

Научная статья
УДК 620.2
DOI 10.24888/2541-7835-2024-32-58-66

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ В ПАРОКОНВЕКТОМАТЕ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЯСНОГО ФАРША

Любимова Кристина Владимировна^{1✉}, Токарева Татьяна Юрьевна²,
Василиевич Наталья Владимировна³

^{1,2}Российский биотехнологический университет, Москва, Россия

³Московский Государственный университет технологии и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ), Москва, Россия

¹kristinalyubimova83@yandex.ru✉

²lstik@mail.ru

³n.vasilievich@mgutm.ru

Аннотация. Проанализированы температурные режимы обработки мясopодуKтов в среде конвективного теплообмена, позволяющие инаKтивировать патогенную микрофлору. Для установления искомых параметров процесса рассмотрены имеющиеся сведения о нативных свойствах сырья и возможностях тепловых аппаратов. Для восполнения дефицитных состояний мясных фаршевых систем при конвективной обработке важным является прогнозирование перспективных способов обработки сырья, подбора составных компонентов рецептуры и обеспечение безопасности готовой продукции. Цель работы – установление оптимальной температуры в рабочей камере теплового аппарата и поддержание ее в процессе приготовления готовой продукции. Обогащение мясных фаршей овоще-крупными компонентами приводит к изменению известных структурно-механических характеристик говяжьего фарша, что требует проведения реологических исследований, определения органолептических показателей модельных систем, полуфабрикатов и готовых кулинарных изделий. Расхождения между рН, пластичностью, влагосвязывающей и влагоудерживающей способностью фаршевой системы и готовой продукцией – контрольные точки исследуемого объекта. Следует отметить, что недостаточное измельчение сырья, низкие влагосвязывающие способности пищевых добавок не приводят к искомому результату. Показана целесообразность сочетания говядины, овощей и круп в одном изделии, а также использование в составе комбинированных фаршей растительных компонентов: моркови, цветной и белокочанной капусты, а из круп – пшениной и пшеничной. При регулируемых параметрах технологического процесса отмечены значения рН 6,0-7,0; ВСС к общей влаге – 100% и ВУС 94,7%; органолептической оценке 4,8 балла, отвечающие условиям эксперимента. Установлены критериальные режимы для центрального слоя исследуемых изделий в диапазоне температур 180-220 °С. Особенности нагрева в среде паровоздушной смеси по сравнению с сухим нагревом отражаются на выходе готовой продукции и потере питательных веществ.

Ключевые слова: режимы, реологические показатели, пищевые системы

Для цитирования: Любимова К.В., Токарева Т.Юрьевна, Василиевич Н.В. Влияние обработки в пароконвектомате на качественные характеристики мясного фарша // Агропромышленные технологии Центральной России. 2024. № 2(32). С. 58-66. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-32-58-66>.

Original article

INFLUENCE OF PROCESSING IN A COMBI STEAMER ON QUALITY CHARACTERISTICS OF MINT MEAT

Kristina V. Lyubimova^{1✉}, Tatyana Yu. Tokareva², Natalya V. Vasilievich³

^{1,2}Russian Biotechnological University, Moscow, Russia

³Moscow State University of Technologies and Management, Moscow, Russia

¹kristinalyubimova83@yandex.ru✉

²lstik@mail.ru

³n.vasilievich@mgutm.ru

Abstract. Temperature regimes for processing meat products in a convective heat exchange environment, which make it possible to inactivate pathogenic microflora, have been analyzed. To establish the required process parameters, the available information on the native properties of raw materials and the ca-

pabilities of thermal apparatuses is considered. To replenish the deficient states of minced meat systems during convective processing, it is important to predict promising methods of processing raw materials, selecting the components of the recipe and ensuring the safety of the finished product. The purpose of the work is to establish the optimal temperature in the working chamber of the heating apparatus and maintain it during the preparation of the finished product. Enrichment of minced meat with vegetable and cereal components leads to a change in the known structural and mechanical characteristics of minced beef, which requires rheological studies to determine the organoleptic characteristics of model systems, semi-finished products and finished culinary products. Discrepancies between pH, plasticity, moisture-binding and moisture-holding capacity of the minced meat system and the finished product are the control points of the object under study. It should be noted that insufficient grinding of raw materials and low moisture-binding abilities of food additives do not lead to the desired result. The feasibility of combining beef, vegetables and cereals in one product is shown, as well as the use of vegetable components in combined minced meat: carrots, cauliflower and white cabbage, and from cereals – millet and wheat. With controlled process parameters, pH values of 6.0-7.0 were noted; VSS to total moisture – 100% and VUS 94.7%; organoleptic assessment 4.8 points, meeting the experimental conditions. Criterion regimes have been established for the central layer of the products under study in the temperature range of 180-220 °C. The peculiarities of heating in a steam-air mixture environment compared to dry heating are reflected in the yield of finished products and the loss of nutrients.

Keywords: regimes, rheological parameters, food systems

For citation: Lyubimova K.V., Tokareva T.Yu., Vasilievich N.V. Influence of processing in a combi steamer on quality characteristics of mint meat. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2024, no. 2(32), pp. 58-66. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-32-58-66>.

Введение

Перспективным направлением в рациональном ведении технологического процесса производства продукции высокого качества является разработка оптимальных режимов применительно к современному высокоэффективному оборудованию. Качество пищевых продуктов, включая безопасность – серьезная проблема, с которой столкнулась пищевая промышленность, отчасти из-за ряда кризисов и скандалов, связанных с безопасностью пищевых продуктов [14]. Качество пищевых продуктов постоянно меняется по мере их продвижения по цепочке поставок, что может привести к значительным социальным, экономическим и экологическим последствиям. По оценкам ООН, ежегодно примерно одна треть всех продуктов питания, производимых для потребления человеком, выбрасывается. По другим данным, 40% общего объема производства было потрачено впустую [12, 15].

B. Adenzo-Diaz и др. [13] доказали, что динамическое ценообразование может значительно сократить общий объем отходов скоропортящихся продуктов, как продемонстрировали X. Wang и D. Li. [23]. Однако сокращение порчи может привести к потере общего дохода, который может сильно различаться в зависимости от сценария и скорости стратегии ценовых скидок. Кроме того, исходя из предположения, что поставщики могут использовать автоматические устройства на основе индикаторов времени и температуры, Herbon et al. [18] изучили оптимальную динамическую модель ценообразования с учетом скоропортящегося продукта и удовлетворенности клиентов. A. Herbon и E. Khmel'nitsky [19] исследовали интегрированную модель заказа и динамического ценообразования для скоропортящихся продуктов, когда покупатели очень чувствительны к качеству продуктов питания. В отличие от X. Wang и D. Li. [24], они изучали непрерывную динамическую задачу, а не дискретную. Также показали, что эффективность динамического подхода зависит от формы спроса, заложенной в модель.

Предпочтения потребителя сводятся к получению качественного и с высокими органолептическими показателями продукта. Это должен быть ароматный бифштекс или котлета, с ярко выраженной консистенцией (сочный, пористый, однородной структуры) и высокими тактильными ощущениями, низкой скорости затухания интенсивности флейвора при охлаждении мясных рубленых изделий до 30 °C.

Решение может быть достигнуто путем последовательного исследования всего технологического процесса от получения сырья и его безопасности до получения готового изделия. Это процессы измельчения сырья, составления рецептур, взаимодействие между ними, воздействие влажностно-температурного режима на пищевую систему и оптимизация всей технологической цепочки, позволяющей снизить потери массы и питательных веществ.

Основой помимо качества исходного сырья для оптимизации технологии приготовления мясных рубленых изделий являются процессы тепломассопереноса в пористых средах.

Хотя математическое моделирование тепломассопереноса в пористых средах изучалось несколько лет [20, 22], используемые математические подходы и допущения во многих случаях остаются необоснованными. Большинство опубликованных теоретических работ основано на предположениях, касающихся жидкой фазы, находящейся в маятниковом или фуникулярном состоянии [20, 21].

Насколько нам известно, для случаев сухой пористой среды было проведено мало экспериментальных исследований [15-20]. Важность этого анализа связана с пониманием распределения жидкой фазы, математическим моделированием этих явлений и правомерностью использования классических моделей непрерывного описания путем рассмотрения коэффициентов диффузии, основанных на определении непрерывности фаз. Допущения, касающиеся непрерывности жидкой фазы, обычно оправданы в процессах сушки, но не обязательно приемлемы для определенной степени насыщения, особенно в изначально сухой среде.

Следует отметить, что коэффициенты диффузии, характеризующие пористую структуру и используемые в математических моделях, приведены, исходя из конкретных экспериментов, связанных с начальным насыщением конденсата, а также при условии, что жидкая фаза рассматривается как сплошная. Эта ситуация, которая обычно встречается, когда жидкая фаза образуется за счет демпфирования, не обязательно является репрезентативной для ситуаций, в которых конденсация осуществляется в изначально сухой среде [17].

K.S. Udell [22] показал, что в устойчивом состоянии внутри пористой части образца существуют три отдельные зоны: зона пара вверху, зона жидкости внизу и двухфазная зона между ними. В двухфазной зоне существует встречный поток жидкости, движимый вверх капиллярными силами, и пара, движимый вниз градиентом давления.

Исследуемый режим термообработки в паровоздушной среде мясной фаршевой смеси приводят к меньшим значениям коэффициентов μ_1 и $N(V_i)$, характерной при регулярном режиме по сравнению с нагреванием в сухом воздухе. Бражниковым А.М. [2] оптимизирован технологический процесс и предложен прогнозный расчет технологических операций.

Скарбовичук А.В. [9], исследовав тепломассообмен, показал влияние параметров воздуха и температуры поверхности мяса на испарительную способность сырья под действием исследуемых технологических параметров.

Таким образом, регулирование сочности образца возможно путем установления зависимости теплообмена во влажных капиллярно-пористых объектах с учетом свойств компонентов рецептуры и их взаимного влияния в пищевой системе. Однако это направление исследований изучено недостаточно.

Цель исследования – установление оптимальной температуры в рабочей камере теплового аппарата и поддержание ее в процессе приготовления готовой продукции.

Материалы и методы исследований

Научные исследования выполнены на кафедре индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса ФГБОУ «Российский биотехнологический университет». В представленную работу включены статьи баз данных Scopus, RSCI, РИНЦ за последние два года (2022-2023 гг.). Были отобраны 23 источника научной литературы в области получения и использования высокоэффективных и здоровьесберегающих технологий производства кулинарных изделий из мясных фаршей с учетом влияния тепло- и массообмена в замкнутом пространстве на показатели качества готовой продукции.

Объектами являлись модельные фарши, полуфабрикаты и кулинарные изделия: биточки с говядиной и капустой, биточки паровые с говядиной и морковью, биточки паровые с говядиной, клетчаткой и цветной капустой. В рецептуру мясных фаршевых изделия вводили говядину, говяжий жир, растительные компоненты: морковь, цветная или белокочанная капуста, а из круп – пшеничная и пшеничная, а также репчатый лук, порошок перца сладкого, петрушки или укропа, соль и специи.

Для исследования величины рН, массовой доли влаги, влагосвязывающей способности (ВСС), пластичности фарша, предельного напряжения сдвига (ПНС), аминокислотного состава, влагоудерживающей способности (ВУС), выхода готовых изделий и их органолептической оценки использованы общеизвестные стандартные методы исследования. Применяли дескрипторно-профильный метод сенсорного анализа профилирования продукта с разработкой шкалы балловой оценки [11].

Результаты исследований и их обсуждение

Теоретическое и экспериментальное обоснование нестандартной теплопроводности мясосопродуктов наступает для центрального слоя исследуемых изделий в диапазоне температур 180–220 °С. Установлено, что особенности нагревания мясных изделий в среде паровоздушной технологии заключаются в двухстадийном процессе: вначале процесс осуществляется при температуре 200-220°С на режиме «жар» в течение 10-12 мин, а затем переключается температура на 180°С на режим «пар», и еще в течение 8-10 мин котлеты доводятся до состояния кулинарной готовности и достижения внутри продукта 80°С.

Так как от способа, режима нагрева, его продолжительности зависят санитарная безопасность, органолептические показатели, пищевая ценность, выход изделий, то были определены эти показатели, и результаты приведены на рис. 1-4.

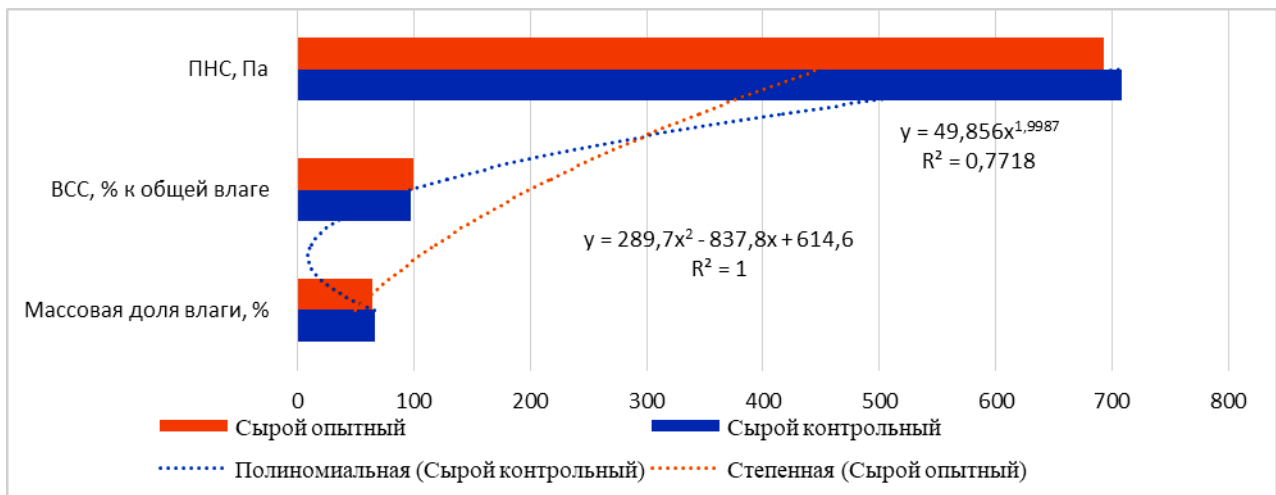


Рисунок 1. Зависимость реологических показателей контрольного и опытного образцов от влажности

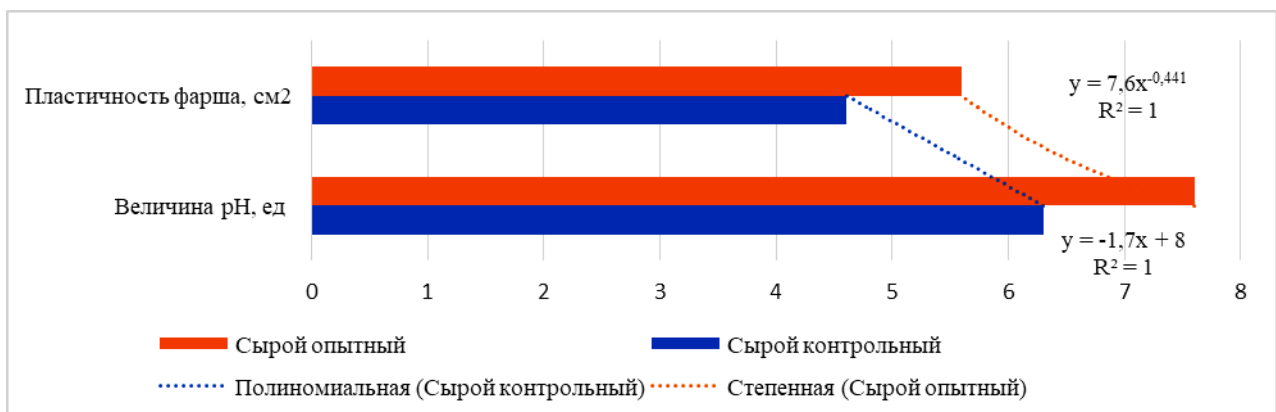


Рисунок 2. Сравнительные характеристики пластичности и рН сырых образцов контроля и опыта

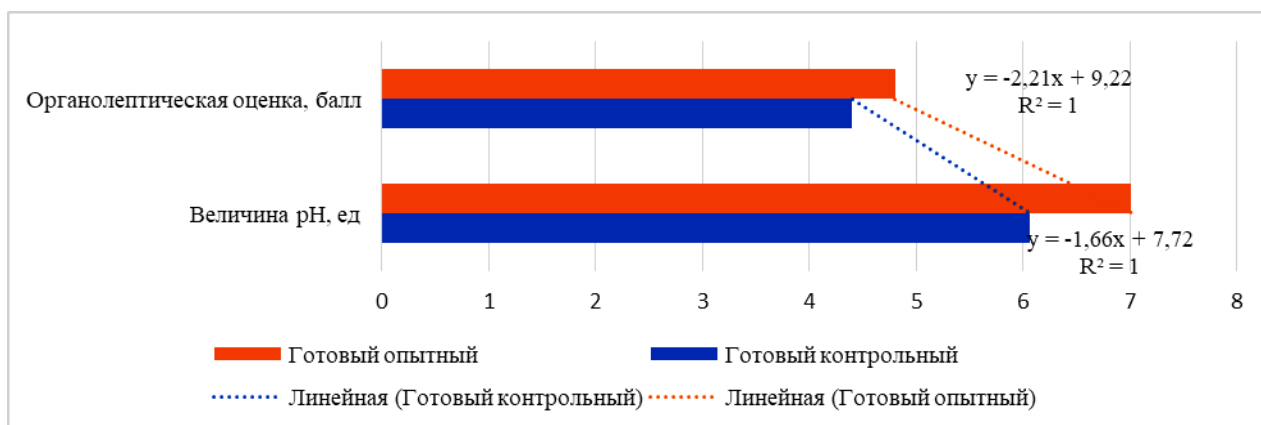


Рисунок 3. Сравнительные характеристики органолептических показателей и рН готовых образцов контроля и опыта

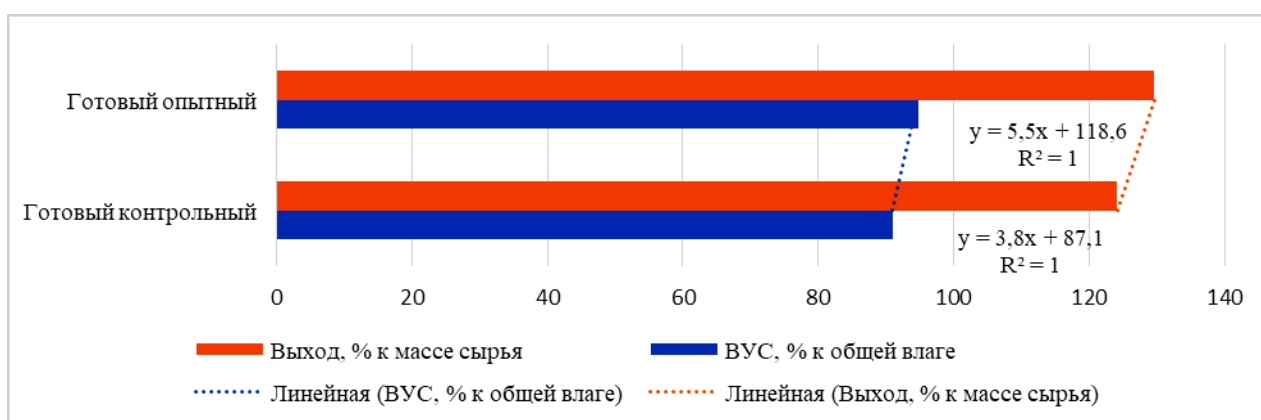


Рисунок 4. Сравнительные характеристики ВУС и выхода готовых образцов контроля и опыта

Для выявления влияния компонентов рецептуры на свойства мясных фаршей, результаты которых показаны на рис. 1-4, проанализируем сочетаемость каждой из добавок и ее отношение к говяжьему фаршу. Важным является не инактивировать мясной вкус и запах, а наоборот его выразить и подчеркнуть достоинства пищевой системы.

Так, введение измельченного в виде крошки репчатого лука повлияет на сочность и аромат. Получается очень яркий вкус. Кроме того, котлеты сохраняют форму во время термической обработки и после приготовления. И для достижения устойчивой влагоудерживающей способности готового изделия в фарш даже не нужно добавлять такой классический структурообразователь, как хлеб. При промышленных технологиях хлеб в рецептуру нерационально вводить, т.к. это готовый к употреблению продукт и его повторная переработка только повысит себестоимость мясных фаршевых изделий [16].

Вместо хлеба в разрабатываемые рецептуры вводилась пшеничная или пшеничная крупа, которые по вкусовым параметрам идентична пшеничному хлебу или близкая к нему. Однако введение круп осуществлялось в виде готовой или доведенной до полуготовности и охлажденной каши, что не увеличивало продолжительность тепловой обработки мясных котлет и соответствовало стабильности выхода готовых изделий. Данный процесс стабилизировался за счет клейстеризованного крахмала круп, выступающего в качестве абсорбента, который удерживает воду и впоследствии загустевает или образуют гель в структуре мяса. Уровень использования каш зависит от качества сырого мяса, степени обводнения круп водой и желаемой текстуры конечного продукта, при этом использование варьируется от 0,4 до 0,6 %, что не окажет значительного влияния на рецептуру говяжьих котлет без ущерба для тексту-

ры и пищевых качеств готового продукта: изделия получаются сочными и хорошо сформованными.

Эффективное связывание жиров и масел важно, поскольку эти компоненты несут в себе сильный аромат, который желателен для готового продукта. Вот почему нерастворимые волокна, такие как целлюлоза, находящаяся в крупах, становятся все более популярными в продуктах из мяса и птицы.

С увеличением рН мяса, мясоовощного фарша, снижаются потери массы при жарке, а также время тепловой обработки. Полученные данные указывают на тесную корреляционную связь между рН мяса и продолжительностью жарки изделий. При этом в области более высоких значений рН его колебания в меньшей степени влияют на продолжительность жарки.

Большинство готовых к употреблению мясных продуктов содержат дополнительную влагу, в частности, эмульгированные или формованные продукты.

Добавление влаги имеет экономический аспект, поскольку стоимость многих продуктов питания, включая мясные продукты, зависит от количества содержащейся в них воды, поскольку вода является недорогим ингредиентом. Производители продуктов питания часто стараются включить в рецептуру как можно больше ингредиентов, но не превышая установленных рецептурой и стандартами на данный вид мясного кулинарного изделия.

Установлено, что, хотя некоторое дополнительное увлажнение улучшает текстуру, слишком большое количество влаги приводит к тому, что продукт приобретает непривлекательную губчатую текстуру. Например, для птицы оптимальная доля составляет от 8 до 10 %. А если жидкость превышает 18 %, то продукт теряет свою целостность. Избыточная добавленная влажность также затрудняет получение румяной корочки котлет при приготовлении.

Сочетание капусты или перца с мясным фаршем позволяет получить выраженный букет вкуса, сочность, но солидирующие вкусовые нотки принадлежат мясу. Влагосвязующая способность опытного образца больше контрольного на 2,2%, а ПНС снизилось на 16,3 Па.

Выводы

1. При замене в рецептуре котлет из говядины 10% мяса на крупяную добавку и 8% на овощную готовые изделия сохранили внешний вид, форму, сочность и приобрели приятные нотки привкуса и аромата овощей и круп.

2. Полученные сочетания обладают лучшей пористостью и влагосодержанием. Органолептическая оценка этих образцов позволяет их рекомендовать к использованию в питании различных контингентов.

3. Анализ полученных экспериментальных данных подтверждает целесообразность сочетания говядины, овощей и круп в одном изделии, а также использования в составе комбинированных фаршей растительных компонентов: моркови, цветной и белокочанной капусты, пшенной и пшеничной круп. При этом блюдо обогатилось пищевыми волокнами. Повысилось количество витаминов А, В₁, В₂ и РР на 1-1,5%.

Список источников

1. Богоносова И.А., Васюкова А. Т. Разработка технологии комбинированных овощных запеканок для рационального и диетического питания // Инновационные технологии в сельском хозяйстве, ветеринарии и пищевой промышленности. 83-й научно-практической конференции преподавателей и студентов «Аграрная наука – Северо-Кавказскому федеральному округу». Ставрополь, 2018. С. 345-348.

2. Бражников А.М. Теория термической обработки мясопродуктов. Москва: Агропромиздат, 1987. 271 с.

3. Васюкова А.Т. Справочник повара: учебное пособие. Москва: Дашков и Ко, 2013. 421 с.
4. Васюкова А.Т. и др. Влияние обогащающих добавок на пищевую ценность мясных и рыбных продуктов / А.Т. Васюкова, Т.В. Першакова, Д.Н. Фалин, Т.В. Яковлева, Н.И. Мячикова // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2011. № 2-3 (320-321). С. 11-13.
5. Васюкова А.Т. Переработка рыбы и морепродуктов: учебное пособие. Москва, 2009. 127 с.
6. Механизмы повышения эффективности отраслей пищевой и перерабатывающей промышленности Центрального федерального округа / В.Н. Иванова, С.Н. Серегин, А.А. Славянский и др.: монография. Москва: Финансы и статистика, 2016. 206 с.
7. Першакова Т.В. и др. Применение нетрадиционного сырья в рецептурах кулинарных изделий / Т.В. Першакова, А.Т. Васюкова, Т.С. Жилина, Т.В. Яковлева, В.Ф. Пучкова, И.А. Федоркина // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2011. № 1 (319). С. 36-37.
8. Применение нетрадиционного сырья в рецептурах кулинарных изделий / Т.В. Першакова, А.Т. Васюкова и др. // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2011. № 1 (319). С. 36-37.
9. Скарбовийчук А.В. Обоснование и тепловой расчет технологического канала поточной холодильной обработки мяса: дис. ... к.т.н. Киев, 1984. 190 с.
10. Суммарная антиоксидантная активность растительных экстрактов / Л.В. Драчева, Н.К. Зайцев, О.А. Жарикова, А.Т. Васюкова // Пищевая промышленность. 2011. № 9. С. 44-45.
11. Чугунова О.В. Научный обзор: сенсорный анализ и его значение в оценке качества и безопасности пищевых продуктов // Научное обозрение. Технические науки. 2016. № 3. С. 118-129.
12. Ackerman R., Farahani P., and Grunow M. Quality, Safety, and Sustainability in Food Distribution: A Review of Quantitative Operations Management Approaches and Issues // OR Spectrum. 2010. Vol. 32. No. 4. Pp. 863-904.
13. Adenzo-Diaz B., Lozano S., and Palacio A. The Impact of Dynamic Pricing of Perishable Products on Revenue and Waste // Applied Mathematical Modeling. 2016. Vol. 45. Pp. 148-164.
14. Aung M.M. and Chang Y.S.. Traceability in the Food Supply Chain: Safety and Quality Perspectives // Food Control. 2014. Vol. 39. No. 1. Pp. 172-184.
15. Badia-Melis R., Mishra P. and Ruiz-García L. Food Traceability: Emerging Trends and Recent Advances. Review // Food Control. 2015. Vol. 57. Pp. 393-401.
16. Berry D. The key to meat flavor is moisture retention // Food Business News. 2014. Pp.1-3.
17. Hanamura K. and Kaviani M. Propagation of Condensation Front during Steam Injection into a Dry Porous Medium // International Journal of Heat and Mass Transfer. 1995. Vol. 38. No. 8. Pp. 1377-1386.
18. Herbon A., Loewner E., and Cheng T. S. E. Inventory Management of Perishable Products with Dynamic Pricing Using Time and Temperature Indicators Linked to Automatic Sensing Devices // International Journal of Production Economics. 2014. Vol. 147. Pp. 605-613.
19. Herbon A. and Khmelnsky E. Optimal dynamic pricing and ordering of perishable products under the additive effects of price and time on demand // European Journal of Operational Research. 2017. Vol. 260. No. 2. Pp. 546-556.
20. Larbi S. Some aspects of the physics of transport phenomena in capillary porous bodies // World Renewable Energy Congress. Aberdeen. UK, 2005.
21. Larbi S., Boris S. and Bacon G. Diffusion of moist air with vapor condensation in a porous medium // International Journal of Heat and Mass Transfer. 1995. Vol. 38. No. 13. Pp. 2411-2426.

22. Udell K.S. Heat transfer in a porous medium heated from above with evaporation, condensation and capillary effects // *Journal of Heat Transfer*. 1983. Vol. 105. No. 3. Pp. 485-492.
23. Wang X. and Li D. A pricing model based on dynamic product quality assessment for perishable food supply chains // *Omega*. 2012. Vol. 40. No. 6. Pp. 906-917.

References

1. Bogonosova I.A., Vasyukova A. T. Development of technology of combined vegetable casseroles for rational and dietary nutrition. Innovative technologies in agriculture, veterinary medicine and the food industry. The 83rd scientific and practical conference of teachers and students «Agrarian Science to the North Caucasus Federal District». StGAU, Stavropol, 2018, pp. 345-348.
2. Brazhnikov A.M. Theory of heat treatment of meat products. Moscow: Agropromizdat Publ., 1987. 271 p.
3. Vasyukova A.T. Cook's handbook. Textbook. Moscow: Dashkov and Co. Publ., 2013. 421 p.
4. Vasyukova A.T. et al. The effect of enriching additives on the nutritional value of meat and fish products. A.T. Vasyukova, T.V. Pershakova, D.N. Falin, T.V. Yakovleva, N.I. Myachikova. News of higher educational institutions. Food technology, 2011, no. 2-3 (320-321), pp. 11-13.
5. Vasyukova A.T. Processing of fish and seafood. Textbook (3rd edition). Moscow, 2009. 127 p.
6. Mechanisms for improving the efficiency of the food and processing industries of the Central Federal District. V.N. Ivanova, S.N. Seregin, A.A. Slavyansky et al. Monograph. Moscow: Finance and Statistics, 2016. 206 p.
7. Pershakova T.V. et al. The use of non-traditional raw materials in recipes of culinary products. T.V. Pershakova, A.T. Vasyukova, T.S. Zhilina, T.V. Yakovleva, V.F. Puchkova, I.A. Fedorkina. News of higher educational institutions. Food technology, 2011, no. 1 (319), pp. 36-37.
8. The use of non-traditional raw materials in recipes of culinary products. T.V. Pershakova, A.T. Vasyukova et al. Izvestia of higher educational institutions. Food technology, 2011, no. 1 (319), pp. 36-37.
9. Skarboviychuk A.V. Justification and thermal calculation of the technological channel of in-line refrigeration processing of meat. Dissertation... candidate of technical Sciences, direction 05.18.12. Kiev, 1984. 190 p.
10. Total antioxidant activity of plant extracts. L.V. Dracheva, N.K. Zaitsev, O.A. Zharikova, A.T. Vasyukova. Food industry, 2011, no. 9, pp. 44-45.
11. Chugunova O.V. Scientific review: sensory analysis and its importance in assessing the quality and safety of food products. Scientific Review. Technical sciences, 2016, no. 3, pp. 118-129.
12. Ackerman R., Farahani P., and Grunow M. Quality, Safety, and Sustainability in Food Distribution: A Review of Quantitative Operations Management Approaches and Issues. *OR Spectrum*, 2010, vol. 32, no. 4, pp. 863-904.
13. Adenzo-Diaz B., Lozano S., and Palacio A. The Impact of Dynamic Pricing of Perishable Products on Revenue and Waste. *Applied Mathematical Modeling*, 2016, vol. 45, pp. 148-164.
14. Aung M.M. and Chang Y.S.. Traceability in the Food Supply Chain: Safety and Quality Perspectives. *Food Control*, 2014, vol. 39, no. 1, pp. 172-184.
15. Badia-Melis R., Mishra P. and Ruiz-García L. Food Traceability: Emerging Trends and Recent Advances. Review. *Food Control*, 2015, vol. 57, pp. 393-401.
16. Berry D. The key to meat flavor is moisture retention. *Food Business News*, 2014, pp.1-3.
17. Hanamura K. and Kaviani M. Propagation of Condensation Front during Steam Injection into a Dry Porous Medium. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 1995, vol. 38, no. 8, pp. 1377-1386.
18. Herbon A., Loewner E., and Cheng T. S. E. Inventory Management of Perishable Products with Dynamic Pricing Using Time and Temperature Indicators Linked to Automatic Sensing Devices. *International Journal of Production Economics*, 2014, vol. 147, pp. 605-613.

19. Herbon A. and Khmelnitsky E. Optimal dynamic pricing and ordering of perishable products under the additive effects of price and time on demand. *European Journal of Operational Research*, 2017, vol. 260, no. 2, pp. 546-556.

20. Larbi S. Some aspects of the physics of transport phenomena in capillary porous bodies. *World Renewable Energy Congress*, Aberdeen, UK, 2005.

21. Larbi S., Boris S. and Bacon G. Diffusion of moist air with vapor condensation in a porous medium. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 1995, vol. 38, no. 13, pp. 2411-2426.

22. Udell K.S. Heat transfer in a porous medium heated from above with evaporation, condensation and capillary effects. *Journal of Heat Transfer*, 1983, vol. 105, no. 3, pp. 485-492.

23. Wang X. and Li D. A pricing model based on dynamic product quality assessment for perishable food supply chains. *Omega*, 2012, vol. 40, no. 6, pp. 906-917.

Информация об авторах

К.В. Любимова – аспирант;

Т.Ю. Токарева – доцент кафедры индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса;

Н.В. Васи́левич – кандидат химических наук, доцент, заведующий кафедрой персонализированной диетологии, гостиничного и ресторанного бизнеса.

Information about the authors

K.V. Lyubimova – Postgraduate student;

T.Yu. Tokareva – Associate professor of the department of food industry, hotel business and service;

N.V. Vasilyevich – Candidate of chemical sciences, associate professor, head of the department of personalized dietetics, hotel and restaurant business.