1164-2016-9-2-54-62

Peculiarities of physics-chemical and mechanical processes of making the filling for cooked sausages

D.Sc. **Sergey V. Murashev**, s.murashev@mail.ru
Sherzody Sheroly

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

The article investigates physics-chemical and mechanical processes of meat structure formation for cooked sausages to minimize release of substandard products. Physics-chemical processes include such processes as the formation of the phase boundary surface, emulsification, adsorption, extraction and swelling of proteins, their dissolution and the formation of colloidal solutions, diffusion and osmotic processes etc. Mechanical processes include grinding, cutting, mixing, various forms of deformation, friction etc. The external factors that have a decisive influence on the formation of the cooked sausage filling structure – fine grinding of raw meat and a proper concentration of salt – are investigated in detail. It is shown that fine grinding of meat along with the action of salt solution having the necessary ion strength create favorable conditions for the extraction

of myofibrillar proteins and the formation of the dispersion medium of meat. The required ionic strength of the solution occurs when salt is added in the amount of about 2% by weight of unsalted raw materials. At the same time, fine grinding allows not to activate interstitial enzymes for the destruction of protein structures. Moreover, the need of water binding and retention requires such a pH value at which activation of cathepsin interstitial enzymes does not occur. In addition, fine grinding results in another specific feature that distinguishes the cooked sausage from other types of meat products - highly dispersed fat uniformly distributed in an environment with high water content. As a result, the highest stability of minced meat for cooked sausages is obtained at the maximum possible extraction and solubility of myofibrillar proteins of the muscle tissue. The results obtained can be used to improve the quality and effectiveness of production technology for cooked meat products, while reducing unproductive losses.

Keywords: fine grinding of meat, extraction of myofibrillar proteins, water binding capacity, pH of meat.

Введение

Структура фарша для вареных колбас представляет собой сложную дисперсную систему, которую следует рассматривать как совокупность эмульсии и суспензии. Механизм формирования такой структуры происходит в результате сложного комплекса физико-химических и биохимических процессов, в которых большое значение имеют не только исходные свойства мясного сырья, но и такие внешние факторы, как тонкое измельчение и определенная концентрация поваренной соли, вызывающая растворение миофибриллярных белков. Понимание этих процессов и целенаправленное регулирование необходимо для повышения качества и объема выхода готовых изделий. В связи с этим в данной статье рассматривается совокупность процессов, обеспечивающих формирование структуры фарша вареных колбас.

Структурообразование в белковых системах рассмотрено в работе [1], а реологические свойства в [2]. Особенности производства вареных колбас рассмотрены в [3], включая определенные сорта колбас [4, 5].

Физико-химические и механические процессы формирования фарша

С точки зрения коллоидной химии, мясной фарш тонкого измельчения для вареных колбасных изделий, не подвергнутый термическому воздействию, представляет собой гетерогенную, дисперсную систему. Дисперсные системы состоят из дисперсионной среды и дисперсной фазы. Жидкая дисперсионная среда мясного фарша, не подвергнутого термическому воздействию, в основном является смесью коллоидного раствора водо- и солерастворимых белков с истинным раствором различных растворимых в воде низкомолекулярных органических и неорганических веществ (низкомолекулярные углеводы, неорганические соли, включая фосфаты, NaCl, нитрит и другие соединения). Эта водно-белковая матрица окружает частички дисперсной фазы, состоящей из тонкоизмельченных нерастворимых фрагментов соединительной и мышечной ткани, а также частиц жира.

Жир находится в твердом и в меньшей степени жидком состоянии. Соотношение двух фаз жира определяется температурой фарша и температурой плавления жира, зависящей от его жирно-кислотного состава (определяется отношением насыщенных и ненасыщенных жирных кислот). Как правило, температура плавления жира находится в пределах от 26 до 40°C. На плавление жира оказывает влияние локальный перегрев, возникающий в зоне резания ткани ножами. Учитывая, что дисперсионная среда тонкоизмельченного мясного фарша жидкая, а дисперсная фаза состоит из жидких и твердых частиц, можно сделать вывод, что фарш тонкого измельчения является одновременно эмульсией и суспензией или их сочетанием.

Поскольку фарш тонкого измельчения включает дисперсионную среду и дисперсную фазу, то технологический процесс его производства следует рассматривать в два этапа, в течение которых осуществляется сложный комплекс механических (измельчение резанием, перемешивание, деформация тканей, трение и т.д.), коллоидных (образование поверхности раздела между фазами, поверхностная адсорбция, растворение белков и др.) и физико-химических процессов (диффузионные и осмотические

процессы, окислительно-восстановительные процессы).

Вначале необходимо создать дисперсионную среду, в которой на втором этапе рассредоточатся и стабилизируются произведенные измельчением частицы дисперсной фазы. Общее время производства фарша на куттере составляет 8–12 минут (на агрегатах с высокой скоростью резания время производства сокращается), из которых на первый этап приходится половина или несколько больше половины общего времени производства. В течение столь непродолжительного времени необходимо ввести, измельчить и смешать большое число компонентов. Измельчение мясного сырья, подвергнутого замораживанию, происходит быстрее, чем охлажденного, что позволяет сократить продолжительность обработки.

Получение дисперсионной среды на первом этапе технологического процесса приготовления фарша осуществляется на куттере механическим измельчением нежирного мясного сырья. При этом если мясо не соленое добавляется количество соли, предусмотренное рецептурой. Парное мясо всегда соленое, поскольку посол предупреждает преждевременное развитие ооченения, которое воспрепятствует экстракции миофибриллярных белков и созданию дисперсионной среды. Использование посола мясного сырья повышает вязкость фарша и как следствие увеличивает выход готовой продукции. Для получения коллоидного раствора миофибриллярных и саркоплазматических белков добавляется вода.

Количество добавляемой воды определяется концентрацией раствора соли, который необходимо получить для максимальной экстракции солерастворимых белков мышечной ткани. Одновременно растворяются низкомолекулярные соединения. В совокупности растворение белков и низкомолекулярных соединений создает непрерывную дисперсионную среду тонко измельченного мясного фарша.

Воду следует добавлять порциями для того, чтобы, во-первых, избежать чрезмерного уменьшения концентрации соли, отрицательно влияющего на экстракцию белков, во-вторых, не допустить ухудшения условий разрушения мышечных волокон резанием. Добавляемая вода должна связываться, поэтому для увеличения влагосвязывающей способности белков в начале процесса куттерования необходимо добавлять фосфаты. При работе с длительно хранившимся мясом фосфаты используются обязательно. В тоже время ингредиенты, составляющие конкуренцию белкам в способности связывать воду (крахмал, сухое молоко, мука и др.) лучше вводить в фарш на втором этапе его составления, ибо в противном случае экстракция белков замедлится, и фарш не будет обладать необходимой устойчивостью во время тепловой обработки.

Критериями, ограничивающими продолжительность первого этапа приготовления фарша, являются скорость разрушения соединительной ткани при резании до необходимой степени дисперсности и температура фарша. Нежелательный нагрев предотвращается добавлением части воды в виде льда.

После получения дисперсионной среды можно переходить ко второму этапу производства фарша, во время которого вводится и измельчается жиросодержащее сырье. При этом одна часть жира диспергируется в виде твердых частиц, а другая, меньшая часть, плавится и находится в жидком состоянии. Температура является важнейшим показателем, который необходимо постоянно контролировать для предотвращения плавления жира и достижения необходимой степени разработки фарша. Продолжительность второго этапа короче первого, поскольку измельчаемое сырье уступает по прочности сырью, измельчаемому на первом этапе.

Локальный нагрев фарша в зоне резания может быть весьма значительным и превышать 100°C, превосходя среднюю температуру фарша. Рост температуры происходит вследствие трения, интенсивность которого зависит от свойств исходного сырья, а именно соотношения количества жира, коллагенсодержащего сырья и соединительной ткани, а также от конструкции куттера, его технического состояния и качества заточки ножей.

Увеличению температуры фарша способствуют также дополнительные виды обработки, производимые после куттерования (это может быть тонкое измельчение на эмульсаторе или коллоидной мельнице), или транспортировка фарша по трубопроводам. Для снижения температуры фарша необходимо предварительно охлаждать сырье, ингредиенты и технологическое оборудование.

В ходе самого процесса измельчения с целью понижения температуры фарша рекомендуется добавлять лед.

Доля жидкого жира в результате повышения температуры фарша увеличивается, и его эмульгирование в таком состоянии требует дополнительных усилий по стабилизации и удержанию расплавленного жира в фаршевой массе. Молекулы белков дисперсионной среды действуют как эмульгаторы жира. Этой способностью они обладают благодаря присутствию в их составе аминокислот с гидрофильными и гидрофобными боковыми цепями. Гидрофобными группировками белки ориентируются к частицам жира, а гидрофильными к воде. Твердые частицы жира окружаются со всех сторон адсорбционной пленкой, состоящей из молекул эмульгаторов, которые удерживают жировые частицы в диспергированном состоянии.

Чрезмерное измельчение жира может увеличить поверхность жировых частиц настолько, что имеющегося растворенного белка уже окажется недостаточно для полного эмульгирования жира и покрытия поверхности жировых частиц с целью стабилизировать жир в фаршевой массе. Это снижает устойчивость фаршевой массы во время термической обработки и ведет к образованию бульонно-жировых отеков. Кроме того, из-за чрезмерного измельчения жира ухудшается консистенция готового продукта.

Для предотвращения возникновения отеков необходимо добиваться оптимального соотношения между продолжительностью измельчения, химическим составом мясного сырья, других компонентов фарша и количеством отводимого тепла с использования льда, а также предварительного охлаждения сырья и технологического оборудования. В химическом составе сырья и ингредиентов особенно важно соотношение белка, жира и воды [6].

В начале процесса приготовления фарша определяющим является влияние фосфатов или других функциональных добавок сходного действия, вносимых при куттеровании. Затем все сильнее начинает проявляться действие гидроколлоидов.

По отношению к свойствам мясного сырья существуют два внешних фактора, определяющих своеобразие структурообразования в процессе производства вареных колбас. Если технология производства сырокопченых колбас предполагает грубое измельчение и повышенное количество поваренной соли [7], то для производства вареных колбас, напротив, необходимо тонкое измельчение и более низкое содержание соли.

Специфической особенностью, отличающей вареные колбасы от других видов мясных изделий, является сильно диспергированный жир, равномерно распределенный в среде с большим содержанием воды. Такая гетерогенная система не устойчива и нуждается в стабилизации. Еще в большей степени нестабильность этой системы возрастает при фазовом переходе всего жира в жидкое состояние в ходе тепловой обработки. Стабилизация водно-жировой системы достигается при одновременном обеспечении влагоудерживающей и жирудерживающей способности. Стабилизирующую функцию в этой ситуации выполняют эмульгаторы.

В качестве эндогенных эмульгаторов, стабилизирующих водно-жировую систему фарша для вареных колбас, выступают белки мышечной ткани. Благодаря содержанию в своем составе аминокислот с гидрофобными и гидрофильными боковыми цепями мышечные белки способны быть эмульгаторами. Превосходной эмульгирующей способностью, высокими водосвязывающими и гелеобразующими свойствами обладает миозин. Поэтому наибольшая стабильность фарша для вареных колбас возможна при максимальной экстрагируемости и растворимости миофибриллярных белков мышечной ткани.

Экстрагируемость миофибриллярных белков зависит от взаимодействия актина с миозином. Парное мясо благодаря высокому содержанию АТФ находится в расслабленном состоянии. Вследствие этого из него наиболее эффективно происходит экстракция миофибриллярных белков, и оно является лучшим сырьем для производства вареных колбас. В состоянии окоченения экстракция миофибриллярных белков минимальна. С увеличением рН после прохождения минимума, характерного для окоченевшего мяса, их растворимость и экстракция в растворе соли возрастает, и созревшее мясо также используется для производства вареных колбас.

Фосфаты, из которых наиболее эффективны дифосфат и триполифосфат натрия, разрушают связь актина с миозином, и их использование на первом этапе получения фарша улучшает экстрагируемость миофибриллярных белков. Кроме того фосфаты способны регулировать рН. Поэтому в силу указанных причин применение фосфатов необходимо при работе с длительно хранившимся замороженным мясом. Помимо этого, в присутствии фосфатов происходит снижение необходимой концентрации хлорида натрия, обеспечивающей сохранение влагосвязывающей способности белков.

Состояние миозина зависит от условий, возникающих в окружающей его среде. При физиологических значениях рН и ионной силе раствора, существующих в мышечных волокнах или в слабом растворе хлорида натрия, миозин находится в нерастворенном состоянии. В растворе поваренной соли с концентрацией превышающей физиологические значения миозин переходит в раствор. Дальнейший рост концентрации поваренной соли сопровождается высаливанием миозина. Способность растворяться в растворе соли с определенной концентрацией используется для экстракции миозина из мышечных волокон в ходе измельчения нежирного мясного сырья на первом этапе приготовления фарша тонкого измельчения для вареных колбасных изделий.

Ионная сила 0,5 и более вызывает набухание и распад мышечных миофибрилл, при этом миозиновые филаменты деполимеризуются, а миофибриллярные белки растворяются. Ионная сила, вызывающая указанные изменения в большинстве мясных систем, достигается при концентрации соли 2% [8].

Притяжение диполей воды белком зависит от величины заряда белковых молекул. В свою очередь заряд белка определяется величиной расхождения между рН среды, в которой находится белок, и положением изоэлектрической точки данного белка. Поскольку в растворе NaCl происходит смещение изоэлектрической точки в кислую сторону [9], то расхождение с рН белка увеличивается, и значение отрицательного заряда белка возрастает. Именно увеличение отрицательного заряда в растворе соли с концентрацией около 2% вызывает набухание и распад мышечных миофибрилл, деполимеризацию миозиновых филаментов и растворение миофибриллярных белков.

Таким образом, для эффективной экстракции миозина необходима концентрация соли близкая к 2%. Ее получение происходит с учетом предварительного посола мясного сырья и количества добавляемой воды. Воду добавляют в количестве, обеспечивающем получение раствора поваренной соли необходимой концентрации и в тоже время не допускающем ухудшения условий резания. От эффективности резания и измельчения мышечной ткани зависит интенсификация процесса экстракции миофибриллярных белков, создающих дисперсионную среду и обеспечивающих способность связывать и удерживать воду. Высокая интенсивность протекания экстракции определяет возможность создания дисперсионной среды фарша в течение непродолжительного периода первого этапа его получения.

Тонкое измельчение фарша, необходимое для интенсивного извлечения миофибриллярных белков, исключает необходимость активизации внутриклеточных ферментов для разрушения белковой структуры и последующего вторичного структурообразования, как это происходит с грубоизмельченным фаршем для сырокопченых колбас. Более того активизация катепсинов невозможна из-за смещения рН фарша вареных колбас в нейтральную область по сравнению с областью активности рН для катепсинов близкой к 5,0. Разрушающее действие на миофибриллы мышечных волокон в случае получения фарша для вареных колбас оказывает раствор хлорида натрия с концентрацией около 2%.

Величина рН готового фарша для вареных колбас должна находиться в пределах 5,6–6,2 [10], а по данным [6], в диапазоне 5,8–6,3. Значения рН в указанной области исключает активное состояние внутриклеточных ферментов катепсинов. Учитывая, что на рН фарша, прежде всего, оказывает влияние исходное мясное сырье, то с учетом смещения изоэлектрической точки белки мышечной ткани, находящиеся в фарше, приобретают необходимую влагосвязывающую способность.

Тонкое диспергирование жира способно оказывать влияние и на цвет вареных колбас. Это возможно в силу того, что активизацию поверхностных окислительных процессов стимулирует колоссальное увеличение внешней поверхности частиц тонкоизмельченного жира. При этом существует

достаточно тесный контакт между поверхностью измельченного жира с акцепторами электронов, локализованными в водной среде. Жир как донор электронов и акцепторы электронов в водной среде, при их миграции, разделяет лишь тонкая прослойка эмульгатора. Значение белкового эмульгатора в такой ситуации может представлять особый интерес в связи с существованием представления о биополимерах как о веществах, обладающих свойствами полупроводников [11]. Благодаря наличию гетероатомов по молекулам полипептидных биополимеров возможно перемещение зарядов.

В качестве антиоксидантов, позитивно влияющих на цвет вареных колбас, используются аскорбиновая кислота или ее соли, т.е. вещества хорошо растворимые в водной среде и предотвращающие необходимость дополнительного поступления электронов к находящимся в ней акцепторам. В связи с этим теоретический и практический интерес может представлять исследование специфического действия такого соединения как бетулин, напротив, обладающего липофильными свойствами, эмульгирующим действием и одновременно являющегося антиоксидантом [12, 13].

Положение и действие бетулина особенно интересно тем, что ситуация, в которой он находится, изменяется и становится существенно иной в присутствии других эмульгаторов, стабилизирующих тонко измельченный жир, в частности, миозина. Следует иметь в виду, что липофильно-гидрофильный баланс эмульгаторов подчиняется закону аддитивности. В исследовании процессов межмолекулярного взаимодействия существенную помощь может оказать молекулярное моделирование.

Вода и жир являются антагонистами, что отражается на стабильности фаршевой системы до тепловой обработки и в ходе нее. Наибольшее влияние на влагосвязывающую способность фарша оказывает содержание общего белка. Максимальную влагосвязывающую способность имеет фарш, содержащий наибольшее количество белка и минимальное жира, а минимальную влагосвязывающую способность – фарш с минимальным количеством белка и максимальным жира. В ходе тепловой обработки белки теряют часть воды, вследствие чего влагоудерживающая способность на 10...15% меньше влагосвязывающей способности сырого фарша. Однако тенденция влияния белка и жира на связывание и удержание воды фаршевой системой общая. Таким образом, при увеличении содержания жировой ткани и соответствующем снижении количества мышечной влагосвязывающей и влагоудерживающей способности и устойчивость фарша снижаются.

Установлена четкая закономерность, заключающаяся в том, что при низком содержании жира в фарше увеличение общего белка приводит к возрастанию влагосвязывающей способности. И напротив, при высоком содержании жира увеличение общего белка приводит к уменьшению влагосвязывающей способности фарша [6].

Этот результат не только указывает на эмульгирующую способность белков и участие воды в обеспечении гидрофобного взаимодействия белков и жира. Значение этого результата заключается в том, что он позволяет понять механизм и роль определенных видов взаимодействий в одновременном удержании белками двух антагонистических фаз: воды и жира, что в свою очередь открывает перспективы использования квантово-химических методов для моделирования пищевых продуктов на примере вареных колбас.

Углеводородные цепи жирных кислот и липофильные участки белковых молекул притягиваются друг к другу с помощью дисперсионной составляющей ван-дер-ваальсовых сил. Вода связывается водородными связями с полярными группами белков или притягивается кулоновскими силами преимущественно к отрицательно и в меньшей степени положительно заряженным группам белков. Преобладание отрицательного заряда белков определяется областью значений pH фарша.

С одной стороны существует суммарное притяжение к молекуле белка определенного количества молекул жира, которому, с другой стороны, противостоит суммарное притяжение к белку некоторого количества молекул воды. Между притяжениями этих двух групп молекул к белку устанавливается определенный баланс сил, влияющий на конформацию белковой молекулы. Именно в таких исследованиях существенную помощь могли бы оказать квантово-химические методы расчетов и моделирования. По существу, это представляет собой моделирование пищевых продуктов. Начало такого рода исследованиям положено в [14, 15].

При увеличении содержания воды более 62% жиросвязывающая способность фарша снижается с ростом количества белка. При влажности 59% и любом содержании белка в фарше наблюдается постоянное значение жиросвязывающей способности фарша. Это указывает на то, что для связывания единицей белка максимального количества воды и жира фарш для вареных колбас должен содержать около 10...12% белка, 25...30% жира и примерно 60% воды [6].

При содержании в фарше белка и жира 12 и 29,5% соответственно влагосвязывающая и влагоудерживающая способности постепенно сближаются по мере увеличения устойчивости фарша. Однако влагоудерживающая способность фарша после тепловой обработки меньше, чем влагосвязывающая способность сырого фарша. В связи с этим влагосвязывающую способность и рассматривают как потенциальную способность фаршевой системы связывать определенное количество воды. Влагосвязывающая и жирудерживающая способности фарша в зависимости от устойчивости фарша изменяются в противофазе. Напротив, жиρο- и влагоудерживающая способности при 100% устойчивости фарша практически совпадают [6], что и обеспечивает максимально возможный выход колбас, прошедших тепловую обработку.

Выводы

Только при оптимальном развитии процессов связывания воды и жира, которое достигается при содержании 10...12% белка, 25...30% жира и примерно 60% воды, возникает наиболее стабильная структура фарша, обеспечивающая связывание и удержание воды и жира после тепловой обработки в единой системе. Необходимое для интенсивного извлечения миофибриллярных белков тонкое измельчение мясного сырья исключает необходимость активизации разрушающего действия внутриклеточных ферментов на белковые структуры, как это происходит в грубоизмельченном фарше для сырокопченых колбас. Более того, активизация катепсинов невозможна из-за смещения рН фарша вареных колбас в нейтральную область по сравнению с областью активности рН для катепсинов. Растворяющее действие на миофибриллярные белки мышечных волокон оказывает раствор хлорида натрия, образующийся при использовании соли в количестве около 2% от массы несоленого сырья.

Литература

1. *Измайлова В.Н., Ребиндер П.А.* Структурообразование в белковых системах. М.: Наука, 1974. 268 с.
2. *Горбатов А.В.* Реология мясных и молочных продуктов. М.: Пищевая промышленность, 1979. 380 с.
3. *Николаева А.А., Степанова Н.Ю.* Нахождение оптимальной концентрации восстановителя, используемого для вареных колбасных изделий // Научный вклад молодых исследователей в сохранение традиций и развитие АПК: сб. науч. тр. СПб.: СПбГАУ, 2015. Ч.1. С. 216–217.
4. *Горлач К.Г., Степанова Н.Ю.* Технология производства вареной колбасы «Молочная» // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: сб. науч. тр. СПб.: СПбГАУ, 2016. Ч.1. С. 292–295.
5. *Горлач Е.А., Степанова Н.Ю.* Технология производства вареной колбасы «Докторская-Сезам» // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: сб. науч. тр. СПб.: СПбГАУ, 2016. Ч.1. С. 328–332.
6. *Салаватуллина Р.М.* Рациональное использование мясного сырья в колбасном производстве. СПб.: ГИОРД, 2005. 248 с.
7. *Мурашев С.В., Гаврилова А.Н.* Глубина измельчения мышечной ткани и формирование конденсационной структуры сырокопченых колбас // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2015. № 4(26). С. 35–42.
8. *Тарте Р.* Ингредиенты в производстве мясных изделий. Свойства, функциональность, применение. СПб.: Профессия, 2015. 450 с.
9. *Мурашев С.В., Кострова М.Г.* Влияние солей сильных электролитов на гидратацию и изоэлектрическую точку белков // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2014. № 2(20).
10. *Косой В.Д., Дорохов В.П.* Совершенствование производства колбас. М.: ДеЛи принт, 2006. 766 с.
11. *Самойлов В.О.* Биофизика. СПб.: СпецЛит. 2004. 496 с.

12. Мурашев С.В., Петухова Д. Б., Светличная В.Д. Особенности изменения цветового тона вареных колбасных изделий, возникающие под влиянием бетулина // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2014. № 4(22). С. 131–138.
13. Мурашев С.В. Определение эффективной концентрации бетулина, вводимого в вареные колбасные изделия // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2015. № 39. С. 97–101.
14. Фатеева А.В., Мурашев С.В. Квантово-химическое моделирование гидратации белков мышечной ткани на примере альфа-актина // Научное обеспечение АПК в условиях реформирования: сб. науч. тр. СПб., 2015. Ч. 1 С. 284–286.
15. Фатеева А.В., Мурашев С.В. Изменение зарядового состояния аминокислот в зависимости от pH среды // Материалы VII Международной научно-технической конференции «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке» (Санкт-Петербург, 17–20 ноября 2015 г.). СПб.: Университет ИТМО, 2015. Ч. 2. С. 164–168.

References

1. Izmailova V.N., Rebinder P.A. *Strukturoobrazovanie v belkovykh sistemakh* [Structurization in proteinaceous systems]. Moscow, Nauka Publ., 1974. 268 p.
2. Gorbatov A.V. *Reologiya myasnykh i molochnykh produktov* [Rheology of meat and dairy products]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1979. 380 p.
3. Nikolaeva A.A., Stepanova N.Yu. Nakhozhdenie optimal'noi kontsentratsii vosstanovatelya, ispol'zuemogo dlya varenykh kolbasnykh izdelii [Finding of optimum concentration of the reducer used for boiled sausages]. *Nauchnyi vklad molodykh issledovatelei v sokhranenie traditsii i razvitie APK* [Scientific contribution of young researchers to preservation of traditions and development of agrarian and industrial complex]. Collection of scientific papers. St. Petersburg, 2015. Part I, pp. 216–217.
4. Gorlach K.G., Stepanova N.Yu. Tekhnologiya proizvodstva varenoi kolbasy «Molochnaya» [The production technology of cooked sausages "Molochnaya"]. *Nauchnoe obespechenie razvitiya APK v usloviyakh importozameshcheniya* [Scientific ensuring development of agrarian and industrial complex in the conditions of import substitution]. Collection of scientific papers. St. Petersburg, 2016. Part I, pp. 292–295.
5. Gorlach E.A., Stepanova N.Yu. Tekhnologiya proizvodstva varenoi kolbasy «Doktorskaya-Sezam» [Technology of production of boiled sausages "Doktorskaya-Sezam"]. *Nauchnoe obespechenie razvitiya APK v usloviyakh importozameshcheniya* [Scientific ensuring development of agrarian and industrial complex in the conditions of import substitution]. Collection of scientific papers. St. Petersburg, 2016. Part I, pp. 328–332.
6. Salavatullina R.M. *Ratsional'noe ispol'zovanie myasnogo syr'ya v kolbasnom proizvodstve* [Rational use of meat raw materials in sausage production]. St. Petersburg, GIORD Publ., 2005. 248 p.
7. Murashev S.V., Gavrilova A.N. Glubina izmel'cheniya myshechnoi tkani i formirovanie kondensatsionnoi struktury syropchenykh kolbas [The depth of grinding of the muscle tissue and the formation of condensation patterns of raw sausages]. *Scientific journal NRU ITMO. Series: Processes and Food Production Equipment*. 2015, no. 4(26). pp. 35–42.
8. Tarte R. *Ingredienty v proizvodstve myasnykh izdelii. Svoistva, funktsional'nost', primeneniye* [Ingredients in production of meat products. Properties, functionality, application]. St. Petersburg, Professiya Publ., 2015. 450 p.
9. Murashev S.V., Kostrova M.G. Vliyanie solei sil'nykh elektrolitov na gidratatsiyu i izoelektricheskuyu tochku belkov [The influences of strong electrolytes salts to hydration and isoelectric point of proteins]. *Scientific journal NRU ITMO. Series: Processes and Food Production Equipment*. 2014, no. 2(20).
10. Kosoi V.D., Dorokhov V.P. *Sovershenstvovanie proizvodstva kolbas* [Improvement of production of sausages]. Moscow, DeLi print Publ., 2006. 766 p.
11. Samoilov V.O. *Biofizika*. St. Petersburg, SpetsLit Publ., 2004. 496 p.
12. Murashev S.V., Petukhova D. B., Svetlichnaya V.D. Osobennosti izmeneniya tsvetovogo tona varenykh kolbasnykh izdelii, vznikayushchie pod vliyaniem betulina [Features change the hue of a boiled sausage products arising under the influence of betulin]. *Scientific journal NRU ITMO. Series: Processes and Food Production Equipment*. 2014, no. 4(22), pp. 131–138.
13. Murashev S.V. Opredelenie effektivnoi kontsentratsii betulina, vvodimogo v varenye kolbasnye izdeliya [Determination of effective concentration of the betulin entered into boiled sausages]. News of the St. Petersburg state agricultural university. 2015, no. 39, pp. 97–101.

14. Fateeva A.V., Murashev S.V. Kvantovo-khimicheskoe modelirovanie gidratatsii belkov myshechnoi tkani na primere al'fa-aktina [Quantum-chemical modeling of hydration of proteins in muscle tissue on an example of alpha-actin]. *Nauchnoe obespechenie APK v usloviyakh reformirovaniya* [Scientific ensuring development of agrarian and industrial complex in the conditions of reforming]. Collection of scientific papers. St. Petersburg, 2015, Part I, pp. 284–286.
15. Fateeva A.V., Murashev S.V. Izmenenie zaryadovogo sostoyaniya aminokislot v zavisimosti ot rN sredy [Change of a charging condition of amino acids depending on pH Wednesdays]. *Proceedings of the VII International scientific conference "Refrigeration and Food Technologies in the XXI century"* (St. Petersburg, 17–20 november 2015). St. Petersburg, University ITMO, 2015. Part 2, pp. 164–168.

Статья поступила в редакцию 29.04.2016