

ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

УДК 664.696

ПРАКТИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕРМОПЛАСТИЧЕСКОЙ ЭКСТРУЗИИ КРАХМАЛСОДЕРЖАЩЕГО ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ В ФОРМИРОВАНИИ КАЧЕСТВА ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ТОВАРОВ

П. К. Воронина

Приведен анализ теоретических и экспериментальных исследований отечественных и зарубежных ученых в области влияния различных режимов экструзионной обработки на формирование качества продуктов питания.

Ключевые слова: растительное сырье, экструзионная обработка, механическая обработка, крахмал.

Введение

Экструзионную обработку сырья и полуфабрикатов можно характеризовать как непрерывный процесс переработки крахмалосодержащих и других пищевых материалов в готовые изделия при комплексном воздействии тепла, влаги, давления и напряжений сдвига (влаготермомеханическая обработка). Получаемые при этом изделия (экструдаты) приобретают новые, более приемлемые для использования в качестве сырья пищевых отраслей или непосредственного употребления, свойства, структуру и формы. От традиционных процессов, применяемых в пищевой промышленности при влаготермической обработке сырья, экструзия отличается тем, что чаще всего протекает при высоких значениях температуры, давления, напряжениях сдвига, небольшом содержании влаги и в относительно короткое время.

Целью данного исследования является анализ и обобщение данных отечественных и зарубежных ученых о влиянии различных способов и режимов экструзионной технологии в формировании качества продовольственных товаров.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования являлись научные данные отечественных и зарубежных источников информации.

В качестве методов исследования использовали методы анализа и обобщения.

Результаты и их обсуждение

Интерес к переработке растительного сырья с помощью термопластической экструзии обусловлен несколькими причинами:

– разнообразием пищевой продукции, производимой с помощью экструзионной технологии;

– высокой экономической эффективностью производства экструдированных продуктов.

Основными компонентами зернового сырья являются крахмал и белки. Изменение совокупности их свойств лежит в основе процесса экструзии [1].

К настоящему времени основные механизмы и возможности экструзионной технологии достаточно полно раскрыты и описаны. Краусом С.В. исследованы изменения структуры и физико-химических свойств сырья при различных методах и режимах экструзионной обработки, обоснованы основные принципы и эффективные технологические режимы обработки муки для хлебопечения и других отраслей пищевой промышленности [2].

Процессы, происходящие при экструзии, позволяющие применять экструзионную обработку растительного сырья и применять его в пищевых отраслях и агропромышленном комплексе, изучил и описал Harper J. M. [3]. По мнению автора, в экструзионной камере увлажненное растительное сырье претерпевает одновременное термо-, гидро-, баро- и механическое воздействие, и переходит в псевдопластичное состояние. В результате происходят значительные изменения компонентов пищевого сырья.

Влияние экструзионной обработки на изменение составных компонентов пищевого сырья изучено в исследованиях Linko P. [4]. Как в этой работе, так и в многочисленных данных других ученых показано, что глубина этих изменений в экструдированном зерне обусловлена многофункциональным и многопараметрическим процессом [5, 6, 7].

В теории экструзионного процесса принято, что его базовые параметры способствуют реализации необходимого технологического воздействия на обрабатываемый объект. К примеру, установлено, что кратковременный высокотемпературный процесс не только позволяет снизить потери ценных пищевых и биологически активных веществ,

но и регулировать органолептические, физико-химические, структурно-механические свойства крахмалосодержащего сырья, а также его пищевую и биологическую ценность в необходимом направлении [8, 9, 10].

Результаты исследований Mercier С. позволили установить возможность увеличения содержания водорастворимых веществ в экструдате при повышении температуры экструдирования крахмалосодержащего сырья, имеющего одинаковую влажность и количество амилозы в крахмале [11]. По мнению автора, чем больше амилопектина в крахмале исходного сырья, тем выше доля содержания водорастворимых веществ в экструдате.

Об увеличении степени деструкции крахмала при повышении температуры свидетельствуют и результаты других исследователей [12].

Основным компонентом несоложенного ячменя, имеющего значение при производстве пива, и оказывающего решающее влияние на ход процесса приготовления пивного суслу, а также качество готового продукта, является крахмал. По данным исследователей, гидротермическая и механическая обработка крахмала не только разрушает структуру его зерна, но и приводит к деструкции молекул полисахаридов, тем самым способствуя изменению физико-химических свойств крахмала [13].

Разработан способ производства пива с использованием светлого солода и несоложенного зернового сырья (пшеница, горох) в виде текстурированной муки, полученной путем экструдирования шелушенного сырья или крупы при температуре от 110 до 240 °С и давлении до 6 МПа с последующей досушкой до влагосодержания не выше 8% [14].

Многие специалисты в области экструзионной обработки считают, что экструзия крахмалосодержащего зернового сырья в условиях сухой клейстеризации приводит к более глубоким изменениям в зерновом крахмале, чем влажная клейстеризация [15, 16].

При этом они не без основания считают, что наиболее существенные изменения крахмальных зерен происходят в момент выхода экструдированного сырья из фильеры экструдера. Имеются сведения, что в процессе экструзионной обработки зерна в момент декомпрессии снижается общее содержание крахмала в связи с расщеплением в этот момент амилозы и амилопектина и повышается количество олигосахаридов и декстринов [1]. В других исследованиях глубокие преобразования структуры обрабатываемого крахмалосодержащего сырья объясняются тем, что аккумулированная продуктом энергия высвобождается, и приводит к разрыву клеточных стенок, деструкции биополимеров, к образованию пористой структуры [17].

Следует отметить, что эффективные, с технологической и товароведной точки зрения, изменения, происходящие в экструдированном крахмалосодержащем сырье, и возможность регулирования этих свойств растительного сырья в процессе экс-

трудирования, привлекает внимание исследователей в различных отраслях пищевой промышленности и АПК.

Например, в последние годы появилось достаточно много работ, связанных с использованием экструдатов в хлебопечении. Результаты этих работ могут быть интересны с точки зрения взаимодействия экструдированного сырья с основным сырьем при производстве хлеба и хлебобулочных изделий. Так, добавление к пшеничной муке при производстве хлеба измельченных экструдированных пшеничных отрубей приводит к повышению автолитической активности и газообразующей способности мучной смеси, а также к повышению качества клейковины. Оптимальное количество добавки, вводимое в рецептуру изделий, по мнению исследователей, составляет 5–15% от массы муки [18].

Гидротермическая и механическая обработка зернового сырья является наиболее распространенным методом изменения структуры крахмала. Установлено, что обработанная ячменная крупка и мука по сравнению с перловой крупой обладают большей биологической ценностью. Доказана возможность ввода этих продуктов (до 30%) в рецептуру хлеба из муки пшеничной 1-го сорта. Полученные изделия отличались оригинальным внешним видом, приятным слегка сладковатым вкусом, мягким, нежным, эластичным мякишем [19].

Исследователи считают включение в рацион человека продуктов, обогащенных пищевыми волокнами и минеральными веществами зерновых экструдатов, наиболее доступным способом массового улучшения обеспечения населения необходимыми нутриентами. В связи с этим, применение экструдированных зерновых продуктов (экструдаты риса, кукурузы, ржи, ячменя) считается одним из перспективных направлений функционального обогащения хлебобулочных изделий [20].

Изучена возможность производства хлебобулочных изделий с добавками экструдатов из целого зерна ячменя в количестве до 25% муки по рецептуре. Исследователи подвергали экструзионной обработке недробленое зерно ячменя при следующих параметрах обработки: температура 125–195 °С, продолжительность обработки 30–40 с, скорость вращения шнека $38,2 \pm 2 \text{ с}^{-1}$, диаметр матрицы выходного отверстия составлял 8 мм. По мнению исследователей, дегустационная оценка вкуса, аромата, а также структурно-механические свойства опытного образца хлебобулочного изделия превосходили аналогичные показатели контрольного образца. Например, влажность опытного образца хлебобулочного изделия составила 48,5%, кислотность – 5,6°, пористость – 71,6%, удельный объем – $2,97 \text{ г/см}^3$ [21].

Установлена целесообразность и эффективность экструдирования ржаного солода с целью его дальнейшего использования при производстве ржано-пшеничных заварных сортов хлеба. Исследователи выявили достоверную зависимость со-

держания водорастворимых веществ в экструдате и степень набухаемости экструдированного зерна от параметров экструзионной обработки ржаного солода. Установлено, что максимальным содержанием водорастворимых веществ и максимальной набухаемостью солод обладал после обработки в экструдере при 160 °С и исходной влажности 18% [22].

По результатам исследований отдельных учений можно сделать выводы о том, что воздействие экструзионной обработки на зерновое сырье приводит к повышению его пищевой ценности, т.к. инактивируются антипитательные вещества, уничтожаются микроорганизмы, а реакция уменьшения активности витаминов минимизируется [23, 24].

Указанный эффект достигается высокотемпературной обработкой (110...200 °С), с оптимальным увлажнением экструдированного сырья и непродолжительным (20...60 с) его пребыванием в экструдере.

Считается, что к числу наименее устойчивых компонентов сырья в процессе экструзионной обработки относятся: крахмал, белки, витамины.

Поэтому, для получения экструдатов высокого качества необходимо знать характер изменений физико-химических свойств основных компонентов экструдированного сырья в процессе его обработки с тем, чтобы выбрать оптимальный режим.

Интересны данные, полученные в процессе разработки технологии производства закусокных продуктов на основе экструдированной смеси миндальной и пшеничной муки [25].

В экспериментах исследователей температура экструзионной обработки смеси варьировала от 69,77 до 120,23 °С, влажность обрабатываемой массы – от 26,64 до 33,36%, скорость вращения шнека – от 13,85 до 38,50 рад/с.

Исследования показали, что наиболее важным фактором формирования качества продукта оказалась температура в барабане экструдера. При этом наибольшие значения пористости (18,47%) и степени расширения (158,76%) выявлены при температуре выше 120 °С. При температуре, близкой к 100 °С способность к образованию крахмало-липидных комплексов была максимальной.

Механизм изменений структуры крахмала, происходящих в процессе экструзионной обработки, в общих чертах объясняется следующим образом. В естественном состоянии крахмальные зерна нерастворимы в холодной воде, почти не набухают, но сорбируют до 50% воды. Повышение температуры крахмальной суспензии ведет к разрыву межмолекулярных связей в зернах крахмала, в результате чего резко возрастает гидратация полисахаридов, происходит набухание зерен, их частичное растворение и полная клейстеризация крахмала. Крупные зерна клейстеризуются первыми.

Глубокие изменения в крахмале происходят в результате его экструзионной обработки, при ко-

торой создаются условия для сухой клейстеризации.

Крахмалы, подвергнутые клейстеризации, легче расщепляются ферментами.

Механизм клейстеризации в экструдере обусловлен тремя факторами: наличием значительных механических воздействий на продукт, малым содержанием влаги в сырье и высокой температуры обработки. При этом активно протекает термомеханическая деструкция зерен крахмала [26].

Все описанные изменения крахмала в процессе экструзионной обработки обуславливают предпосылки использования зерновых экструдатов в пивоварении с целью подготовки зерна перед затированием и приготовлением пивного суслу. Следует ожидать, что в условиях пивоварения клейстеризованный крахмал будет более доступен ферментативным системам солода.

Как следует из информации в научной литературе, в ходе экструзионной обработки разрушается кристаллическая структура зерен крахмала и образуется структура аморфного вещества.

С другой стороны, термическая и механическая обработка крахмала не только разрушает структуру его зерна, но и приводит к деструкции больших молекул полисахаридов крахмала, что существенно изменяет реологические свойства крахмальных клейстеров [24].

Наряду с молекулами крахмала, под действием различных факторов (давления, теплоты и влаги) белки также претерпевают заметные изменения. Происходит нарушение упорядоченности внутреннего строения молекулы, количественно определяемое изменением физико-химических свойств белков: растворимости, способности к гидратации, вязкости растворов, устойчивости к действию ферментов, биологической активности и др. Это явление обусловлено наличием в молекулах белка большого числа непрочных связей. Но в целом химический состав белка не меняется [27].

Судя по анализу отдельных исследований, глобулярные белки в нативном состоянии устойчивы к действию ферментов. В результате экструзионной обработки глобулярная структура белковой молекулы преобразуется в фибриллярную с разворачиванием пептидных цепей и освобождением функциональных групп, доступных ферментам [28]. Установлено, что экструзионная обработка белков растительного происхождения повышает их пищевую ценность и улучшает сохраняемость, так как происходит частичная инактивация ферментов, ухудшающих вкус и понижающих качество продукта при хранении.

Теоретический анализ поведения обрабатываемых материалов в различных технологических зонах экструдеров и опыт работы этих машин с различными видами сырья, позволил выделить актуальные направления в совершенствовании экструзионных технологий в части их технического обеспечения (рис.1).

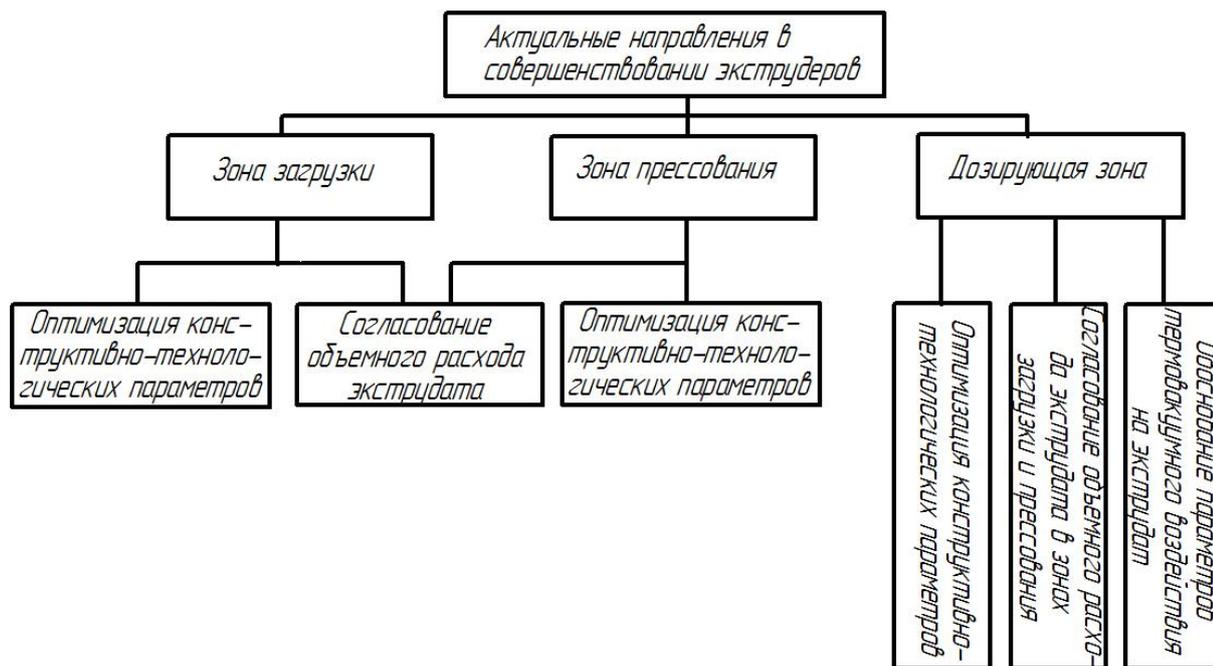


Рис. 1. Актуальные направления в совершенствовании экструдеров

Совместно с коллегами автором разработан способ производства экструдатов, в котором решается задача снижения трудоемкости при его выработке и повышения технологических свойств получаемого продукта за счет лучшей сохранности витаминов и белков сырья, а также более интенсивного воздействия на содержащейся в нем крахмал [29].

Пониженное давление в вакуумной камере создавалось с помощью вакуумного насоса, вакуум-регулятора и вакуум-баллона. Вакуум-регулятор позволял поддерживать необходимое давление в вакуумной камере, а вакуум-баллон служил для сглаживания возможных колебаний давления в системе и сбора конденсата, получаемого при охлаждении паровоздушной смеси, откачиваемой из вакуумной камеры.

Автором с соавторами проведен анализ теоретических и экспериментальных исследований отечественных и зарубежных ученых в области подготовки биополимеров несоложенного зерна к гидролитическим процессам тепловыми методами. Систематизированы и обобщены результаты научных экспериментов, дающие представления о происходящих при такой обработке физических, биохимических и структурных изменениях в несоложенном зерне. На основе анализа информационных источников определена тенденция развития тепловых способов, влияющих на технологический потенциал несоложенного сырья и, следовательно, формирование качества пива. Представлен теоретический анализ аналитических зависимостей к описанию движения растительного сырья в зоне модернизированной матрицы экструдера [30, 31, 32].

Исследована возможность использования

в хлебопечении муки экструдированного зерна овса, обладающего пищевой и биологической ценностью [33].

Шабуровой Г.В. изучен химический состав экструдированного целого зерна гречихи, установлена деструкция биополимеров экструдированной гречихи (крахмала и сырого протеина), имеющих важное значение для формирования качества пива и пивных напитков, а также липидов. Исследованы функционально-технологические свойства экструдированной гречихи, которые обуславливают целесообразность использования нетрадиционных видов сырья в технологии хлебобулочных и мучных кондитерских изделий. Обоснованы перспективы использования экструдированной гречихи в технологии хлебобулочных и мучных кондитерских изделий в качестве комплексного обогатителя, позволяющего повысить биологическую ценность продукции массового спроса. Автором исследовано влияние экструзионной обработки на азотсодержащие вещества пивоваренного ячменя сорта Волгарь. Установлено, что обработка ячменя способствует белковому растворению эндосперма. Показана возможность направленного влияния на состояние белкового комплекса ячменя с помощью экструзии. Проведены исследования по оценке объемного расхода экструдата в зоне прессования одношнекового пресс-экструдера. Получены аналитические выражения, позволяющие установить, параметры процесса экструзии, за счет которых можно снизить интенсивность обратных потоков в зоне прессования пресс-экструдера и в конечном итоге увеличить его производительность [34, 35].

Курочкиным А.А. с соавторами получены результаты экспериментальных исследований, пока-

зывающие важную закономерность: при одинаковой влажности росто́рощи и пшеницы и, тем более при более высокой влажности пшеницы, чем росто́рощи, процесс экструдирования смеси ухудшается. Многочисленными исследованиями установлено, что в крахмалсодержащем зерновом сырье максимальная степень желатинизации и деструкции крахмала обеспечивается оптимальным значением удельной механической и тепловой энергии, полученной экструдированным материалом [37, 38].

Выводы

Рассмотрены теоретические и практические аспекты технологии пищевых продуктов на основе применения экструдированного растительного сырья. Определен вектор создания высокоэффективных экструзионных технологий, направленных на интенсификацию процесса и рациональное использование материальных и энергетических ресурсов, что достигается совершенствованием технологического процесса экструзии растительного сырья с учетом его специфических свойств.

Список литературы

1. Sendra, J. M. Evaluation of the effects of yeast strain and fermentation conditions on the volatile concentration profiles of pilot plant lager beers / J. M. Sendra, Tobov, F. Pinaga, L. Izquierdo, S. V. Carbonell // *Monatsschr. Brauwiss.* – 1994. – 47. – № 10. – P.316–321.
2. 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.
3. Harper, J. M. Extrusion processing of food / J. M. Harper // *Food Technology.* – 1978. – V.32. – 27 p.
4. Linko, P. High-Temperature-Short-Time Extrusion Cooking / P. Linko, P. Colonna, C. Mercier // *Advances in Cereal Science and Technology.* Ed. Y. Pomeranz. St. Paul, USA. – 1981. – Vol. IV. – P. 145–235.
5. Дидык, Т.А. Повышение эффективности технологического процесса и обоснование параметров шнекового пресса для экструдирования зернового материала: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01/Дидык Татьяна Анатольевна. – Саратов, 2006. – 21 с.
6. Шмат, К.И. Обработка зерна методом экструзии / К.И. Шмат, А.С. Маговец // *Корма.* – 1979. – № 1. – С. 36–39.
7. Юрьев, В.П. Физико-химические основы получения экструзионных продуктов на основе растительного сырья / В.П. Юрьев, А.Н. Богатырев // *Вестник сельскохозяйственной науки.* – 1991. – № 12. – С. 43–51.
8. Карпов, В.Г. Разработка технологии новых видов крахмалопродуктовэкструзионным способом: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.05 / Карпов Владимир Георгиевич. – М., 2000. – 48 с.
9. Курочкин, А.А. Теоретические и практические аспекты экструзионной технологии в пивоварении/А. А. Курочкин, Г.В. Шабурова, В.В. Новиков//*Нива Поволжья.* – 2007. – № 1. – С. 20–24.
10. Новиков, В.В. Анализ рабочего процесса шнекового экструдера / В.В. Новиков, А.А. Курочкин// *Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы: Материалы III Международной научно-практической конф.* – Пенза, 2005. – С. 95–96.
11. Mercier, C. Veranderund der Struktur und Verdaulichkeit von Getreidestärke beim Extrudieren / C. Mercier // *Getreide, Mehl und Brot.* – 1980. – № 34. – S. 52.
12. Melcion, I. P. La cnisson-extrusion dans le domaine alimetaire: principe, applications, perspectives / I. P. Melcion, P. Colonna // *Revue de l'alimentation animale.* – 1983. – № 368. – S. 45–54.
13. Выгодин, В.Л. Экструзионная техника и технология; состояние, перспективы/В. Л. Выгодин, В.Л. Касперович, Г.Б. Зинюхин, В.П. Попов, В.А. Буцко // *Пищевая промышленность.* – 1995. – № 7. – С. 4–5.
14. Способ производства пива: пат. 2212436 Российская Федерация: МПК7 С 12 С 5/00, С 12 С 7/00, С 12 С 7/047 / В.И. Берлогин; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью Фирма «Торговый Дом Ярмарка». – № 2001135471/13, заявлено 28.12.2001; опублик. 20.09.2003, Бюл. № 34.
15. Абрамов, О.В. Научное обеспечение процесса экструзии модельных средна основе крахмалсодержащего сырья и разработка высокоэффективного оборудования для его реализации: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.12/Абрамов Олег Васильевич. – Воронеж: 2009. – 48 с.
16. Термопластическая экструзия: научные основы, технология, оборудование/Под ред. А.Н. Богатырева, В.П. Юрьева. – М.: Ступень, 1994. – 200 с.
17. Smith, O. V. Extrusion cooking. In: *New protein foods* / Ed. A. M. Altschus. – London: Academic press. – 1976. – V. 2. – P. 86–121.
18. 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.
19. Цыбикова, Г.Ц. Разработка ресурсосберегающей технологии переработки ячменя для

- продовольственных целей/ Г.Ц. Цыбикова, Т.С. Козлова, Л.В. Сновицкая// Хранение и переработка сельхозсырья.– 2003.– № 8.– С. 135–137.
20. Дерканосова, Н. Исследование адсорбционных свойств зерновых экструдатов/ Н. Дерканосова, Н. Таганова, С. Гаршина, Т. Валева // Хлебопродукты.– 2008.– № 3.– С. 41–43.
 21. Демченко, В.И. Экструдаты ячменя в производстве хлебобулочных изделий /В. И. Демченко, В. И. Корчагин, Г.О. Магомедов, Л.И. Столяров, Н.М. Дерканосова, В.И. Карпенко// IV Междунар. науч.– практ. конф. «Интродукция нетрадиц. и ред. с.– х. растений»: Материалы.– Ульяновск, 2002.– Т. 1.– С. 238–241.
 22. Гарш, З.Э. Совершенствование технологии ржаных солодовых экстрактов с применением экструзии: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01/Гарш Зинаида Эргардовна.– М., 2010.– 26 с.
 23. Магомедов, Г.О. Экструзионная технология пищевых продуктов/ Г.О. Магомедов, А.Ф. Брехов, В.Я Черных, В.П. Юрьев // Пищевая промышленность.– 2003.– № 12.– С. 10–16.
 24. 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.
 25. De Pilli, T. Effects of operating conditions on oil loss and structure of almond snacks/T. De Pilli, B.F. Carbone, A. Derossi, A.G. Fiore, C. Severini //International Journal of Food Science and Technology.– 2008.– Vol. 43.– № 3.– P. 430–439.
 26. Рудась, П.Г. Использование экструзии для получения продукта с заданными свойствами // Продукты питания и рациональное использование сырьевых ресурсов / Кемер. технол. ин-т пищ. пром-сти. Кемерово.– 2007.– Вып. 12.– С. 112–114.
 27. Alavi, S.H. Structural properties of protein-stabilized starch-based supercritical fluid extrudates / S.H. Alavi, B.K. Gogoi, M. Khan, B.J., Bowman, S.S.H. Rizvi // Food Research International.– 1999.– № 32.– P. 107–118.
 28. Bradford, M. M. A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding/M.M. Bradford//Anal. Biochem., 1976.– № 72.– P. 248–254.
 29. Способ производства экструдатов: пат. 2460315 Российская Федерация МПК А 23 L 1/00./Г.В. Шабурова, А.А. Курочкин, П.К. Воронина, Г.В. Авроров, П.А. Ерушов; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Пензенская государственная технологическая академия».– № 20011107960; заявл. 01.03.2011; опубл. 10.09.2011, Бюл. № 256.– 6 с.
 30. Шабурова, Г.В. Повышение технологического потенциала несоложенных зернопродуктов / Г.В. Шабурова, А.А. Курочкин, П.К. Воронина // Техника и технология пищевых производств.– 2014.– № 1 (32) .– С. 90–96.
 31. Авроров, В.А. Теоретическое исследование условий движения обрабатываемого материала в одношнековом экструдере с модернизированной матрицей/В. А. Авроров, А.А. Курочкин, Д.И. Фролов, П.К. Воронина, В.В. Ловцева//Пищевая промышленность и агропромышленный комплекс: Достижения, проблемы, перспективы: сборник статей VIII Международной научно-практической конференции.– Пенза: Приволжский Дом знаний, 2014.– С. 3–8.
 32. 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. 15–20.
 33. Шабурова, Г.В. Экструдированный овес как сырье для обогащения хлеба/Г. В. Шабурова, П.К. Воронина, Н.Н. Шматкова//Пищевая промышленность и агропромышленный комплекс: достижения, проблемы, перспективы.– сборник статей 8-й Международной научно-практической конференции. Под редакцией В.А. Авророва.– Пенза, 2014.– С. 97–101.
 34. Курочкин, А.А. Перспективы использования экструдированной гречихи в пивоварении и хлебопечении /Г.В. Шабурова, П.К. Воронина, А.А. Курочкин, Д.И. Фролов// Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии.– 2014.– № 4.– С. 79–83.
 35. Шабурова, Г.В. Белковый комплекс экструдированного ячменя / Г.В. Шабурова, А.А. Курочкин, В.П. Чистяков, В.В. Новиков // Пиво и напитки.– 2007.– № 3.– С. 12.
 36. Новиков, В.В. Определение объемного расхода экструдата в зоне прессования одношнекового пресс-экструдера/В.В. Новиков, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Н.А. Харыбина, Д.Н. Азиаткин//Вестник Алтайского ГАУ.– Барнаул, 2011.–№ 1. С. 91–94.
 37. Курочкин, А.А. 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.
 38. Курочкин, А.А. Использование экструдированного ячменя в пивоварении/ А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, В.В. Новиков // Пиво и напитки.– 2006.– № 5.– С. 16–17.

PRACTICAL PERSPECTIVES FOR THERMOPLASTIC EXTRUSION STARCH-CONTAINING GRAIN FEEDSTOCK IN SHAPING THE QUALITY OF FOOD PRODUCTS

P. K. Voronina

The analysis of theoretical and experimental research of domestic and foreign scientists in the field of influence of different modes of extrusion processing on the formation of quality of foodstuffs.

Keywords: vegetable raw, extrusion processing, machining, starch.

References

1. Sendra, J. M. Evaluation of the effects of yeast strain and fermentation conditions on the volatile concentration profiles of pilot plant lager beers / J. M. Sendra, Tobov, F. Pinaga, L. Izquierdo, S. V. Carbonell // *Monatsschr. Brauwiss.* – 1994. – 47. – № 10. – P.316–321.
2. Kraus, S. V. improvement of technology of extrusion processing of grain starch-containing raw materials: katege. Dees. ... d-ratehn. Science: 05.18.01/Kraus Sergey Viktorovich. – M., 2004. – with 54.
3. Harper, J. M. Extrusion processing of food/ J. M. Harper//*Food Technology.* – 1978. – V.32. – 27 p.
4. Linko, P. High-Temperature-Short-Time Extrusion Cooking / P. Linko, P. Colonna, C. Mercier // *Advances in Cereal Science and Technology.* Ed. Y. Pomeranz. St. Paul, USA. – 1981. – Vol. IV. – P. 145–235.
5. Didyk, T. A. enhancing the effectiveness of the process and the rationale for the parameters of screw presses for extruding grain material: katege. DIS. .. Cand. Tech. Science: 05.20.01/Didyk Tatiana. – Saratov, 2006. – 21 p.
6. Shmat, K. and grain processing by extrusion/k. Shmat, a. s. Magonec//feed. – 1979. – № 1. – P. 36–39.
7. Yurev, B. P. physico-chemical basis for extrusion products based on vegetable raw materials/p. Yuryev, a. n. Bogatyrev//*Bulletin of agricultural science.* – 1991. – No. 12. – P. 43–51.
8. Karpov, V. G. technology development of new kinds of vegetable raw materials: katege. Dees. ... Dr. techn. Science: 05.18.05/Karpov Vladimir Georgievich. – M., 2000. – 48 p.
9. Kurochkin, A. A. theoretical and practical aspects of extrusion technology in brewing/A. Kurochkin, Shaburova G. V., V. V. Novikov//*Niva Volga region.* – 2007. – № 1. – P. 20–24.
10. Novikov, V. V. Analysis workflow screw extruder/ V. V. Novikov, A. A. Kurochkin//*agriculture: status, problems and prospects: the materials of III international scientific and practical Conference.* – Penza, 2005. – P. 95–96.
11. Mercier, C. Veranderund der Struktur und Verdaulichkeit von Getreidestärke beim Extrudieren / C. Mercier // *Getreide, Mehl und Brot.* – 1980. – № 34. – P. 52.
12. Melcion, I. P. La cnisson-extrusion dans le domaine alimetaire: principe, applications, perspectives/ I. P. Melcion, P. Colonna// *Revue de l'alimentation animale.* – 1983. – № 368. – P. 45–54.
13. Vygodin, V. L. Extrusion technics and technology; State, prospects/V. L. Vygodin, V. L. Kasperovich, G. B. Zinûhin, V. P. Popov, V. A. Bucko//*food industry.* – 1995. – № 7. – 4–5.
14. Way: Pat. 2,212,436 Russian Federation: MPK7 C 5 C 12/0000, C 12 C 7/0000, C 12 C 7/047/V.i. Berlogin; the applicant and the patent owner limited liability company «trading house fair. – No. 2001135471/13, 28; in English. 20.09.2003, Director. No. 34.
15. Abramov, A. B. scientific support extrusion process modeling environments based on starch-containing raw materials and development of high-performance equipment for its implementation: katege. Dees. ... Dr. techn. Science: 05.18.12/Abramov Oleg Vasilevich. – Voronezh: 2009. – 48 p.
16. Thermoplastic extrusion: the scientific basis, technology, equipment, ed. A. N. Bogatyreva, V. P. Yuriev. – M.: stage, 1994. – 200 p.
17. Smith, O. B. Extrusion cooking. In: *New protein foods/* Ed. A. M. Altschus. – London: Academic press. – 1976. – V. 2. – P. 86–121.
18. Malkina, B. D. Improving the effectiveness of baking, based on modifying the properties of raw materials: synopsis of the DIS. ... Dr. techn. Science: 05.18.01/Malkina Valentine Danilovna. – M., 1996. – 50 s.
19. Tsybikova, G. Ts. Development of resource-saving technologies for processing of barley for food purposes/G. Ts. Tsybikova, T. S. Kozlova, L. V. Snovickay//sel'hozsyr'â storage and processing. – 2003. – № 8. – P. 135–137.
20. Derkanosova, N. Study of adsorptive properties of grain ekstrudatov/N. Derkanosova, N. Taganova, S. Garshin, T. Valeva//*bakery products* – 2008- No. 3. – p. 41–43.

21. Demchenko, V.I. Extrusion products of barley in the production of bakery products/V. I. Demchenko, V.I. Korchagin, G.O. Magomedov, L.I. Stolyarov, N.M. Derkanosova, V.I. Karpenko//IV International researcher-Scient. conf. Introduction netradic. and Ed. s.h.: Plant Materials.– Ulyanovsk, 2002.–1.– p. 238–241.
22. Garsh, Z. È., Improvement of technology and co-founder of rye malt extracts using extrusion: synopsis of the DIS. ... Cand. Tech. Science: 05.18.01/Garsh Zinaida Èrgardovna.– M., 2010.– 26 p.
23. Magomedov, G. O. food extrusion technology/G. O. Magomedov, A. F. Brekhov, V. Ya. Black, V.P. Yuriev// food industry.– 2003.– No. 12.– P. 10–16.
24. Ostrikov, A.N. Extrusion Technology products/A. N. Ostrikov, G.A. Magomedov, N.M. Derkanosova, V.N. Vasylenko, O.V. Abramov, K.V. Platov.– Spb.: science, 2007.– 202 p.
25. De Pilli, T. Effects of operating conditions on oil loss and structure of almond snacks/T. De Pilli, B.F. Carbone, A. Derossi, A.G. Fiore, C. Severini //International Journal of Food Science and Technology.– 2008.– Vol. 43.– № 3.– P. 430–439.
26. Rudas, P.G. Use extrusion to obtain product with defined properties//food and the rational use of raw materials/ Kemer. Tech. Inst f. prom. Kemerovo.– 2007- ISS. 12.– p. 112–114.
27. Alavi, S.H. Structural properties of protein-stabilized starch-based supercritical fluid extrudates / S.H. Alavi, B.K. Gogoi, M. Khan, B.J., Bowman, S.S.H. Rizvi // Food Research International.– 1999.– № 32.– P. 107–118.
28. Bradford, M. M. A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding/M.M. Bradford//Anal. Biochem., 1976.– № 72.– P. 248–254.
29. Ekstrudatov method of manufacturing: Pat. 2,460,315 Russian Federation IPC and 23 L1/0000. /G.V. Shaburova, A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, G.V. Avrorov, P.A. Erushov; applicant and patentee of SEI HPE «the Penza State technological Academy.–№ 20011107960; Appl. 01.03.2011; published. 10/09/2011, Newsletter. No. 256.– 6 p.
30. Shaburova G.V. Increase the technological capacity of unmalted grains/G.V. Shaburova, A.A. Kurochkin, P.K. Voronina//Technics and technology of food production.– 2014.– No. 1 (32) .– P. 90–96.
31. Avrorov, V.A. Theoretical study of traffic conditions the processed material in the extruder with the upgraded matrix odnošnekovom/V. A. Avrorov, A.A. Kurochkin, D.I. Frolov, P.K. Voronina, V.V. Lovceva//Food industry and Agriculture: achievements, problems, perspectives: a collection of articles VIII international scientific-practical Conference.– Penza: Volga House knowledge, 2014.– p. 3–8.
32. Kurochkin A.A., Theoretical substantiation of the termovakuumnogo effect in the workflow of the upgraded extruder/A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov, P.K. Voronina//proceedings of the Samara State Agricultural Academy.– 2015.– № 3.– P. 15–20.
33. Shaburova G.V. Extruded oat as raw material for enrichment of bread/G. V. Shaburova, P.K. Voronina, N.N. Shmatkova//Food industry and Agriculture: achievements, problems, perspectives.– collection of articles 8-th international scientifically-practical Conference. Edited by V.A. Avrorova.– Penza, 2014.– P. 97–101.
34. Kurochkin A.A., Prospects for the use of buckwheat extruded in brewing and baking/G.V. Shaburova, P.K. Voronina, A.A. Kurochkin, D.I. Frolov//Proceedings of the Samara State Agricultural Academy.– 2014.– № 4.– P. 79–83.
35. Shaburova G.V. Protein complex extruded barley/Shaburova G.V., Kurochkin A.A., V.P. Chistyakov, V.V. Novikov//beer and soft drinks.– 2007.– № 3.– P. 12.
36. Novikov V.V. Determination of volumetric flow of extruded articles in the zone of single screw extrusion press extruder/V.V. Novikov, A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, N.A. Harybina, D.N. Aziatkin//Herald of the Altai HAU.– Barnaul, 2011.– No. 1. P. 91–94.
37. Kurochkin A.A., Extrusion products from vegetable raw materials with high content of lipids/A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov, P.K. Voronina//Proceedings of the Samara State Agricultural Academy.–2014.– № 4.– P. 70–74.
38. Kurochkin A.A., Using extruded barley in brewing/A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, V.V. Novikov//beer and soft drinks.– 2006.– № 5.– P. 16–17.