

Совершенствование технологии производства кваса на основе применения термовакуумной экструзии зернового сырья

Курочкин А.А., Симаков Д.Г.

Аннотация. В статье приведены результаты анализа современного состояния технологии производства хлебного кваса брожения. На основе структурно-функционального подхода выявлены критические элементы традиционных методов (настояного и рационального), ограничивающие технико-экономическую эффективность производства. Обоснована целесообразность замены трудоемких процессов выпечки и сушки квасных хлебцев на технологию термовакуумной экструзии растительного сырья. Представлены данные о преимуществах использования экструдатов как полуфабрикатов высокой степени готовности: снижение энергоемкости на 25-30%, сохранение биологически активных веществ за счет мягкого температурного режима, интенсификация экстракции и минимизация отходов производства в виде квасной гущи.

Ключевые слова: технология кваса, термовакуумная экструзия, квасные экструдаты, оптимизация процессов, растительное сырье, энергосбережение, сухой квас.

Для цитирования: Курочкин А.А., Симаков Д.Г. Совершенствование технологии производства кваса на основе применения термовакуумной экструзии зернового сырья // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 3. С. 57–61.

Improving the technology for producing kvass based on the use of thermovacuum extrusion of grain raw materials

Kurochkin A.A., Simakov D.G.

Abstract. The article presents the results of an analysis of the current state of bread kvass fermentation technology. Based on a structural-functional approach, critical elements of traditional methods (infusion and rational) that limit the technical and economic efficiency of production have been identified. The feasibility of replacing the labor-intensive processes of baking and drying kvass breads with the technology of thermovacuum extrusion of plant raw materials has been substantiated. Data are presented on the advantages of using extrudates as semi-finished products with a high degree of readiness: a reduction in energy intensity by 25-30%, preservation of biologically active substances due to a mild temperature regime, intensification of extraction, and minimization of production waste in the form of kvass grounds.

Keywords: kvass technology, thermovacuum extrusion, kvass extrudates, process optimization, plant raw materials, energy saving, dry kvass.

For citation: Kurochkin A.A., Simakov D.G. Improving the technology for producing kvass based on the use of thermovacuum extrusion of grain raw materials. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 3. pp. 57–61. (In Russ.).

Введение

Квас занимает особое место в структуре потребления безалкогольных напитков на российском рынке, являясь не только традиционным продуктом, но и важным элементом здорового питания благодаря высокому содержанию продуктов метаболизма микроорганизмов, витаминов и аминокислот. Однако, несмотря на стабильный спрос, отрасль сталкивается с рядом технологических и эконо-

мических вызовов. Ключевой проблемой остается противоречие между необходимостью сохранения высокого качества продукта (характерного для квасов брожения) и требованием снижения издержек производства в условиях высокой конкуренции с газированными напитками на основе концентратов.

Современная стратегия развития отрасли смещается от экстенсивного расширения ассортимента к интенсивному совершенствованию базовых технологий. Актуальными направлениями являются:

оптимизация параметров технологических процессов, поиск новых видов сырья, внедрение добавок с высокой биологической ценностью, а также изменение функционально-технологических свойств сырья путем целевого физико-химического воздействия [2, 3].

Квас занимает особое место в структуре потребления безалкогольных напитков на российском рынке, являясь не только традиционным продуктом национальной кухни, но и важным элементом здорового питания. Высокая пищевая ценность кваса обусловлена наличием в его составе продуктов метаболизма микроорганизмов (дрожжей и молочнокислых бактерий), витаминов группы В, свободных аминокислот и органических кислот, накапливающихся в процессе сбраживания углеводного сырья растительного происхождения [5, 7].

Однако, несмотря на стабильный потребительский спрос, отрасль сталкивается с рядом серьезных технологических и экономических вызовов. Ключевой проблемой остается противоречие между необходимостью сохранения высокого качества продукта, характерного для квасов полного брожения, и требованием снижения издержек производства в условиях высокой конкуренции с газированными напитками, получаемыми путем купажирования концентратов. Традиционная технология производства качественного кваса является многостадийной, длительной и энергоемкой, что снижает рентабельность предприятий, особенно в условиях сезонности спроса.

Современная стратегия развития отрасли смещается от экстенсивного расширения ассортимента к интенсивному совершенствованию базовых технологий. Актуальными направлениями научных исследований являются: оптимизация параметров технологических процессов, поиск новых видов сырья, позволяющего заменить или повысить эффективность применения «классического» сырья, внесение в рецептуру добавок с высокой биологической ценностью, а также изменение функционально-технологических свойств сырья путем целевого физико-химического воздействия [8].

Целью данной работы является систематизация перспективных технических решений в производстве кваса и обоснование эффективности применения термовакуумной экструзии для замены традиционных стадий подготовки сырья, в частности, процесса изготовления квасных хлебцев.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлись научные данные отечественных источников информации, патентная документация и результаты экспериментальных работ по переработке зернового сырья. В качестве методов исследования использовали методы системного анализа, обобщения научно-технической информации, а также сравнительный анализ традиционных и инновационных технологических

схем. Изучали и анализировали технологию производства сухого кваса, уделяя особое внимание стадиям термической обработки сырья.

Результаты и их обсуждение

Традиционная технология производства хлебного кваса брожения включает стадии подготовки сырья, приготовления сусла, брожения, купажирования и розлива. Наиболее трудоемким и энергоемким этапом, определяющим качество конечного продукта, является приготовление квасного сусла настольным способом. Этот метод обеспечивает наилучшие органолептические показатели благодаря глубокому гидролизу крахмала и формированию комплекса вкусоароматических веществ, но имеет существенные недостатки:

1. Высокая трудоемкость получения квасных хлебцев. Процесс включает замес теста, длительную расстойку (до нескольких часов), выпечку при температурах до 200 °С в течение 6-8 часов и последующую сушку. Выпечка является сложным теплофизическим процессом, требующим точного контроля температурного градиента для обеспечения равномерного пропекания и формирования цвета (реакции меланоидинообразования).

2. Значительные потери сухих веществ. При настаивании хлебцев до 15-20 % экстрактивных веществ теряется в виде нерастворимого остатка – квасной гущи, которая представляет собой экологическую проблему и экономические потери предприятия.

3. Нестабильность качества сырья. Свежевыпеченные квасные хлебцы имеют высокую влажность (до 40 %) и короткий срок хранения (не более 3 суток), что требует их немедленной переработки. Для создания запасов необходима дополнительная энергозатратная сушка до влажности 8-10 %, что приводит к дальнейшим потерям летучих ароматических соединений [3, 9].

Альтернативные методы, такие как использование концентрата квасного сусла (ККС), хотя и упрощают процесс и позволяют легко автоматизировать производство, часто приводят к снижению пищевой ценности и деградации вкусового профиля продукта. Рациональный способ затиарания, предполагающий разваривание сырья под давлением, технически сложен в реализации и не получил широкого распространения на предприятиях малой и средней мощности.

В связи с этим, структурно-функциональный анализ технологии указывает на необходимость модернизации именно стадии подготовки зернового сырья. Перспективным решением становится переход от длительной термической обработки в печах к методам высокотемпературного короткого воздействия (ВТКВ), таким как экструзия.

Экструзионная обработка растительного сырья позволяет одновременно воздействовать на материал влагой, теплом и механическими напряжениями

(сдвиговыми деформациями). Это приводит к ряду глубоких физико-химических превращений:

- деструкция биополимеров: частичный гидролиз крахмала и денатурация белков, что повышает их доступность для ферментов солода на стадии осахаривания.

- формирование аромата: протекание реакций Майяра (неферментативного потемнения) между редуцирующими сахарами и аминокислотами, что придает продукту характерный хлебный аромат и темный цвет [4, 6].

- структурные изменения: формирование пористой структуры, облегчающей последующую экстракцию.

Исследования показывают, что экструзионная обработка солода перед экстрагированием повышает содержание редуцирующих веществ в экстрактах, увеличивает экстрактивность начального сусла и значительно повышает цветность продукта [1, 10]. Однако классическая экструзия при атмосферном давлении часто требует высоких температур, что может приводить к разрушению термолабильных витаминов.

В связи с этим особый научный и практический интерес представляет термовакуумная экструзия. В отличие от классической экструзии, данный метод предполагает выдавливание продукта из фильеры в камеру с пониженным давлением (50-60 кПа). Это принципиально меняет термодинамику процесса и дает ряд преимуществ:

1. Снижение температурного режима («мягкая» обработка). За счет понижения давления температура кипения воды внутри сырья снижается на 5-10 °С. Это позволяет проводить основную термическую обработку при температурах 90-95 °С на выходе из фильеры. Такой режим является щадящим для термолабильных компонентов: сохраняются витамины группы В, часть ферментативной активности и биологически активные вещества, которые полностью инактивируются при традиционной выпечке хлебцев при температурах выше 100-120 °С [4, 6].

2. Энергоэффективность и исключение стадии сушки. Интенсивное вскипание влаги при выходе из зоны высокого давления в вакуумную камеру приводит к мгновенному испарению воды («взрывной» эффект). Это обеспечивает обезвоживание экструдата до влажности $\leq 8\%$ непосредственно в процессе формования. Таким образом, отпадает необходимость в отдельной энергоемкой стадии сушки, что снижает общие энергозатраты на 25-30 % по сравнению с традиционной технологией выпечки и сушки хлебцев [3].

3. Регулирование структуры и минимизация отходов. Изменение параметров вакуума и конструкции фильеры позволяет получать продукт с заданной пористостью и размером частиц (гранулы диаметром 5-10 мм и длиной 5-20 мм). Такая структура обладает высокой удельной поверхностью, что улучшает фильтруемость затора, ускоряет экстрак-

цию и существенно снижает объем образующейся квасной гущи.

На основе проведенных исследований предложена следующая технология замены квасных хлебцев на экструдаты:

Подготовка сырья: Смесь ржаной муки, измельченного ржаного ферментированного солода и ячменного солода увлажняется до необходимого содержания влаги и отволаживается для равномерного ее распределения в подготавливаемом сырье.

Экструзия: Сырье подается в шнековый экструдер, оснащенный вакуумной камерой. Температура сырья в зоне фильеры поддерживается на уровне ниже 100 °С, давление в камере – не выше 65 кПа.

Формование: Экструдат режется вращающимися ножами на гранулы. Благодаря эффекту расширения пара в вакууме, продукт приобретает пористую структуру и сразу достигает необходимой влажности хранения.

Применение: Полученные квасные экструдаты используются для приготовления сусла аналогично сухому квасу, но с большей скоростью и полнотой экстракции.

Выводы

Совершенствование технологии производства кваса должно базироваться на комплексном подходе, сочетающем оптимизацию аппаратного оформления и модернизацию способов подготовки сырья. Замена традиционных квасных хлебцев на экструдаты, полученные методом термовакуумной обработки, является одним из наиболее перспективных направлений, решающим ключевые проблемы отрасли.

Внедрение данной технологии позволяет:

1. Снизить энергоемкость производства на 25-30 % за счет исключения стадии сушки и снижения температуры обработки.

2. Исключить стадию сушки, сократив длительность технологического цикла и повысив производительность оборудования.

3. Повысить биологическую ценность продукта за счет сохранения термолабильных витаминов и ферментов благодаря мягкому температурному режиму в вакууме.

4. Уменьшить объем отходов (квасной гущи) за счет улучшения экстракционных свойств пористого экструдата.

5. Стабилизировать качество полуфабриката и увеличить срок его хранения.

Внедрение термовакуумных экструдеров в сочетании с использованием функциональных добавок и нетрадиционных видов зерна позволит производителям выпускать квас высокого качества с конкурентоспособной себестоимостью, отвечая современным требованиям рынка к здоровому питанию и ресурсосберегающим технологиям.

Литература

- [1] Гарш, З.Э. Совершенствование технологии ржаных солодовых экстрактов с применением экструзии: дис. на соиск. уч. степ. канд. тех. наук: 05.18.01 / Гарш Зинаида Эргардовна. М., 2010. 24 с.
- [2] Кобелев, К.В. Научное обоснование и разработка инновационных технологий напитков на зерновой основе и их идентификация: автореф. дис. на соиск. уч. степ. докт. тех. наук: 05.18.01 /Кобелев Константин Викторович. М., 2018. 50 с.
- [3] Курочкин, А.А. Совершенствование технологии кваса брожения на основе ее структурного анализа /А.А. Курочкин, Е.А. Лукьянова //Инновационная техника и технология. 2020. № 1 (22). С. 13-17.
- [4] Курочкин, А.А. Теоретическое обоснование применения экструдированного сырья в технологиях пищевых продуктов /А.А. Курочкин, П.К. Воронина, Г.В. Шабурова //Монография. Пенза, 2015. 182 с.
- [5] Оганесянц, Л.А. Технология безалкогольных напитков. /Л.А. Оганесянц, А.Л. Панасюк. СПб.: ГИОРД, 2012. 200 с.
- [6] Патент 2460315 Российская Федерация МПК7 A23L1/00. Способ производства экструдатов / заявители: Г.В. Шабурова, А.А. Курочкин, П.К. Воронина, Г.В. Авроров, П.А. Ерушов; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Пензенская ГТА. № 2011107960; заявл. 01.03.2011; опубл. 10.09.2012, Бюл. № 25. 6 с.
- [7] Помозова, В.А. Производство кваса и безалкогольных напитков: Учебное пособие. /В.А. Помозова. СПб: ГИОРД, 2006. 192 с.
- [8] Радионова, И.Е. Производство кваса: Учеб.-метод. пособие. СПб.: Университет ИТМО; ИХиБТ, 2015. 39 с.
- [9] Шабурова, Г.В. Перспективные технические и технологические решения в производстве кваса /Г.В. Шабурова, П.К. Воронина, Л.И. Курмаева // Инновационная техника и технология. 2016. № 3. С. 34-40.
- [10] Basinskiene L. et al.: Non-Alcoholic Beverages from Fermented Cereals with Increased Oligosaccharide Content, Food Technol. Biotechnol. 54 (1) 36-44 (2016). doi: 10.17113/ft b.54.01.16.4106.

References

- [1] Garsh, Z.A. Improvement of the technology of rye malt extracts using extrusion: dis. on competition of a scientific degree. academic step. Cand. technical Sciences: 05.18.01 /Garsh Zinaida Argandona. – M., 2010. 24 p.
- [2] Kobelev, K.V. Scientific substantiation and development of innovative technologies for grain-based beverages and their identification: abstract of the dissertation. for the academic degree. Doctor of Technical Sciences: 05.18.01 /Konstantin ViktorovichKobelev, Moscow, 2018. 50 p.
- [3] Kurochkin, A.A. Improving the fermentation technology of kvass based on its structural analysis / A.A. Kurochkin, E.A. Lukyanova //Innovative Equipment and Technology. 2020. No. 1 (22). Pp. 13-17.
- [4] Kurochkin, A.A. Theoretical justification for the use of extruded raw materials in food product technologies / A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, G.V. Shaburova // Monograph. Penza, 2015. 182 p.
- [5] Oganesyants, L.A. Technology of non-alcoholic beverages. / L.A. Oganesyants, A.L. Panasyuk. St. Petersburg: GIORД, 2012. 200 p.
- [6] Patent 2460315, Russian Federation, IPC7 A23L1/00. Method for producing extrudates / applicants: G.V. Shaburova, A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, G.V. Avrorov, P.A. Erushov; applicant and patent holder: Penza State Technological Academy. No. 2011107960; application date: 01.03.2011; publication date: 10.09.2012, Bulletin No. 25. 6 p.
- [7] Pomozova, V.A. Production of kvass and non-alcoholic beverages: Textbook. / V.A. Pomozova. – St. Petersburg: GIORД, 2006. 192 p.
- [8] Radionova, I.E. Kvass Production: Textbook-method. stipend. SPb.: ITMO University; libt, 2015. – 39 p.
- [9] Shaburova, G.V. Perspective technical and technological solutions in kvass production /G.V. Shaburova, P.K. Voronina, L.I. Kurmayeva //Innovative equipment and technology. – 2016. No. 3. P. 34-40.
- [10] Basinskiene L. et al.: Non-Alcoholic Beverages from Fermented Cereals with Increased Oligosaccharide Content, Food Technol. Biotechnol. 54 (1) 36-44 (2016). doi: 10.17113/ft b.54.01.16.4106.

Сведения об авторах

Information about the authors

Курочкин Анатолий Алексеевич доктор технических наук профессор кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(927) 382-85-03 E-mail: anatolii_kuro@mail.ru	Kurochkin Anatoly Alekseevich D.Sc. in Technical Sciences professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(927) 382-85-03 E-mail: anatolii_kuro@mail.ru
Симаков Данил Геннадьевич аспирант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(937) 914-73-00 E-mail:	Simakov Danil Gennadievich upostgraduate student of the department «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(937) 914-73-00 E-mail: