

ЭКСТРУЗИОННАЯ ОБРАБОТКА РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Шабурова Г.В., Шешницан И.Н.

В статье приведен анализ теоретических и экспериментальных исследований отечественных и зарубежных ученых в области применения экструзионной обработки растительного сырья. Систематизированы и обобщены результаты научных экспериментов, дающие представления о возможных механизмах изменения органолептических, биохимических и физико-химических свойств полуфабрикатов и готовых изделий. На основе анализа информационных источников определена область использования экструдированных растительных видов сырья, позволяющих формировать необходимое качество продуктов питания.

Ключевые слова: *экструзионная обработка, растительное сырье, органолептические, физико-химические, свойства, качество, продукты питания.*

Введение

В последние годы отмечаются метаболические изменения в организме человека, связанные с нарушениями в структуре питания, дефицитом макро- и микронутриентов в рационах, повсеместным применением антибиотиков, а также поступлением с пищей различных контаминантов химической и биологической природы. В связи с этим исследователями с целью коррекции возникающих нарушений рационов питания разрабатываются рецептуры и технологии пищевых продуктов массового потребления, содержащих функциональные пищевые ингредиенты растительного сырья. Одним из направлений исследований является использование нетрадиционных сырьевых ресурсов растительного происхождения, подвергнутых экструзионной обработке.

Цель работы – анализ, систематизация и обобщение информационных данных отечественных и зарубежных исследователей об использовании экструзионной обработки, как средства для модификации показателей качества растительного сырья и создания продуктов питания функционального и специализированного назначения.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования являлись научные данные отечественных и зарубежных источников информации. В качестве методов исследования использовали методы анализа, синтеза, систематизации и обобщения.

Результаты и их обсуждение

Анализ современных способов физического воздействия на пищевое растительное сырье свидетельствует, что экструзионная обработка является одним из возможных прогрессивных методов

модификации свойств растительного сырья, интенсификации технологических процессов в отраслях пищевой и перерабатывающей промышленности и производства продуктов питания, сбалансированных по основным пищевым веществам [1, 2, 3]. Очевидно, интерес исследователей к процессу термопластической экструзии обусловлен возможностью эффективной подготовки пищевого сельскохозяйственного сырья к переработке, повышением безопасности технологических процессов производства и производством пищевых продуктов с заданным химическим составом. Эффективность экструзионной подготовки сырья неоднозначна, и обусловлена влиянием технологических параметров обработки, а также конструктивных особенностей экструзионного оборудования на степень модификации химического состава пищевого сырья.

Рациональные технологические параметры экструзионной обработки, характеризующиеся высоким содержанием влаги в пищевом сырье, краткой продолжительностью процесса и низкой температурой способствуют улучшению качества продуктов питания за счет изменений в содержании белков, незаменимых аминокислот, углеводов, пищевых волокон, витаминов, минеральных веществ. Так, например, температура экструзионной обработки растительного сырья от 100 до 140 °С приводит к повышению степени инактивации ингибиторов протеазы, следовательно, к повышению пищевой ценности белков. Условия экструзии с температурой 200 °С и выше, с содержанием влаги в сырье менее 15% могут неблагоприятно сказаться на качестве продуктов питания

Следует отметить, что к важнейшим эффектам экструзионной обработки относят разрушение антипитательных факторов, декстринизацию крахмала, денатурацию белка, увеличение содержания пищевых волокон, повышение стабильности липидов за счет разрушения липазы в процессе экструзии

и сохранения активности лецитина и токоферолов, являющихся природными стабилизаторами.

В процессе декстринизации крахмала снижается в 1,8–2,0 раза содержание нативного крахмала, обуславливающего черствение мучных изделий. Содержание водорастворимых веществ в экструдированной пшеничной муке увеличивается в 5–8 раз, что повышает ее пищевую ценность и усвояемость. В результате воздействия высоких температур (100–150 °С) происходит практически полная стерилизация муки [5].

Известны научные факты, подтверждающие существенное разрушение структуры крахмала растительного сырья и деструкции молекул полисахаридов под действием экструзионной обработки [6, 7].

Под действием давления, температуры и влаги белки претерпевают заметные изменения. Происходит нарушение упорядоченности внутреннего строения молекулы, оцениваемое изменением физико-химических свойств белков: растворимости, способности к гидратации, вязкости растворов, устойчивости к действию ферментов, биологической активности и других свойств. Это явление обусловлено наличием в молекулах белка большого числа непрочных связей.

Возрастающий интерес к экструзионному способу переработки сельскохозяйственного пищевого сырья и его применение в технологиях пищевых продуктов подтверждается многочисленными публикациями. В научной литературе достаточно широко представлены исследования, связанные с разработкой рецептур и технологий применения экструдированного сельскохозяйственного пищевого сырья при производстве продуктов питания массового употребления, например, сухих завтраков [2, 3], хлебобулочных и мучных кондитерских изделий [7, 8], а также напитков [10, 11].

Результаты этих работ могут быть интересны с точки зрения взаимодействия экструдированного сырья с основным сырьем при производстве продуктов питания, формирования новых технологических свойств, либо разработки продуктов питания функционального и специализированного назначения.

Установлено, что замена пшеницы и кукурузной муки при производстве экструдированных сухих зерновых завтраков на амарант, гречиху и просо привело к изменению физических показателей качества экструдированных сухих завтраков, а также их пищевой ценности. Так, в разработанных сухих завтраках отмечено значительное снижение легкоусваиваемых углеводов, что предполагает использование этих нетрадиционных видов муки с целью снижения гликемического индекса при употреблении экструдированных сухих завтраков [12].

Предложен способ приготовления экструдированных закусок повышенной пищевой ценности с включением рациональной дозировки 10% муки семян тыквы и 90% кукурузной муки [13].

Расширение производства экструдированных продуктов предложено Корячкиной С.Я. с соавторами. На основе математических моделей этими учеными разработана оптимальная рецептура экструдированных крекеров повышенной пищевой и биологической ценности на основе муки и крупы зерновых культур, хлебной и вафельной крошки с добавлением хлебопекарных дрожжей [14].

Малкиной В.Д. показано повышение автолитической активности и газообразующей способности мучной смеси, состоящей из пшеничной муки и муки из экструдированных пшеничных отрубей в количестве 5–15% к общей массе смеси, в сравнении с образцом из 100% пшеничной муки. Кроме того, в мучной смеси автором отмечено повышение качества клейковины [15].

Изучена возможность производства хлебобулочных изделий с добавками муки из экструдированного целого зерна ячменя в количестве до 25% к массе мучной смеси. Установлено, что хлеб с эктрудатом ячменя способен удовлетворить более 30% суточной потребности в белке [17].

Тагановой Н.С. установлено, что в производстве хлеба из сортовой пшеничной муки эктрудат ржи целесообразно вносить совместно с пшеничными отрубями соответственно в дозировке 10% и 6% к массе муки. В результате интенсифицируются процессы кислото- и газообразования, способствующие формированию вкуса, аромата и структуры пористости готовых изделий [18].

Разработано технологическое решение по получению экструдированной пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта для производства кексов и маффинов [19].

Яновой М.А. разработаны инновационные технологии производства хлебобулочных и мучных кондитерских изделий с заменой пшеничной муки на муку из экструдированного зерна пшеницы, пленчатого и голозерного ячменя, пленчатого и голозерного овса. Исследователем установлено оптимальная замена муки пшеничной на муку, полученную из экструдированного зерна основных злаковых культур: для хлеба – 25%, булочек – 15%, печенья – 10%, бисквита – 8% [22].

Следует отметить, что в большинстве опубликованных работ описаны экструзионные эффекты воздействия на крахмалсодержащее сырье. В меньшей степени встречается информация о воздействии экструзионной обработки на масличные культуры (семена подсолнечника, тыквы, сои и других культур).

В научной литературе приведена информация о влиянии экструзии на химический состав и функциональные свойства семян подсолнечника. Экструзия, по мнению Murate E. H., привела к повышению содержания белка в семенах подсолнечника, повышению растворимости в воде, жиро- и водопоглощения, эмульгирующей способности, стабильности эмульсии и пенообразующей способности. Денатурация белков, свидетельствует автор, при-

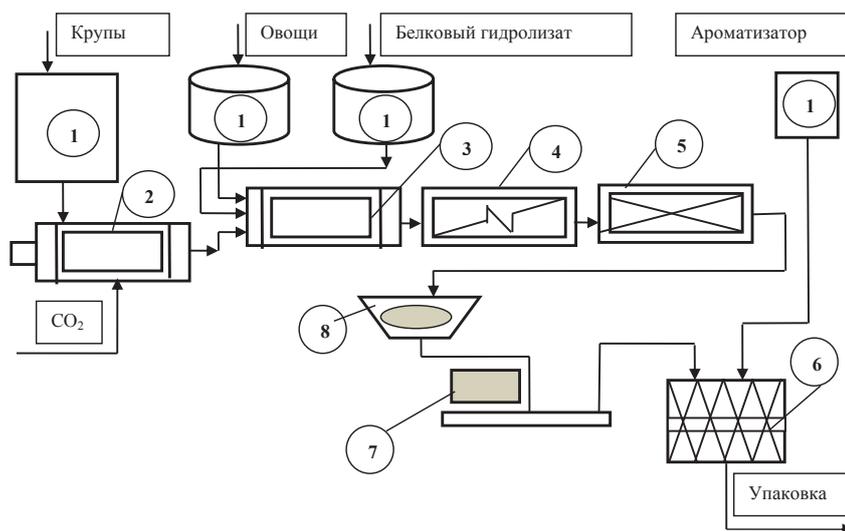


Рис. 1. Технологическая схема производства мяско-растительных пищевых текстуратов: 1 – дозаторы; 2, 3 – экструдеры; 4 – сушилка; 5 – охладитель; 6 – измельчитель; 7 – весы; 8 – смеситель

водит к увеличению гидрофобных групп, которые положительно коррелируют с величиной эмульгирующей активности и отрицательно – с уровнем стабильности пены [20].

В силу ряда причин большинство известных технологий переработки семян тыквы не рассматривают их оболочку в качестве сырья для получения сколь-нибудь полезного продукта. Между тем имеются данные о том, что под действием даже холодной экструзии можно добиться снижения активности антипитательных веществ, находящихся в оболочке семян тыквы, до приемлемого уровня [16].

Разработана технология белково-минерального и белково-углеводного текстуратов на основе соевых бобов для производства колбасных и кровяных изделий и осуществлена оценка их качества [21].

На рис. 1 приведена схема производства мяско-растительных пищевых текстуратов [23].

Курочкиным А. А. с соавторами в монографии на основе анализа результатов теоретических и экспериментальных исследований поведения различных видов сельскохозяйственного пищевого сырья в технологических зонах одношнекового экструдера обосновано актуальное направление в развитии пищевой термопластической экструзии. Предложено новое направление термопластической экструзии, базирующееся на эффекте термовакuumного воздействия на экструдированное сырье после выхода его из фильеры матрицы экструдера. Рассмотрены аспекты применения в технологии напитков и ХБИ экструдированного крахмалсодержащего зернового сырья и растительного сырья с повышенным содержанием липидов. Представленные в работах материалы свидетельствуют в пользу предложенной авторами монографии научной концепции и могут стать одной из отправных точек для дальнейших исследований по совершенствованию пищевой термопластической экструзии [24–33].

Следует подчеркнуть, что информации в до-

ступных источниках об использовании маслических культур в процессах экструзионных обработок в сравнении с другими видами сырья, существенно меньше.

В связи с этим определенный интерес вызывают результаты исследований влияния экструзии на антипитательные вещества кунжута. В работе приведены данные, свидетельствующие об эффективности экструзионной обработки с целью снижения уровня танина в кунжутной муке [34].

При этом в целом ряде работ показано, что экструзия ингредиентов на основе волокон и белков приводит к более яркому проявлению функционального назначения экструдатов, их пищевой ценности, и, как следствие, улучшению органолептических характеристик готового продукта.

Выводы

Сублимационная сушка – это современная, высококачественная технология. Таким образом, анализ научных исследований, связанных с технологией переработки семян тыквы и применением полученных в результате этого продуктов для использования в пищевых и лечебных целях показал, что имеются основания для разработки инновационного подхода к этой проблеме. Суть его заключается в значительном снижении трудоемкости переработки семян тыквы и получении продукта с высокими функционально-технологическими свойствами. Известно, что на качественные показатели продуктов переработки семян тыквы определяющее влияние оказывают свойства сырья и технологические режимы воздействия на это сырье.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о том, что для решения задач создания продуктов питания с повышенной пищевой и биологической ценностью экструзионная обработка с термовакuumным эффектом семян тыквы является действенным средством, а исследования в этой области – актуальным направлением.

Список литературы

- [1] Краус С. В. Совершенствование технологии экструзионной переработки крахмалсодержащего зернового сырья: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.01/Краус Сергей Викторович. М., 2004. 54 с.
- [2] Жушман А. И. Актуальные вопросы развития производства экструдированных продуктов питания /А.И. Жушман, В.Г. Карпов, Н.Д. Лукин // Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. 1997. Вып. 2. С. 14.
- [3] Остриков А. Н. Технология экструзионных продуктов / А. Н. Остриков, Г. О. Магомедов, Н. М. Дерканосова, В. Н. Василенко, О. В. Абрамов, К. В. Платов. СПб.: Проспект науки, 2007. 202 с.
- [4] Singh, S. Nutritional aspects of food extrusion: a review /S. Singh, S. Gamlath, L. Wakeling //International Journal of Food Science and Technology. 2007. 42. P. 916–929.
- [5] Краус С. В. Использование экструдированной пшеничной муки при производстве кондитерских изделий/С.В. Краус, Е. В. Балаева, Е. А. Бочагов, И. А. Денисюк // Хлебопродукты. 2012. № 8. С. 58–60.
- [6] Крылова В. Б. Научное обоснование и разработка технологии термопластической экструзии мясного и растительного сырья с целью расширения ассортимента мясопродуктов: автореф. ... д-ра техн. наук: 05.18.04 / Крылова Валентина Борисовна. М., 2006. 46 с.
- [7] Albini P.A. Microbial Enzymes and their effects on Extract recoveries from unmalted adjuncts/ P.A. Albini, D. E. Briggs, A. Wadeson//Journal of the Institute of Brewing. 1987. № 93. P. 97.
- [8] Люнина Е. М. Разработка технологии экструзионной обработки ржаного солода и его использование в хлебопечении: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / Люнина Елена Михайловна. М., 2006. 25 с.
- [9] Baik Byung-Kee. Extrusion of Regular and Waxy Barley Flours for Production of Expanded Cereals / Byung-Kee Baik, Joseph Powers, Linhda T Nguyen // Cereal Chemistry. 2004. Vol. 81. № 1. P. 94.
- [10] Воронина П. К. Разработка технологии и товароведная характеристика пива с экструдатом ячменя // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 4. С. 108–113.
- [11] Wolf B. Polysaccharide functionality through extrusion processing/B. B. Wolf//Current Opinion in Colloid & Interface Science. 2010. Volume 15, Issues 1–2. P. 50–54.
- [12] Brennan M.A. Amaranth, millet and buckwheat flours affect the physical properties of extruded breakfast cereals and modulates their potential glycaemic impact/M. A. Brennan, C. Menard, G. Roudaut, C. S. Brennan// Starch, 2012. Volume 64, Issue 5. P. 392–398.
- [13] Norfezah M.N. Comparison of waste pumpkin material and its potential use in extruded snack foods/M.N. Norfezah, A. Hardacre, C. S. Brennan//Food Science and Technology International, 2011. Vol. 17. № 4. P. 367–373.
- [14] Корячкина С. Я. Производство экструдированных крекеров повышенной пищевой и биологической ценности/ С. Я. Корячкина, Г. Н. Дегтяренко, Ф. Н. Вертяков, Р. М. Вострикова//Известия вузов. Пищевая технология. 2003. № 1. С. 25–26.
- [15] Малкина В. Д. Повышение эффективности хлебопекарного производства на основе модификации свойств сырья: автореферат дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.01 / Малкина Валентина Даниловна. М., 1996. 50 с.
- [16] Милованова Е. С. Разработка технологических решений по использованию продуктов переработки семян тыквы при производстве хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / Милованова Екатерина Станиславовна. Краснодар, 2010. 20 с.
- [17] Демченко В. И. Экструдаты зерна в производстве хлебобулочных изделий/В.И. Демченко, В. И. Корчагин, Г. О. Магомедов, Н. М. Дерканосова, Л. И. Столярова, В. И. Карпенко//Хлебопечение России. 2003. № 5. С. 16–17.
- [18] Таганова Н. С. Влияние экструдата ржи на потребительские свойства хлеба: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15 / Таганова Наталья Сергеевна. М., 2009. 24 с.
- [19] Балаева Е. В. Совершенствование технологии производства кексов и маффинов с использованием крахмалсодержащего сырья: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01/ Балаева Елена Валерьевна. М., 2013. 24 с.
- [20] Murate E.H., Prudencio-Ferreira S.H. Propriedades funcionais de concentrado proteico extrusado de sementes de girassol // Brazil. archives of biology and technology.– Curitiba (Parana), 1999. Vol. 42. № 2. P. 213–221.
- [21] Коржов И. В. Разработка технологии растительных текстуратов для использования в производстве пищевых продуктов: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01, 05.18.04 / Коржов Игорь Васильевич. Красноярск, 2014.– 19 с.
- [22] Янова М. А. Научно-практическое обоснование и совершенствование технологий переработки зерна злаковых культур для получения продуктов повышенной пищевой ценности: автореф. ... докт. техн. наук: 05.18.01/ Янова Марина Анатольевна. Красноярск: 2016. 34 с.

- [23] Алферников О.Ю. Совершенствование технологии пищевых текстуратов, получаемых способом термопластической экструзии: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01, 05.18.04/Алферников Олег Юрьевич. Краснодар: 2010. 24 с.
- [24] Курочкин А.А. Научное обеспечение актуального направления в развитии пищевой термопластической экструзии/А.А. Курочкин, П.К. Воронина, В.М. Зимняков, А.Л. Мишанин, В.В. Новиков, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов. Прага: Vědecko vydavatelské centrum «Sociosféra-CZ», 2015. 185 с.
- [25] Курочкин А.А. Теоретическое обоснование применения экструдированного сырья в технологиях пищевых продуктов/ А.А. Курочкин, П.К. Воронина, Г.В. Шабурова. Москва: ИНФРА-М, 2017. 163 с.
- [26] Курочкин А.А. Теоретическое обоснование термовакuumного эффекта в рабочем процессе модернизированного экструдера /А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов, П.К. Воронина // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии». 2015. № 3. С. 29–33.
- [27] Курочкин А.А., Фролов Д.И., Воронина П.К. Определение основных параметров вакуумной камеры модернизированного экструдера // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 4 (32). С. 172–177.
- [28] Курочкин А.А., Фролов Д.И. Поликомпонентный экструдат на основе зерна пшеницы и семян расторопши пятнистой // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 4. С. 76–81.
- [29] Курочкин А.А., Шабурова Г.В., Фролов Д.И. Получение экструдатов крахмалсодержащего зернового сырья с заданной пористостью // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2014. № 6 (22). С. 109–114.
- [30] Регулирование структуры экструдатов крахмалсодержащего зернового сырья / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов, П.К. Воронина // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 4. С. 94–99.
- [31] Теоретическое описание процесса взрывного испарения воды в экструдере с вакуумной камерой / Д.И. Фролов, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, П.К. Воронина // Инновационная техника и технология. 2015. № 1 (02). С. 29–34.
- [32] Экструдаты из растительного сырья с повышенным содержанием липидов / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов, П.К. Воронина // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 4. С. 70–74.
- [33] Экструдаты из растительного сырья с повышенным содержанием липидов и пищевых волокон / А.А. Курочкин, П.К. Воронина, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов // Техника и технология пищевых производств. 2016. № 3 (42). С. 104–111.
- [34] Mukhopadhyay N., Extrusion cooking technology employed to reduce the anti-nutritional factor tannin in sesame (*Sesamum indicum*) meal / N. Mukhopadhyay, S. Bandyopadhyay // Journal of Food Engineering. 2003. 56(2). pp. 201–202.

EXTRUSION TREATMENT OF PLANT RAW MATERIALS AS A METHOD OF INCREASING THE FOOD VALUE OF FOOD PRODUCTS

Shaburova G.V., Sheshnitsan I.N.

The article provides an analysis of theoretical and experimental studies of domestic and foreign scientists in the field of application of extrusion processing of plant materials. The results of scientific experiments are systematized and summarized, giving an idea of the possible mechanisms for changing the organoleptic, biochemical, and physicochemical properties of semi-finished and finished products. Based on the analysis of information sources, the vector of utilization of the used vegetative types of raw materials has been determined, which make it possible to form food quality.

Keywords: *export processing, plant raw materials; organoleptic, physicochemical, properties, quality, food.*

References

- [1] Kraus S.V. Improving the technology of extrusion processing of starch-containing grain raw materials: author. dis. ... Dr. Techn. Sciences: 05.18.01 / Kraus Sergey Viktorovich. M., 2004. 54 p.

- [2] Zhushman A. I. Current issues of development of extruded food production / A. I. Zhushman, V. G. Karpov, N. D. Lukin // Storage and processing of agricultural raw materials. 1997. Vol. 2. P. 14.
- [3] Ostrikov A. N. Technology of Extrusion Products / A. N. Ostrikov, G. O. Magomedov, N. M. Derkanosova, V. N. Vasilenko, O. V. Abramov, K. V. Platov. SPb.: Prospect of science, 2007. 202 p.
- [4] Singh, S. Nutritional aspects of food extrusion: a review / S. Singh, S. Gamlath, L. Wakeling // International Journal of Food Science and Technology. 2007. 42. p. 916–929.
- [5] Kraus S. V. The use of extruded wheat flour in the manufacture of confectionery / S. V. Kraus, E. V. Balaeva, E. A. Bochagov, I. A. Denisuyk // Khleboпродукты. 2012. № 8. S. 58–60.
- [6] Krylova V. B. Scientific substantiation and development of technology for thermoplastic extrusion of meat and vegetable raw materials in order to expand the range of meat products: author. ... Dr. Techn. Sciences: 05.18.04 / Krylova Valentina Borisovna. M., 2006. 46 p.
- [7] Albini P. A. Extract recoveries from unmalted adjuncts / P. A. Albini, D. E. Briggs, A. Wadson // Journal of the Institute of Brewing. 1987. No. 93. P. 97.
- [8] Lyunina E. M. Development of technology for extrusion processing of rye malt and its use in breadmaking: author. dis. ... Cand. tech. Sciences: 05.18.01 / Lyunina Elena Mihaylovna. M., 2006. 25 p.
- [9] Baik Byung-Kee. Extrusion of Regular and Waxy Barley Cereals / Byung-Kee Baik, Joseph Powers, Linhda T Nguyen // Cereal Chemistry. 2004. Vol. 81. No. 1. P. 94.
- [10] Voronina P. K. Development of technology and commodity characteristics of beer with barley extrudate // News of the Samara State Agricultural Academy. 2013. No. 4. P. 108–113.
- [11] Wolf V. Polysaccharide functionality through extrusion processing. B. Wolf // Current Opinion in Colloid & Interface Science. 2010. Volume 15, Issues 1–2. P. 50–54.
- [12] Brennan M. A. Amaranth milks and buckwheat flours glycemic impact / M. A. Brennan, C. Menard, G. Roudaut, C. S. Brennan // Starch, 2012. Volume 64, Issue 5. P. 392–398.
- [13] Norfezah M. N. Comparison of waste foods / M. N. Norfezah, A. Hardacre, C. S. Brennan // Food Science and Technology International, 2011. Vol. 17. No. 4. P. 367–373.
- [14] Koryachkina S. Ya. Production of extruded crackers of increased nutritional and biological value / S. Ya. Koryachkina, G. N. Degtyarenko, F. N. Vertyakov, R. M. Vostrikov // News of universities. Food technology. 2003. No. 1. P. 25–26.
- [15] Malkina, V. D. Improving the efficiency of bakery production based on the modification of the properties of raw materials: abstract of thesis. ... Dr. Techn. Sciences: 05.18.01 / Malkina Valentina Danilovna, M., 1996, 50 p.
- [16] Milovanova, E. S. Development of technological solutions for the use of pumpkin seed processing products in the production of bakery products of high nutritional value: author. dis. ... Cand. tech. Sciences: 05.18.01 / Milovanova Ekaterina Stanislavovna, Krasnodar, 2010, 20 p.
- [17] Demchenko, V. I. Grain extrudates in the production of bakery products / V. I. Demchenko, V. I. Korchagin, G. O. Magomedov, N. M. Derkanosova, L. I. Stolyarova, V. I. Karpenko // Bakery of Russia, 2003, № 5, p. 16–17.
- [18] Taganova, N. S. Influence of rye extrudate on consumer properties of bread: author. dis. ... Cand. tech. Sciences: 05.18.15 / Taganova Natalya Sergeevna, M., 2009, 24 p.
- [19] Balaeva, E. V. Improving the technology of production of muffins and muffins using starch-containing raw materials: abstract of thesis. ... Cand. tech. Sciences: 05.18.01 / Balaeva Elena Valerevna, M., 2013, 24 p.
- [20] Murate, E. H., Prudencio-Ferreira S. H. Propriedades funcionais de concentrado proteico extrusado de sementes de girassol // Brazil. archives of biology and technology, Curitiba (Parana), 1999, Vol. 42, № 2, P. 213–221.
- [21] Korzhov, I. V. Development of technology plant textures for use in the production of food: Abstract dis. ... Cand. tech. Sciences: 05.18.01, 05.18.04 / Korzhov Igor Vasilevich, Krasnoyarsk, 2014, 19 p.
- [22] Yanova M. A. Scientific and practical substantiation and improvement of technologies for processing grain of cereals for obtaining products of high nutritional value: author. ... Dr. tech. Sciences: 05.18.01 / Yanova Marina Anatolevna, Krasnoyarsk: 2016, 34 p.
- [23] Alferniov O. Yu. Improving the technology of food textures obtained by the method of thermoplastic extrusion: author. dis. ... Cand. tech. Sciences: 05.18.01, 05.18.04 / Alferniov Oleg Yurevich, Krasnodar: 2010, 24 p.
- [24] Kurochkin A. A. Scientific support of the current direction in the development of thermoplastic food extrusion / A. A. Kurochkin, P. K. Voronin, V. M. Zimnyakov, A. L. Mishanin V. V. Novikov, G. V. Shaburova, D. I. Frolov, Prague: Vědecko vydavatelské centrum Sociosféra-CZ, 2015, 185 p.
- [25] Kurochkin A. A. Theoretical substantiation of the use of extruded raw materials in food technology / A. A. Kurochkin, P. K. Voronin, G. V. Shaburova, Moscow: INFRA-M, 2017, 163 p.
- [26] Kurochkin A. A. Theoretical substantiation of the thermal vacuum effect in the working process of a modernized extruder / A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, D. I. Frolov, P. K. Voronin // Proceedings of the Samara State Agricultural Academy”, 2015, № 3, pp. 29–33.

- [27] Kurochkin A.A., Frolov D.I., Voronina P.K. Determination of the main parameters of the vacuum chamber of the modernized extruder // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2015. № 4 (32). pp. 172–177.
- [28] Kurochkin A.A., Frolov D.I. Polycrystalline extrudate based on wheat and milk thistle seeds // Proceedings of the Samara State Agricultural Academy. 2015. No. 4. pp. 76–81.
- [29] Kurochkin A.A., Shaburova G.V., Frolov D.I. Obtaining extrudates of starch-containing grain raw materials with a given porosity // XXI century: past results and present problems plus. 2014. № 6 (22). pp. 109–114.
- [30] Regulation of the structure of extrudates of starch-containing grain raw materials / A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov, P.K. Voronina // Proceedings of the Samara State Agricultural Academy. 2013. No. 4. pp. 94–99.
- [31] Theoretical description of the process of explosive evaporation of water in an extruder with a vacuum chamber / D.I. Frolov, A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, P.K. Voronina // Innovative technology and technology. 2015. № 1 (02). pp. 29–34.
- [32] Extrudates from plant materials with a high content of lipids / A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov, P.K. Voronina // Proceedings of the Samara State Agricultural Academy. 2014. No. 4. pp. 70–74.
- [33] Extrudates from plant materials with a high content of lipids and dietary fiber / A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, G.V. Shaburova, D.I. Frolov // Technique and technology of food production. 2016. № 3 (42). pp. 104–111.
- [34] Mukhopadhyay N., Extrusion cooking technology to reduce the anti-nutritional factor tannin in sesame (*Sesamum indicum*) meal / N. Mukhopadhyay, S. Bandyopadhyay // Journal of Food Engineering, 2003, 56 (2), pp. 201–202.