

ISSN 2414-9845 (Online)

ISSN 2410-0242 (Print)

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

Том 12, № 3, 2025

Научно-теоретический и практический журнал
Издается с 2014 года

Главный редактор

Д. И. Фролов, канд. техн. наук, доцент
Пензенский государственный технологический
университет, Пенза, Россия

Зам. главного редактора

А. А. Курочкин, д-р техн. наук, профессор
Пензенский государственный технологический
университет, Пенза, Россия

Редакционная коллегия:

- А. М. Зимняков**, канд. хим. наук, доцент
Пензенский государственный университет,
Пенза, Россия;
- В. М. Зимняков**, д-р экон. наук, профессор
Пензенский государственный аграрный
университет, Пенза, Россия;
- А. И. Купреенко**, д-р техн. наук, профессор
Брянский государственный аграрный университет,
Брянск, Россия;
- В. И. Курдюмов**, д-р техн. наук, профессор
Ульяновская государственная сельскохозяйственная
академия имени П. А. Столыпина, Ульяновск, Россия;
- О. Н. Кухарев**, д-р техн. наук, профессор
Пензенский государственный аграрный
университет, Пенза, Россия;
- В. А. Милюткин**, д-р техн. наук, профессор
Самарский государственный аграрный
университет, Кинель, Россия;
- В. Ф. Некрашевич**, д-р техн. наук, профессор
Рязанский государственный агротехнологический
университет имени П.А. Костычева, Рязань, Россия;
- А. Н. Омаров**, канд. техн. наук, доктор философии
Западно-Казахстанский инновационно-
технологический университет, Уральск, Казахстан;
- С. В. Чекайкин**, канд. техн. наук, доцент
Пензенский государственный технологический
университет, Пенза, Россия;
- Г. В. Шабурова**, канд. техн. наук, доцент
Пензенский государственный технологический
университет, Пенза, Россия

Адрес редакции:

Фролов Дмитрий Иванович
г. Пенза, ул. Антонова, д.26 к.209
E-mail: surr@itit58.ru, surr@bk.ru
Сайт: <https://itit58.ru>
Издается 4 раза в год

Журнал «Инновационная техника и технология»
индексируется в РИНЦ (<http://www.elibrary.ru>),
Google Scholar, ICI World of Journals,
DOAJ (<https://doaj.org/toc/2410-0242>), AGRIS.

© Фролов Д. И., 2025

INNOVATIVE MACHINERY AND TECHNOLOGY

Volume 12, Issue 3, 2025

Scientific theoretical and practical journal
Issued since 2014

Editor-in-Chief

D. I. Frolov, candidate of technical sciences,
associate professor
Penza State Technological University, Penza, Russia

Deputy-chief editor

A. A. Kurochkin, doctor of technical sciences, professor
Penza State Technological University, Penza, Russia

Editorial board members:

- A. M. Zimnyakov**, cand. of chemical sciences,
assoc. professor
Penza State University, Penza, Russia;
- V. M. Zimnyakov**, doctor of economic sciences,
professor
Penza State Agrarian University, Penza, Russia;
- A. I. Kupreenko**, doctor of technical sciences,
professor
Bryansk State Agrarian University, Bryansk, Russia;
- V. I. Kurdyumov**, doctor of technical sciences, professor
Ulyanovsk State Agricultural Academy
in honor of P.A. Stolypin, Ulyanovsk, Russia;
- O. N. Kuharev**, doctor of technical sciences,
professor
Penza State Agrarian University, Penza, Russia;
- V. A. Milutkin**, doctor of technical sciences,
professor
Samara State Agrarian University, Kinel, Russia;
- V. F. Nekrashevich**, doctor of technical sciences, professor
Ryazan State Agrotechnological University
Named After P.A. Kostychev, Ryazan, Russia;
- A. N. Omarov**, cand. of technical sciences, PhD
West Kazakhstan Innovative
and Technological University, Uralsk, Kazakhstan;
- S. V. Chekaykin**, cand. of technical sciences,
associate professor
Penza State Technological University, Penza, Russia;
- G. V. Shaburova**, candidate of technical sciences,
associate professor
Penza State Technological University, Penza, Russia

The editorial office address:

Dmitry Ivanovich Frolov
Penza, st. Antonov 26-209
E-mail: surr@itit58.ru, surr@bk.ru
website: <https://itit58.ru>
Issued 4 times a year

“Innovative machinery and technology”
indexed in the RSCI (<http://www.elibrary.ru>),
Google Scholar, ICI World of Journals,
DOAJ (<https://doaj.org/toc/2410-0242>), AGRIS.

© Frolov D. I., 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Исследование влияния комплексной консервирующей смеси на качество мясных слайсов из филе индейки <i>Блинохватов А.А., Богданов Н.С., Тришкин Н.А.</i>	7
Анализ содержания сахаров как инструмент оценки качества и подлинности ягодных соков <i>Богданов Н.С., Фролов Д.И.</i>	13
Сравнительный анализ качества бисквитных полуфабрикатов на основе сухих смесей и по традиционной рецептуре <i>Бочкарева З.А., Арзамаскина Е.Ю.</i>	17
Перспективы обогащения хлебобулочных изделий с помощью порошка семян яблок <i>Никонова Е.Э., Гарькина П.К.</i>	22
Разработка оптимальной технологии производства макаронных изделий, обогащённых растительными добавками <i>Родионов Ю.В., Матвеев Д.А., Рыбин Г.В.</i>	25
Оптимизация состава и свойств многозерновых завтраков, произведённых методом экструзии <i>Федорова М.П., Фролов Д.И.</i>	32
Возможности применения овсяной муки в мучных кондитерских изделиях <i>Юрна Д.А., Гарькина П.К.</i>	37

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Влияние экструзии и рецептуры на энергозатраты при производстве безглютеновых продуктов <i>Варламова Т.С., Фролов Д.И.</i>	40
Классификация энергоэффективных систем для термопластической экструзии растительного сырья <i>Курочкин А.А., Аширов Р.Р., Поляков А.В.</i>	45
Рациональные параметры термовакуумной экструзии смеси зерна пшеницы и семян расторопши <i>Курочкин А.А., Соколова Н.Н., Новикова О.А.</i>	50
Современные концепции биопереработки: от линейной экономики к циркулярной биоэкономике <i>Мурашкина О.А., Арзамаскина Е.Ю.</i>	57

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Особенности развития мясопродуктового подкомплекса АПК России <i>Зимняков А.В., Барышников Н.Г.</i>	61
Особенности технологии производства подсолнечного масла <i>Зимняков В.М.</i>	68

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

<i>Порядок рассмотрения, утверждения и отклонения статей</i>	73
<i>Требования к оформлению статьи</i>	73

CONTENTS

FOOD TECHNOLOGY

Study of the effect of a complex preservative mixture on the quality of turkey fillet meat slices <i>Blinohvatov A.A., Bogdanov N.S., Trishkin N.A.</i>	7
Sugar content analysis as a tool for assessing the quality and authenticity of berry juices <i>Bogdanov N.S., Frolov D.I.</i>	13
Comparative analysis of the quality of biscuit semi-finished products based on dry mixes and according to the traditional recipe <i>Bochkareva Z.A., Arzamaskina E.Y.</i>	17
Prospects for enriching bakery products with apple seed powder <i>Nikonova E.E., Garkina P.K.</i>	22
Development of optimal technology for the production of pasta enriched with vegetable additives <i>Rodionov Yu.V., Matveev D.A., Rybin G.V.</i>	25
Optimization of the composition and properties of multigrain breakfasts produced by extrusion <i>Fedorova M.P., Frolov D.I.</i>	32
Applications of oat flour in flour-based confectionery products <i>Yurna D.A., Garkina P.K.</i>	37

TECHNOLOGIES AND MEANS OF MECHANIZATION OF AGRICULTURE

The effect of extrusion and formulation on energy consumption in the production of gluten-free products <i>Varlamova T.S., Frolov D.I.</i>	40
Classification of energy-efficient systems for thermoplastic extrusion of plant raw materials <i>Kurochkin A.A., Ashirov R.R., Polyakov A.V.</i>	45
Rational parameters of thermal vacuum extrusion of a mixture of wheat grain and milk thistle seeds <i>Kurochkin A.A., Sokolova N.N., Novikova O.A.</i>	50
Modern concepts of bioprocessing: from linear economics to circular bioeconomics <i>Murashkina O.A., Arzamaskina E.Yu.</i>	57

ECONOMICS AND ORGANIZATION OF AGRICULTURE

Features of the development of the meat product subcomplex of the Russian agro-industrial complex <i>Zimnyakov A.V., Baryshnikov N.G.</i>	61
Features of the technology of sunflower oil production <i>Zimnyakov V.M.</i>	68

AUTHOR GUIDELINES

<i>The procedure for consideration, approval and rejection of articles</i>	73
<i>Article requirements</i>	73

ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

FOOD TECHNOLOGY

УДК 664.924.1:637.5.04

Исследование влияния комплексной консервирующей смеси на качество мясных слайсов из филе индейки

Блинохватов А.А., Богданов Н.С., Тришкин Н.А.

Аннотация. В статье представлены результаты комплексных исследований, направленных на разработку рецептуры и технологии производства мясных снеков из филе индейки. Цель работы заключалась в создании безопасного, стабильного и органолептически привлекательного продукта с высокой пищевой и биологической ценностью. Для достижения поставленной цели применялись физико-химические, микробиологические и органолептические методы анализа в соответствии с нормативными документами. В качестве основного сырья использовалось филе индейки. В рецептуру включены традиционная нитритная соль и комплексная консервирующая смесь «МастерБленд», содержащая нитрит натрия, ацетат и цитрат натрия, аскорбат, дигидрокверцетин, пряности и экстракт дрожжей. Технологический процесс включал подготовку сырья, нарезку слайсами, маринование, сушку и подсушку. Полученные результаты показали, что использование «МастерБленд» обеспечивает снижение активности воды до 0,74, повышение массовой доли белка до 57 %, стабилизацию цвета и улучшение аромата продукта. Микробиологические испытания подтвердили снижение КМАФАнМ в 2–2,5 раза по сравнению с контрольными образцами и полное отсутствие патогенной микрофлоры. Органолептическая оценка выявила повышение среднего балла до 4,8 из 5 возможных. Разработанная технология обеспечивает получение продукта с высоким содержанием белка, низкой влажностью и длительным сроком хранения. Научная новизна работы заключается в применении комплексной смеси «МастерБленд» как альтернативы традиционным консервантам, обеспечивающей синергетическое действие антиоксидантов и антимикробных компонентов.

Ключевые слова: мясные снеки, филе индейки, технология производства, пищевая ценность, качество, безопасность.

Для цитирования: Блинохватов А.А., Богданов Н.С., Тришкин Н.А. Исследование влияния комплексной консервирующей смеси на качество мясных слайсов из филе индейки // Инновационная техника и технология. 2025. Т. 12. № 3. С. 7–12.

Study of the effect of a complex preservative mixture on the quality of turkey fillet meat slices

Blinohvatov A.A., Bogdanov N.S., Trishkin N.A.

Abstract. This article presents the results of comprehensive research aimed at developing a recipe and production technology for turkey fillet meat snacks. The goal of the study was to create a safe, stable, and organoleptically appealing product with high nutritional and biological value. To achieve this goal, physicochemical, microbiological, and organoleptic analysis methods were used in accordance with regulatory documents. Turkey fillet was used as the primary raw material. The recipe includes traditional nitrite salt and the MasterBlend complex preservative mixture, which contains sodium nitrite, sodium acetate and citrate, ascorbate, dihydroquercetin, spices, and yeast extract. The technological process included raw material preparation, slicing, marinating, drying, and pre-drying. The results obtained showed that the use of MasterBlend reduces water activity to 0.74, increases protein content to 57%, stabilizes color, and improves flavor. Microbiological testing confirmed a 2-2.5-fold reduction in QMAFAnM compared to control samples and a complete absence of pathogenic microflora. Organoleptic evaluation revealed an average score of 4.8 out of 5. The developed technology ensures a product with

high protein content, low moisture, and a long shelf life. The scientific novelty of the study lies in the use of the MasterBlend complex mixture as an alternative to traditional preservatives, providing a synergistic effect of antioxidants and antimicrobial components.

Keywords: meat snacks, turkey fillet, production technology, nutritional value, quality, safety.

For citation: Blinohvatov A.A., Bogdanov N.S., Trishkin N.A. Study of the effect of a complex preservative mixture on the quality of turkey fillet meat slices. *Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]*. 2025. Vol. 12. No. 3. pp. 7–12. (In Russ.).

Введение

Современный рынок пищевых продуктов характеризуется стремительным развитием сегмента функциональных и перекусочных продуктов, предназначенных для активных потребителей, ведущих динамичный образ жизни. В этих условиях всё большее внимание уделяется разработке высокобелковых, натуральных и безопасных снеков, способных удовлетворить потребности организма в питательных веществах при минимальной калорийности и удобстве потребления [1, 2]. Одной из перспективных категорий такой продукции являются мясные снеки, представляющие собой вяленые, сушеные или термически обработанные изделия из мяса с пониженным содержанием влаги, длительным сроком хранения и выраженными вкусовыми свойствами [3].

Актуальность темы исследования обусловлена возросшим интересом населения к продуктам, сочетающим высокую пищевую ценность, безопасность и готовность к употреблению без дополнительной кулинарной обработки. Согласно данным аналитических агентств Mintel и Canadean (2023–2024 гг.), мировой рынок мясных снеков растёт ежегодно на 7–10 %, а в отдельных странах Европы и Северной Америки темпы прироста достигают 20 % [4, 5]. Основными драйверами роста являются стремление к рациональному питанию, повышение требований к качеству и вкусу продуктов, а также тренд на «умные перекусы» – продукты с высоким содержанием белка и пониженным содержанием углеводов. В этом контексте мясные снеки из мяса птицы, в частности из индейки, занимают особое место благодаря оптимальному аминокислотному составу, низкому уровню жира и высокому содержанию микроэлементов (цинк, селен, железо и др.) [6].

Филе индейки представляет собой уникальное сырьё для производства функциональных продуктов. Оно обладает нежной текстурой, легко усваивается организмом, а также характеризуется низким содержанием холестерина по сравнению с традиционными видами красного мяса [7]. Эти особенности делают индейку востребованным сырьевым компонентом для создания здоровых и сбалансированных мясных снеков. Кроме того, отечественный рынок мясной продукции активно развивается в направлении переработки мяса птицы, что способствует снижению себестоимости и повышению доступности подобной продукции для широкого круга потребителей [8].

Научная значимость исследования заключается в комплексном подходе к разработке технологии мясных снеков из филе индейки, включающем выбор оптимальных рецептурных компонентов, обоснование технологических параметров процесса сушки, исследование физико-химических, органолептических и микробиологических характеристик готового продукта, а также оценку его пищевой и биологической ценности [9, 10]. Особое внимание уделено использованию современных консервирующих добавок, таких как нитритно-посолочная смесь и композиция «МастерБленд», обеспечивающих микробиологическую стабильность и сохранение органолептических свойств без применения синтетических консервантов [11].

Практическая значимость работы состоит в создании технологического решения, позволяющего производить конкурентоспособный и безопасный продукт с прогнозируемыми свойствами и длительным сроком хранения. Разработанная технология может быть внедрена на предприятиях мясоперерабатывающей промышленности, специализирующихся на выпуске снековой продукции. Полученные результаты также могут быть использованы при совершенствовании системы ХАССП и

Таблица 1 – Физико-химические показатели мясных слайсов из филе индейки

Показатель	Контроль (нитритная соль)	Опыт (смесь «МастерБленд»)	Нормативное значение
Массовая доля влаги, %	30,2 ± 0,5	28,7 ± 0,4	≤ 35,0
Массовая доля белка, %	55,3 ± 0,8	57,1 ± 0,7	≥ 50,0
Массовая доля жира, %	8,9 ± 0,3	8,5 ± 0,2	≤ 10,0
pH	5,9 ± 0,1	5,8 ± 0,1	5,6–6,2
Активность воды (aw)	0,78	0,74	≤ 0,80

разработке нормативных документов для предприятий отрасли.

Целью исследования является разработка рецептуры и технологии производства мясных слайсов из филе индейки, обеспечивающих высокое качество, безопасность и потребительскую привлекательность готового продукта. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: проведение анализа современного состояния рынка мясных снеков и факторов, формирующих их качество; исследование физико-химических и микробиологических характеристик сырья; подбор оптимального состава посолочных и консервирующих компонентов; разработка технологической схемы и определение режимов сушки; а также оценка экономической эффективности внедрения разработанной технологии.

Объекты и методы исследований

В работе использованы физико-химические, микробиологические и органолептические методы исследований, применяемые в соответствии с действующими стандартами и техническими регламентами Таможенного союза. Определение массовой доли влаги и жира проводилось по ГОСТ 31762–2012, массовой доли белка – по методу Кьельдаля (ГОСТ 9792–73). Микробиологические исследования включали определение количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) по ГОСТ 9225, бактерий группы кишечных палочек (БГКП) по ГОСТ 30518, а также наличие сальмонелл по ГОСТ 30519.

В качестве сырья использовалось филе индейки, соответствующее требованиям ТР ТС 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции». Сырьё характеризовалось свежестью, нормальным запахом, плотной эластичной консистенцией и уровнем pH 5,8–6,2. Микробиологические показатели соответствовали нормативам: КМАФАнМ $\leq 1 \cdot 10^5$ КОЕ/г, отсутствие патогенных микроорганизмов, в том числе сальмонелл.

В качестве функциональных добавок использовались нитритная соль (содержание NaNO_2 – 0,6 %) и комплексная смесь «МастерБленд» в дозировке 20 г на 1 кг мяса. Данная смесь включала нитритную соль, ацетат и цитрат натрия, аскорбат натрия,

Таблица 2 – Органолептическая оценка мясных слайсов из филе индейки

Показатель	Контроль	Опыт («МастерБленд»)
Цвет и внешний вид	4,3	4,8
Запах и аромат	4,4	4,9
Вкус	4,5	4,9
Консистенция	4,2	4,7
Средний балл	4,35	4,83

дигидроокверцетин, а также сбалансированный пряный состав и экстракт дрожжей. Использование этих компонентов обеспечивало улучшение цветобразования, стабилизацию вкуса и повышение микробиологической безопасности готового продукта.

Технологический процесс производства мясных слайсов из филе индейки включал следующие стадии:

Подготовка сырья – обвалка, зачистка и удаление соединительной ткани.

Нарезка филе на слайсы толщиной 4–5 мм с сохранением однородности структуры волокон.

Маринование – выдержка мяса в рассоле с добавками при температуре $(4 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 12 ч.

Сушка в термокамере при температуре 60–65 °C в течение 8–12 ч до достижения массовой доли влаги 25–30 %.

Подсушка и стабилизация при комнатной температуре (20–22 °C) в течение 1–2 ч для равномерного распределения влаги по толщине продукта.

Микробиологическая безопасность готовых изделий и содержание токсичных элементов контролировались в соответствии с требованиями ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Пищевая и энергетическая ценность рассчитывались расчётным методом по уравнению:

$$\mathcal{E} = 4\text{Б} + 9\text{Ж} + 4\text{У}, \quad (1)$$

где \mathcal{E} - энергетическая ценность (ккал),

Б - содержание белков (г),

Ж - содержание жиров (г),

У - содержание углеводов (г) на 100 г продукта.

Аминокислотный скор определялся методом ионно-обменной хроматографии на автоматическом анализаторе Biochrom 30 (Великобритания). Полученные данные использовались для оценки биологической полноценности белков мясных слайсов из филе индейки.

Результаты и их обсуждение

В ходе экспериментальных исследований проведена оценка влияния различных посолочных и консервирующих добавок на качество и стабильность мясных слайсов из филе индейки. Основное внимание уделялось физико-химическим, органолептическим и микробиологическим показателям готового продукта.

Результаты физико-химических испытаний (таблица 1) показали, что использование комплексной смеси «МастерБленд» способствует снижению массовой доли влаги на 1,5–2 %, повышению содержания белка и стабилизации кислотности (pH). Это указывает на более равномерное протекание процессов обезвоживания и созревания продукта в сравнении с контрольным образцом.

Полученные данные свидетельствуют, что применение «МастерБленд» обеспечивает более эффективное снижение активности воды, что спо-

Таблица 3 – Микробиологические показатели мясных слайсов из филе индейки

Показатель	Контроль	Опыт («МастерБленд»)	Норма по ТР ТС 021/2011
КМАФАнМ, КОЕ/г	$3,4 \cdot 10^4$	$1,6 \cdot 10^4$	$\leq 1 \cdot 10^5$
БГКП (в 0,01 г)	Не обнаружено	Не обнаружено	Не допускается
Salmonella spp. (в 25 г)	Не обнаружено	Не обнаружено	Не допускается
Staphylococcus aureus (в 0,1 г)	$1,0 \cdot 10^2$	<10	$\leq 1,0 \cdot 10^2$

способствует замедлению микробиологических процессов и увеличению срока хранения продукта.

Органолептическая оценка (таблица 2) показала улучшение вкусовых характеристик мясных слайсов при использовании комплексной добавки. Продукты отличались равномерной окраской, выраженным мясным ароматом и плотной, но не жесткой консистенцией. Оценка проводилась по пятибалльной шкале по основным показателям: цвет, запах, вкус и текстура.

Таким образом, использование комплексной смеси «МастерБленд» улучшает восприятие продукта потребителем, повышая интенсивность аромата и гармоничность вкуса за счёт оптимального сочетания пряностей и антиоксидантов.

Микробиологические испытания (таблица 3) показали, что все образцы соответствовали требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Однако образцы, обработанные «МастерБленд», характеризовались более низким уровнем микробной обсеменённости, что свидетельствует о синергетическом антимикробном действии ацетата, цитрата и аскорбата натрия в составе добавки.

Таким образом, полученные данные подтверждают, что включение смеси «МастерБленд» в рецептуру мясных слайсов способствует повышению микробиологической стабильности и продлению срока хранения без ухудшения органолептических свойств.

В результате комплексных исследований установлено, что оптимальная рецептура включает использование 20 г смеси «МастерБленд» на 1 кг мяса индейки. Продукт, полученный по данной технологии, характеризуется высокой пищевой и биологической ценностью, приятным вкусом, равномерной окраской и стабильностью при хранении в течение 60 суток при температуре 0–6 °С.

Выводы

В результате проведённых исследований разработана и экспериментально обоснована технология производства мясных слайсов из филе индейки с использованием функциональных посолочных и консервирующих добавок. Показано, что применение комплексной смеси «МастерБленд» в дозировке 20 г на 1 кг сырья обеспечивает повышение микробиологической стабильности продукта, улучшает его органолептические характеристики и способствует продлению срока хранения без использования синтетических консервантов.

Оптимальные технологические параметры были установлены опытным путём: маринование при температуре 4 ± 1 °С в течение 12 ч, сушка при 60–65 °С в течение 8–12 ч и последующая подсушка при комнатной температуре. При данных условиях достигается равномерная дегидратация продукта, формируется плотная, но эластичная текстура, сохраняется натуральный цвет и аромат индейки.

Физико-химические показатели готовых мясных слайсов (влажность – 28,7 %, белок – 57,1 %, жир – 8,5 %) и уровень активности воды ($a_w = 0,74$) соответствуют нормативным требованиям ТР ТС 034/2013, обеспечивая безопасность и стабильность при хранении. Микробиологические испытания подтвердили отсутствие патогенных микроорганизмов и снижение общего уровня обсеменённости в 2–2,5 раза по сравнению с контрольными образцами.

Органолептическая оценка показала, что образцы, произведённые с применением «МастерБленд», получили средний балл 4,8 по пятибалльной шкале, что свидетельствует о выраженном улучшении вкуса, аромата и текстуры. Продукт характеризуется привлекательным внешним видом, приятным мясным ароматом и гармоничным сочетанием вкусовых оттенков.

Расчёт пищевой ценности показал, что 100 г готового продукта содержат около 300 ккал и более 55 г белка, что делает мясные слайсы из филе индейки перспективным источником легкоусвояемого белка. Биологическая полноценность подтверждена аминокислотным анализом, выполненным методом ионно-обменной хроматографии на анализаторе Biochrom 30.

Практическая значимость исследования заключается в возможности внедрения разработанной технологии на предприятиях мясоперерабатывающей промышленности малого и среднего масштаба. Применение смеси «МастерБленд» упрощает процесс технологической обработки, обеспечивает стабильное качество и позволяет уменьшить себестоимость производства за счёт сокращения потерь при сушке и увеличения срока годности.

Разработанная технология отвечает современным требованиям системы ХАССП и концепции здорового питания, поскольку исключает использование искусственных консервантов и обеспечивает высокий уровень безопасности продукта.

Таким образом, полученные результаты подтверждают эффективность и целесообразность применения комплексных консервирующих добавок в технологии производства мясных снеков

из филе индейки. Разработанная рецептура может быть использована при создании аналогичных продуктов на основе мяса других видов птицы и при

совершенствовании действующих технологических регламентов.

Литература

- [1] Антипова Л. В., Глотова И. А., Рогов И. А. Методы исследования мяса и мясных продуктов. – М.: КолосС, 2019. – 376 с.
- [2] Шишкина Д. И., Шишкина Е. И., Соколов А. Ю. Научное обоснование производства мясных снеков функционального назначения // *Инновации и инвестиции*. – 2018. – № 3. – С. 218–224.
- [3] Шабурова Г. В., Курочкин А. А., Чистяков В. П. Белковый комплекс экструдированного ячменя // *Пиво и напитки*. – 2007. – № 3. – С. 12–15.
- [4] Mintel Report. Global Meat Snacks Trends 2024. – London, 2024. – 45 p.
- [5] Canadean Research. Global Protein Snack Market Outlook 2023–2024. – New York: Canadean Press, 2024. – 62 p.
- [6] Брянцева Н. Мясные снеки, как полезный перекус // *Кузбасс: образование, наука, инновации. Молодежный вклад в развитие научно-образовательного центра» Кузбасс*. – 2022. – С. 121–123.
- [7] Арустамян В. С., Курбанова М. Г. Аспекты использования мяса птицы для производства healthy snack // *Пищевые инновации и биотехнологии*. – 2021. – С. 169–171.
- [8] Росстат. Отчёт о состоянии рынка переработки мяса птицы в Российской Федерации за 2023 год. – М., 2024. – 64 с.
- [9] Гуринович Г. В., Узаков Я. М. Инновационные технологии мясных продуктов // *Инновации в пищевой биотехнологии*. – 2018. – С. 148–151.
- [10] Фоменко О. С., Сухов М. А., Щербань В. В. Исследование мясных снеков // *Аграрная наука-сельскому хозяйству*. – 2018. – С. 327–328.
- [11] Белкин А. А. Перспективы развития «чистой» мясной продукции без усилителей вкуса и консервантов в условиях глобального тренда на здоровье // *Вестник науки*. – 2025. – Т. 2. – № 5 (86). – С. 1234–1243.

References

- [1] Antipova, L. V., Glotova, I. A., & Rogov, I. A. (2019). Methods for the analysis of meat and meat products. KolosS.
- [2] Shishkina, D. I., Shishkina, E. I., & Sokolov, A. Y. (2018). Scientific substantiation of functional meat snacks production. *Innovatsii i investitsii [Innovations and Investments]*, (3), 218–224.
- [3] Shaburova, G. V., Kurochkin, A. A., & Chistyakov, V. P. (2007). Protein complex of extruded barley. *Pivo i napitki [Beer and Beverages]*, (3), 12–15.
- [4] Mintel. (2024). Global meat snacks trends 2024 (45 p.). Mintel Group Ltd.
- [5] Canadean. (2024). Global protein snack market outlook 2023–2024 (62 p.). Canadean Press.
- [6] Bryantseva, N. (2022). Meat snacks as a healthy snack. In *Kuzbass: Education, Science, Innovations. Youth Contribution to the Development of the “Kuzbass” Scientific and Educational Center* (pp. 121–123).
- [7] Arustamyan, V. S., & Kurbanova, M. G. (2021). Aspects of using poultry meat for healthy snack production. *Pishchevye innovatsii i biotekhnologii [Food Innovations and Biotechnologies]*, 169–171.
- [8] Rosstat. (2024). Report on the state of the poultry meat processing market in the Russian Federation in 2023 (64 p.).
- [9] Gurinovich, G. V., & Uzakov, Y. M. (2018). Innovative technologies of meat products. In *Innovations in food biotechnology* (pp. 148–151).
- [10] Fomenko, O. S., Sukhov, M. A., & Shcherban, V. V. (2018). Study of meat snacks. In *Agrarnaya nauka – sel'skomu khozyaystvu [Agricultural Science for Agriculture]* (pp. 327–328).
- [11] Belkin, A. A. (2025). Prospects for the development of “clean” meat products without flavor enhancers and preservatives in the context of the global health trend. *Vestnik nauki [Science Herald]*, 2(5(86)), 1234–1243.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Блинохватов Антон Александрович кандидат сельскохозяйственных наук заведующий кафедрой «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 E-mail: bl-anton58@rambler.ru</p>	<p>Blinokhvatov Anton Alexandrovich PhD in Agricultural Sciences head of the department of «Food productions» Penza State Technological University E-mail: bl-anton58@rambler.ru</p>
<p>Богданов Никита Сергеевич студент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p>Bogdanov Nikita Sergeevich student of the department «Food productions» Penza State Technological University</p>
<p>Тришкин Никита Алексеевич студент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 E-mail: trishkin.nik01@mail.ru</p>	<p>Trishkin Nikita Alekseevich student of the department «Food productions» Penza State Technological University E-mail: trishkin.nik01@mail.ru</p>

Анализ содержания сахаров как инструмент оценки качества и подлинности ягодных соков

Богданов Н.С., Фролов Д.И.

Аннотация. В работе исследовано содержание основных сахаров (сахарозы, глюкозы, фруктозы) в соках из различных сортов клубники, малины, чёрной и красной смородины. Кроме того, определено соотношение глюкозы и фруктозы как возможный показатель подлинности продукта. Исследования проводились в течение трёх лет с использованием ферментативных методов, обеспечивающих высокую точность и воспроизводимость анализа. Результаты показали значительные колебания содержания сахаров в зависимости от сорта ягод, условий созревания и года урожая. Для некоторых образцов выявлены отклонения от типичных значений, что указывает на необходимость уточнения нормативов качества для натуральных ягодных соков. Установлено, что только по содержанию сахаров и их соотношению невозможно достоверно определить подлинность соков, и для оценки качества необходимо применять комплексный подход, включающий дополнительные физико-химические и биохимические методы анализа.

Ключевые слова: ягодные соки, сахара, сахароза, глюкоза, фруктоза, ферментативный анализ, качество, подлинность, фальсификация.

Для цитирования: Богданов Н.С., Фролов Д.И. Анализ содержания сахаров как инструмент оценки качества и подлинности ягодных соков // Инновационная техника и технология. 2025. Т. 12. № 3. С. 13–16.

Sugar content analysis as a tool for assessing the quality and authenticity of berry juices

Bogdanov N.S., Frolov D.I.

Abstract. This study examined the content of the main sugars (sucrose, glucose, and fructose) in juices from various varieties of strawberries, raspberries, blackcurrants, and redcurrants. Furthermore, the glucose-to-fructose ratio was determined as a possible indicator of product authenticity. The studies were conducted over a three-year period using enzymatic methods, which ensure high accuracy and reproducibility of analysis. The results revealed significant variations in sugar content depending on berry variety, ripening conditions, and harvest year. For some samples, deviations from typical values were detected, indicating the need to refine quality standards for natural berry juices. It was established that sugar content and ratio alone are insufficient to reliably determine juice authenticity, and a comprehensive approach, including additional physicochemical and biochemical analytical methods, is necessary for quality assessment.

Keywords: berry juices, sugars, sucrose, glucose, fructose, enzymatic analysis, quality, authenticity, falsification.

For citation: Bogdanov N.S., Frolov D.I. Sugar content analysis as a tool for assessing the quality and authenticity of berry juices. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2025. Vol. 12. No. 3. pp. 13–16. (In Russ.).

Введение

Качество и подлинность плодово-ягодных соков являются важнейшими показателями их пищевой и потребительской ценности. В условиях насыщенного рынка и роста числа производителей вопрос достоверности состава и происхождения соковой продукции приобретает особую актуальность. Наиболее распространёнными способами фальсификации

являются разбавление водой, добавление сахаров, органических кислот, ароматизаторов, красителей и соков из более дешёвого сырья [1, 2].

Для выявления подделок применяются физико-химические методы анализа, основанные на сравнении фактических показателей состава с типичными характеристиками натурального продукта. Особое внимание уделяется содержанию сахаров – сахарозы, глюкозы и фруктозы, которые являются основными

Таблица 1 – Содержание сахарозы в соках из ягодных культур, г/л

Вид сока	2023	2024	2025	Среднее значение ±σ
Клубничный	5,3	1,5	1,8	2,9 ± 2,0
Малиновый	2,1	3,2	5,4	3,6 ± 1,7
Чёрносмородиновый	6,4	8,1	9,8	8,1 ± 1,7
Красносмородиновый	0,4	0,6	1,2	0,7 ± 0,4

углеводами ягодных культур. Их количественные соотношения зависят от ботанического вида, сорта, степени зрелости плодов и условий выращивания, что делает эти показатели информативными при оценке натуральности продукции [3–5].

Ферментативные методы анализа сахаров характеризуются высокой чувствительностью и селективностью, позволяют получать точные результаты при относительно простом лабораторном оснащении и широко используются в отечественной и зарубежной практике [6–8].

Цель настоящей работы – исследовать содержание сахарозы, глюкозы и фруктозы, а также соотношение глюкозы и фруктозы в соках из различных сортов ягодных культур и оценить возможность использования этих показателей для определения качества и подлинности продукции.

Объекты и методы исследований

Объектами исследования являлись свежие ягоды четырёх культур: клубника (*Fragaria ananassa*), малина (*Rubus idaeus*), чёрная смородина (*Ribes nigrum*) и красная смородина (*Ribes rubrum*). Для каждой культуры использовались три сорта, распространённые в европейской части России. Сбор ягод проводился в период технологической спелости на опытных участках в течение трёх лет (2022–2024 гг.) при стабильных агротехнических условиях.

Сразу после сбора ягоды сортировали, замораживали при температуре минус 28 °С и хранили не более трёх месяцев до анализа. Перед проведением исследований образцы размораживали при температуре 20 ± 2 °С и использовали для получения соков.

Соки получали путём холодного прессования размороженных ягод с последующим центрифугированием при 10 000 об/мин в течение 15 мин при температуре 4 °С. Полученные соки фильтровали через бумажные фильтры до прозрачности. Перед анализом образцы нейтрализовали раствором ги-

дроксида натрия до pH 8, осветляли поливинилпирролидоном (PVPP) и разбавляли дистиллированной водой до требуемой концентрации сухих веществ.

Количественное определение сахарозы, глюкозы и фруктозы проводили ферментативным методом с использованием стандартных наборов для биохимического анализа углеводов (ООО «БиоХимАналит», Россия). Метод основан на последовательных ферментативных реакциях с образованием никотинамидадениндинуклеотида (NADH), оптическая плотность которого измерялась при длине волны 340 нм на спектрофотометре UNICO 1201.

Рассчитывали концентрации сахаров по формуле:

$$C = (\Delta A \times V \times M) / (\varepsilon \times d \times v) \quad (1)$$

где С – содержание сахара, г/л;

ΔA – разность оптической плотности;

V – конечный объём пробы, мл;

v – объём аликвоты, мл;

M – молекулярная масса сахара, г/моль;

ε – молярный коэффициент поглощения NADH (6,3 л·ммоль⁻¹·см⁻¹);

d – длина оптического пути, см.

После определения концентраций моносахаридов рассчитывали соотношение глюкозы и фруктозы (G/F), которое рассматривалось как дополнительный параметр, характеризующий природность состава сока.

Каждое измерение проводилось в трёх повторностях. Статистическую обработку данных выполняли с использованием программы Statistica 10.

Результаты и их обсуждение

Содержание сахарозы в исследованных ягодных соках представлено в таблице 1.

Как видно из таблицы, наибольшее содержание сахарозы характерно для соков из чёрной смородины (в среднем 8,1 г/л), что может быть связано с сортовыми особенностями и условиями созревания ягод. Наименьшее количество сахарозы отмечено в соках из красной смородины (менее 1 г/л).

Глюкоза и фруктоза являются основными моносахаридами ягодных культур, обеспечивающими сладкий вкус и энергетическую ценность продукта. Их концентрации приведены в таблице 2.

Из таблицы видно, что наибольшее количество глюкозы и фруктозы содержится в соках из чёрной смородины, а наименьшее – в клубничных. Среднее соотношение глюкозы и фруктозы в исследованных

Таблица 2 – Содержание глюкозы и фруктозы в соках из ягодных культур, г/л

Вид сока	Глюкоза 2023	Глюкоза 2024	Глюкоза 2025	Среднее ±σ	Фруктоза 2023	Фруктоза 2024	Фруктоза 2025	Среднее ±σ
Клубничный	21,4	20,2	23,5	21,7 ± 1,7	24,6	22,3	26,1	24,3 ± 1,9
Малиновый	22,8	20,9	24,1	22,6 ± 1,6	26,5	25,3	28,4	26,7 ± 1,6
Чёрносмородиновый	33,1	36,5	41,2	36,9 ± 4,1	44,2	47,8	53	48,3 ± 4,5
Красносмородиновый	29,5	31,2	33,8	31,5 ± 2,1	34,8	36,7	38,2	36,6 ± 1,7

Таблица 3 – Соотношение глюкозы и фруктозы (G/F) в соках из ягодных культур

Вид сока	2023	2024	2025	Среднее значение ±σ
Клубничный	0,87	0,91	0,9	0,89 ± 0,02
Малиновый	0,86	0,83	0,85	0,85 ± 0,02
Чёрносмородиновый	0,75	0,77	0,78	0,77 ± 0,02
Красносмородиновый	0,85	0,85	0,88	0,86 ± 0,02

образцах колебалось от 0,85 до 0,95, что соответствует природным соотношениям для свежих ягод.

Показатель G/F (отношение глюкозы к фруктозе) является важным параметром, отражающим природность и степень зрелости ягод.

Как видно, соотношение глюкозы и фруктозы у большинства соков близко к единице, что характерно для натуральных продуктов без добавления сахаров. Наименьшее значение показателя отмечено для чёрной смородины, что связано с естественным преобладанием фруктозы в этих ягодах.

Проведённые исследования показали, что химический состав ягодных соков существенно зависит от вида сырья и климатических условий сезона. В более тёплые и сухие годы (2024–2025) отмечено увеличение содержания как глюкозы, так и фруктозы, что согласуется с данными о влиянии температуры на процессы накопления углеводов.

Сравнение полученных данных позволяет сделать вывод, что диапазон колебаний концентраций сахаров в натуральных ягодных соках достаточно широк, поэтому определение подлинности продукта только по содержанию отдельных сахаров не является надёжным критерием. Для объективной оценки качества следует применять комплексный подход, включающий анализ органических кислот, минерального состава и ароматических компонентов.

Литература

- [1] Конарбаева З. К. и др. Совершенствование технологии производства ферментированных напитков на основе плодово-ягодных соков // International scientific research. – 2018. – С. 344-345.
- [2] Краснова Т. А. и др. К вопросу формирования качества напитков //Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2015. – №. 6. – С. 101-109.
- [3] Чалая Л. Д. и др. Особенности накопления биологически активных веществ в ягодах малины, выращенных в условиях юга России // Плодоводство и ягодоводство России. – 2009. – Т. 22. – №. 2. – С. 367-376.

Выводы

В результате проведённых исследований установлено, что содержание основных сахаров – сахарозы, глюкозы и фруктозы – в ягодных соках существенно зависит от вида ягодного сырья, погодных условий вегетационного периода и года урожая. Для всех исследованных соков характерно преобладание моносахаридов (глюкозы и фруктозы), в то время как доля сахарозы незначительна и варьирует в пределах 0,5–8 г/л.

Наибольшее общее содержание сахаров выявлено в соках из чёрной смородины (в среднем до 90 г/л в пересчёте на сумму углеводов), что связано с физиологическими особенностями культуры. Клубничные и малиновые соки характеризуются умеренным содержанием сахаров (45–55 г/л), а красносмородиновые – минимальным (около 35–40 г/л).

Показатель соотношения глюкозы и фруктозы (G/F) во всех образцах находился в диапазоне 0,75–0,95, что свидетельствует о природном происхождении сахаров и отсутствии внешних добавок.

Полученные данные подтверждают, что анализ содержания сахаров может быть использован как один из индикаторов качества и натуральности ягодных соков, однако для достоверной оценки подлинности необходимо комплексное исследование, включающее дополнительные физико-химические и биохимические показатели (органические кислоты, минеральный и изотопный состав, ароматические соединения и др.).

Результаты могут быть использованы при разработке нормативных документов и методических рекомендаций по контролю качества соковой продукции отечественного производства, а также при создании базы данных типичных значений содержания сахаров в натуральных ягодных соках, характерных для российских сортов и климатических зон.

References

- [1] Konarbaeva, Z. K., et al. (2018). Improvement of fermentation beverage production technology based on fruit and berry juices. International Scientific Research, 344–345.
- [2] Krasnova, T. A., et al. (2015). On the issue of beverage quality formation. Tekhnologiya i tovarovedenie innovatsionnykh pishchevykh produktov [Technology and Commodity Science of Innovative Food Products], (6), 101–109.
- [3] Chalaya, L. D., et al. (2009). Features of bioactive compound accumulation in raspberry berries grown in southern Russia. Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii [Fruit and Berry Growing in Russia], 22(2), 367–376.

- [4] Багатурия Н. Ш., Купатадзе И. В. Подлинность натуральности плодово-ягодных соков // Пиво и напитки. – 2005. – №. 6. – С. 36-37.
- [5] Урубков С. А. и др. Анализ химического состава и пищевой ценности сушёных плодов с целью их использования в продуктах детского питания // Ползуновский вестник. – 2018. – №. 3. – С. 62-68.
- [6] Самылина И. А. и др. Определение сахаров спектрофотометрическими методами // Фармация. – 2009. – №. 4. – С. 3-5.
- [7] Устименко В. Н., Пономарева Т. Г. Рациональные методы определения сахаров в растительной продукции // Агробиологические основы адаптивно-ландшафтного ведения сельскохозяйственного производства. – 2018. – С. 19-22..
- [8] Якуба Ю. Ф., Марковский М. Г. Определение глюкозы, сахарозы и фруктозы методом капиллярного электрофореза // Вопросы питания. – 2015. – Т. 84. – №. 1. – С. 89-94.
- [4] Bagaturia, N. Sh., & Kupatadze, I. V. (2005). Authenticity of natural fruit and berry juices. Pivo i napitki [Beer and Beverages], (6), 36–37.
- [5] Urubkov, S. A., et al. (2018). Analysis of the chemical composition and nutritional value of dried fruits for use in children’s food products. Polzunovskii vestnik [Polzunov Bulletin], (3), 62–68.
- [6] Samylina, I. A., et al. (2009). Spectrophotometric determination of sugars. Farmatsiya [Pharmacy], (4), 3–5.
- [7] Ustimenko, V. N., & Ponomareva, T. G. (2018). Rational methods for sugar determination in plant-based products. In Agrobiologicheskie osnovy adaptivno-landshaftnogo vedeniya sel’skokhozyaistvennogo proizvodstva [Agrobiological Foundations of Adaptive and Landscape-Based Agricultural Production] (pp. 19–22).
- [8] Yakuba, Y. F., & Markovskiy, M. G. (2015). Determination of glucose, sucrose, and fructose by capillary electrophoresis. Voprosy pitaniya [Problems of Nutrition], 84(1), 89–94.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Богданов Никита Сергеевич студент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p>Bogdanov Nikita Sergeevich student of the department «Food productions» Penza State Technological University</p>
<p>Фролов Дмитрий Иванович кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>	<p>Frolov Dmitriy Ivanovich PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>

Сравнительный анализ качества бисквитных полуфабрикатов на основе сухих смесей и по традиционной рецептуре

Бочкарева З.А., Арзамаскина Е.Ю.

Аннотация. Приведены исследования процесса приготовления бисквитного полуфабриката из сухой смеси и приготовленного по традиционной рецептуре. Целью работы являлся сравнительный анализ бисквитных полуфабрикатов, приготовленных традиционным способом и из сухой смеси для их изготовления. Исследованы показатели качества бисквитного теста: плотность и пеноустойчивость, и готовых бисквитных полуфабрикатов: влажность мякиша, пористость, намокаемость, а также органолептические показатели. Результаты исследования показали, что технология приготовления бисквитного полуфабриката из сухой смеси упрощает технологический процесс, так как отсутствует этап подготовки сырья к производству, все компоненты замешиваются одновременно, продолжительность замеса значительно меньше, чем по традиционной рецептуре. Готовое тесто имеет более низкую плотность и длительную пеноустойчивость. Пеноустойчивость бисквитного теста, изготовленного по традиционной рецептуре, снизилась на 29% через 3 часа хранения. По органолептическим показателям полуфабрикат из сухой бисквитной смеси имеет равномерную мелкопористую структуру, хороший объем, почти не уступает по вкусу полуфабрикату, приготовленному по традиционной рецептуре. В готовом бисквитном полуфабрикате из сухой бисквитной смеси содержание белков, жиров и углеводов ниже, соответственно снижается и энергетическая ценность. Бисквитный полуфабрикат по традиционной рецептуре обладает большей пищевой ценностью, что объясняется тем, что при его производстве используются натуральные ингредиенты.

Ключевые слова: полуфабрикат, бисквитный, смесь, сухая, рецептура, традиционная, анализ.

Для цитирования: Бочкарева З.А., Арзамаскина Е.Ю. Сравнительный анализ качества бисквитных полуфабрикатов на основе сухих смесей и по традиционной рецептуре // Инновационная техника и технология. 2025. Т. 12. № 3. С. 17–21.

Comparative analysis of the quality of biscuit semi-finished products based on dry mixes and according to the traditional recipe

Bochkareva Z.A., Arzamaskina E.Y.

Abstract. Studies of the process of preparing a semi-finished biscuit product from a dry mixture and prepared according to a traditional recipe are presented. The purpose of the work was a comparative analysis of biscuit semi-finished products prepared in the traditional way and from a dry mixture for the manufacture of biscuit semi-finished products. The quality indicators of biscuit dough were studied: density and foam resistance, and finished biscuit semi-finished products: crumb moisture, porosity, wetness, as well as organoleptic parameters. The results of the study showed that the technology of preparing a biscuit semi-finished product from a dry mixture simplifies the technological process, since there is no stage of preparing raw materials for production, all components are mixed simultaneously, and the kneading time is much shorter than according to the traditional recipe. The finished dough has a lower density and long-lasting foam resistance. The foam resistance of biscuit dough made according to the traditional recipe decreased by 29% after 3 hours of storage. According to organoleptic parameters, the semi-finished product from a dry biscuit mixture has a uniform fine-pored structure, a good volume, and is almost as good in taste as the semi-finished product prepared according to a traditional recipe. In the finished biscuit semi-finished product from a dry biscuit mixture, the content of proteins, fats and carbohydrates is lower, and the energy value decreases accordingly. The biscuit semi-finished product according to the traditional recipe has a higher nutritional value, which is explained by the fact that natural ingredients are used in its production.

Keywords: semi-finished product, biscuit, mixture, dry, recipe, traditional, analysis.

For citation: Bochkareva Z.A., Arzamaskina E.Y. Comparative analysis of the quality of biscuit semi-finished products based on dry mixes and according to the traditional recipe. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2025. Vol. 12. No. 3. pp. 18–21. (In Russ.).

Введение

На современном рынке создание мини-пекарен и кондитерских является популярным форматом для начинающих предпринимателей, основным аргументом при этом является востребованность продукции и возможность быстро перестраивать производство в соответствии с современными требованиями рынка [1]. Среди всего разнообразия выпеченных полуфабрикатов, используемых для производства тортов и пирожных, наибольшее применение имеют бисквитные полуфабрикаты [2,3,4]. Бисквитный полуфабрикат, изготовленный традиционным способом, считается достаточно капризным продуктом, отнимающим немало ресурсов. Однако процесс приготовления бисквитов значительно упрощается благодаря использованию специальных готовых смесей для производства бисквитного теста. Данные смеси используют для изготовления новых видов бисквитных полуфабрикатов с сохранением основных свойств. Применение смесей удобно тем, что можно получить продукт стандартного качества, с меньшими затратами сырья и ресурсов [4]. Использование смеси решает основную задачу – приготовленный бисквит соответствует качеству продукта, приготовленного по традиционной рецептуре. Сегодня многие компании-поставщики предлагают большой ассортимент специальных смесей для приготовления бисквита - от основных позиций (классический, масляный, шоколадный бисквиты) до фантазийных (бисквит со вкусом йогурта, творожный и сырный) [3]. Использование сухих смесей для бисквитного полуфабриката позволяет не только расширить ассортимент изделий, но и улучшить культуру производства. Все это представляет большой интерес для предприятий малой мощности и частных предпринимателей. Преимущество таких смесей обусловлено возможностью исключить этапы подготовки сырья к производству, сокращением дополнительных площадей помещений для хранения сырья [3].

Целью работы являлся сравнительный анализ бисквитных полуфабрикатов, приготовленных традиционным способом и из сухой смеси для их изготовления.

Объекты и методы исследований

В соответствии с целью и задачами работы объектами исследований служили: смесь «Бисквизит» (производство компании «АСТРИ», Россия, (ТУ 9195001-45362031-03 «Смеси

кондитерские бисквитные»); бисквитное тесто из сухой бисквитной смеси, готовый полуфабрикат из сухой бисквитной смеси; бисквитное тесто, изготовленное традиционным способом по рецептуре №1 сборника рецептур [5], готовый бисквитный полуфабрикат, изготовленный традиционным способом по рецептуре №1 сборника рецептур.

При изготовлении бисквитных полуфабрикатов использовались следующие продукты: мука пшеничная высшего сорта по ГОСТ 26574-2017, меланж по ГОСТ 30363-2013, крахмал картофельный по ГОСТ Р 53876-2010, сахар-песок по ГОСТ 33222-2015.

Для определения физико-химических показателей теста были использованы следующие методы: определение плотности теста, то есть степени его аэрирования, выражали отношением сбитой массы к массе дистиллированной воды в том же объеме при температуре 20 °С; пеноустойчивость определяли после взбивания как отношение высоты пены к первоначальной через 3 часа. Для определения влажности готового бисквитного полуфабриката использовали ГОСТ 5900-2014, намокаемости - ГОСТ 10114-80, пористости - ГОСТ 5669-96 с помощью прибора Журавлева.

Контрольный образец готовили по технологической инструкции, указанной в сборнике рецептур [5].

Технологический процесс приготовления бисквитного полуфабриката из сухой смеси состоит из следующих стадий: все компоненты (сухую смесь, холодную воду и меланж) загружают во взбивальную машину и сбивают одновременно при обороте частоты вращения венчика 250...300 об/мин, продолжительность сбивания 10 минут. Готовая масса должна увеличиться в объеме в 2,5 - 3 раза, быть светло-кремового цвета. Готовое бисквитное тесто имеет хорошую механическую устойчивость. Формы и листы выстилают бумагой или смазывают жиром. Бисквитное тесто кладут в формы на $\frac{3}{4}$ их высоты и выпекают полуфабрикат при температуре 170 – 180 °С в течение 20-40 минут. Выпеченный бисквит подвергают выстаиванию не менее 8 часов. Влажность выпеченного полуфабриката по нормативным документам должна составлять 25,00±3,0%.

Результаты и их обсуждение

В Основными компонентами сухой смеси являются мука пшеничная с добавлением крахмала,

Таблица 1 – Органолептические показатели сухой бисквитной смеси

Наименование показателя	Показатели сухой бисквитной смеси
Внешний вид	Сухой порошкообразный однородный продукт
Цвет	Белый
Запах и вкус	Сладковатый, с привкусом муки, не имеет посторонних запахов и привкусов

Таблица 2 – Химический состав сухой бисквитной смеси (в 100 г)

Исследуемый объект	Влага, %	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г
Сухая бисквитная смесь	11	6,02	0,34	77,9

Таблица 3 – Физико-химические показатели бисквитного теста

Показатели	Бисквитное тесто по рецептуре №1	Бисквитное тесто из смеси
Плотность теста, г/см ³	0,53	0,46
Стойкость пены, (пеноустойчивость) см ³	120	169

Таблица 4 – Физико-химические показатели готового бисквитного полуфабриката

Показатели	Бисквитный полуфабрикат по рецептуре №1	Бисквитный полуфабрикат из смеси
Влажность, %	24,2	28,1
Пористость	75,4	80,8
Намокаемость, %	289	265

Таблица 5 – Пищевая ценность бисквитного полуфабриката

Бисквит	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Энергетическая ценность, ккал
Бисквитный полуфабрикат по рецептуре №1	8,94	5,9	60	330
Бисквитный полуфабрикат из смеси	6,6	3,5	53	270

предназначенная для сбивных видов теста, сахар, выполняющий роль стабилизатора, эмульгаторы и разрыхлитель. Сухая смесь для приготовления бисквита содержит минимальное количество влаги и соответственно обладает небольшим объемом и массой, а также высокой концентрацией питательных веществ. Низкая влажность и отсутствие активных ферментных систем благоприятствуют

долгому хранению продукта при сохранении качественных свойств [4].

По органолептическим показателям сухая бисквитная смесь соответствует требованиям, указанным в таблице 1.

В таблице 2 представлены данные, характеризующие химический состав сухой бисквитной смеси.

Бисквитное тесто является неустойчивой системой, это - высококонцентрированная дисперсия воздуха в среде, состоящей из сахара, меланжа, муки и крахмала. При сбивании в присутствии воздуха молекулы белка ориентируются на поверхности раздела фаз «жидкость – воздух», образуются пенообразные структуры. Но за счет перенасыщения избыточной свободной энергией на границе раздела фаз пленочный каркас из яично-сахарной массы и муки может быстро разрушаться. Поэтому такие показатели как пеноустойчивость и плотность теста являются немаловажными показателями, представленными в таблице 3.

На основании данной таблицы можно сделать следующие выводы: тесто из бисквитной смеси более воздушное, уменьшение плотности бисквитного теста говорит о большем насыщении теста воздухом, что положительно сказывается на качестве выпеченного полуфабриката. Смесь имеет высокие показатели пеноустойчивости, что позволяет прерывать при необходимости технологический цикл на некоторое время. По данным литературы [2] – от 3 до 5 часов, это, вероятно, связано с вхождением в состав смеси структурообразующих пищевых добавок: эмульгаторов и стабилизаторов. Их добавление смещает pH в щелочную сторону, что также способствует устойчивости пены [6]. В бисквите из смеси более плотная оболочка воздушного пузырька, следовательно, он более устойчив к механическим воздействиям, то есть после взбивания бисквит можно выпекать не сразу. По результатам исследования, через 3 часа хранения пеноустойчивость бисквита, изготовленного по традиционной рецептуре, снизилась на 29%.

Для готового бисквитного полуфабриката основными функционально-технологическими показателями являются следующие: влажность, пористость, намокаемость, данные показатели указаны в таблице 4.

Влажность бисквитного полуфабриката, приготовленного традиционным способом, ниже на 10,33%, чем влажность бисквитного полуфабриката из смеси, это объясняется тем, что одним из ингредиентов бисквитного полуфабриката, приготовленного из смеси, является вода, за счет которой и увеличивается влажность готового полуфабриката. Пористость бисквитного полуфабриката на основе сухой смеси больше на 7,16%. При этом намокаемость готового полуфабриката снижается, что очевидно связано с большей мелкопористостью полуфабриката на основе сухой смеси.

На основании расчетных данных проведен

Таблица 6 – Результаты исследования витаминного и минерального состава бисквитных полуфабрикатов

Макроэлементы	Бисквитный полуфабрикат по рецептуре №1	Бисквитный полуфабрикат из смеси
Минеральные вещества		
Натрий	44,65	44,3
Кальций	70,85	65,15
Железо	1,86	1,24
Фосфор	136	125,9
Магний	35,7	28,9
Витамины		
В1	0,09	0,07
В2	0,27	0,22
РР	0,44	0,4

сравнительный анализ содержания минеральных веществ, витаминов в готовом бисквитном полуфабрикате из сухой смеси с готовым полуфабрикатом, приготовленным традиционным способом (по сборнику рецептов). Пищевая ценность бисквитного полуфабриката представлена в таблице 5.

По данным таблицы видно, что в готовом бисквитном полуфабрикате из сухой бисквитной смеси содержание белков, жиров и углеводов ниже, чем по традиционной технологии из сборника рецептов, что объясняется составом бисквитной смеси. Соответственно понижается и энергетическая ценность. Результаты исследования витаминного и минерального состава бисквитных полуфабрикатов даны в таблице 6.

По результатам таблицы можно сделать следующие выводы: содержание натрия и железа идентично; содержание кальция в традиционном полуфабрикате больше на 8%; фосфора – на 8%; магния – на 24%. Содержание витаминов в традиционном бисквитном полуфабрикате превышает их содержание в бисквитном полуфабрикате из смеси: В1 – на 28%; В2 – на 23%; РР – на 10%. Бисквитный полуфабрикат по традиционной рецептуре обладает большей пищевой ценностью, что объясняется тем, что при его производстве используются натуральные ингредиенты.

При сравнении органолептических показателей готовых бисквитных полуфабрикатов можно сделать вывод, что особых отличий не наблюдает-

ся, все показатели бисквитного полуфабриката на основе бисквитной смеси приближены к показателям традиционного полуфабриката, но пористость в бисквитном полуфабрикате, приготовленном из сухой бисквитной смеси превосходит показатели традиционного полуфабриката. Однако имеет менее насыщенный вкус.

Результаты исследования показали, что технология приготовления бисквитного полуфабриката из сухой смеси имеет некоторые преимущества: продолжительность взбивания бисквита из сухих смесей в течение 10 минут, что в 3-4 раза меньше продолжительности взбивания бисквитного теста по традиционной рецептуре; значительно упрощается технология приготовления теста, так как все компоненты дозируются и смешиваются одновременно, исключая приготовление полуфабриката по фазам, что значительно облегчает производственный процесс; при приготовлении бисквита экономятся трудозатраты, производственные площади, электроэнергия; взбитая масса отличается стойкостью и стабильностью объема, технологический процесс может быть прерван на несколько часов; полученный готовый полуфабрикат мало отличается от приготовленного по традиционной рецептуре.

Недостатками бисквита из сухой смеси является присутствие пищевых добавок, которых нет в традиционном полуфабрикате. Использование натуральных продуктов не влияет отрицательно на функции организма. Полуфабрикат из сухой смеси имеет меньшую пищевую ценность.

Выводы

Главное преимущество бисквитного полуфабриката, приготовленного по традиционной рецептуре – это натуральный вкус, без привкуса «химии», при изготовлении можно контролировать состав, добавляя различные виды муки и продукты с различными вкусами (лимонная или апельсиновая цедра, какао-порошок и пр.), но приготовление требует навыков и большого количества времени. Бисквитный полуфабрикат приготовленный из сухой смеси дает производителю стабильность и гарантированный результат, простоту и скорость, но сложно менять базовый состав и технологию приготовления.

Литература

- [1] Бочкарева З.А. Изделия хлебобулочные мелкоштучные повышенной пищевой ценности // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 4. С. 94-99. EDN: UZCAHZ

References

- [1] Bochkareva, Z. A. (2015). Melkoshhtuchnye khlebobulochnye izdeliya povyshennoy pishchevoy tsennosti [Small bakery products of enhanced nutritional value]. Izvestiya Samarskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii [Bulletin of Samara State Agricultural Academy], (4), 94-99. EDN: UZCAHZ

- [2] Обзор разработок изделий из бисквитного теста специального назначения // Божко С.Д., Чернышова А.Н., Ершова Т.А., Серженко А.С./Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2020. № 2 (61). С. 45-52. EDN: MUSBIZ
- [3] Бисквитная классика. «РесторановедЪ». 2008. №3
- [4] Шалтумаев Т. Ш., Могильный М. П. Применение новых сухих бисквитных смесей в технологии бисквитных полуфабрикатов // Известия вузов. Пищевая технология. 2008. №1.С. 36-38. EDN: JWRMOP
- [5] Сборник рецептов на торты, пирожные, кексы, рулеты, печенье, пряники, коврижки и сдобные булочные изделия. М.: Хлебпродинформ, 2000.
- [6] Новицкая Е.А. Использование пенообразующих свойств ржаной обдирной муки в технологии бисквитного полуфабриката автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Санкт-Петербургский торгово-экономический институт. Санкт-Петербург, 2006. EDN: NKDPBR
- [2] Bozhko, S. D., Chernyshova, A. N., Ershova, T. A., & Serzhenko, A. S. (2020). Obzor razrabotok izdeliy iz biskvitnogo testa spetsial'nogo naznacheniya [Review of developments of specialty sponge cake products]. Tekhnologiya i tovarovedenie innovatsionnykh pishchevykh produktov [Technology and Commodity Science of Innovative Food Products], (2)(61), 45–52. EDN: MUSBIZ
- [3] Biskvitnaya klassika [Sponge cake classics]. (2008). Restoranoved [Restaurateur], (3).
- [4] Shaltumaev, T. Sh., & Mogil'nyy, M. P. (2008). Primenenie novykh sukhikh biskvitnykh smesey v tekhnologii biskvitnykh polufabrikatov [Use of new dry sponge cake mixes in sponge cake semi-finished product technology]. Izvestiya vuzov. Pishcheyaya tekhnologiya [University Proceedings. Food Technology], (1), 36–38. EDN: JWRMOP
- [5] Sbornik retseptur na torty, pirzhnye, keksy, rulety, pechene, pryanniki, kovrizhki i sdobnye bulochnye izdeliya [Recipe collection for cakes, pastries, muffins, rolls, cookies, gingerbread, honey cakes, and enriched bakery products]. (2000). Khlebproinform.
- [6] Novitskaya, E. A. (2006). Ispol'zovanie penoobrazuyushchikh svoystv rzhanoj obdirnoy muki v tekhnologii biskvitnogo polufabrikata [Use of foaming properties of rye wholemeal flour in sponge cake semi-finished product technology] (Candidate's thesis abstract, technical sciences). Sankt-Peterburgskiy torгово-ekonomicheskiy institut [St. Petersburg Trade and Economics Institute]. EDN: NKDPBR

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Бочкарева Зенфира Альбертовна кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(927) 094-79-49 E-mail: bochkarijevaz@mail.ru</p>	<p>Bochkareva Zenfira Albertovna PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(927) 094-79-49 E-mail: bochkarijevaz@mail.ru</p>
<p>Арзамаскина Елизавета Юрьевна магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 E-mail: yelizaveta.kondrashkina@mail.ru</p>	<p>Arzamaskina Elizaveta Urievna undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University E-mail: yelizaveta.kondrashkina@mail.ru</p>

Перспективы обогащения хлебобулочных изделий с помощью порошка семян яблок

Никонова Е.Э., Гарькина П.К.

Аннотация. Наиболее эффективным методом профилактики йододефицитных заболеваний является обогащение йодом продуктов массового потребления, к которым, прежде всего, относятся хлеб и хлебобулочные изделия, причём за счёт добавок, в которых йод находится в физиологически доступной форме (органический йод). В качестве такой нетрадиционной йодсодержащей добавки были выбраны семена яблок.

Ключевые слова: диетические изделия, йодсодержащие добавки, порошок яблок, хлебобулочные изделия.

Для цитирования: Никонова Е.Э., Гарькина П.К. Перспективы обогащения хлебобулочных изделий с помощью порошка семян яблок // Инновационная техника и технология. 2025. Т. 12. № 3. С. 22–24.

Prospects for enriching bakery products with apple seed powder

Nikonova E.E., Garkina P.K.

Abstract. The most effective method of preventing iodine deficiency diseases is to enrich iodine-rich foods, such as bread and bakery products, with iodine in a form that is easily absorbed by the body (organic iodine). Apple seeds have been chosen as an alternative source of iodine.

Keywords: dietary products, iodine-containing supplements, apple powder, and bakery products.

For citation: Nikonova E.E., Garkina P.K. Prospects for enriching bakery products with apple seed powder. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2025. Vol. 12. No. 3. pp. 22–24. (In Russ.).

Введение

Йододефицитные заболевания (йододефицит) - расстройства, связанные с дефицитом йода, которые рассматриваются Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) как наиболее распространённые во всем мире заболевания неинфекционного характера. Поэтому учёными ведутся разработки по созданию рецептур изделий с повышенным содержанием йода.

Каждый пятый житель России в той или иной степени страдает от недостатка йода, и эта цифра постоянно растет. В начале 2002 года при плановой диспансеризации выявлено увеличение объема щитовидной железы у 40% школьников. Лишь в единичных исследованиях последних лет прослеживается снижение распространенности йододефицитных заболеваний у детей и подростков РФ на фоне осуществления региональных профилактических программ.

Обогащая хлеб йодом, необходимо обеспечить его сохранение в готовом продукте.

Изучение применения порошка семян яблок в

производстве хлебобулочных изделий представляет собой интересный аспект развития пищевой промышленности, направленный на повышение полезных свойств продуктов питания.

Семена яблок содержат большое количество ценных веществ, включая витамины группы В, витамин Е, аминокислоты и антиоксиданты.

Использование порошков семян яблок в составе хлебобулочных изделий позволяет обогатить продукты полезными веществами и придать новые вкусовые оттенки.

Основными преимуществами является повышение содержания витаминов и минеральных веществ, повышение реологических свойств теста, придание готовым изделиям специфического вкуса и аромата, возможное снижение риска сердечно-сосудистых заболеваний.

Цель исследований – проанализировать исследования отечественных ученых в области применения порошка семян яблок в производстве хлебобулочных изделий. В рамках исследования будет проведен обзор существующих рецептур и методов использования порошка семян яблок.

Объекты и методы исследований

В качестве методов исследования использовались методы анализа, синтеза и обобщения.

Результаты и их обсуждение

Обобщены научные данные по проблеме обогащения пищевых продуктов массового потребления и специального назначения витаминами и минеральными веществами [1].

Автором Вершининой О.Л. предложена разработка рецептуры с применением семян яблок в качестве йодсодержащей добавки для производства хлебобулочных изделий. Для исследования были использованы семена яблок сорта Симиренко, выращенные в Краснодарском крае. Учитывая, что семена яблок содержат вещество – гликозид амигдалин, которое под действием фермента амигдалаза расщепляется с выделением синильной кислоты, технологический процесс приготовления порошка включал следующие этапы: сушку семян в сушильном шкафу при температуре (70 – 80 °С) в течение 30 минут с целью инактивации фермента амигдалаза, измельчение на лабораторной технологической мельнице ЛМТ-1, просеивание через шелковое сито № 21 и смешивание с сахарной пудрой (1:1). Полученная добавка представляет собой сыпучий порошок кремового цвета влажностью 8,0-8,5 %. Для изучения возможности применения порошка, полученного из семян яблок, в качестве йодсодержащей добавки в хлебобулочные изделия был проведён анализ содержания йода в нём. Количественное определение йода проводили титриметрическим методом [2]. Рациональную дозировку йодсодержащей добавки устанавливали с учетом следующих факторов: содержания йода в добавке; физиологической потребности организма человека в йоде (150-200 мкг в сутки); рекомендуемого потребления хлебобулочных изделий (200-250 г); - предполагаемой сохранности йода в процессе производства хлеба; - рекомендуемого уровня содержания микронутриента в обогащенных изделиях.

Автором Коровиной В.С. порошок из семян яблок был испытан при производстве хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки. За основу взяли рецептуру хлеба столичного. Тесто для приготовления хлеба готовили однофазным способом, на закваске спонтанного брожения, которую получили путем вывода из муки и воды по рецептуре, которую размножали в течение 5 суток. Порошок из семян яблок обладает хорошей сыпучей консистен-

цией, поэтому его предварительно перемешивали с мукой, а затем просеивали. Соль вводили в виде профильтрованных водных растворов, дрожжи – в виде водной суспензии. Замешивание теста и формование тестовых заготовок проводили на лабораторном оборудовании. Порошок из семян яблок вносили в тесто обогащенного ржано-пшеничного хлеба в количестве 2,5 кг на 100 кг муки. Установлено, что все опытные образцы хлеба с порошком из семян яблок по органолептическим показателям не уступали контрольным и характеризовались правильной формой, развитой, без пустот и уплотнений пористостью, имели пропеченный, не липкий, не влажный на ощупь и эластичный мякиш, характерный вкус и запах. Добавление в рецептуру хлеба столичного порошка из семян яблок практически не оказывало влияния на влажность и кислотность мякиша готовых изделий, но наблюдалось увеличение удельного объёма на 4-5 % и пористости – на 2-3 % по сравнению с контрольной пробой [3].

С целью рационального использования местного фруктового и овощного сырья Магомедовым Г.О и Перфиловой О.В. было предложено использовать в качестве источников функциональных ингредиентов тыквенный и яблочный порошки из выжимок, полученных при производстве соков прямого отжима, которые при выходе сока 40–45% сохраняют высокую пищевую ценность. Порошки были получены с помощью ИК-сушки выжимок при температуре 60–65°С, обеспечивающей высокую сохранность термолабильных нутриентов. В результате исследования выявлено отличие от традиционного хлеба из пшеничной муки [5], разработанные новые виды хлебобулочных изделий характеризуются наличием в своём составе таких антиоксидантов, как витамин С и флавоноиды, которые позволяют повысить их антиоксидантную ценность [4].

Выводы

Принимая во внимание положительные результаты исследований, порошок, получаемый из семян яблок, можно рассматривать как перспективное йодсодержащее сырьё для производства хлебобулочных изделий, обогащённых органическим йодом. Возможности использования порошка семян яблок открывает перспективы для создания функциональных пищевых продуктов, обладающих повышенной биологической ценностью и привлекательных потребительских качеств. Однако важно провести тщательные научные исследования и обеспечить безопасность такого нововведения для потребителей.

Литература

- [1] Спиричев В. Б., Шатнюк Л. Н. Обогащение пищевых продуктов микронутриентами: научные принципы и практические решения // Пищевая промышленность. – 2010. – №. 4. – С. 20-24.

References

- [1] Spirichev V. B., Shatnyuk L. N. Fortification of food products with micronutrients: scientific principles and practical solutions // Food industry. - 2010. - No. 4. - P. 20-24.

- [2] Вершинина О. Л., Росляков Ю. Ф., Гончар В. В. Хлебобулочные изделия, обогащенные органическим йодом // Хлебопродукты. – 2016. – № 3. – С. 50-51.
- [3] Использование нетрадиционного йодсодержащего растительного сырья в хлебопечении / О. Л. Вершинина, В. В. Гончар, Ю. Ф. Росляков, В. С. Коровина // Инновационные исследования и разработки для научного обеспечения производства и хранения экологически безопасной сельскохозяйственной и пищевой продукции : сборник материалов III Международной научно-практической конференции, Краснодар, 08–19 апреля 2019 года. Том Часть 2. – Краснодар: Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий Российской академии сельскохозяйственных наук, 2019. – С. 56-59. – EDN EKOWZK.
- [4] Магомедов, Г. О. Фруктово-овощные порошки из выжимок сокового производства - источник функциональных ингредиентов в хлебопечении / Г. О. Магомедов, О. В. Перфилова // Хлебопродукты. – 2019. – № 3. – С. 60-61. – DOI 10.32462/0235-2508-2019-28-3-60-61. – EDN UUPFRT.
- [5] Патент № 2579488 С1 Российская Федерация, МПК А21D 8/02. Способ производства хлебобулочных изделий : № 2014146596/13 : заявл. 19.11.2014 : опубл. 10.04.2016 / Г. В. Шабурова, П. К. Воронина, А. А. Курочкин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пензенский государственный технологический университет». – EDN UOANLF.
- [2] Vershinina O. L., Roslyakov Yu. F., Gonchar V. V. Bakery products enriched with organic iodine // Bread products. - 2016. - No. 3. - P. 50-51.
- [3] Use of non-traditional iodine-containing plant materials in bakery / O. L. Vershinina, V. V. Gonchar, Yu. F. Roslyakov, V. S. Korovina // Innovative research and development for scientific support of production and storage of environmentally safe agricultural and food products: collection of materials of the III International scientific and practical conference, Krasnodar, April 8-19, 2019. Volume Part 2. – Krasnodar: State Scientific Institution All-Russian Research Institute of Tobacco, Shag, and Tobacco Products of the Russian Academy of Agricultural Sciences, 2019. – pp. 56-59. – EDN EKOWZK.
- [4] Magomedov, G. O. Fruit and vegetable powders from juice production pomace – a source of functional ingredients in bakery / G. O. Magomedov, O. V. Perfilova // Bread products. – 2019. – No. 3. – pp. 60-61. – DOI 10.32462/0235-2508-2019-28-3-60-61. – EDN UUPFRT.
- [5] Patent No. 2579488 C1 Russian Federation, IPC A21D 8/02. Method for producing bakery products: No. 2014146596/13: declared 19.11.2014: published 10.04.2016 / G. V. Shaburova, P. K. Voronina, A. A. Kurochkin [et al.]; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education “Penza State Technological University”. – EDN UOANLF.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Никонова Екатерина Эдуардовна магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p>Nikonova Ekaterina Eduardovna undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University</p>
<p>Гарькина Полина Константиновна кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(927) 094-79-49 E-mail: worolina89@mail.ru</p>	<p>Garkina Polina Konstantinovna PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(927) 094-79-49 E-mail: worolina89@mail.ru</p>

Разработка оптимальной технологии производства макаронных изделий, обогащённых растительными добавками

Родионов Ю.В., Матвеев Д.А., Рыбин Г.В.

Аннотация. Разработка новых рецептур и технологии производства макаронных изделий функционального назначения позволяет решить сразу несколько проблем – восполнение дефицитов витаминов и микроэлементов у населения, создание специальных рационов питания для отдельных групп людей, а также возможность повысить содержание биологически активных веществ в рационе питания людей, живущих и работающих в зоне Крайнего Севера и местах, в которые затруднена доставка свежих овощей и фруктов. Всё это обуславливает актуальность данной темы. Исследования проводились на базе НОЦ ТГТУ-МичГАУ «Экотехнологии им. Ю.Г. Скрипникова». В рамках исследования изучались ранее разработанные рецептуры функциональных макаронных изделий на базе муки из мягких и твёрдых сортов пшеницы, обогащённых растительными добавками в виде экстрактов черноплодной рябины сорта «Мулатка», чеснока сорта «Юбилейный Грибовский» и его шелухи, а также порошка из тыквы сорта «Мичуринская» и муки нута. Изучалась наиболее оптимальная стадия введения используемых добавок в замешиваемое тесто. Для чего изготавливались образцы макаронных изделий в виде лапши из муки из твёрдых сортов пшеницы и воды, в которые добавлялись нутовая мука и порошок из тыквы либо в муку перед замешиванием, либо вместе с добавлением воды, либо после добавления муки в замешанное тесто. После чего производилась оценка изделий и формирование заключений специалистами ЦКП «Селекция сельскохозяйственных культур и технологии производства, хранения и переработки продуктов питания функционального и лечебно-профилактического назначения» ФГБОУ ВО «МичГАУ». В результате получили, что наиболее оптимальным является добавление нутовой муки и порошка тыквы сорта «Мичуринская» в муку перед добавлением воды или экстракта. Это позволяет добиться наиболее равномерного перемешивания добавок, отсутствия непромесов, а также не изменяет органолептических характеристик изделия. Однако это повышает хрупкость изделия из-за повышенной влагоёмкости, что затрудняет гидратацию клейковины. Поэтому введение порошков требует увеличенного количества добавляемой воды относительно базового изделия. На базе проведённых экспериментальных исследований разработана технология производства функциональных макаронных изделий, включающая этапы производства растительных добавок посредством при помощи вакуумной технологии.

Ключевые слова: макароны, функциональность, обогащение, растительные добавки, оптимизация.

Для цитирования: Родионов Ю.В., Матвеев Д.А., Рыбин Г.В. Разработка оптимальной технологии производства макаронных изделий, обогащённых растительными добавками // Инновационная техника и технология. 2025. Т. 12. № 3. С. 25–31.

Development of optimal technology for the production of pasta enriched with vegetable additives

Rodionov Yu.V., Matveev D.A., Rybin G.V.

Abstract. The development of new recipes and technologies for the production of functional pasta makes it possible to solve several problems at once – making up for deficiencies of vitamins and trace elements in the population, creating special diets for certain groups of people, as well as the ability to increase the content of biologically active substances in the diets of people living and working in the Far North and places where delivery is difficult. fresh vegetables and fruits. All this determines the relevance of this topic. The research was conducted on the basis of the REC TSTU-MICHGAU «Ecotechnologies named after Yu.G. Skripnikova». The study examined previously developed formulations of functional pasta based on flour from soft and durum wheat varieties, enriched with vegetable additives in the form of extracts of mountain ash of the Mulatka variety, garlic of the Yubileyny Gribovsky variety

and its husks, as well as pumpkin powder of the Michurinskaya variety and chickpea flour. The most optimal stage of introducing the additives used into the kneaded dough was studied. For this purpose, pasta samples were made in the form of noodles made from durum wheat flour and water, to which chickpea flour and pumpkin powder were added either to the flour before kneading, or together with the addition of water, or after adding flour to the kneaded dough. After that, the products were evaluated and conclusions were drawn up by specialists of the Central Research and Development Center «Crop Breeding and technologies for the production, storage and processing of functional and therapeutic food products» of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «MICHGAU». As a result, it was found that the most optimal way is to add chickpea flour and Michurinskaya pumpkin powder to the flour before adding water or extract. This allows for the most uniform mixing of additives, the absence of non-mixtures, and also does not change the organoleptic characteristics of the product. However, this increases the fragility of the product due to the increased moisture content, which makes it difficult for gluten to hydrate. Therefore, the introduction of powders requires an increased amount of added water relative to the base product. Based on the conducted experimental studies, a technology for the production of functional pasta products has been developed, including the stages of the production of herbal additives using vacuum technology.

Keywords: pasta, functionality, enrichment, herbal supplements, optimization.

For citation: Rodionov Yu.V., Matveev D.A., Rybin G.V. Development of optimal technology for the production of pasta enriched with vegetable additives. *Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]*. 2025. Vol. 12. No. 3. pp. 26–31. (In Russ.).

Введение

В современном мире функциональные продукты питания приобретают всё большую значимость, что обусловлено несколькими факторами. Так в последнее время происходит значительное изменение как медицинских рекомендаций, так и потребительских предпочтений в области питания. Здоровое сбалансированное питание является важнейшим критерием для повышения качества и продолжительности жизни [1-6]. При этом население становится более осведомлённым о составе продуктов питания и их влиянии на организм. Растёт спрос на качественные продукты, в том числе обладающие заданными свойствами и обогащённые витаминами, микроэлементами и другими биологически активными веществами. Также существуют категории людей с особыми потребностями в питании – это дети, спортсмены, военнослужащие, пожилые, страдающие хроническими заболеваниями, проживающие в северных регионах люди, беременные женщины. Кроме того, можно отметить имеющийся дефицит некоторых витаминов и микроэлементов у значительной части рядового населения нашей страны [7-10]. При этом важнейшей задачей является разработка отечественных технологий и оборудования для производства продуктов функционального питания, которое в совокупности с использованием местного сырья позволит создавать импортозамещающее высокорентабельное производство, способное изготавливать уникальные продукты питания.

Макаронные изделия являются отличной базой для производства функционального питания.

Это один из самых распространённых продуктов, который есть в рационе большей части людей в нашей стране. Он прост в приготовлении, подходит для большого количества блюд, а также удобен в хранении и транспортировании. Его обогащение растительными добавками позволит получать легкоусвояемые естественные биологически активные вещества, а также повышает доверие к продукту. Всё это делает актуальной задачу разработки технологии приготовления макаронных изделий.

В ранее проведённых исследованиях были определены оптимальные рецептуры макаронных изделий функционального назначения, обогащённых растительными добавками в виде порошка из тыквы сорта «Мичуринская», муки нута и экстрактов из черноплодной рябины сорта «Мулатка» и экстракта чеснока сорта «Юбилейный Грибовский» и его шелухи [11]. Разработанные рецептуры и их антиоксидантная ценность представлены в таблице 1.

Таким образом, модернизация состава приводит к необходимости модернизировать технологическую линию и определять наиболее оптимальный способ и последовательность введения описанных добавок.

При разработке функциональных продуктов питания, созданных на основе известных рецептов, одним из ключевых критериев является сохранение органолептических характеристик базового продукта, что способствует его принятию потребителями и успешному внедрению на рынок. Этому критерию также должна отвечать технология производства, поэтому важно провести экспериментальные исследования по определению оптимальной стадии

Таблица 1 – Разработанные рецептуры функциональных макаронных изделий

№ образца	Состав, г.	Антиоксидантная ценность, мг/100 г.
1	Мука из твёрдых сортов пшеницы – 87,0, тыква «Мичуринская» порошок – 10, мука нута – 3, экстракт черноплодной рябины – 50, соль – 1,5	78,82
8	Мука из мягких сортов пшеницы – 87,0, порошок из тыквы сорта «Мичуринская» – 10, мука нута – 3, экстракт чеснока «Юбилейный Грибовский» – 50, соль – 1,5	83,07
9	Мука из мягких сортов пшеницы – 87,0, тыква порошок «Мичуринская» – 10, мука нута – 3, экстракт шелухи чеснока «Юбилейный Грибовский» – 50, соль – 1,5	77,08

внесения добавок, поскольку это напрямую влияет на органолептические и реологические свойства макаронных изделий.

Цель статьи: Определение оптимальной технологии производства макаронных изделий, обогащённых растительными добавками, выражающейся в последовательности введения используемых добавок.

Объекты и методы исследования

Экспериментальные исследования проводились на базе НОЦ ТГТУ-МичГАУ «Экотехнологии им. Ю.Г. Скрипникова». Исследовалось стадия внесения порошкообразных добавок в замешиваемое тесто. В процессе замешивалось классическое макаронное тесто, состоящее из муки из твёрдых сортов пшеницы (дурум, содержание белка 12%, влажность 14%) и воды (температура 20°C), в которое добавлялся порошок из тыквы сорта «Мичуринская» (влажность 8%) и мука нута производитель «Твердохлеб» (влажность 9%) либо на стадии перешивания с мукой, либо совместно с введением воды, либо после введения воды. После чего вручную замешивалось тесто и формировались макаронные изделия в виде лапши и исследовались на вкрапления непромешанного порошка исходя из чего делался вывод о качестве теста. При этом вкрапления и агломераты порошка не допускались, поскольку это может вызвать разрушение изделий в процессе сушки или при хранении и транспортировке. Оценка и формирование заключений про-

водилась специалистами на базе ЦКП «Селекция сельскохозяйственных культур и технологии производства, хранения и переработки продуктов питания функционального и лечебно-профилактического назначения».

Результаты и их обсуждение

Результаты проведённой оценки представлены в таблице 2.

В результате проведённых исследований можно сделать вывод о том, что наиболее оптимальной является добавление используемых порошков к муке до подачи воды или экстракта, поскольку в иных случаях наблюдаются непромеси и агломерация порошка, что недопустимо и негативно сказывается как на органолептических, так и на реологических свойствах. Однако также установлено, что при добавлении порошка на первом этапе и перемешивании его с сухой мукой, готовые изделия получаются хрупкими, что связано с недостаточной гидратацией клейковины. Следовательно, необходимо увеличить количество воды или экстракта, используемого при замесе теста, для повышения прочности получаемого продукта.

На основании данных рекомендаций разработаем технологическую схему производства функциональных макаронных изделий с учётом интеграции процессов производства растительных добавок на основании блок-схемы технологического процесса, представленного на рисунке 1.

Представленная блок-схема содержит этапы

Таблица 2 – Результаты экспериментальных исследований

Добавка	Технологический этап	Характеристика
Порошок тыквы сорта «Мичуринская»	Добавление в муку	Цвет: равномерный; Текстура: повышенная хрупкость; Вкус: слабый тыквенный привкус.
	Добавление совместно с водой	Цвет: неравномерный; Текстура: повышенная липкость, непромеси; Вкус: выраженный тыквенный вкус.
	Добавление в замешанное тесто	Цвет: неравномерный; Текстура: повышенная плотность и хрупкость, непромеси и агломераты; Вкус: концентрированный тыквенный вкус в скоплениях порошка.
Мука нута	Добавление в муку	Цвет: равномерный; Текстура: повышенная хрупкость; Вкус: лёгкий ореховый привкус.
	Добавление совместно с водой	Цвет: неравномерный; Текстура: повышенная липкость, зернистость; Вкус: Выраженный вкус нута
	Добавление в замешанное тесто	Цвет: неравномерный; Текстура: неоднородная с наличием агломератов и непромесов; Вкус: концентрированный вкус нута в местах скопления муки, в остальной части – слабо выражен.

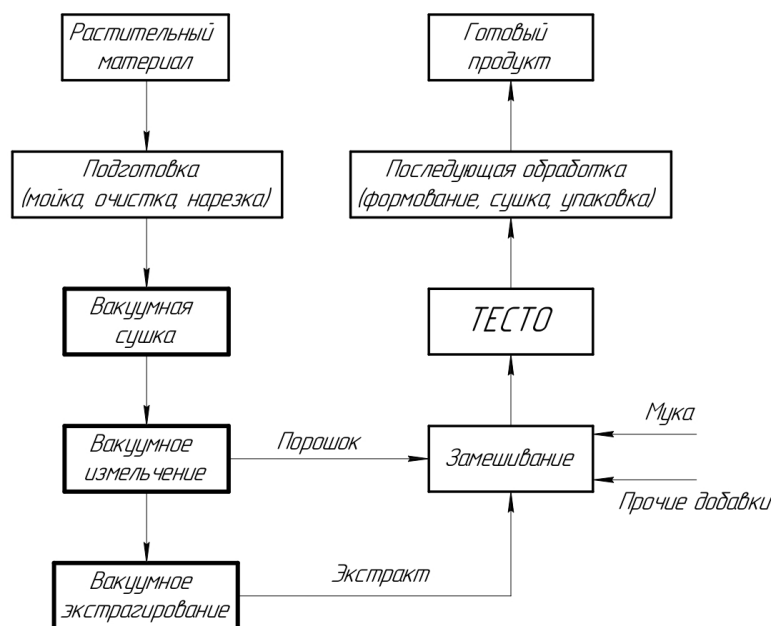


Рис. 1. Блок-схема модернизированной технологии производства макаронных изделий функционального назначения

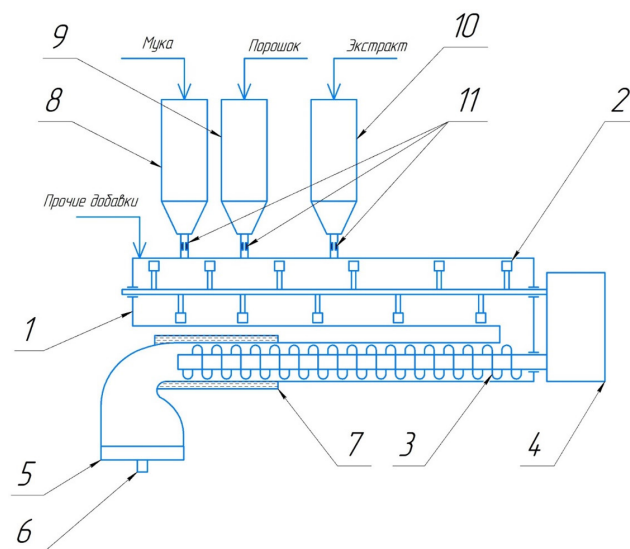


Рис. 2. Модернизированный участок замешивания теста: 1 – корпус, 2 – лопатки, 3 – шнек, 4 – привод, 5 – матрица, 6 – нож, 7 – рубашка охлаждения, 8, 9, 10 – бункеры, 11 – дозаторы.

вакуумного измельчения, сушки и экстрагирования. За счёт чего производство добавок осуществляется непосредственно на производстве. Это позволяет повысить его рентабельность, а также производить уникальные продукты с использованием растительного материала из местного сырья. Использование вакуумных технологий переработки позволяет получать добавки из растительного материала высокого качества и с максимальным содержанием биологически активных веществ, что очень важно при производстве функциональных продуктов питания.

Модернизированный участок замешивания теста представлен на рисунке 2.

В качестве базовой технологии используется последовательный смеситель, в корпусе 1 которого последовательно установлены лопатки 2 и шнек 3, которые приводятся во вращение электродвигателем с соответствующим приводом 4 [12]. По мере

работы тесто движется по смесителю, от начального участка с зоной подачи компонентов, до конечного с выходным отверстием, на котором смонтирована матрица 5, определяющая форму изделий, с ножом 6, разделяющим выходящие изделия на части. Также в конечной части смесителя расположена рубашка охлаждения 7. Это очень важная часть, поскольку в процессе замешивания из-за трения масса может значительно нагреваться, что негативно сказывается как на тесте, так и на содержащихся в нем биологически активных веществах, которые могут разрушаться из-за воздействия высоких температур. В зоне подачи добавок установим бункеры 8,9,10 с дозаторами 11. В бункере 8 хранится мука, благодаря чему возможно её точное дозирование. В бункер 9 собирается порошок, выходящий из вакуумного измельчителя, это нужно для обеспечения

бесперебойной работы линии. В бункере 10 хранится и охлаждается произведённый экстракт.

Вакуумное экстрагирование – это периодический процесс, поэтому для его интеграции с непрерывным производством макаронных изделий нужна соответствующая ёмкость. Также важной задачей бункера 10 является охлаждение содержащегося там экстракта, температура которого после экстрагирования составляет 50-60°C, что недопустимо при замесе теста для макаронных изделий. При этом бункер 10 стоит после бункеров 8 и 9 в соответствии с полученными результатами исследований.

Для дополнительных добавок, например, нутовой муки, устанавливая бункер с дозатором целесообразно, поскольку вносимая масса достаточно мала и может быть добавлена вручную.

Литература

- [1] Холодов, О. М. Влияние питания на здоровье студентов и школьников / О. М. Холодов, И. А. Ермаков // Здоровый образ жизни, физическая культура и спорт: тенденции, традиции, инновации: Сборник научных трудов. Симферополь: Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, 2020. С. 233-237. EDN AZAUVQ.
- [2] Тутельян, В. А. Спортивное питание: от теории к практике / В. А. Тутельян, Д. Б. Никитюк, А. В. Погожева. Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Торговый Дом «ДеЛи», 2020. 256 с. ISBN 978-5-6042712-9-2. EDN GEAACK.
- [3] Филина, И. А. Влияние ПИТАНИЯ НА КАЧЕСТВО ЖИЗНИ ПОДРОСТКОВ / И. А. Филина, С. С. Никишина, А. С. Кулакова // Медико-фармацевтический журнал Пульс. 2021. Т. 23, № 10. С. 13-19. DOI 10.26787/nyd-ha-2686-6838-2021-23-10-13-19. EDN LTFWMT.
- [4] Кудреватых, М. А. Оценка питания школьников и его влияние на физическое развитие и заболеваемость / М. А. Кудреватых, Н. А. Шатханова // Acta Biomedica Scientifica (East Siberian Biomedical Journal). 2020. Т. 5, № 5. С. 81-85. DOI 10.29413/ABS.2020-5.5.11. EDN SLCCWC.
- [5] Николаенков, М. Д. Роль спортивного питания в тренировочном процессе / М. Д. Николаенков, Е. В. Иванова // Вопросы экспертизы и качества медицинской помощи. 2025. № 2. С. 11-15. EDN KSRDCN.
- [6] Хисматуллин, Д. Р. Влияние микро - и макроэлементов в продуктах питания на здоровье человека / Д. Р. Хисматуллин, В. М. Чигвинцев, Д. А. Кирьянов // Вестник Пермского университета. Серия: Биология. 2020. № 1. С. 54-62. DOI 10.17072/1994-9952-2020-1-54-62. EDN KHNSXV.
- [7] Исследование причин дефицита макро и микроэлементов у женщин репродуктивного возраста / Х. Мирсаидова, С. Гулямов. Современные

Выводы

В результате экспериментальных исследований установлено, что при производстве функциональных макаронных изделий, обогащённых растительными добавками в виде порошков, наиболее оптимальным является их внесение до подачи воды, благодаря чему можно добиться наиболее равномерного перемешивания. При этом добавление порошков вызывает необходимость увеличения количество подаваемой воды, поскольку снижение гидратации клейковины, вызванное добавлением порошков, снижает прочность готовых изделий. Дальнейшее исследование тематики связано с поиском новых растительных материалов для обогащения макаронных изделий, а также совершенствованием технологии их производства.

References

- [1] Kholodov, O. M., & Yermakov, I. A. (2020). Vliyanie pitaniya na zdorov'e studentov i shkol'nikov [The impact of nutrition on the health of students and schoolchildren]. In *Zdorovyy obraz zhizni, fizicheskaya kul'tura i sport: Tendentsii, traditsii, innovatsii* [Healthy Lifestyle, Physical Culture and Sport: Trends, Traditions, Innovations] (pp. 233–237). V. I. Vernadsky Crimean Federal University. EDN: AZAUVQ
- [2] Tutel'yan, V. A., Nikityuk, D. B., & Pogozheva, A. V. (2020). Sportivnoe pitanie: Ot teorii k praktike [Sports nutrition: From theory to practice]. *Obshchestvo s ogranichennoy otvetstvennost'yu "Torgovyy Dom "DeLi"*. ISBN 978-5-6042712-9-2. EDN: GEAACK
- [3] Filina, I. A., Nikishina, S. S., & Kulakova, A. S. (2021). Vliyanie pitaniya na kachestvo zhizni podrostkov [The impact of nutrition on adolescents' quality of life]. *Mediko-farmatsevticheskiy zhurnal "Puls"*, 23(10), 13–19. <https://doi.org/10.26787/nyd-ha-2686-6838-2021-23-10-13-19> EDN: LTFWMT
- [4] Kudrevatykh, M. A., & Shatkhanova, N. A. (2020). Otsenka pitaniya shkol'nikov i ego vliyanie na fizicheskoe razvitiye i zaboлеваemost' [Assessment of schoolchildren's nutrition and its impact on physical development and morbidity]. *Acta Biomedica Scientifica (East Siberian Biomedical Journal)*, 5(5), 81–85. <https://doi.org/10.29413/ABS.2020-5.5.11> EDN: SLCCWC
- [5] Nikolaenkov, M. D., & Ivanova, E. V. (2025). Rol' sportivnogo pitaniya v trenirovochnom protsesse [The role of sports nutrition in the training process]. *Voprosy ekspertizy i kachestva meditsinskoy pomoshchi* [Issues of Medical Care Expertise and Quality], (2), 11–15. EDN: KSRDCN
- [6] Khimatullin, D. R., Chigvintsev, V. M., & Kir'yanov, D. A. (2020). Vliyanie mikro- i makroelementov v produktakh pitaniya na zdorov'e cheloveka [The influence of micro- and macroelements in food on

- проблемы охраны окружающей среды и общественного здоровья. 2023. № 1. С. 104-107
- [8] Коденцова В.М., Рисник Д.В. Витаминно-минеральные комплексы для коррекции множественного микронутриентного дефицита. Медицинский совет. 2020;(11):192–200. doi: 10.21518/2079-701X-2020-11-192-200.
- [9] О перспективах использования витаминов и минералов в профилактике ранних потерь беременности / О. А. Громова, И. Ю. Торшин, Н. К. Тетруашвили [и др.] // Акушерство и гинекология. 2021. № 4. С. 12-22. DOI 10.18565/aig.2021.4.12-22. EDN CNJJKX.
- [10] Погожева, А. В. Группы риска множественного дефицита витаминов и минеральных веществ среди населения / А. В. Погожева, В. М. Коденцова // Клиническое питание и метаболизм. 2020. Т. 1, № 3. С. 137-143. DOI 10.17816/clinutr48744. EDN XCTBNP.
- [11] Анализ качества рецептуры лапши функционального назначения с применением растительных материалов / Ю. В. Родионов, А. В. Майстренко, Г. В. Рыбин [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2024. № 1. С. 97-103. DOI 10.24412/2311-6447-2024-1-97-103. EDN GQBGXK.
- [12] Технология производства макаронных изделий: учебное пособие / А.Г. Киселева, С.В. Макаров; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. Иваново, 2019. 90 с.
- human health]. Vestnik Permskogo universiteta. Seriya: Biologiya [Perm University Herald. Biology Series], (1), 54–62. <https://doi.org/10.17072/1994-9952-2020-1-54-62> EDN: KHNSXV
- [7] Mirsaidova, Kh., & Gulyamov, S. (2023). Issledovanie prichin defitsita makro- i mikroelementov u zhenshchin reproduktivnogo vozrasta [Study of the causes of macro- and micronutrient deficiency in women of reproductive age]. *Sovremennye problemy okhrany okruzhayushchey sredy i obshchestvennogo zdorov'ya* [Modern Problems of Environmental Protection and Public Health], (1), 104–107.
- [8] Kodentsova, V. M., & Risnik, D. V. (2020). Vitaminno-mineral'nye komplekсы dlya korrektsii mnozhestvennogo mikonutrientnogo defitsita [Vitamin and mineral complexes for correction of multiple micronutrient deficiency]. *Meditsinskiy sovet* [Medical Council], (11), 192–200. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2020-11-192-200>
- [9] Gromova, O. A., Torshin, I. Yu., Tetruashvili, N. K., et al. (2021). O perspektivakh ispol'zovaniya vitaminov i mineralov v profilaktike rannikh poter' beremennosti [On the prospects of using vitamins and minerals in the prevention of early pregnancy loss]. *Akusherstvo i ginekologiya* [Obstetrics and Gynecology], (4), 12–22. <https://doi.org/10.18565/aig.2021.4.12-22> EDN: CNJJKX
- [10] Pogozheva, A. V., & Kodentsova, V. M. (2020). Gruppy riska mnozhestvennogo defitsita vitaminov i mineral'nykh veshchestv sredi naseleniya [Risk groups for multiple vitamin and mineral deficiency in the population]. *Klinicheskoe pitanie i metabolism* [Clinical Nutrition and Metabolism], 1(3), 137–143. <https://doi.org/10.17816/clinutr48744> EDN: XCTBNP
- [11] Rodionov, Yu. V., Maistrenko, A. V., Rybin, G. V., et al. (2024). Analiz kachestva retseptury lapshi funktsional'nogo naznacheniya s primeneniem rastitel'nykh materialov [Analysis of the quality of functional noodle formulations using plant-based materials]. *Tekhnologii pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya* [Food and Processing Industry Technologies of the Agro-Industrial Complex – Healthy Food Products], (1), 97–103. <https://doi.org/10.24412/2311-6447-2024-1-97-103> EDN: GQBGXK
- [12] Kiseleva, A. G., & Makarov, S. V. (2019). Tekhnologiya proizvodstva makaronnykh izdeliy [Pasta production technology] (90 p.). Ivanovo State Chemical Technology University.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Родионов Юрий Викторович доктор технических наук профессор кафедры «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 Тел.: +7(920) 478-04-91 E-mail: rodionow.u.w@rambler.ru</p>	<p>Rodionov Yuri Viktorovich D.Sc. in Technical Sciences professor at the department of «Mechanics and engineering graphics» Tambov State Technical University Phone: +7(920) 478-04-91 E-mail: rodionow.u.w@rambler.ru</p>
<p>Матвеев Дмитрий Александрович аспирант кафедры «Технологии производства, хранения и переработки продукции растениеводства» ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет» 393760, Тамбовская обл., г. Мичуринск, ул. Интернациональная, д. 101 Тел.: +7(475) 263-04-59 E-mail: tmm-dm@mail.nnn.tstu.ru</p>	<p>Matveev Dmitry Aleksandrovich postgraduate student of the department «Technologies for the production, storage and processing of crop products» «Michurinsk State Agrarian University» Phone: +7(475) 263-04-59 E-mail: tmm-dm@mail.nnn.tstu.ru</p>
<p>Рыбин Григорий Вячеславович аспирант кафедры «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 Тел.: +7(953) 122-01-46 E-mail: enot1237@gmail.com</p>	<p>Rybin Gregory Vyacheslavovich postgraduate at the department of «Mechanics and Engineering Graphics» Tambov State Technical University Phone: +7(953) 122-01-46 E-mail: enot1237@gmail.com</p>

Оптимизация состава и свойств многозерновых завтраков, произведённых методом экструзии

Федорова М.П., Фролов Д.И.

Аннотация. В статье представлена разработка многозерновых завтраков с использованием экструзионной технологии, включая оптимизацию состава зерновых смесей и параметров процесса. Исследование было проведено с использованием метода поверхности отклика для анализа влияния соотношения риса, пшеницы и кукурузы на физико-химические свойства экструзионных продуктов, такие как индекс расширения (SEI), водопоглощение (WAI), водорастворимость (WSI), текстура (жесткость) и цвет. В ходе экспериментов было установлено, что наилучшие результаты получаются при соотношении компонентов: 45,4% риса, 27,3% пшеницы и 27,3% кукурузы, при которых значения SEI составляют 5,14, WAI – 5,27 г/г, WSI – 11,24%, жесткость – 44,81 N, а цвет – 28,65. Эти данные подтверждают, что предложенная смесь зерновых обладает оптимальными физико-химическими характеристиками. Полученные результаты могут быть использованы для совершенствования технологических процессов производства многозерновых завтраков, что способствует повышению их пищевой ценности и удобству потребления.

Ключевые слова: многозерновой завтрак, экструзионная технология, метод поверхности отклика, рис, пшеница, кукуруза, индекс расширения, водопоглощение, водорастворимость, текстура, цвет, оптимизация состава.

Для цитирования: Федорова М.П., Фролов Д.И. Оптимизация состава и свойств многозерновых завтраков, произведённых методом экструзии // Инновационная техника и технология. 2025. Т. 12. № 3. С. 32–36.

Optimization of the composition and properties of multigrain breakfasts produced by extrusion

Fedorova M.P., Frolov D.I.

Abstract. The article presents the development of multi-grain breakfasts using extrusion technology, including optimization of the composition of grain mixtures and process parameters. The study was conducted using the surface response method to analyze the effect of rice, wheat, and corn ratios on the physico-chemical properties of extrusion products, such as expansion index (SEI), water absorption (WAI), water solubility (WSI), texture (hardness), and color. During the experiments, it was found that the best results are obtained with the ratio of components: 45.4% rice, 27.3% wheat and 27.3% corn, with SEI values of 5.14, WAI – 5.27 g/g, WSI – 11.24%, hardness – 44.81 N, and color – 28.65. These data confirm that the proposed grain mixture has optimal physico-chemical characteristics. The results obtained can be used to improve technological processes for the production of multigrain breakfasts, which contributes to an increase in their nutritional value and convenience of consumption.

Keywords: multigrain breakfast, extrusion technology, surface response method, rice, wheat, corn, expansion index, water absorption, water solubility, texture, color, composition optimization.

For citation: Fedorova M.P., Frolov D.I. Optimization of the composition and properties of multigrain breakfasts produced by extrusion. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2025. Vol. 12. No. 3. pp. 32–36. (In Russ.).

Введение

Современные тенденции питания ориентированы на повышение пищевой ценности и удобства

потребления продуктов. В условиях ускоренного темпа жизни растёт спрос на готовые к употреблению изделия, в частности на завтраки быстрого приготовления, которые сочетают сбалансирован-

ный состав и высокие органолептические показатели [1]. Одним из наиболее перспективных направлений в данной области является использование экструзионной технологии, позволяющей получать продукты с заданными структурно-механическими и вкусовыми свойствами при минимальных затратах времени и энергии [2, 3, 4, 5, 6, 7].

Экструзионная обработка представляет собой процесс, при котором смесь компонентов подвергается воздействию высокого давления, температуры и механического сдвига, что приводит к денатурации белков, желатинизации крахмала и формированию характерной пористой структуры [8]. Благодаря этим свойствам экструзия широко применяется для производства закусочных изделий, детского питания и многозерновых завтраков [9].

Многозерновые продукты обладают высокой питательной ценностью за счёт сочетания различных источников углеводов, белков, витаминов и минеральных веществ. Использование комбинации риса, пшеницы и кукурузы позволяет получить продукт с улучшенными технологическими характеристиками и повышенной биологической ценностью. Однако состав смеси и режимы экструзии существенно влияют на качество конечного изделия – его степень расширения, водопоглощение, водорастворимость, текстуру и цвет.

Для определения оптимальных параметров состава и технологии экструзии применяются современные статистические методы моделирования, среди которых особое место занимает метод поверхности отклика. Он позволяет установить количественные зависимости между факторами и откликами, а также определить оптимальные условия производства с минимальным числом экспериментов.

Настоящая работа посвящена разработке и оптимизации рецептуры многозернового завтрака на основе риса, пшеницы и кукурузы с использованием метода поверхности отклика. Цель исследования – определить оптимальные соотношения ингредиентов и параметры экструзии, обеспечивающие получение продукта с наилучшими физико-химическими и сенсорными характеристиками.

Объекты и методы исследования

В качестве сырья использовали шлифованный рис, пшеницу и кукурузу, приобретенные на местном рынке. Зерно измельчали на лабораторной мельнице до размера частиц 200 мкм.

Влажность, содержание белка, жира, золы и клетчатки определяли по стандартным методикам. Массовую долю углеводов рассчитывали разностным методом. Все реактивы имели аналитическую степень чистоты.

Эксперименты проводили на лабораторном одношнековом экструдере ЭК-40. Смесь зерновых компонентов предварительно увлажняли до 15% и перемешивали до однородности.

Параметры экструзии: скорость подачи сырья – 40 кг/час; скорость вращения шнека – 180 об/мин; температура по зонам нагрева – 40 °С, 70 °С, 100 °С и 160 °С. Полученные экструдаты сушили при 70 °С в течение 1 ч, охлаждали до комнатной температуры и упаковывали в герметичные полиэтиленовые пакеты для последующего анализа.

Оптимизацию состава смеси проводили с использованием метода поверхности отклика на основе центрального композиционного ротатбельного плана. В качестве независимых факторов рассматривали массовые доли риса (30–50 %), пшеницы (10–30 %) и кукурузы (10–30 %).

Всего проведено 20 экспериментов, включая шесть повторов в центре плана для оценки воспроизводимости данных. Математическую обработку, построение моделей и поиск оптимальных условий выполняли с помощью программного пакета Statistica 10.

Методы анализа качества экструзионных образцов.

Индекс радиального расширения (SEI) определяли как отношение площади поперечного сечения экструдата к площади выходного отверстия матрицы диаметром 3,5 мм.

Индекс водопоглощения (WAI) и индекс водорастворимости (WSI) определяли по стандартным методикам.

Текстурные характеристики (жесткость) измеряли на текстурометре.

Таблица 1 – Факторы и уровни варьирования, использованные при планировании эксперимента (метод поверхности отклика)

Обозначение фактора	Независимая переменная (ингредиент)	Уровень –1	Уровень 0	Уровень +1	Диапазон изменения, г	Единицы измерения
А	Массовая доля риса	30	40	50	20	г
В	Массовая доля пшеницы	10	20	30	20	г
С	Массовая доля кукурузы	10	20	30	20	г

Таблица 2 – Химический состав зернового сырья, % (на сухое вещество)

Показатель	Рис	Пшеница	Кукуруза
Влага	12,8	13,2	12
Белок	7,5	12,3	8,9
Жир	1,9	1,8	3,9
Клетчатка	1,8	2,3	2
Зола	0,9	1,2	1,1
Углеводы (расч.)	86,1	82,4	84,1

Цветовые параметры (L, a, b) определяли с использованием колориметра с калибровкой по стандартной белой пластине.

В качестве независимых переменных (факторов) использовали массовые доли трёх основных компонентов – риса, пшеницы и кукурузы. Каждый фактор варьировали на трёх уровнях: нижнем (-1), среднем (0) и верхнем (+1). Кодирование факторов осуществляли по стандартным формулам, где нулевое значение соответствует центральной точке диапазона, а шаг изменения равен 10 г.

Кодирование факторов проводили по формулам:

$$\begin{aligned} A &= (\text{Рис} - 40) / 10, \\ B &= (\text{Пшеница} - 20) / 10, \\ C &= (\text{Кукуруза} - 20) / 10 \end{aligned} \quad (1)$$

Всего было проведено 20 экспериментальных запусков, включая шесть повторов в центре плана для проверки воспроизводимости данных и адекватности модели.

Оптимальные соотношения компонентов определяли с использованием функции желательности, обеспечивающей одновременную оптимизацию нескольких откликов. В качестве критериев принимались: максимальные значения SEI и WAI, минимальные значения WSI, цвета и жесткости.

Наилучшие результаты достигнуты при содержании 45,4 % риса, 27,3 % пшеницы и 27,3 % кукурузы, что обеспечило коэффициент желательности 0,659 и оптимальные значения показателей

Таблица 3 – Основные показатели качества экструзионных образцов

Показатель	Минимум	Максимум	Среднее значение	Коэффициент детерминации (R ²)
SEI	4,22	5,54	4,76	0,49
WAI, г/г	3,93	6,15	5,04	0,43
WSI, %	8,2	21	14,92	0,58
Жёсткость, N	32,3	66,3	49,73	0,43
Цвет, ΔE	26,1	35,6	29,28	0,62

качества (SEI = 5,14; WAI = 5,27 г/г; WSI = 11,24 %; жесткость = 44,81 Н; цвет = 28,65).

Результаты и их обсуждение

Проведённый анализ показал, что исследуемые зерновые культуры отличаются по основным показателям питательной ценности (табл. 2). Пшеница характеризуется наибольшим содержанием белка (12,3%) и клетчатки (2,3%), кукуруза – высоким содержанием жира (3,9%), а рис – минимальным уровнем белка (7,5%), что отражается на структуре и поведении смесей при экструзии.

Для анализа влияния массовых долей риса, пшеницы и кукурузы на качество экструзионных завтраков использовали метод поверхности отклика. Оценивались пять основных показателей: индекс радиального расширения (SEI), индекс водопоглощения (WAI), индекс водорастворимости (WSI), жёсткость (N) и цвет (ΔE).

Регрессионные уравнения были получены в виде:

$$\begin{aligned} SEI &= 4,76 + 0,03A + 0,11B + 0,24C, \\ WA &= 5,04 + 0,28A + 0,16B - 0,21C, \\ WSI &= 14,92 - 1,75A - 1,49B - 1,23C + 2,20AB + 0,27AC - 1,67BC, \\ N &= 49,76 - 0,56A + 1,23B - 5,61C, \\ \Delta &= 29,28 - 0,12A - 0,41B + 1,29C - 1,76AB - 0,80AC + 1,17BC. \end{aligned}$$

Анализ дисперсии показал, что все модели статистически значимы при уровне значимости $p \leq 0,05$.

Рис оказывал положительное влияние на показатели WAI и WSI, увеличивая водопоглощение за счёт высокой доли крахмала. Кукуруза, напротив, повышала индекс расширения SEI, но снижала жёсткость готового продукта, что связано с её пониженным содержанием белка. Пшеница способствовала формированию более плотной структуры и влияла на цвет за счёт естественных пигментов оболочек.

Максимальные значения SEI (5,54) наблюдались при содержании риса 27,3% и кукурузы 27,3%. При увеличении доли кукурузы свыше 30% индекс водопоглощения снижался, а текстура становилась более хрупкой.

С использованием функции желательности установлено, что оптимальный результат достигается при содержании 45,4% риса, 27,3% пшеницы и 27,3% кукурузы, что обеспечивает значение функ-

Таблица 4 – Оптимальные и экспериментальные значения показателей

Показатель	Предсказанное значение	Экспериментальное значение
SEI	5,14	4,76
WAI, г/г	5,27	5,04
WSI, %	11,24	14,92
Жёсткость, N	44,81	49,73
Цвет, ΔE	28,65	29,28

ции желательности 0,659. При таких параметрах были достигнуты наилучшие показатели качества (табл. 4).

Оптимизация состава многозерновой смеси позволила установить баланс между степенью расширения и текстурой готового продукта. Высокие значения SEI и WAI свидетельствуют о развитой пористой структуре и хорошей способности к набуханию, что обеспечивает лёгкость и хрусткость изделия. Умеренные значения WSI и цвета подтверждают стабильность процесса экструзии и отсутствие избыточного термического воздействия.

Таким образом, экструзия смеси с содержанием 45,4% риса, 27,3% пшеницы и 27,3% кукурузы позволяет получить продукт с оптимальными структурно-механическими характеристиками и привлекательным внешним видом, пригодный для использования в производстве многозерновых завтраков быстрого приготовления.

Выводы

В результате проведённых исследований разработана и оптимизирована технология производства многозернового завтрака с использованием экструзионного метода обработки. Применение метода поверхности отклика позволило установить количественные зависимости между составом зерновой смеси и основными физико-химическими характеристиками экструзионных продуктов – индексом радиального расширения (SEI), индексом

водопоглощения (WAI), индексом водорастворимости (WSI), жёсткостью и цветом.

Анализ полученных моделей показал, что увеличение доли риса и пшеницы способствует росту водопоглощения и уменьшению водорастворимости, тогда как повышение содержания кукурузы положительно влияет на степень расширения и снижает жёсткость продукта. Оптимизация параметров по функции желательности позволила определить рациональный состав смеси: 45,4 % риса, 27,3 % пшеницы и 27,3 % кукурузы, обеспечивающий максимальное значение функции желательности – 0,659.

При этом достигнуты оптимальные показатели качества готового продукта: SEI – 5,14, WAI – 5,27 г/г, WSI – 11,24 %, жёсткость – 44,81 Н, цвет – 28,65 ΔЕ. Расхождения между предсказанными и экспериментальными значениями оказались статистически незначимыми ($p > 0,05$), что подтверждает адекватность полученной математической модели.

Таким образом, определены оптимальные соотношения основных компонентов и технологические параметры, обеспечивающие получение многозернового завтрака с улучшенными структурно-механическими и органолептическими свойствами. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании промышленных рецептур и совершенствовании технологий производства продуктов питания функциональной направленности и быстрого приготовления.

Литература

- [1] Патент № 2579488 C1 Российская Федерация, МПК A21D 8/02. Способ производства хлебобулочных изделий : № 2014146596/13 : заявл. 19.11.2014 : опубл. 10.04.2016 / Г. В. Шабурова, П. К. Воронина, А. А. Курочкин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пензенский государственный технологический университет». – EDN UOANLF.
- [2] Алферников О. Ю., Щубко А. С. Технология и оборудование экструзионной обработки животного и растительного сырья //Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2007. – №. 3. – С. 87-89.
- [3] Бакуменко О. Е., Алексеенко Е. В., Рубан Н. В. Возможности использования сублимированных растительных порошков при производстве зерновых экструдированных продуктов //Хранение и переработка сельхозсырья. – 2019. – №. 1. – С. 116-129.
- [4] Воронина П. К. Практические перспективы термопластической экструзии в технологии напитков //XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2014. – №. 6. – С. 85-88.

References

- [1] Shaburova, G. V., Voronina, P. K., Kurochkin, A. A., et al. (2016). Sposob proizvodstva khlebobulochnykh izdeliy [Method for producing bakery products] (Patent No. RU 2579488 C1). Federal Service for Intellectual Property. (Application No. 2014146596/13, filed November 19, 2014). EDN: UOANLF
- [2] Al'fennikov, O. Yu., & Shchubko, A. S. (2007). Tekhnologiya i oborudovanie ekstruzionnoy obrabotki zhivotnogo i rastitel'nogo syr'ya [Technology and equipment for extrusion processing of animal and plant raw materials]. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Pishhevaya tekhnologiya [University News. Food Technology], (3), 87–89.
- [3] Bakumenko, O. E., Alekseenko, E. V., & Ruban, N. V. (2019). Vozmozhnosti ispol'zovaniya sublimirovannykh rastitel'nykh poroshkov pri proizvodstve zernovykh ekstrudirovannykh produktov [Possibilities of using freeze-dried plant powders in the production of cereal extruded products]. Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya [Storage and Processing of Agricultural Raw Materials], (1), 116–129.
- [4] Voronina, P. K. (2014). Prakticheskie perspektivy termoplasticheskoy ekstruzii v tekhnologii napitkov [Practical prospects of thermoplastic extrusion in

- [5] Славнов К. В., Коробов В. П., Лемкина Л. М. Получение концентрированных кормовых добавок экструзионной обработкой зерна озимой ржи с оценкой пищевой ценности //Аграрный вестник Урала. – 2008. – №. 2. – С. 80-83.
- [6] Курочкин А. А., Шабурова Г. В., Новиков В. В. Использование экструдированного ячменя в пивоварении //Пиво и напитки. – 2006. – №. 5. – С. 16-17.
- [7] Шленская Т. В., Бочкарева З. А. Использование продукта экструзионной обработки пшеничных отрубей при производстве мясных рубленых изделий //Пищевая промышленность. – 2006. – №. 6. – С. 64-65.
- [8] Курочкин А. А. и др. Регулирование структуры экструдатов крахмалсодержащего зернового сырья //Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – №. 4. – С. 94-99.
- [9] Милованова Е. С. Разработка технологических решений по использованию продуктов переработки семян тыквы при производстве хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности //Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2012. – Т. 328. – №. 4. – С. 29.
- beverage technology]. XXI vek: Itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus [21st Century: Results of the Past and Problems of the Present Plus], (6), 85–88.
- [5] Slavnov, K. V., Korobov, V. P., & Lemkina, L. M. (2008). Poluchenie kontsentrirrovannykh kormovykh dobavok ekstruzionnoy obrabotkoy zerna ozimoy rzhii s otsenkoy pishchevoy tsennosti [Production of concentrated feed additives by extrusion of winter rye grain with assessment of nutritional value]. Agrarnyy vestnik Urala [Agrarian Bulletin of the Urals], (2), 80–83.
- [6] Kurochkin, A. A., Shaburova, G. V., & Novikov, V. V. (2006). Ispol'zovanie ekstrudirovannogo yachmenya v pivovarenii [Use of extruded barley in brewing]. Pivo i napitki [Beer and Beverages], (5), 16–17.
- [7] Shlenskaya, T. V., & Bochkareva, Z. A. (2006). Ispol'zovanie produkta ekstruzionnoy obrabotki pshenichnykh otrubey pri proizvodstve myasnykh rublenykh izdeliy [Use of extruded wheat bran product in the production of minced meat products]. Pishchevaya promyshlennost' [Food Industry], (6), 64–65.
- [8] Kurochkin, A. A., et al. (2013). Regulirovanie struktury ekstrudatov krakhmalsoderzhashchego zernovogo syr'ya [Regulation of the structure of starch-containing cereal extrudates]. Izvestiya Samarskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii [Bulletin of Samara State Agricultural Academy], (4), 94–99.
- [9] Milovanova, E. S. (2012). Razrabotka tekhnologicheskikh resheniy po ispol'zovaniyu produktov pererabotki semyan tykvy pri proizvodstve khlebobulochnykh izdeliy povyshennoy pishchevoy tsennosti [Development of technological solutions for using pumpkin seed processing by-products in the production of bakery products with enhanced nutritional value]. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Pishchevaya tekhnologiya [University News. Food Technology], 328(4), 29.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Федорова Мария Петровна магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p>Fedorova Maria Petrovna undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University</p>
<p>Фролов Дмитрий Иванович кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>	<p>Frolov Dmitriy Ivanovich PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>

Возможности применения овсяной муки в мучных кондитерских изделиях

Юрна Д.А., Гарькина П.К.

Аннотация. Рынок функциональных продуктов находится на стадии активного развития. Рецептуру функционального продукта обычно разрабатывают путём добавления функциональных ингредиентов или снижения содержания тех ингредиентов, которые считаются менее полезными для здоровья человека, поэтому возникает необходимость выявления совместимости рецептурных компонентов.

Ключевые слова: мучные кондитерские изделия, функциональные изделия, овсяная мука.

Для цитирования: Юрна Д.А., Гарькина П.К. Возможности применения овсяной муки в мучных кондитерских изделиях // Инновационная техника и технология. 2025. Т. 12. № 3. С. 37–39.

Applications of oat flour in flour-based confectionery products

Yurna D.A., Garkina P.K.

Abstract. The functional food market is in the process of active development. The functional food formulation is usually developed by adding functional ingredients or reducing the content of those ingredients that are considered less beneficial for human health, so it is necessary to identify the compatibility of the formulation components.

Keywords: flour confectionery products, functional products, and oat flour.

For citation: Yurna D.A., Garkina P.K. Applications of oat flour in flour-based confectionery products. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2025. Vol. 12. No. 3. pp. 37–39. (In Russ.).

Введение

Рынок функциональных продуктов находится на стадии активного развития. Рецептуру функционального продукта обычно разрабатывают путём добавления функциональных ингредиентов или снижения содержания тех ингредиентов, которые считаются менее полезными для здоровья человека, поэтому возникает необходимость выявления совместимости рецептурных компонентов.

Актуальным в последние годы является производство продуктов питания сбалансированного химического состава, достигаемое путем обогащения их функциональными ингредиентами, применением новых нетрадиционных видов сырья, снижением калорийности [6].

Овсяная мука обладает уникальными свойствами, которые делают её полезным и вкусным ингредиентом в производстве кексов. Основными ее преимуществами является улучшение текстуры изделий за счет высокого содержанию растворимых волокон в муке из овса, овсяная мука богата клетчаткой, витаминами группы В, минералами (железо, магний), что делает изделия более питательными.

Можно использовать овсяную муку как часть смеси, уменьшив содержание пшеничной муки для получения более здорового продукта.

Цель исследований – провести анализ перспективы применения овсяной муки в производстве мучных кондитерских изделий.

Объекты и методы исследования

В исследовании проанализированы статьи из научных журналов, в которых оценивалось применение овсяной муки в производстве мучных кондитерских изделий.

Результаты и их обсуждение

Сегодня все более актуальным становится здоровый образ жизни и использование диетических продуктов, полезных для организма и не содержащих избыточного количества калорий. С этим связан интерес к овсяной муке, которая является одним из самых полезных продуктов для диетического питания. Выпечка с добавлением овсяной муки получается более пышной и менее калорийной.

Изобретение Чижиковой О.Г. с соавторами относится к пищевой промышленности. Состав для приготовления овсяного печенья содержит муку пшеничную высшего сорта, сахар, масло сливочное несоленое, изюм, соль поваренную, корицу, ванилин, соду пищевую и воду питьевую, а также композитную муку в виде смеси муки овсяной и муки из красной чечевицы при соотношении 66:34 в количестве 24,6-25,2 кг/100 кг готового продукта. По мнению авторов изобретение позволяет повысить пищевую и биологическую ценность, сбалансировать белок в готовом продукте по аминокислотному составу, обеспечить высокие органолептические характеристики и расширить ассортимент мучных кондитерских изделий улучшенного состава [1].

Светогоровой Н.И. предложена рецептура овсяного продукта функционального назначения. Продукт получен путем обработки крупы овсяной и муки овсяной грубого помола. Изобретение позволяет получить новые функциональные продукты со свойствами симбиотического продукта на основе натурального сырья без использования консервантов [2].

Авторами предложен способ производства заварного полуфабриката, который включает приготовление заварки из муки овсяной, порошка цикория, масла сливочного, воды и соли, для чего в варочный котел при кипении воды, масла и соли постепенно добавляют смесь овсяной муки и порошка цикория. Данный способ позволяет получить продукт, характеризующийся улучшенными органолептическими показателями, повышенной пищевой ценностью и повышенным содержанием пищевых

волокон, в связи, с чем его можно рекомендовать для расширения ассортимента мучных кондитерских изделий и профилактического питания [3].

Матейчик И.В. с соавторами предложено применение продуктов переработки овса и порошков из растительного сырья в производстве мучных кондитерских изделий. По мнению авторов, применение овсяной муки оказывает положительное влияние на органолептические показатели качества мучных кондитерских изделий и позволяет обогатить их пищевыми волокнами [4].

Авторами изучена возможность применения биопотенциала муки овсяных отрубей и порошка мякоти тыквы в технологии сдобного печенья с целью повышения пищевой ценности и улучшения органолептических показателей. По утверждению авторов, наличие функциональных пищевых ингредиентов позволяет обосновать возможность и целесообразность применения муки овсяных отрубей и порошка мякоти тыквы в технологии сдобного печенья с целью с целью повышения пищевой ценности и улучшения органолептических показателей [5].

Выводы

На основании проведенного анализа научной информации можно сделать вывод о возможности и целесообразности применения овсяной муки в технологиях мучных кондитерских изделий с целью их обогащения функциональными ингредиентами, что позволит разработать рецептуры низкоуглеводных и диетических изделий, безглютеновых продуктов.

Литература

- [1] Патент № 2679840 C1 Российская Федерация, МПК A21D 13/80. Состав для приготовления овсяного печенья : № 2018112175 : заявл. 05.04.2018 : опубл. 13.02.2019 / О. Г. Чижикова, Л. О. Коршенко, М. А. Павлова ; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» (ДВФУ). – EDN UFKYLD.
- [2] Патент № 2734461 C2 Российская Федерация, МПК A23L 7/104, A23L 33/135. Продукт овсяный функционального назначения (варианты) : № 2017120752 : заявл. 13.06.2017 : опубл. 16.10.2020 / Н. И. Светогорова. – EDN PRGBBX.
- [3] Патент № 2749838 C1 Российская Федерация, МПК A21D 13/04, A21D 13/80. способ производства заварного полуфабриката : № 2020126812 : заявл. 11.08.2020 : опубл. 17.06.2021 / Н. Г. Иванова, М. В. Клоконос, С. Г. Семенкина ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет технологий и

References

- [1] Chizhikova, O. G., Korshenko, L. O., & Pavlova, M. A. (2019). Sostav dlya prigotovleniya ovsyannogo pechen'ya [Composition for preparing oat cookies] (Patent No. RU 2679840 C1). Federal Service for Intellectual Property. (Application No. 2018112175, filed April 5, 2018). EDN: UFKYLD
- [2] Svetogorova, N. I. (2020). Produkt ovsyanyu funktsional'nogo naznacheniya (varianty) [Functional oat product (variants)] (Patent No. RU 2734461 C2). Federal Service for Intellectual Property. (Application No. 2017120752, filed June 13, 2017). EDN: PRGBBX
- [3] Ivanova, N. G., Klokonoc, M. V., & Semenkina, S. G. (2021). Sposob proizvodstva zavarnogo polufabrikata [Method for producing choux pastry semi-finished product] (Patent No. RU 2749838 C1). Federal Service for Intellectual Property. (Application No. 2020126812, filed August 11, 2020). EDN: SHNEBQ
- [4] Matseychik, I. V., Lomovskiy, I. O., & Tayurova, A. V. (2014). Primenenie produktov pererabotki ovsa i poroshkov iz mestnogo rastitel'nogo syr'ya v proizvodstve muchnykh konditerskikh izdeliy [Use of oat processing by-products and local plant

- управления имени К.Г. Разумовского «. – EDN SHNEBQ.
- [4] Мацейчик И. В., Ломовский И. О., Таюрова А. В. Применение продуктов переработки овса и порошков из местного растительного сырья в производстве мучных кондитерских изделий // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2014. – №. 10. – С. 200-206.
- [5] Гарькина, П. К. Обоснование применения овсяных отрубей и овощного сырья в технологии сдобного печенья / П. К. Гарькина, С. В. Лисина, Н. А. Осипова // Пищевые инновации и биотехнологии : сборник тезисов IX Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Пищевые инновации и биотехнологии» в рамках III международного симпозиума «Инновации в пищевой биотехнологии», Кемерово, 17–19 мая 2021 года. Том 1. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2021. – С. 31-32. – EDN XWCBAN.
- [6] Патент № 2579488 C1 Российская Федерация, МПК A21D 8/02. Способ производства хлебобулочных изделий : № 2014146596/13 : заявл. 19.11.2014 : опубл. 10.04.2016 / Г. В. Шабурова, П. К. Воронина, А. А. Курочкин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пензенский государственный технологический университет». – EDN UOANLF.
- powders in the production of flour confectionery]. Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University], (10), 200–206.
- [5] Garkina, P. K., Lisina, S. V., & Osipova, N. A. (2021). Obosnovanie primeneniya ovsyanykh otrubey i ovoshchnogo syr'ya v tekhnologii sdobnogo pechen'ya [Rationale for using oat bran and vegetable raw materials in enriched cookie technology]. In Pishchevye innovatsii i biotekhnologii: Sbornik tezisov IX Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh [Food Innovations and Biotechnologies: Proceedings of the IX International Student, Postgraduate and Young Scientists Conference] (Vol. 1, pp. 31–32). Kemerovo State University. EDN: XWCBAN
- [6] Shaburova, G. V., Voronina, P. K., Kurochkin, A. A., et al. (2016). Sposob proizvodstva khlebobulochnykh izdeliy [Method for producing bakery products] (Patent No. RU 2579488 C1). Federal Service for Intellectual Property. (Application No. 2014146596/13, filed November 19, 2014). EDN: UOANLF

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Юрна Диана Андреевна магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p>Yurna Diana Andreevna undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University</p>
<p>Гарькина Полина Константиновна кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(927) 094-79-49 E-mail: worolina89@mail.ru</p>	<p>Garkina Polina Konstantinovna PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(927) 094-79-49 E-mail: worolina89@mail.ru</p>

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

TECHNOLOGIES AND MEANS OF MECHANIZATION OF AGRICULTURE

УДК 631.53:664.7

Влияние экструзии и рецептуры на энергозатраты при производстве безглютеновых продуктов

Варламова Т.С., Фролов Д.И.

Аннотация. В статье рассматривается влияние экструзионной обработки и состава рецептуры на эффективность процесса и энергозатраты при производстве безглютеновых продуктов из риса и бобовых. В ходе исследования были изучены различные параметры экструзии, такие как содержание влаги в сырье (28-32%), скорость вращения шнека (60-100 об/мин). Результаты показали, что скорость шнека оказывает значительное влияние на производственные показатели: эффективность процесса (Q) варьировалась от 10,56 до 16,8 кг/ч, потребление энергии (SME) – от 0,14 до 0,35 кВт·ч/кг. При повышении содержания влаги в сырье процесс эффективности увеличивался, в то время как энергозатраты снижались. Влияние состава рецептуры на параметры процесса было минимальным, с диапазоном значений Q от 12,00 до 12,96 кг/ч и SME от 0,25 до 0,27 кВт·ч/кг. Полученные данные могут быть использованы для оптимизации производственных процессов в пищевой промышленности, направленных на производство безглютеновых продуктов с минимальными энергозатратами.

Ключевые слова: экструзия, безглютеновые продукты, эффективность процесса, энергозатраты, рецептура, шнек.

Для цитирования: Варламова Т.С., Фролов Д.И. Влияние экструзии и рецептуры на энергозатраты при производстве безглютеновых продуктов // Инновационная техника и технология. 2025. Т. 12. № 3. С. 40–44.

The effect of extrusion and formulation on energy consumption in the production of gluten-free products

Varlamova T.S., Frolov D.I.

Abstract. The article examines the effect of extrusion processing and formulation composition on process efficiency and energy consumption in the production of gluten-free products from rice and legumes. During the study, various extrusion parameters were studied, such as the moisture content in the raw material (28-32%) and the screw rotation speed (60-100 rpm). The results showed that the screw speed has a significant impact on production performance: process efficiency (Q) ranged from 10.56 to 16.8 kg/h, and energy consumption (SME) from 0.14 to 0.35 kWh/kg. With an increase in the moisture content of the raw materials, the efficiency process increased, while energy consumption decreased. The effect of the formulation on the process parameters was minimal, with a range of Q values from 12.00 to 12.96 kg/h and an SME from 0.25 to 0.27 kWh/kg. The data obtained can be used to optimize production processes in the food industry aimed at producing gluten-free products with minimal energy consumption.

Keywords: extrusion, gluten-free products, process efficiency, energy consumption, formulation, auger.

For citation: Varlamova T.S., Frolov D.I. The effect of extrusion and formulation on energy consumption in the production of gluten-free products. *Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]*. 2025. Vol. 12. No. 3. pp. 40–44. (In Russ.).

Введение

Спрос на безглютеновые продукты растёт, что связано с увеличением числа людей, страдающих от заболеваний, таких как целиакия, а также с растущей популярностью безглютеновых диет [1, 2]. Однако безглютеновые продукты часто имеют недостаточную питательную ценность, в частности, низкое содержание белка и клетчатки [3, 4]. В этой связи существует потребность в разработке более питательных и функциональных безглютеновых продуктов, в том числе за счет добавления бобовых культур, таких как горох, нут и чечевица [5, 6]. Экструзия, как высокотемпературный процесс короткого времени, является эффективным методом обработки для производства таких продуктов. Она позволяет не только улучшить текстуру и вкусовые характеристики, но и повысить их пищевую ценность [7, 8].

Однако экструзионный процесс также является энергоёмким, и его эффективность напрямую зависит от множества факторов, таких как состав сырья, содержание влаги и скорость вращения шнека. В предыдущих исследованиях отмечено, что различные условия экструзии могут существенно влиять на потребление энергии и производственные характеристики. Например, увеличение скорости шнека и уровня влажности в сырье, как правило, повышает эффективность процесса, однако повышает и энергозатраты. В то же время, влияние состава рецептуры на эти параметры остается малоизученным.

Целью настоящего исследования является анализ влияния экструзионных условий (влажности сырья и скорости шнека) и состава рецептуры на эффективность процесса (Q) и энергозатраты (SME) при производстве безглютеновых продуктов из риса и бобовых. Ожидается, что результаты этого исследования помогут оптимизировать параметры экструзионного процесса, минимизируя энергозатраты при обеспечении высокого качества конечного продукта.

Объекты и методы исследования

В качестве сырья для экструзии использовались рисовая мука и мука из бобовых культур (жёлтый горох, нут и красная чечевица). Сырьё было измельчено в лабораторной мельнице и просеяно до гранулометрии менее 0,5 мм.

Были подготовлены несколько рецептурных смесей, состоящих из рисовой муки и муки из бобовых в различных пропорциях: рис/жёлтый горох (2/1), рис/нут (2/1) и рис/чечевица (2/1). Муки смешивались с разными уровнями влаги: 28%, 30% и 32%. Смесей подвергались экструзионной обработке

на одноморозной экструдерной установке с применением скорости шнека в диапазоне от 60 до 100 об/мин.

Эффективность экструзионного процесса (Q) определялась путём измерения массы полученного экструзиата за определённый промежуток времени. Этот параметр рассчитывался по формуле:

$$Q=m/t \quad (1)$$

где m— масса продукта (кг), t— время (ч). Измерения проводились в трёх репликациях для каждой комбинации параметров экструзии.

Энергозатраты при экструзии определялись с использованием специфической механической энергии (SME), которая рассчитывалась по следующей формуле:

$$SME=((n \cdot N \cdot L)/100) \cdot (P/Q) \quad (2)$$

где n – скорость вращения шнека (об/мин),

N– максимальная скорость шнека (об/мин),

L– нагрузка на мотор (%),

P– электрическая мощность двигателя (кВт),

Q– эффективность процесса (кг/ч).

Энергозатраты были измерены с помощью стандартного регистратора, подключённого к двигателю экструдера.

Все результаты были обработаны с использованием анализа дисперсии для выявления значимости различий между различными условиями экструзии и составами рецептур. Статистический анализ был выполнен с использованием программного обеспечения Statistica 10 при уровне значимости $\alpha=0,05$.

Экструзия проводилась с использованием экструдерной установки с одним шнеком типа. Температурный режим установки был следующим: 90°C – в первой секции, 100°C – во второй, 70°C – в финальной секции экструдера. Полученные спагетти-подобные изделия высушивались до влажности менее 12%.

Результаты и их обсуждение

В результате проведённых экспериментов были получены данные о влиянии различных условий экструзии (скорости вращения шнека и содержания влаги в сырье) на эффективность процесса (Q) и энергозатраты (SME) при производстве безглютеновых продуктов из риса и бобовых культур. Ниже представлены результаты для различных рецептур и параметров экструзии.

Влияние скорости шнека на эффективность процесса и энергозатраты

Измерения показали, что скорость вращения шнека оказывает существенное влияние на эффективность процесса экструзии и энергозатраты. В таблице 1 приведены данные о процессе экструзии

Таблица 1 – Влияние скорости шнека и содержания влаги на эффективность процесса (Q) и энергозатраты (SME)

Содержание влаги (%)	Скорость шнека (об/мин)	Эффективность процесса (Q, кг/ч)	Энергозатраты (SME, кВт·ч/кг)
28	60	10,56	0,14
28	80	12,36	0,21
28	100	16,8	0,35
30	60	11,2	0,13
30	80	13,05	0,19
30	100	15,45	0,3
32	60	12,05	0,12
32	80	13,75	0,18
32	100	14,6	0,28

для различных скоростей шнека и содержания влаги в сырье.

При увеличении скорости шнека наблюдается рост как эффективности процесса, так и энергозатрат. Это объясняется тем, что при повышении скорости шнека увеличивается интенсивность механической обработки сырья, что способствует лучшему усвоению влаги и улучшению текстуры конечного продукта.

Увлажнение сырья также оказывает влияние на эффективность экструзии. При повышении содержания влаги в сырье, эффективность процесса возрастала, однако энергозатраты на единицу продукции снижались, что может быть связано с уменьшением трения и уменьшением усилий, необходимых для прохождения сырья через экструдер.

Далее была исследована зависимость эффективности экструзии и энергозатрат от состава рецептуры (добавление бобовых мук). Результаты приведены в таблице 2.

Из данных таблицы видно, что добавление бобовых культур в рецептуру не оказывало значительного влияния на эффективность экструзии и энергозатраты. Все смеси с бобовыми имели аналогичные показатели по эффективности процесса (Q) и энергозатратам (SME).

Литература

- [1] Щербаклова А. Ю., Бурова Н. О. Обзор безглютеновых продуктов, а также продуктов с пониженным содержанием глютена // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. – 2018. – №. 20. – С. 128-131.
- [2] Хорошун В. Н., Синкевич Е. В. Глютен и его роль в питании человека //Международный студенческий научный вестник. – 2020. – №. 2. – С. 7-7.
- [3] Сабыржанова А. Е. и др. Сравнительный анализ химического состава безглютеновых

Таблица 2 – Влияние состава рецептуры на эффективность процесса (Q) и энергозатраты (SME)

Рецептура (рис/бобовые)	Процент бобовых (%)	Эффективность процесса (Q, кг/ч)	Энергозатраты (SME, кВт·ч/кг)
Рис / Жёлтый горох	0	12,48	0,26
Рис / Жёлтый горох	10	12	0,27
Рис / Жёлтый горох	20	12	0,27
Рис / Жёлтый горох	30	12,48	0,26
Рис / Нут	10	12	0,27
Рис / Нут	20	12	0,27
Рис / Нут	30	12	0,27
Рис / Чечевица	10	12	0,27
Рис / Чечевица	20	12,96	0,25
Рис / Чечевица	30	12	0,27

В частности, рецептура с чечевицей показала несколько более высокую эффективность процесса ($Q = 12,96$ кг/ч при 20% чечевицы), однако изменения в энергозатратах были незначительными.

Результаты статистической обработки данных с использованием анализа дисперсии показали, что скорость шнека и содержание влаги в сырье имеют статистически значимое влияние на эффективность процесса и энергозатраты ($p < 0,05$).

Выводы

Наибольшее влияние на эффективность процесса и энергозатраты оказывает скорость вращения шнека: с её увеличением как эффективность, так и энергозатраты растут. Содержание влаги в сырье также оказывает влияние, улучшая эффективность процесса при увеличении влажности, но снижая энергозатраты. Состав рецептуры (добавление бобовых культур) не оказывал значимого влияния на параметры экструзии в рамках изученных условий.

References

- [1] Shcherbakova, A. Yu., & Burova, N. O. (2018). Obzor bezglyutenovykh produktov, a takzhe produktov s ponizhennym soderzhaniem glyutena [Review of gluten-free and reduced-gluten products]. Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produktsii sel'skogo khozyaystva [Current Issues in Improving the Technology of Production and Processing of Agricultural Products], (20), 128–131.
- [2] Khoroshun, V. N., & Sinkevich, E. V. (2020). Glyuten i ego rol' v pitanii cheloveka [Gluten and its role in human nutrition]. Mezhdunarodnyy studencheskiy nauchnyy vestnik [International Student Scientific Bulletin], (2), 7.

- продуктов //Иноватика в современном мире: опыт, проблемы и перспективы развития. – 2023. – С. 62-69.
- [4] Урубков С. А., Хованская С. С., Смирнов С. О. Содержание основных нутриентов в продуктах переработки безглютеновых зерновых культур при производстве продукции для детского питания //Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2019. – Т. 7. – №. 4. – С. 32-38.
- [5] Дубцова Г. Н., Кусова И. У., Чикалов А. А. Разработка рецептуры безглютеновых снеков //Пищевые ингредиенты и биологически активные добавки в технологиях продуктов питания и парфюмерно-косметических средств. – 2019. – С. 79-84.
- [6] Абуова А. Б., Муслимов Н. Ж., Кабылда А. И. Показатели качества и безопасности нетрадиционных видов муки для производства безглютеновых макаронных изделий // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2022. – №. 3. – С. 40-55.
- [7] Гуляева А. Н., Бахарев В. В. Анализ изобретений, продуктов, технологий и оборудования процесса экструзии растительного сырья //Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2022. – Т. 84. – №. 2 (92). – С. 39-45.
- [8] Мартинчик А. Н., Шариков А. Ю. Влияние экструзии на сохранность аминокислот и пищевую ценность белка //Вопросы питания. – 2015. – Т. 84. – №. 3. – С. 13-21.
- [3] Sabyrjanova, A. E., et al. (2023). Sravnitel'nyy analiz khimicheskogo sostava bezglyutenovykh produktov [Comparative analysis of the chemical composition of gluten-free products]. In *Innovatika v sovremennom mire: Opyt, problemy i perspektivy razvitiya* [Innovatics in the Modern World: Experience, Problems and Development Prospects] (pp. 62–69).
- [4] Urubkov, S. A., Khovanskaya, S. S., & Smirnov, S. O. (2019). Soderzhanie osnovnykh nutriyentov v produktakh pererabotki bezglyutenovykh zernovykh kul'tur pri proizvodstve produktsii dlya detskogo pitaniya [Content of major nutrients in processed gluten-free cereal crops for children's food production]. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Pishchevye i biotekhnologii* [Bulletin of South Ural State University. Series: Food and Biotechnology], 7(4), 32–38.
- [5] Dubtsova, G. N., Kusova, I. U., & Chikalov, A. A. (2019). Razrabotka retseptury bezglyutenovykh snekov [Development of gluten-free snack formulations]. In *Pishchevye ingredienty i biologicheski aktivnyye dobavki v tekhnologiyakh produktov pitaniya i parfymerno-kosmeticheskikh sredstv* [Food Ingredients and Bioactive Additives in Food and Cosmetic Technologies] (pp. 79–84).
- [6] Abuova, A. B., Muslimov, N. Zh., & Kabylda, A. I. (2022). Pokazateli kachestva i bezopasnosti netraditsionnykh vidov muki dlya proizvodstva bezglyutenovykh makaronnykh izdeliy [Quality and safety indicators of non-traditional flours for gluten-free pasta production]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and Processing of Agricultural Raw Materials], (3), 40–55.
- [7] Gulyayeva, A. N., & Bakharev, V. V. (2022). Analiz izobreteniy, produktov, tekhnologiy i oborudovaniya protsessa ekstruzii rastitel'nogo syr'ya [Analysis of inventions, products, technologies, and equipment for plant raw material extrusion]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologiy* [Bulletin of Voronezh State University of Engineering Technologies], 84(2(92)), 39–45.
- [8] Martinchik, A. N., & Sharikov, A. Yu. (2015). Vliyanie ekstruzii na sokhrannost' aminokislot i pishchevuyu tsennost' belka [Effect of extrusion on amino acid retention and protein nutritional value]. *Voprosy pitaniya* [Problems of Nutrition], 84(3), 13–21.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Варламова Татьяна Сергеевна магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p>Varlamova Tatiana Sergeevna undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University</p>
<p>Фролов Дмитрий Иванович кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>	<p>Frolov Dmitriy Ivanovich PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>

Классификация энергоэффективных систем для термопластической экструзии растительного сырья

Куручкин А.А., Аширов Р.Р., Поляков А.В.

Аннотация. Актуальность разработки энергоэффективного оборудования для экструзии растительного сырья обусловлена чрезвычайной энергоемкостью классической технологии, при которой преобразование электрической энергии в тепловую осуществляется на не выгодных с точки зрения термодинамики условиях. В работе предложена классификация энергоэффективных систем для термопластической экструзии растительного сырья. Ее детальный анализ позволит обосновать наиболее перспективное направление в модернизации энергоэффективного оборудования, позволяющего реализовать технологический процесс варочной термовакуумной экструзии сырья при высоком содержании в нем влаги, умеренных температурах и относительно мягких условиях механических напряжений. Такие рабочие параметры экструзионного процесса весьма выгодны с позиции сохранения термолабильных ингредиентов перерабатываемого сырья.

Ключевые слова: классификация, энергоэффективная система, технология, шнек, термовакуумная экструзия.

Для цитирования: Куручкин А.А., Аширов Р.Р., Поляков А.В. Классификация энергоэффективных систем для термопластической экструзии растительного сырья // Инновационная техника и технология. 2025. Т. 12. № 3. С. 45–49.

Classification of energy-efficient systems for thermoplastic extrusion of plant raw materials

Kurochkin A.A., Ashirov R.R., Polyakov A.V.

Abstract. The relevance of developing energy-efficient equipment for the extrusion of plant raw materials is due to the extremely energy-intensive nature of the classical technology, in which the conversion of electrical energy into thermal energy is carried out under conditions that are not advantageous from a thermodynamic perspective. This paper proposes a classification of energy-efficient systems for thermoplastic extrusion of plant raw materials. A detailed analysis of this classification will help to identify the most promising direction for the modernization of energy-efficient equipment that allows for the implementation of the process of cooking thermovacuum extrusion of raw materials with a high moisture content, moderate temperatures, and relatively mild mechanical stress conditions. Such operating parameters of the extrusion process are highly advantageous in terms of preserving the thermolabile ingredients of the processed raw material.

Keywords: classification, energy-efficient system, technology, auger, thermovacuum extrusion.

For citation: Kurochkin A.A., Ashirov R.R., Polyakov A.V. Classification of energy-efficient systems for thermoplastic extrusion of plant raw materials. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2025. Vol. 12. No. 3. pp. 45–49. (In Russ.).

Введение

Экструзионная обработка сельскохозяйственного сырья с целью получения продуктов питания практикуется уже давно и относится к наиболее наукоемким пищевым технологиям.

В общем виде технология предполагает при-

менение машины с рабочим органом, представляющим собой трубчатый цилиндр, оснащенный загрузочным устройством на одном конце и фильерой с ограниченным по размерам отверстием на выходе, а также вращающимся внутри цилиндра шнеком со спиральной нарезкой.

Обычно классификация экструдеров строится

на основе всех признаков, присущих этой группе оборудования, независимо от вида обрабатываемого сырья и вырабатываемой продукции. Для обработки пищевого сырья более актуальны классификационные признаки, характеризующие конструктивное исполнение, термодинамическую характеристику, а также тип рабочего органа и его основные параметры – частота вращения, соотношение диаметра и длины, профиль шнека и фильеры [1, 2].

Фокусируясь на оборудовании, предназначенном для обработки сельскохозяйственного сырья, можно отметить, что в этом сегменте экструзионных технологий наиболее широкое применение получили экструдеры с одним или двумя шнеками, а рабочий процесс этих машин осуществляется по автогенному, политропному или изотермическому принципу термодинамики.

В автогенных экструдерах тепло, необходимое для термической обработки сырья, генерируется непосредственно в камере экструдера за счет диссипации механической энергии. С этой целью специальные конструкции узлов рабочих органов экструдера (шнеки, камера, фильеры) создают сопротивление движению перемещаемого материала, что способствует его нагреву температуры до 120-200°C. Данный принцип разогрева обрабатываемого сырья используется, как правило, в одношнековых экструдерах [1, 5].

В политропных экструдерах процесс термической обработки материала осуществляется как за счет внутреннего разогрева обрабатываемой массы, так и с помощью внешних источников тепла. Большинство экструдеров для варочной экструзии относится именно к такому типу и внутренний разогрев у них осуществляется за счет конструкции рабочего органа. Для внешнего нагрева шнека (шнеков) политропного экструдера может применяться электрический, жидкостной или паровой способ.

Типаж изотермических экструдеров ограничивается спецификой их применения: они предназначены для формования макаронных изделий и хлебного теста. В таких машинах тепло контролируется за счет охлаждения внешним теплообменником [1, 2].

Горячая экструзия сельскохозяйственного сырья является весьма энергозатратной технологической операцией, высокое качество которой обеспечивается за счет применения дорогостоящего оборудования. При этом в отдельных случаях целесообразно применять более дешевые экструдеры с коротким шнеком и автогенным принципом действия, рабочий цикл которых (в упрощенном виде) представляет собой перемещение обрабатываемого сырья в рабочем тракте машины от места загрузки до фильеры матрицы с одновременным его нагревом до необходимой температуры [1].

С позиции системного подхода этот рабочий цикл представляет собой многократную трансформацию одного вида энергии в другой. Например, первый этап цикла представляет собой трансфор-

мацию энергии электродвигателя привода экструдера в механическую энергию его шнека. На втором этапе часть механической энергии вращающегося шнека расходуется на измельчение и перемещение сырья по внутреннему тракту экструдера, а оставшаяся – преобразуется в тепловую за счёт вязкого трения, сжатия и диссипации энергии в вязкоупругой массе обрабатываемого материала.

При выходе из фильеры, когда экструдат попадает из зоны высокого давления в зону атмосферного, тепловая энергия делится на два потока: первый из них способствует изменению макро- и микроструктуры получаемого продукта, а второй в виде горячего водяного пара выбрасывается в атмосферу. Таким образом, тепловая энергия водяного пара в последующих технологических операциях по производству экструдатов полезно не используется и ее регенерация в существующих экструдерах практически не применяется [1, 3, 4].

Следует отметить, что многолетняя эволюция экструзионной технологий базируется не только на постулатах, связанных с обработкой сельскохозяйственного сырья в агропромышленном комплексе страны, но и органично впитала в себя векторы развития других отраслей производства. При этом очевидно, что в некоторых из них с учётом физико-химических свойств обрабатываемых материалов и особенностей самих методов экструзионной обработки накоплен опыт применения технологических приемов и модернизированного оборудования для сформулированной проблемной ситуации.

Целью работы является разработка классификации энергоэффективных систем для термопластической экструзии растительного сырья, которая отражает актуальное направление в данной технологии.

Объекты и методы исследования

Объектом исследований являлась научно-техническая и патентная информация относительно устройства, принципа действия и конструктивных особенностей энергоэффективных систем для термопластической экструзии растительного сырья. В работе применялся аналитический метод исследований, основанный на системном подходе к рассматриваемой проблеме.

Результаты и их обсуждение

Анализ предлагаемой в работе классификации энергоэффективных систем для термопластической экструзии растительного сырья (рис. 1) целесообразно выполнить в соответствии со структурно-технологической схемой экструдеров, как в штатной комплектации, так и экспериментальных образцов, представленных в информационной среде России и зарубежных источников.

Система транспортирования экструдера выполняет роль насоса, который должен перемещать

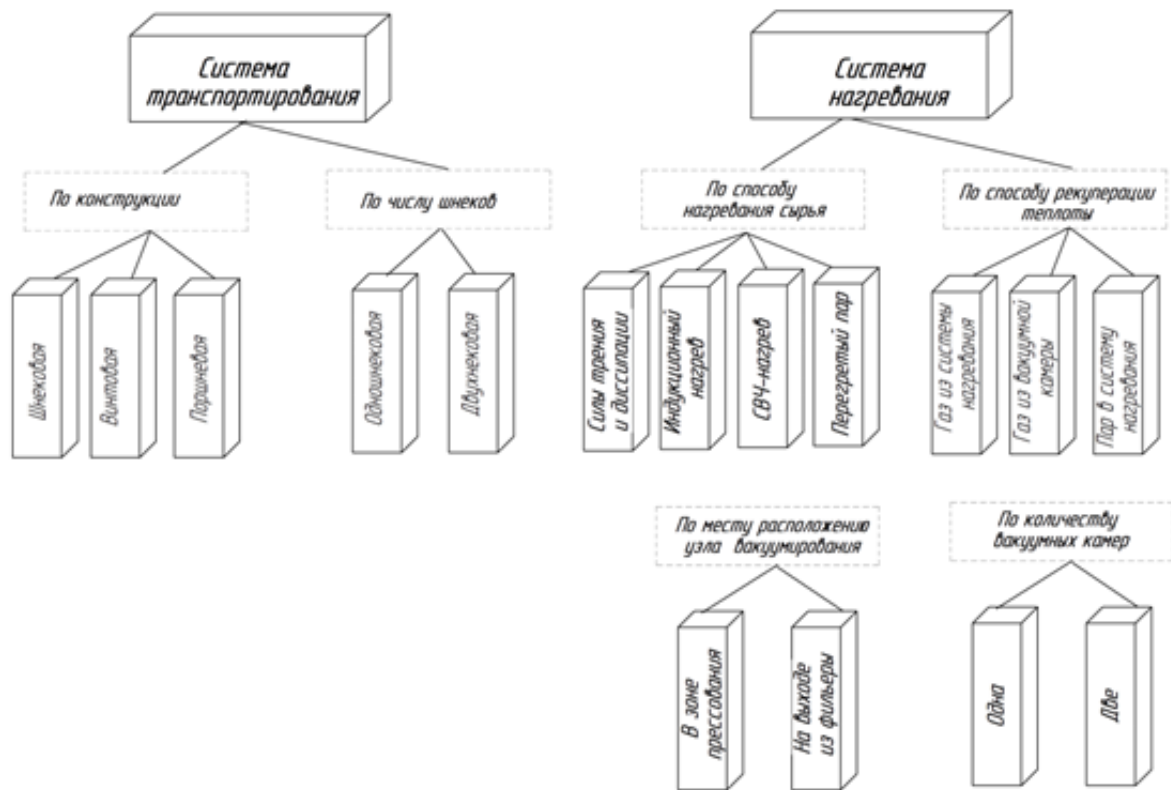


Рис. 1. Классификация энергоэффективных систем для термопластической экструзии растительного сырья

обрабатываемого сырья внутри технологического тракта экструдера под определенным напором с помощью рабочего органа шнекового, винтового или поршневого типа. При этом лишь шнековый рабочий орган в полной мере отвечает всем задачам экструзионного процесса: наряду с перемещением сырья, он преобразует механическую энергию своего вращения в тепловую и, по существу, позволяет реализовать интегрированный процесс в составе технологических операций экструдера – нагрев, смешивание, денатурация, гелеобразование, стерилизация и формование. Отметим, что нагрев при таком способе воздействия осуществляется объёмно и непосредственно в обрабатываемом сырье. Подобными преимуществами не обладает ни одна из систем транспортирования, приведенных в классификации. Что касается давления на выходе транспортирующей системы, то по этому показателю при одинаковой технической сложности наиболее предпочтительна система поршневого типа.

Система нагревания для реализации термопластической экструзии в случае применения в экструдере рабочего органа шнекового типа естественным образом сопряжена с его системой транспортирования и в некоторых случаях может быть основана на индукционном или СВЧ-нагреве обрабатываемого сырья.

Сравнение энергоэффективности нагрева за счёт трения частиц при экструдировании и СВЧ-нагрева для растительного сырья (например, зерна, муки, биомассы и т.п.) требует учёта физико-химических свойств таких материалов и особенностей самих методов.

СВЧ-нагрев растительного сырья основан на воздействии микроволн, проникающих в материал, и возбуждающих полярные молекулы (в первую очередь – воду). В системе нагрева экструдера такой способ эффективен только если обрабатываемое сырье содержит влагу или полярные компоненты. При влажности сырья >25% КПД СВЧ-нагрева может достигать 85-90%, что позволяет рекомендовать его взамен нагрева трением.

Более перспективным способом снижения затрат энергии на экструдирование предполагает впрыск перегретого пара в зону экструдирования.

Целый ряд научных работ и патентов в зарубежной практике модернизации экструзионного оборудования предлагает использовать тепловую энергию (ТЭ), получаемую при инъекции пара/воды с целью замещения высокозатратной механической энергии (МЭ), используемой в традиционном экструзионном процессе. С этой целью шнек в цилиндре экструдера спроектирован таким образом, чтобы попеременно транспортировать и обрабатывать сырье, обеспечивая при этом инъекцию значительного количества пара в цилиндр. Такое конструктивное решение шнека, обеспечивает в экструдере чередование зон инъекции пара с зонами высокого трения и сдвига, что способствует более полной гидратации обрабатываемого сырья. При таком режиме рабочего процесса экструдера затрачивается значительно меньше электрической энергии и существенно снижается интенсивность износа шнека и цилиндра [7-9].

В варочном экструдере с улучшенными характеристиками количество впрыскиваемого пара

составляет примерно 7-25% по весу в расчете на общую сухую массу исходного материала, принимаемую за 100%. Вследствие такого высокого уровня впрыскиваемого пара потребление электрической энергии существенно уменьшается и составляет от 5 до 22 кВт·ч/т, что ниже характеристики экструдеров в штатной комплектации примерно в 3 раза [7].

Российскими учеными исследован способ рекуперации теплоты в процессе экструзии, включающий отбор части пара, генерируемого реверсивными элементами шнеков экструдера «Werner&Phleiderer Continua 37» и его подачу под давлением 0,2-0,3 МПа в начальную зону экструзионной камеры для предварительной термической обработки поступающего туда сырья. В условиях экспериментальной установки авторам эксперимента удалось снизить энергозатраты на проведение процесса экструзии на 14-17% [5].

Известен способ модернизации экструдера, в котором к выходной матрице присоединена камера с вакуумной системой. В машине, с помощью которой реализуется вакуумное воздействие на выходящее из фильеры матрицы сырье, поставлена задача интенсификации экструзионного процесса путем частичной замены в нем термической составляющей на механическую [4].

В таком экструдере резкое снижение давления при выходе экструдата из фильеры (зона повышенного давления) в вакуумную камеру (зона пониженного давления), приводит к возникновению дополнительной движущей силы – нерелаксируемому градиенту общего давления, в результате чего происходит бурное парообразование по всему объему экструдата, и формирующийся молярный поток выносит из продукта вместе с паром и часть влаги

в жидкой фазе. Таким образом, механизм обезвоживания в этом случае оказывается аналогичным механическому удалению влаги посредством пресования или центрифугирования.

При этом регулируя величину барометрического давления, а значит и процесс парообразования, можно добиться как изменения влажности капиллярно-пористого экструдата, так и частичной или полной его реструктуризации. Зная границы структурных изменений экструдата, параметры вакуумного воздействия на него рекомендуется выбирать именно из таких соображений [1].

Альтернативным способом влияния на режимы экструдирования при переработке влажного сырья может быть отбор пара непосредственно из камеры экструдера до выхода жгута через отверстия фильеры, что не требует подключения системы вакуумирования [6].

Выводы

В работе предложена классификация энергоэффективных систем для термопластической экструзии растительного сырья. Ее детальный анализ позволит обосновать наиболее перспективное направление в модернизации энергоэффективного оборудования, позволяющего реализовать технологический процесс варочной термовакуумной экструзии сырья при высоком содержании в нем влаги, умеренных температурах и относительно мягких условиях механических напряжений. Такие рабочие параметры экструзионного процесса весьма выгодны с позиции сохранения термолабильных ингредиентов перерабатываемого сырья.

Литература

- [1] Инновации в экструзии /А.А. Курочкин, П.К. Гарькина, А.А. Блинохватов [и др.]. Пенза: РИО ПГАУ, 2018. – 247 с.
- [2] Курочкин, А.А. Классификация энергосберегающих агрегатов для термовакуумной экструзии сельскохозяйственного сырья /А.А. Курочкин, Р.Р. Аширов, А.В. Поляков //Инновационная техника и технология. 2025. Т. 12, № 1. С. 72-77.
- [3] Пат. 2460315 Российская Федерация МПК А23L1/00. Способ производства экструдатов /Г.В. Шабурова, А.А. Курочкин, П.К. Воронина [и др.]; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Пензенская государственная технологическая академия». – №20011107960; заявл. 01.03.2011; опубл. 10.09.2011, Бюл. №25. 6 с.
- [4] Пат. 2783914 Российская Федерация МПК А23Р 10/25. Агрегат для термовакуумной

References

- [1] Kurochkin, A. A., Garkina, P. K., Blinokhvatov, A. A., et al. (2018). Innovatsii v ekstruzii [Innovations in extrusion] (247 p.). Penza State Agrarian University Publishing House (RIO PGAU).
- [2] Kurochkin, A. A., Ashirov, R. R., & Polyakov, A. V. (2025). Klassifikatsiya energosberegayushchikh agregatov dlya termovakuumnoy ekstruzii sel'skokhozyaystvennogo syr'ya [Classification of energy-saving units for thermovacuum extrusion of agricultural raw materials]. Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya [Innovative Equipment and Technology], 12(1), 72–77.
- [3] Shaburova, G. V., Kurochkin, A. A., Voronina, P. K., et al. (2011). Sposob proizvodstva ekstrudatov [Method for producing extrudates] (Patent No. RU 2460315). Federal Service for Intellectual Property. (Application No. 2011107960, filed March 1, 2011; published September 10, 2011, Bulletin No. 25).
- [4] Kurochkin, A. A., Frolov, D. I., Garkina, P. K., et al. (2022). Agregat dlya termovakuumnoy ekstruzii

- экструзии растительного сырья /заявители: А.А. Курочкин, Д.И. Фролов, П.К. Гарькина [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВО Пензенский ГАУ. № 2021110152; заявл. 13.04.2021; опубл. 13.10.2022, Бюл. № 29. 9с.
- [5] Степанов, В. И. Экструдирование зернового сырья с использованием процесса рекуперации пара / В.И. Степанов, В.В. Иванов, А.Ю. Шариков [и др.]. // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3 (81). С. 17-22.
- [6] Шариков, А.Ю. Экструдирование смесей пшеницы и выжимок моркови повышенной влажности в технологии продуктов, готовых к употреблению /А.Ю. Шариков, В.И. Степанов, В.В. Иванов [и др.]. // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 43-49.
- [7] Pat. № 07521076, US, A23P 1/10. Method and apparatus for producing fully cooked extrudates with significantly reduced specific mechanical energy inputs / Wenger LaVon, Wenger Marc, Rokey Galen J., Spellmeier Allan C. № 12/263,825; Appl. 03.11.2008; Publ. 21.04.2009.
- [8] Riaz M. N. Introduction to extruders and their principles //Extruders in food applications. – CrC Press, 2000. – С. 1-23.
- [9] Sørensen M. et al. Starch source, screw configuration and injection of steam into the barrel affect the physical quality of extruded fish feed //Aquaculture Research. – 2010. – Т. 41. – №. 3. – С. 419-432.
- rastitel'nogo syr'ya [Unit for thermovacuum extrusion of plant raw materials] (Patent No. RU 2783914). Federal Service for Intellectual Property. (Application No. 2021110152, filed April 13, 2021; published October 13, 2022, Bulletin No. 29).
- [5] Stepanov, V. I., Ivanov, V. V., Sharikov, A. Yu., et al. (2019). Ekstrudirovanie zernovogo syr'ya s ispol'zovaniem protsessa rekuperatsii para [Extrusion of cereal raw materials using steam recovery process]. Vestnik VGUIT [Bulletin of Voronezh State University of Engineering Technologies], 81(3(81)), 17–22.
- [6] Sharikov, A. Yu., Stepanov, V. I., Ivanov, V. V., et al. (2018). Ekstrudirovanie smesey pshenitsy i vyzhimok morkovi povyshennoy vlazhnosti v tekhnologii produktov, gotovykh k upotrebleniyu [Extrusion of wheat and high-moisture carrot pomace blends in ready-to-eat food technology]. Vestnik VGUIT [Bulletin of Voronezh State University of Engineering Technologies], 80(3), 43–49.
- [7] Wenger, L., Wenger, M., Rokey, G. J., & Spellmeier, A. C. (2009). Method and apparatus for producing fully cooked extrudates with significantly reduced specific mechanical energy inputs (Patent No. US 7521076 B2). United States Patent and Trademark Office. (Application No. 12/263,825, filed November 3, 2008; published April 21, 2009).
- [8] Riaz, M. N. (2000). Introduction to extruders and their principles. In Extruders in food applications (pp. 1–23). CRC Press.
- [9] Sørensen, M., Torstensen, B. E., Storebakken, T., & Øverland, M. (2010). Starch source, screw configuration and injection of steam into the barrel affect the physical quality of extruded fish feed. Aquaculture Research, 41(3), 419–432. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02358.x>

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>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</p>	<p>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</p>
<p>Аширов Равиль Ринатович аспирант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p>Ashirov Ravil Rinatovich postgraduate student of the department «Food productions» Penza State Technological University</p>
<p>Поляков Александр Викторович аспирант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p>Polyakov Alexander Viktorovich postgraduate student of the department «Food productions» Penza State Technological University</p>

Рациональные параметры термовакuumной экструзии смеси зерна пшеницы и семян расторопши

Курочкин А.А., Соколова Н.Н., Новикова О.А.

Аннотация. Научно-технические технологии в пищевой промышленности способствуют повышению качества при выработке конкретного вида продукции, а также улучшению функционально-технологических свойств сельскохозяйственного сырья в процессе его производства и подготовки к использованию. Цель исследования – разработка математической модели, позволяющей оценить влияние влажности экструдированной смеси, а также величины вакуума и цикла его воздействия (времени выдержки обрабатываемого сырья в вакуумной камере) на температуру получаемого экструдата. Анализ полученной модели подтвердил высокую степень объяснённости влияния указанных факторов на конечный результат и показал, что рациональные значения температуры получаемого экструдата (19-20 °С) достигаются при умеренной влажности обрабатываемой смеси (18-21 %), давлении в вакуумной камере экструдера (45-55 кПа) и времени выдержки в ней 14-18 с. Разработанная модель может найти применение в управлении процессом термовакuumной экструзии с целью повышения качества получаемого продукта и энергоэффективности технологии в целом.

Ключевые слова: термовакuumная экструзия, вакуумная камера, расторопша пятнистая, время выдержки, уравнение регрессии, рациональные параметры.

Для цитирования: Курочкин А.А., Соколова Н.Н., Новикова О.А. Рациональные параметры термовакuumной экструзии смеси зерна пшеницы и семян расторопши // Инновационная техника и технология. 2025. Т. 12. № 3. С. 50–56.

Rational parameters of thermal vacuum extrusion of a mixture of wheat grain and milk thistle seeds

Kurochkin A.A., Sokolova N.N., Novikova O.A.

Abstract. Science-intensive technologies in the food industry contribute to improving the quality of a particular type of product, as well as to improving the functional and technological properties of agricultural raw materials during their production and preparation for use. The purpose of this research is to develop a mathematical model that allows for assessing the influence of the moisture content of the extruded mixture, as well as the magnitude of the vacuum and the duration of its effect (the time spent by the processed raw material in the vacuum chamber), on the temperature of the resulting extrudate. The analysis of the obtained model confirmed a high degree of explanation of the influence of these factors on the final result and showed that the rational values of the temperature of the resulting extrudate (19-20 °C) are achieved at a moderate moisture content of the processed mixture (18-21 %), pressure in the vacuum chamber of the extruder (45-55 kPa), and exposure time of 14-18 s. The developed model can be used to control the thermovacuum extrusion process in order to improve the quality of the resulting product and the overall energy efficiency of the technology.

Keywords: thermovacuum extrusion, vacuum chamber, marsh thistle, exposure time, regression equation, rational parameters.

For citation: Kurochkin A.A., Sokolova N.N., Novikova O.A. Rational parameters of thermal vacuum extrusion of a mixture of wheat grain and milk thistle seeds. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2025. Vol. 12. No. 3. pp. 50–56. (In Russ.).

Введение

Одной из основных задач наукоемких технологий в пищевой индустрии считается повышение качества вырабатываемой продукции посредством улучшения функционально-технологических свойств сельскохозяйственного сырья в процессе его производства и подготовки к использованию. Очевидно, что решение этой задачи существенным образом зависит от обоснованности выбора применяемого сырья и методов преобразования его ингредиентов.

В части выбора сырья для пищевых продуктов особое внимание заслуживает расторопша пятнистая, состав которой, а также оказываемый положительный эффект на организм человека, хорошо изучен [1, 2, 5, 7].

Семена расторопши обладают уникальными свойствами, имея в своем составе относительно много белков, липидов и пищевых волокон и относительно мало – углеводов. При этом они являются типичными представителями масличных культур, и их обработка с помощью экструзионной технологии представляет собой весьма сложную задачу.

Ранее проведенные исследования, в том числе и с участием авторов статьи, позволили обосновать ряд положений, которые следует учитывать в процессе экструдирования семян расторопши [61-64].

- семена расторопши необходимо экструдировать с добавлением в смесь ингредиента с высоким содержанием крахмала;

- на качество получаемого экструдата влияет

не только массовая доля влаги в обрабатываемой смеси, но и влажность каждого ингредиента смеси;

- температура нагрева обрабатываемого сырья не должна превышать 100-110 °С, а полученный продукт необходимо охладить и высушить до содержания массовой влаги не более 6-7 % в максимально короткий период после выхода из фильеры матрицы экструдера;

- приемлемое значение коэффициента взрыва экструдатов (3,0-3,5) при переработке сырья с содержанием липидов выше 7-10 % обеспечивается за счет создания в специальной камере экструдера давления воздуха ниже атмосферного.

- интенсивность охлаждения экструдата и его конечная температура после выхода из вакуумной камеры экструдера зависит от времени выдержки и величины давления в камере.

Последнее положение в научной литературе не получило должного внимания и требует более аргументированного обоснования.

Целью работы данных экспериментальных исследований являлось получение математической модели, позволяющей обосновать влияние величины вакуума и цикла его воздействия (времени выдержки экструдата в вакуумной камере) на температуру получаемого экструдата.

Объекты и методы исследования

Экспериментальные исследования выполнялись с помощью одношнекового пресс-экструдера, модернизированного согласно патенту на полезную

Таблица 1 – Матрица планирования и результаты эксперимента

Система опытов	№ опыта	Кодированные факторы			Натуральные факторы			T, °C
		X1	X2	X3	B, %	P, кПа	t, с	
Полный факторный эксперимент типа 23	1	-1	-1	-1	16	30	10	17,2
	2	-1	-1	1	16	30	20	18
	3	-1	1	-1	16	70	10	18,4
	4	-1	1	1	16	70	20	17,7
	5	1	-1	-1	24	30	10	18,1
	6	1	-1	1	24	30	20	18,5
	7	1	1	-1	24	70	10	18,8
	8	1	1	1	24	70	20	17,3
Опыты в «звездных» точках	9	-1,68	0	0	16,59	50	15	19,5
	10	1,68	0	0	33,41	50	15	18,4
	11	0	-1,68	0	20	10,64	15	16,2
	12	0	1,68	0	20	17,36	15	17,1
	13	0	0	-1,68	20	50	17,27	19,7
	14	0	0	1,68	20	50	30,73	16,5
Опыты в центре плана	15	0	0	0	20	50	15	20
	16	0	0	0	20	50	15	19,8
	17	0	0	0	20	50	15	19,6
	18	0	0	0	20	50	15	19,9
	19	0	0	0	20	50	15	19,7
	20	0	0	0	20	50	15	19,8

Таблица 2 – Характеристика качества модели

SS модели и SS остатков (Таблица данных1)											
	Мно- жест. - R	Множест. - R2	Скоррект - R2	SS - Модель	сс - Модель	MS - Модель	SS - Остаток	сс - Остаток	MS - Остаток	F	p
T, °C	0,987	0,974	0,951	27,495	9	3,055	0,722	10	0,072	42,299	0,000

модель №198739 «Экструдер с вакуумной камерой» [7].

Объект исследования – смесь зерна пшеницы сорта Саратовская 36 и семян рапсостройки пятнистой сорта «Дебют», которую подвергали обработке при температуре 100-105 °C с последующим воздействием на выходящий из фильеры матрицы экструдат пониженным давлением равным 0,05-0,06 МПа в течение 10-20 с. Частота вращения шнека экструдера составляла 7,5 с⁻¹, диаметр фильеры матрицы машины – 4 мм.

Результаты и их обсуждение

В качестве исследуемых были выбраны следующие факторы: влажность экструдруемой смеси зерна пшеницы и семян рапсостройки пятнистой – В (%), давление в вакуумной камере экструдера – Р (кПа) и время выдержки экструдата в вакуумной камере – t (с). За критерий качества полученного экструдата была принята температура экструдата после его выдержки в вакуумной камере Т (°C). Матрица планирования и результаты эксперимента представлены в таблице 1.

Предварительные экспериментальные исследования показали, что при желательном интервале температуры получаемого экструдата 16-20 °C, влажность смеси должна быть 20-24%, давление – 40-50 кПа, длительность выдержки 10-15 секунд.

Многомерное полиномиальное уравнение регрессии, которое описывает зависимость температуры (Т, °C) на выходе из вакуумной камеры экструдера от трёх независимых переменных: влажности экструдруемой смеси (В, %), давления воздуха в вакуумной камере экструдера (Р, кПа) и времени выдержки экструдата в вакуумной камере (t, с) выглядит следующим образом:

$$T = -2,6514673 + 0,750371895 \cdot B - 0,01188190 \cdot B^2 + 0,359299519 \cdot P - 0,00253913 \cdot P^2 + 0,731221482 \cdot t - 0,01271448 \cdot t^2 - 0,00218750 \cdot B \cdot P - 0,00750000 \cdot B \cdot t - 0,00425000 \cdot P \cdot t$$

(1)

Результаты анализа полученной математической модели можно представить следующими выводами:

1. Положительный коэффициент перед первым членом, зависящим от влажности В (0,750371895), указывает на то, что с увеличением влажности сырья температура на выходе из вакуумной камеры экструдера повышается. Это можно объяснить тем,

что более влажное сырьё обычно ведет к более эффективному теплообмену в процессе экструзии.

2. Отрицательный коэффициент перед квадратичным членом для влажности В² (- 0,01188190) свидетельствует о наличии убывающего эффекта при очень высоких значениях влажности. Возможно, это связано с тем, что при очень высоком содержании влаги происходит более интенсивное испарение, что снижает температуру.

3. Положительный коэффициент для давления Р (0,359299519) дает основание предположить, что увеличение давления в камере экструдера приводит к более высокой температуре экструдата на выходе. Это объясняется тем, что увеличение давления способствует менее интенсивному испарению влаги из сырья и повышению его температуры.

4. Отрицательный коэффициент для квадратичного члена давления Р² (- 0,00253913) позволяет сделать предположение о том, что при слишком высоком давлении эффект нагрева начинает снижаться. Возможно, это связано с процессами теплообмена и взаимодействием обрабатываемого в экструдере сырья.

5. Положительный коэффициент перед временем выдержки в вакуумной камере t (0,731221482) указывает на то, что с увеличением времени выдержки температура на выходе повышается. Это объясняется тем, что более продолжительная выдержка дает больше времени для изменения температуры экструдата.

6. Отрицательный коэффициент для квадратичного члена времени выдержки в вакуумной камере t² (0,01271448) указывает на снижение температуры при увеличении длительности выдержки. Это объясняется тем, что при более длительном нахождении экструдата в вакуумной камере испаряется больше воды, что отбирает теплоту у продукта и снижает его температуру.

Как видно из полученной модели взаимодействие между изучаемыми факторами также влияет на температуру экструдата при выходе его из вакуумной камеры экструдера, но существенно в меньшей степени, что сами факторы.

Оценку качества модели и остатков на основе данных таблицы 2 можно представить следующим образом. Значение коэффициента корреляции R=0,9881 и коэффициента детерминации R²=0,9744 указывают на высокую степень точности описания модели. Это означает, что модель хорошо объясняет более 97,0 % вариации температуры экструдата при выходе его из вакуумной камеры. Такой высокий коэффициент детерминации свидетельствует о том,

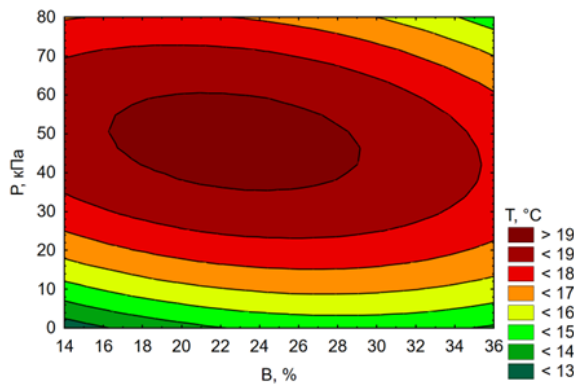


Рис.1. Карта линий уровня для температуры (Т) в зависимости от давления (Р) и влажности (В)

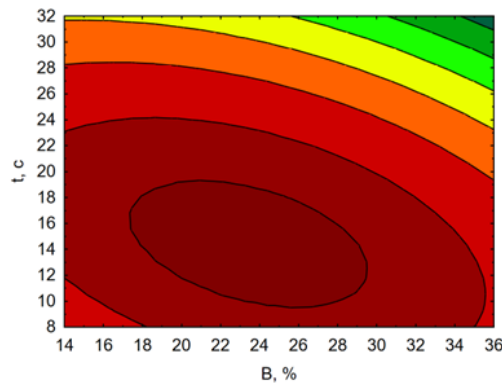


Рис. 2. Карта линий уровня температуры (Т) в зависимости от времени (t) и влажности (В)

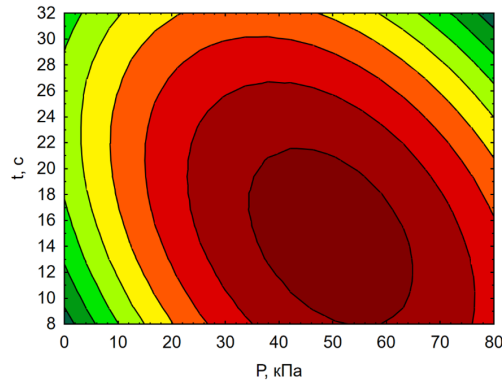


Рис. 3. Карта линий уровня для температуры (Т) в зависимости от времени (t) и давления (Р)

что модель адекватно описывает зависимость температуры экструдата от выбранных факторов.

Скорректированное $R^2 = 0,9513$ подтверждает, что модель не переобучена и остаётся стабильной при учёте количества переменных. Этот показатель немного ниже, чем коэффициент детерминации (R^2), что указывает на то, что дополнительные параметры в модели не привели к переоценке её качества.

Сумма SS остатков составляет всего 0,722262, что подтверждает низкий уровень ошибки модели. Это означает, что разница между предсказанными и фактическими значениями температуры минимальна.

Значение критерия Фишера $F = 42,29879$ и очень низкий уровень значимости $p = 0,000001$ свидетельствует о том, что модель статистически значима и даёт достоверные предсказания.

Более подробную информацию о влиянии исследуемых параметров на температуру экструдата после выхода его из вакуумной камеры экструдера выполним путем изучения свойств поверхности отклика, полученную на основе канонического преобразования математической модели, а также карт линий уровня – проекции трехмерных поверхностей на двухмерную плоскость. На таких картах линиями обозначены одинаковые «высоты», равные значениям переменной Z.

Зависимость температуры экструдата смеси зерна пшеницы и семян расторопши пятнистой от влажности смеси и величины давления в вакуумной камере термовакуумного экструдера описывается уравнением (2).

$$T = 7,006 + 0,5142 \cdot B + 0,2712 \cdot P - 0,009 \cdot B^2 - 0,0022 \cdot B \cdot P - 0,0023 \cdot P^2 \quad (2)$$

На рис. 1 представлена карта линий уровня, показывающая зависимость температуры на выходе из экструдера ($T, ^\circ\text{C}$) от влажности сырья ($B, \%$) и давления в вакуумной камере экструдера (P, kPa). Влажность сырья варьируется в пределах от 14 до 36%, а давление – от 0 до 70 кПа. Температура на выходе из вакуумной камеры экструдера изменяется в диапазоне от 16,20°C до 19,24°C, в зависимости от значений этих двух факторов.

При увеличении влажности сырья ($B, \%$) температура на выходе из экструдера постепенно увеличивается. Например, при влажности 16% и давлении 20 кПа температура составляет около 17°C, а при влажности 32% и давлении 50 кПа она достигает 19,24°C. Это связано с тем, что повышение влажности способствует лучшему теплообмену между сырьем и стенками экструдера, что, в свою очередь, повышает температуру смеси. Более высокая влажность улучшает теплообмен и обеспечивает более интенсивный теплообмен в процессе экструзии.

При увеличении давления в вакуумной камере экструдера (P, kPa) температура также повышается. Например, при влажности 24% и времени экструзии 20 с температура составляет 17,34°C при давлении 20 кПа, но увеличивается до 18,48°C, когда давление достигает 50 кПа. Это объясняется тем, что повышение давления усиливает тепловое взаимодействие между молекулами смеси, что способствует ее прогреву.

При этом, несмотря на прямое влияние влажности и давления на температуру, можно заметить, что при определенных значениях этих факторов температура начинает уменьшаться. Например, при высоком давлении 70 кПа и высоком содержании влаги температура начинает снижаться. Возможно, это происходит из-за изменения теплообмена в экструдере и избыточного испарения влаги, что забирает часть тепла и снижает температуру.

Таким образом, карта показывает, что увеличение давления и влажности может способствовать повышению температуры на выходе из экструдера, но при высоких значениях этих факторов эффект

может ослабевать, что нужно учитывать при оптимизации процесса экструзии для достижения желаемых характеристик продукта.

Зависимость температуры экструдата смеси зерна пшеницы и семян рапса от его влажности и времени выдержки в вакуумной камере термовакуумного экструдера описывается уравнением (3). Графическая интерпретация уравнения представлена на рис. 2

$$T = 9,8331 + 0,4619 \cdot B + 0,5126 \cdot t - 0,0076 \cdot B^2 - 0,0075 \cdot B \cdot t - 0,0117 \cdot t^2 \quad (3)$$

На карте линий уровня, отображена зависимость температуры на выходе из вакуумной камеры экструдера (T , °C) от влажности сырья (B , %) и времени экструзии (t , с).

Влажность сырья варьируется в пределах от 14% до 36%, а время экструзии от 8 до 32 секунд. Температура на выходе из экструдера изменяется в диапазоне от 16,20°C до 19,58°C в зависимости от значений исследуемых факторов.

При увеличении влажности сырья (B , %) температура на выходе из экструдера в целом повышается. Например, при влажности 16% температура составляет около 16,62°C, а при 32% она достигает 19,58°C. Это объясняется тем, что повышение влажности способствует улучшению теплообмена между экструдированной смесью и стенками экструдера, что приводит к большему прогреву смеси. Таким образом, более влажная смесь позволяет экструдеру более эффективно передавать тепло в процесс экструзии, что повышает температуру экструдата.

Однако при увеличении времени экструзии (t , с) наблюдается обратный эффект: температура на выходе из экструдера начинает снижаться. Например, при влажности 24% и времени экструзии 10 секунд температура на выходе составляет около 19,16°C, тогда как при увеличении времени экструзии до 30 секунд температура при тех же значениях влажности снижается до 17,47°C. Это связано с тем, что более длительное нахождение экструдата в вакуумной камере способствует его охлаждению за счет интенсивного испарения влаги. Влага, испаряющаяся из смеси, поглощает тепло, что снижает общую температуру экструдата на выходе из экструдера.

Очевидно, что влажность и время выдержки экструдата в вакуумной камере взаимодействуют таким образом, что при умеренной влажности и короткой выдержки температура на выходе будет относительно высокой, но при длительном времени или чрезмерной влажности температура снижается. Эта информация поможет оптимизировать процесс термовакуумной экструзии, регулируя влажность сырья и время его выдержки в вакуумной камере для получения желаемой температуры экструдата.

Зависимость температуры экструдата смеси зерна пшеницы и семян рапса от его влажности и времени выдержки в вакуумной камере термовакуумного экструдера описывается

уравнением (4). Графическая интерпретация уравнения представлена на рис. 3

$$T = 7,7482 + 0,3045 \cdot P + 0,5699 \cdot t - 0,0024 \cdot P^2 - 0,0042 \cdot P \cdot t - 0,0122 \cdot t^2 \quad (4)$$

График показывает, что давление в вакуумной камере изменяется в интервале от 0–80 кПа, а время экструзии – от 8 до 32 с. Температура на выходе из экструдера изменяется в пределах от 16,20°C до 19,46°C в зависимости от этих двух анализируемых факторов.

При увеличении давления в вакуумной камере (P , кПа) температура на выходе из экструдера увеличивается. Например, при времени экструзии 10 секунд температура составляет около 16,20°C при давлении 10 кПа, а при давлении 50 кПа температура повышается до 19,46°C. Это связано с тем, что повышение давления способствует улучшению теплообмена в процессе экструзии, что увеличивает температуру экструдата.

Однако при увеличении времени экструзии (t , с) температура на выходе из экструдера начинает уменьшаться. Например, при давлении 50 кПа и времени экструзии 10 с температура составляет 19,46°C, но при увеличении времени экструзии до 30 с температура снижается до 17,29°C. Это можно объяснить тем, что более длительное нахождение экструдата в вакуумной камере приводит к более интенсивному испарению влаги из смеси, что поглощает тепло и снижает температуру.

Таким образом, карта показывает, что увеличение давления в камере способствует повышению температуры экструдата, в то время как длительное время вакуумного воздействия приводит к его охлаждению из-за повышенного испарения влаги. Знание этих закономерностей позволит оптимизировать процесс охлаждения экструдата, контролируя давление и время выдержки обработанного сырья в вакуумной камере экструдера.

Выводы

В ходе исследования установлено, что основными факторами, влияющими на конечную температуру экструдата смеси зерна пшеницы и семян рапса, являются влажность исходного сырья, давление в вакуумной камере и время воздействия пониженного давления в камере на получаемый продукт. Анализ полученной математической модели подтвердил высокую степень объяснённости влияния указанных факторов на результат и показал, что рациональные значения температуры получаемого экструдата (19–20 °C) достигаются при умеренной влажности обрабатываемой смеси (18–21 %), давлении в вакуумной камере экструдера (45–55 кПа) и времени выдержки в ней 14–18 с. Разработанная модель может найти применение в управлении процессом термовакуумной экструзии с целью повышения качества получаемого продукта и энергоэффективности технологии в целом.

Литература

- [1] Гарькина, П.К. Теоретическое обоснование применения экструдированного сырья в технологиях пищевых продуктов: монография / П.К. Гарькина, А.А. Курочкин, Г. В. Шабурова. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: «ИНФРА-М», 2025. 179 с.
- [2] Куркин, В. А. Расторопша пятнистая – источник лекарственных средств (обзор) /В.А. Куркин // Химико-фармацевтический журнал. 2003. Т. 37. № 4. С. 27-41.
- [3] Курочкин, А. А. 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.
- [4] Пат. 2592619 Российская Федерация, МПК А21D2/36. Способ производства хлебобулочных изделий /заявители: А.А. Курочкин, Н.Н., Шматкова, П.К. Воронина [и др.]; патентообладатель ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» – № 2015109402/13; заявл. 17.03.2015; опубл. 27.07.2016, Бюл. № 21. 8 с.
- [5] Пат. 198439 Российская Федерация, МПК А23Р 30/20. Экструдер с вакуумной камерой / заявители: А.А. Курочкин, П.К. Гарькина, Г.В. Шабурова [и др.]; патентообладатель ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» №2020110297; заявл. 10.03.2020; опубл. 09.07.2020. Бюл. № 19. 6 с.
- [6] Семенкина, Н.Г. Разработка технологии хлебобулочных изделий с использованием продуктов переработки расторопши пятнистой: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01/ Семенкина Наталья Геннадьевна. М. 2010. 26 с.
- [7] Теоретическое описание процесса взрывного испарения воды в экструдере с вакуумной камерой /Д.И. Фролов, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, П.К. Воронина //Иновационная техника и технология. 2015. № 1(2). С. 29-34.

References

- [1] Garkina, P. K., Kurochkin, A. A., & Shaburova, G. V. (2025). Teoreticheskoye obosnovaniye primeneniya ekstrudirovannogo syr'ya v tekhnologiyakh pishchevykh produktov [Theoretical justification for the use of extruded raw materials in food technologies] (2nd ed., rev. and enl., 179 p.). INFRA-M.
- [2] Kurkin, V. A. (2003). Rastoropsha pyatnistaya – istochnik lekarstvennykh sredstv (obzor) [Silybum marianum (L.) Gaertn. – a source of medicinal agents (review)]. Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal [Chemico-Pharmaceutical Journal], 37(4), 27–41.
- [3] Kurochkin, A. A., Voronina, P. K., Shaburova, G. V., & Frolov, D. I. (2016). Ekstrudaty iz rastitel'nogo syr'ya s povyshennym soderzhaniey lipidov i pishchevykh volokon [Extrudates from plant raw materials with increased lipid and dietary fiber content]. Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv [Machinery and Technology for Food Production], (3)(42), 104–111.
- [4] Kurochkin, A. A., Shmatkova, N. N., Voronina, P. K., et al. (2016). Sposob proizvodstva khlebobulochnykh izdeliy [Method for producing bakery products] (Patent No. RU 2592619 C1). Federal Service for Intellectual Property. (Application No. 2015109402/13, filed March 17, 2015; published July 27, 2016, Bulletin No. 21).
- [5] Kurochkin, A. A., Garkina, P. K., Shaburova, G. V., et al. (2020). Ekstruder s vakuumnoy kameroi [Extruder with vacuum chamber] (Patent No. RU 198439 U1). Federal Service for Intellectual Property. (Application No. 2020110297, filed March 10, 2020; published July 9, 2020, Bulletin No. 19).
- [6] Semenkina, N. G. (2010). Razrabotka tekhnologii khlebobulochnykh izdeliy s ispol'zovaniem produktov pererabotki rastoropshi pyatnistoy [Development of bakery product technology using milk thistle processing by-products] (Candidate's thesis abstract, technical sciences, specialty 05.18.01, 26 p.). Moscow.
- [7] Frolov, D. I., Kurochkin, A. A., Shaburova, G. V., & Voronina, P. K. (2015). Teoreticheskoye opisaniye protsessa vzryvnogo ispareniya vody v ekstrudere s vakuumnoy kameroi [Theoretical description of the explosive water evaporation process in an extruder with a vacuum chamber]. Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya [Innovative Equipment and Technology], (1)(2), 29–34.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>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</p>	<p>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</p>
<p>Соколова Наталья Николаевна исследователь ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)» 125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, дом 11 E-mail: n.shmatkova2014@list.ru</p>	<p>Sokolova Natalia Nikolaevna researcher Russian Biotechnological University E-mail: n.shmatkova2014@list.ru</p>
<p>Новикова Ольга Анатольевна 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: ms.varlos@mail.ru</p>	<p>Novikova Olga Anatolievna upostgraduate student of the department «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(937) 914-73-00 E-mail: ms.varlos@mail.ru</p>

Современные концепции биопереработки: от линейной экономики к циркулярной биоэкономике

Мурашкина О.А., Арзамаскина Е.Ю.

Аннотация. В обзоре рассматриваются современные концепции биопереработки как ключевого элемента перехода от линейной экономики к циркулярной биоэкономике. Проанализированы основные модели биопереработки: платформенные концепции на основе биорефининга, каскадное использование биомассы и интеграция в системы промышленного симбиоза. Особое внимание уделено методологическим подходам, включая анализ жизненного цикла (АЖЦ) и технико-экономический анализ (ТЭА). В результате систематизации данных выявлены ключевые тенденции: смещение фокуса с производства биотоплива на получение высокомаржинальных биопродуктов, интеграция различных технологических потоков и цифровизация процессов. В заключении обозначены перспективы развития биопереработки, связанные с внедрением искусственного интеллекта, синтетической биологии и разработкой гибридных (химико-биологических) методов конверсии.

Ключевые слова: биопереработка, биорефининг, биоэкономика, отходы, биомасса, цифровизация.

Для цитирования: Мурашкина О.А., Арзамаскина Е.Ю. Современные концепции биопереработки: от линейной экономики к циркулярной биоэкономике // Инновационная техника и технология. 2025. Т. 12. № 3. С. 57–60.

Modern concepts of bioprocessing: from linear economics to circular bioeconomics

Murashkina O.A., Arzamaskina E.Yu.

Abstract. The review examines modern concepts of biorefinery as a key element of the transition from a linear economy to a circular bioeconomy. The main models of biorefinery are analyzed: platform concepts based on biorefinery, cascading use of biomass, and integration into industrial symbiosis systems. Special attention is paid to methodological approaches, including life cycle analysis (LCA) and technical and economic analysis (TEA). As a result of data systematization, key trends have been identified: a shift in focus from biofuel production to the production of high-margin bioproducts, the integration of various technological flows, and the digitalization of processes. In conclusion, the prospects for the development of biorefinery are outlined, including the introduction of artificial intelligence, synthetic biology, and the development of hybrid (chemical and biological) conversion methods.

Keywords: biorefinery, biorefining, bioeconomy, waste, biomass, digitalization.

For citation: Murashkina O.A., Arzamaskina E.Yu. Modern concepts of bioprocessing: from linear economics to circular bioeconomics. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2025. Vol. 12. No. 3. pp. 57–60. (In Russ.).

Введение

Глобальные вызовы XXI века, такие как исчерпание ископаемых ресурсов, изменение климата и накопление отходов, обусловили необходимость пересмотра традиционной линейной экономической модели «произвести-использовать-выбросить». Ответом на эти вызовы стала концепция циркулярной (замкнутой) экономики, направленная на создание систем, где материалы и энергия используются

максимально эффективно, а отходы минимизируются [1]. В рамках этой цепочки центральное место занимает биоэкономика — экономика, основанная на использовании возобновляемых биологических ресурсов для производства энергии, материалов и химикатов.

Ключевым технологическим инструментом реализации биоэкономике является биопереработка (биорефининг). Согласно подходу, развиваемому в работах российских научных школ, биоперера-

ботка — это устойчивое преобразование биомассы в спектр коммерческих продуктов (пищи, кормов, материалов, химикатов) и энергии (топлива, тепла, электроэнергии) [2]. В отличие от традиционных процессов, ориентированных на один продукт (например, биодизель или биогаз), современная биопереработка стремится к полной и каскадной утилизации биомассы по аналогии с нефтеперерабатывающими заводами.

Цель данного обзора — систематизировать и проанализировать современные концепции биопереработки на основе российских исследований, оценить их методологическую базу и выявить основные тенденции и перспективы развития.

Объекты и методы исследования

Для проведения обзора был применен системно-аналитический подход, включающий:

Анализ научной литературы: Проведен поиск и отбор публикаций в российских рецензируемых журналах («Биотехнология», «Катализ в промышленности», «Альтернативная энергетика и экология», «Экология и промышленность России»), а также монографий и отчетов ведущих научных центров (ИБХФ РАН, ОИВТ РАН, Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН).

Классификация концепций: Выделены и структурированы основные модели биопереработки на основе типа сырья, технологических платформ и конечных продуктов.

Сравнительный анализ: Проведено сравнение методологических подходов, используемых для оценки эффективности биоперерабатывающих систем, в частности, анализа жизненного цикла (АЖЦ) и технико-экономического анализа (ТЭА).

Результаты и их обсуждение

Ключевые концепции и модели биопереработки

Современные концепции биопереработки можно классифицировать по нескольким признакам.

Концепция платформенных продуктов (Платформенная концепция)

Данная концепция является краеугольным камнем биопереработки. Она предполагает получение из биомассы ключевых промежуточных химических соединений — «платформ», которые затем могут быть конвертированы в широкий спектр конечных продуктов [3]. К таким платформам, исследуемым в российской науке, относятся:

Сахарная платформа: Глюкоза, ксилоза и другие сахара, получаемые путем гидролиза лигноцеллюлозной биомассы.

Синтез-газ (Syngas): Получается газификацией биомассы, что активно изучается, например, в ОИВТ РАН.

Пиролизная жидкость (Бионефть): Образуется при быстром пиролизе.

Биопродукты фракционной перегонки: Жирные кислоты, терпены, пиролигнин.

Например, глюкоза может служить сырьем для ферментации в молочную кислоту (предшественник биопластика PLA), этанол или биогаз.

Концепция каскадного использования биомассы

Эта концепция направлена на максимальное увеличение ценности и полезности биомассы путем ее последовательного использования в нескольких производственных циклах перед окончательной утилизацией для получения энергии [4].

Идеальная каскадная цепочка выглядит следующим образом:

Производство продуктов с высокой добавленной стоимостью (например, функциональные пищевые ингредиенты, биополимеры).

Повторное использование остатков для производства материалов (например, композиты на основе лигнина).

Переработка оставшихся потоков в химические вещества (платформы).

Анаэробное сбраживание или сжигание оставшейся органики для производства энергии и удобрений.

Интегрированные биоперерабатывающие комплексы и промышленный симбиоз

Наиболее продвинутой концепцией предполагается создание интегрированных биоперерабатывающих заводов, которые объединяют различные технологические процессы (биохимические, термохимические, каталитические). Кроме того, такие комплексы могут быть встроены в систему промышленного симбиоза, где отходы или побочные продукты одного производства становятся сырьем для другого [5]. Примером может служить использование избыточной тепловой энергии биоэнергетической установки для снабжения сельскохозяйственного или перерабатывающего предприятия [6].

Методологические подходы к оценке биопереработки

Для оценки устойчивости и экономической целесообразности биоперерабатывающих систем применяются два ключевых метода:

Анализ жизненного цикла (АЖЦ): Позволяет количественно оценить экологическое воздействие продукта или процесса на всех этапах его жизни — от добычи сырья до утилизации. АЖЦ критически важен для сравнения биопродуктов с их ископаемыми аналогами и выявления «узких мест» в цепочке создания стоимости [7].

Технико-экономический анализ (ТЭА): Используется для анализа капитальных и операционных затрат, определения себестоимости конечного продукта и оценки рентабельности всего проекта. ТЭА помогает определить, является ли технология коммерчески жизнеспособной в текущих рыночных условиях.

Анализ современных концепций биоперера-

ботки позволяет выявить несколько четких тенденций и проблемных областей.

Сдвиг от «топлива к химикатам». Изначально драйвером развития биопереработки было производство биотоплива (биоэтанол, биодизель). Однако низкая маржинальность и сильная зависимость от государственных субсидий сместили фокус на получение химикатов и материалов с высокой добавленной стоимостью [8]. Комбинирование производства топлива (высокий объем, низкая маржа) и специализированных химикатов (низкий объем, высокая маржа) делает биоперерабатывающие заводы более экономически устойчивыми.

Проблема лигнина. Несмотря на значительный прогресс, эффективная конверсия лигнина — одного из основных компонентов растительной биомассы — остается крупной научно-технической проблемой. Большая часть лигнина сегодня сжигается для получения энергии. Разработка каталитических и биологических методов деполимеризации лигнина в фенолы, ароматические углеводороды и другие ценные продукты является ключевым направлением исследований в российских институтах, например, в Институте катализа СО РАН [9].

Вопрос устойчивости сырьевой базы. Использование продовольственных культур для биопереработки порождает конфликт «пища против топлива». Поэтому акцент смещается на использование непищевой биомассы: лигноцеллюлозных отходов (солома, опилки, жмых), бытовых органических отходов и специализированных энергетических культур (мискантус), выращиваемых на маргинальных землях [10].

Роль цифровизации. Внедрение технологий Индустрии 4.0, таких как интернет вещей (IoT), большие данные и искусственный интеллект (AI), позволяет оптимизировать технологические про-

цессы биопереработки в реальном времени, прогнозировать выход продуктов и управлять цепочками поставок сырья [11].

Выводы

Современные концепции биопереработки эволюционировали от простого производства биотоплива к сложным, интегрированным системам, ориентированным на создание широкого портфеля продуктов в рамках циркулярной биоэкономики. Ключевыми парадигмами стали платформенный подход, каскадное использование биомассы и промышленный симбиоз. Перспективы развития биопереработки в России связаны с преодолением существующих технологических барьеров, в частности, в области конверсии лигнина. Дальнейший прогресс будет определяться успехами в смежных областях:

Синтетическая биология для проектирования микроорганизмов с заданными свойствами для эффективной ферментации сложных субстратов.

Разработка новых катализаторов для селективного расщепления биополимеров и синтеза целевых продуктов.

Внедрение AI и машинного обучения для создания «цифровых двойников» биоперерабатывающих заводов и управления ими.

Развитие гибридных технологий, комбинирующих биологические и химические методы конверсии.

Таким образом, биопереработка является не просто набором технологий, а комплексной междисциплинарной концепцией, предлагающей устойчивый путь для декарбонизации промышленности и перехода к экономике замкнутого цикла.

Литература

- [1] Екимова Н. А. Глобальные мегатренды и новые технологии: вызовы и угрозы постиндустриальной экономике //Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2021. – Т. 14. – №. 5. – С. 116-134.
- [2] Кирюшин П. А. и др. Биоэкономика: опыт Евросоюза и возможности для России //Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. – 2019. – №. 4. – С. 60-77.
- [3] Синицын А. П., Синицына О. А. Биоконверсия возобновляемой растительной биомассы на примере биотоплива второго поколения: сырье, предобработка, ферменты, процессы, экономика // Успехи биологической химии. – 2021. – Т. 61. – С. 347-414.
- [4] Кугач В. В., Толкач А. С., Мистюкевич Е. В. Инновационные процессы экономического развития на основе биомассы //71-я научно-техническая

References

- [1] N. A. Ekimova Global Megatrends and New Technologies: Challenges and Threats to the Post-Industrial Economy //Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast. – 2021. – Vol. 14. – No. 5. – Pp. 116-134.
- [2] Kiryushin P. A. et al. Bioeconomy: Experience of the European Union and Opportunities for Russia //Vestnik Moskovskogo Universiteta. Series 6. Economics. – 2019. – No. 4. – Pp. 60-77.
- [3] Sinitsyn A. P., Sinitsyna O. A. Bioconversion of renewable plant biomass on the example of second-generation biofuels: raw materials, pre-treatment, enzymes, processes, economics //Successes of biological chemistry. – 2021. – Vol. 61. – pp. 347-414.
- [4] Kugach V. V., Tolkach A. S., Mistyukevich E. V. INNOVATIVE PROCESSES OF ECONOMIC DEVELOPMENT BASED ON BIOMASS //71st scientific and technical conference of students,

- конференция учащихся, студентов и магистрантов. – 2020. – С. 414-417.
- [5] Бунковский Д. В. Промышленное предпринимательство в нефтепереработке и нефтегазохимии: проблемы и перспективы : дис. – диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук/Бунковский ДВ, 2022.–353 с, 2021.
- [6] Маматкулова С. Г. Современное состояние и перспективы использования биоэнергетических установок в системах теплоснабжения //Muqobil energetika. – 2022. – Т. 1. – №. 04. – С. 63-67.
- [7] Титенок А. В. Разработка алгоритма оценки инновационного потенциала предприятий на рынке биотехнологий : дис. – Сибирский федеральный университет, 2017.
- [8] Терлеева А. В. Переработка органических отходов в контексте эволюции взглядов на проблему ограниченности ресурсов //Отходы и ресурсы. – 2021. – Т. 8. – №. 3.
- [9] Водянкина О. В. и др. Новые катализаторы и каталитические процессы для решения задач экологически чистой и ресурсосберегающей энергетики: сборник тезисов докладов научной школы молодых ученых, г. Томск, 9-10 октября 2023 г. – 2023.
- [10] Андрианова Е. В., Давыденко В. А., Ушакова Ю. В. Риски продовольственной безопасности в контекстах новой глобальной реальности //Вестник Тюменского государственного университета. Серия: Социально-экономические и правовые исследования.–2022.–Т. 8,№ 2 (30). – 2022.
- [11] Пискунов И. В., Шаманин М. В., Башкирцева Н. Ю. Развитие информационных систем планирования и управления технологическими процессами в нефтепереработке // Вестник технологического университета. – 2021. – Т. 24. – №. 10. – С. 62-71.
- undergraduates and undergraduates. – 2020. – pp. 414-417.
- [5] Bunkovsky D. V. Industrial entrepreneurship in oil refining and petrochemistry: problems and prospects : dissertation for the degree of Doctor of Economics/ Bunkovsky DV, 2022.-353 pp, 2021.
- [6] Mamatkulova S. G. The current state and prospects of using bioenergetic installations in heat supply systems //Muqobil energetika. – 2022. – Vol. 1. – No. 04. – pp. 63-67.
- [7] Titenok A.V. Development of an algorithm for assessing the innovative potential of enterprises in the biotechnology market : Siberian Federal University, 2017.
- [8] Terleeva A.V. Processing of organic waste in the context of the evolution of views on the problem of limited resources //Waste and Resources. – 2021. – Vol. 8. – No. 3.
- [9] Vodyankina O. V. et al. New catalysts and catalytic processes for solving the problems of environmentally friendly and resource-saving energy: collection of abstracts of reports of the scientific school of young scientists, Tomsk, October 9-10, 2023. – 2023.
- [10] Andrianova E. V., Davydenko V. A., Ushakova Yu. V. Food Security Risks in the Contexts of the New Global Reality // Bulletin of Tyumen State University. Series: Socio-Economic and Legal Research. – 2022. – Vol. 8, No. 2 (30). – 2022.
- [11] Piskunov I. V., Shamanin M. V., Bashkirtseva N. Yu. Development of information systems for planning and managing technological processes in oil refining // VESTNIK OF TECHNOLOGICAL UNIVERSITY Founders: Kazan National Research Technological University. – 2021. – Vol. 24. – No. 10. – Pp. 62-71.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Мурашкина Оксана Александровна старший преподаватель кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(927) 364-59-71 E-mail: xeniam13@yandex.ru</p>	<p>Murashkina Oksana Alexandrovna senior lecturer of the department «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(927) 364-59-71 E-mail: xeniam13@yandex.ru</p>
<p>Арзамаскина Елизавета Юрьевна магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 E-mail: yelizaveta.kondrashkina@mail.ru</p>	<p>Arzamaskina Elizaveta Urievna undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University E-mail: yelizaveta.kondrashkina@mail.ru</p>

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

ECONOMICS AND ORGANIZATION OF AGRICULTURE

УДК 338.436

Особенности развития мясопродуктового подкомплекса АПК России

Зимняков А.В., Барышников Н.Г.

Аннотация. В статье отмечено значение мясопродуктового подкомплекса, который является очень важным для производства мяса и мясных продуктов. Устойчивое развитие мясной отрасли может быть обеспечено за счет комплексной работы по основным направлениям. Современные технологии, являются эффективными для развития мясопродуктового подкомплекса. Мясопродуктовый подкомплекс, как одна из ключевых отраслей агропромышленного комплекса, имеет стратегическое значение для экономики и продовольственной безопасности страны. Включая в себя производство, переработку и сбыт мяса и мясных продуктов, эта отрасль обеспечивает население важнейшими продуктами питания. Рассмотрены основные факторы, влияющие на развитие мясопродуктового подкомплекса. Стратегия развития мясопродуктового подкомплекса АПК России на основе формирования межотраслевых связей позволяет сделать вывод, что сбалансированное развитие всех отраслей мясного подкомплекса позволит сформировать внутренний рынок мяса в структуре и объемах в соответствии с научно обоснованными медицинскими нормами потребления.

Ключевые слова: мясопродуктовый подкомплекс, значение, производство, переработка, развитие, направления, взаимосвязи, стратегия.

Для цитирования: Зимняков А.В., Барышников Н.Г. Особенности развития мясопродуктового подкомплекса АПК России // Инновационная техника и технология. 2025. Т. 12. № 3. С. 61–67.

Features of the development of the meat product subcomplex of the Russian agro-industrial complex

Zimnyakov A.V., Baryshnikov N.G.

Abstract. The article highlights the importance of the meat and meat products subcomplex, which is crucial for the production of meat and meat products. Sustainable development of the meat industry can be achieved through comprehensive efforts in key areas. Modern technologies are effective for the development of the meat and meat products subcomplex. As one of the key sectors of the agro-industrial complex, the meat and meat products subcomplex holds strategic significance for the country's economy and food security. This sector encompasses the production, processing, and distribution of meat and meat products, providing essential food products for the population. The main factors affecting the development of the meat and meat products subcomplex are considered. The strategy for the development of the meat and meat products subcomplex of the Russian agro-industrial complex based on the formation of intersectoral connections allows us to conclude that the balanced development of all sectors of the meat subcomplex will create a domestic meat market in terms of structure and volume in accordance with scientifically based medical consumption standards.

Keywords: meat and meat products subcomplex, importance, production, processing, development, directions, interconnections, strategy.

For citation: Zimnyakov A.V., Baryshnikov N.G. Features of the development of the meat product subcomplex of the Russian agro-industrial complex. *Innovative Machinery and Technology* [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2025. Vol. 12. No. 3. pp. 61–67. (In Russ.).

Введение

Мясопродуктовый подкомплекс – это сложная структура, которая объединяет в себе взаимосвязанные и взаимозависимые производства, а также отрасли и подотрасли сельского хозяйства, переработки, сервиса, торговли, общественного питания. Общий признак, который объединяет все указанные производства, это конечный продукт – мясо и мясные изделия, за счет производства, переработки и реализации которого субъекты мясопродуктового подкомплекса стремятся получить максимальный доход.

Главным условием эффективности межотраслевых связей в мясопродуктовом подкомплексе выступает эквивалентный обмен, который базируется на паритете цен с одной стороны на сельскохозяйственную продукцию и промышленные средства для сельскохозяйственных нужд – с другой стороны.

Развитие межотраслевых связей на основе формирования нового экономического механизма способствует ускоренному обновлению основного капитала, изменению методов и способов производства и сбыта продукции. Кроме того важным становится аспект принятия решений в сфере АПК и мясопродуктового подкомплекса. Экономический механизм формирования межотраслевых связей направлен на координацию всех отраслей АПК, что влияет на сам характер конечной продукции и услуг [6]. Мясо и мясопродукты являются основой жизнедеятельности человека, поэтому обеспечение населения страны этим видом продукции является одной из приоритетных задач по обеспечению продовольственной безопасности [2].

Цель исследования – изучить основные направления развития мясопродуктового подкомплекса АПК России.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлась научно-техническая информация в части развития мясопродуктового подкомплекса. В работе применялся аналитический метод исследований, основанный на системном подходе к изучаемой проблеме.

Результаты и их обсуждение

Мясопродуктовый подкомплекс как отрасль можно разделить на четыре сферы деятельности (рис.1):

1) Производство и поставка средств производства для подкомплекса – одна из четырех сфер де-

ятельности мясопродуктового подкомплекса. К ней относятся: производство оборудования для содержания животных, переработки сырья и хранения готовой продукции, производство комбикормов, производство зооветеринарных препаратов, обеспечение электроэнергией отрасли, поставка горюче-смазочных материалов.

2) Выращивание и откорм скота – процессы, связанные с разведением крупного рогатого скота (КРС) для производства мяса. Цель – увеличить вес и жировой состав животного, что позволяет повысить выход мяса.

3) Предприятия по производству и переработке мяса и мясопродуктов. К ним относятся: мясокомбинаты, мясоптицекомбинаты, мясоперерабатывающие, мясоконсервные и другие заводы.

4) Доведение продуктов переработки до потребителя. Эта сфера включает процессы, связанные с реализацией готовой продукции (мяса и мясопродуктов) на внутреннем продовольственном и на внешнем рынках.

Мясопродуктовый подкомплекс – одна из ключевых отраслей агропромышленного комплекса, которая имеет стратегическое значение для экономики и продовольственной безопасности страны.

Преимущества мясопродуктового подкомплекса (рис. 2):

- Обеспечение продовольственной безопасности. Подкомплекс формирует производственные цепочки по производству, переработке и реализации на внутреннем рынке социально важной мясной продукции.
- Обеспечение занятости населения. Мясопродуктовый подкомплекс предоставляет рабочие места для значительной части сельского населения, что способствует сохранению сельского уклада жизни.
- Влияние на культуру питания. Мясопродуктовая продукция играет важную роль в повседневном питании, являясь компонентом исторически сложившейся культуры питания региона.
- Влияние на общий показатель качества жизни населения. Мясо и мясопродукты относятся к категории социально значимых, а уровень их потребления напрямую определяет общий показатель качества жизни.

Развитие мясопродуктового подкомплекса зависит от повышения глубины переработки сырья, внедрения инновационных технологий и улучшения кооперации между различными участниками процесса.

Механизм движения продукции на всех стадиях воспроизводственного процесса (от получения сырья до выработки готовых продуктов и реализа-



Рис. 1. Мясопродуктовый подкомплекс

ции их конечному потребителю) – рынок мясной продукции. Он охватывает организационно-экономические формы взаимоотношения хозяйствующих субъектов различных сфер подкомплекса, в основе которых лежат спрос, предложение, цена и конкуренция товаров и услуг. [2].

Ключевыми факторами, влияющими на эффективность развития мясопродуктового подкомплекса и агропродовольственного рынка, являются природно-климатические условия, национальные и культурные традиции, уровень развития экономики региона и региональная поддержка [3].

Формирование новой системы экономических отношений в современных условиях обуславливают необходимость формирования и развития межотраслевого взаимодействия в структуре агропромышленного комплекса России. Современный этап развития межотраслевых связей характеризуется рядом критериев, которые не способствуют повышению эффективности агропромышленного комплекса в целом и мясопродуктового подкомплекса – в частности. Сложившиеся межотраслевые связи в мясопродуктовом подкомплексе характеризуются сложностью, разнообразием форм и методов, усилением влияния на конечные результаты функционирования организаций мясопродуктового подкомплекса в целом.

Стратегия развития мясопродуктового подкомплекса с учетом продовольственного обеспечения региона на основе формирования межотраслевых связей позволяет сделать вывод, что сбалансированное развитие всех отраслей мясного подкомплекса позволит сформировать внутренний рынок мяса в структуре и объемах в соответствии с научно

обоснованными медицинскими нормами потребления [5].

На федеральном уровне видится необходимым разработка и принятие закона об оптовых мясных рынках, регулирующего механизм взаимодействия производителей мяса с другими участниками агропродовольственного рынка [7].

В настоящее время Россией реализуется модель развития мясопродуктового подкомплекса, организованная на вертикально интегрированных индустриальных комплексах полного цикла производства от комбикормовых заводов до глубокой переработки мяса. Вертикальная интеграция свойственна в основном предприятиям птицеводства, свиноводства и переработки продукции, поскольку в данных отраслях высоки уровни концентрации и механизации, позволяющие достигнуть эффективность за счет масштабов производства [9].

Результаты деятельности отечественных агрохолдингов мясопродуктового подкомплекса в полной мере свидетельствуют о всех преимуществах крупного производства: финансовые возможности для внедрения современных технологий и оборудования; приобретение высокопродуктивных пород скота; льготные условия кредитования; реализация продукции крупным торговым сетям; более высокая активность инновационного развития производства; привлечение высококвалифицированных кадров; минимизация затрат на логистику; контроль всей производственно-сбытовой цепочки; комплексная переработка, способствующая расширению ассортимента; снижение себестоимости; решение экологических проблем посредством безотходных технологий.



Рис. 2. Преимущества мясопродуктового подкомплекса

Таким образом, современному уровню развития мясной отрасли АПК необходим новый подход к проблеме комплексного использования сырья. Крупные животноводческие комплексы по производству мяса мощностью 50–70 т/смену и выше, могут обеспечивать полный сбор и глубокую переработку побочных продуктов убоя [10].

Мясопродуктовый подкомплекс, являющийся стратегически важным сектором национальной экономики, занимает важное место в структуре АПК. Мясопродуктовый подкомплекс представляет комплекс обслуживающих, заготовительных, перерабатывающих и социальных предприятий, взаимодействующих между собой с целью удовлетворения потребности граждан в мясе и мясопродуктах надлежащего качества и по приемлемой цене. В современных условиях рациональной комбинации общественного производства повышению эффективности деятельности предприятий АПК посредством внедрения усовершенствованных технологий, выведения новых пород скота и птицы, различных сортов сельскохозяйственных культур способствует формирование интегрированных структур в АПК [11].

Основная задача мясопродуктового подкомплекса заключается в обеспечении населения страны мясом и мясными продуктами в соответствии с физиологическими или рациональными нормами потребления, что подразумевает эффективное функционирование предприятий. Предприятия отрасли испытывают трудности в развитии, вызванные влиянием факторов как внешней, так и внутренней среды. Основными из них являются следующие:

- ограниченность объемов производства отдельных видов сельскохозяйственного сырья для промышленной переработки с определенными качественными характеристиками;
- недостаточный уровень внедрения инновационных технологических процессов на предприятиях отрасли;
- низкая конкурентоспособность мясной продукции российских производителей на внешних и внутренних рынках;
- неразвитая инфраструктура хранения, транспортировки и логистики товародвижения мясной продукции;
- высокий уровень экологической нагрузки на окружающую среду в зоне работы организаций.

Эффективность мясоперерабатывающих предприятий определяется уровнем цикла переработки сырья. Современные компании ориентированы на полный цикл его переработки (от убоя до производства фасованных мясопродуктов), что обусловлено потребностью рынка. Кроме того, остро стоит проблема глубокой переработки побочного мясного сырья. Таким образом, основная доминанта плана устойчивого развития мясной промышленности предусматривает осуществление мер по широкому внедрению малоотходных и безотходных технологий, техническое перевооружение производства на базе современного оборудования, повышение производительности труда, сокращение энергоемкости и трудоемкости производственных процессов, обеспечение комплексной переработки сырья, исключающее или существенно снижающее вредное воздействие на окружающую среду 30–40% массы мясного сырья [8].

Устойчивое развитие мясной отрасли может быть обеспечено за счет комплексной работы по следующим направлениям (Рис. 3):

Основные направления для устойчивого развития мясной отрасли:

- дальнейшая модернизация предприятий за счет использования ресурсосберегающих и малоотходных технологий, увеличения комплексности и глубины переработки сельскохозяйственного сырья, уменьшения вредного воздействия на экологию;
- повышение конкурентоспособности мясной продукции предприятий на внешнем и внутреннем рынках и повышение эффективности взаимодействия с товаропроводящими сетями;
- увеличение объемов выпуска качественной, биологически полноценной, безопасной мясной продукции на основе международных систем управления качеством и менеджмента безопасности пищевых продуктов;
- повышение качества продукции за счет качественных изменений в структуре мясной промышленности, связанные с сокращением удельного веса неэффективных (убыточных) предприятий и производств.

Некоторые современные технологии, которые могут быть эффективны для развития мясопродуктового подкомплекса, представлены на данном рисунке (Рис. 3):

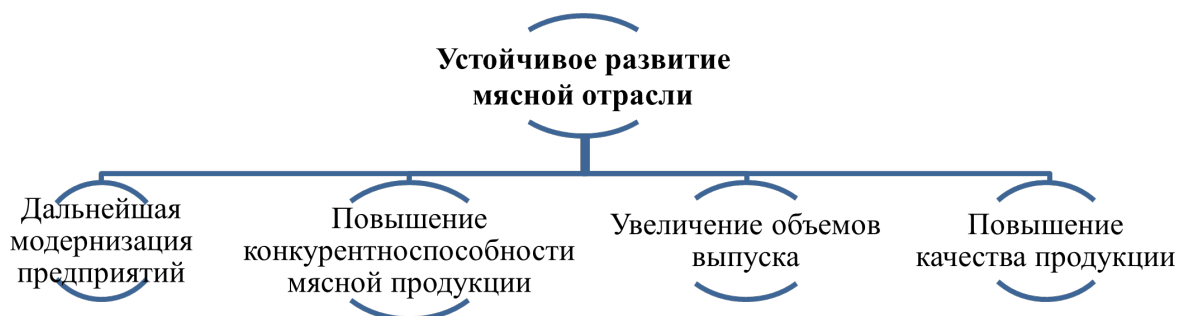


Рис. 3. Устойчивое развитие мясной отрасли

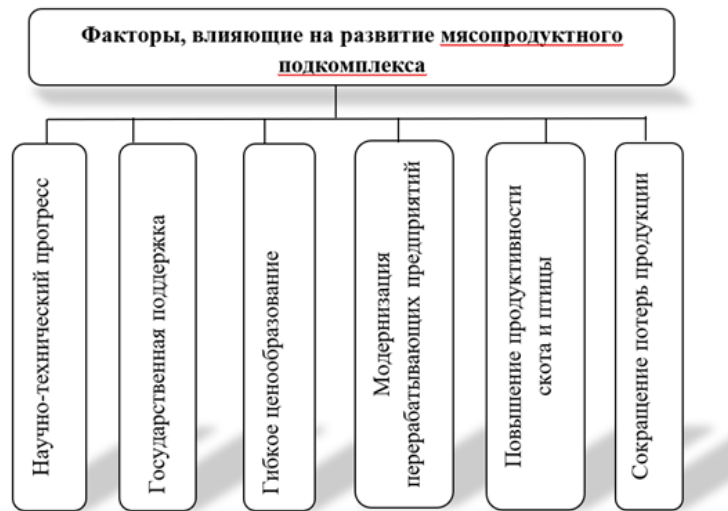


Рис. 4. Основные факторы, влияющие на развитие мясопродуктового подкомплекса

- **Цифровизация.** Включает в себя использование информационных и коммуникационных технологий, автоматизацию процессов, аналитику данных, искусственный интеллект и другие инновационные инструменты. Некоторые направления цифровизации в мясопродуктовом подкомплексе:

- о **Управление животноводством.** Цифровые решения позволяют отслеживать здоровье и поведение животных, контролировать их кормление и условия содержания.

- о **Автоматизация оборудования.** Автоматизированные системы и роботы могут выполнять задачи по обслуживанию животных с минимальным вмешательством человека, а также при переработке молока и мяса.

- о **Аналитика данных и принятие решений.** Использование облачных платформ позволяет собирать, хранить и анализировать большие объёмы данных, собранных из различных источников.

- о **Улучшение качества и безопасности продукции.** Цифровизация позволяет более точно контролировать процессы производства мясопродуктовой продукции.

- о **Улучшение управления рисками.** Цифровые решения позволяют прогнозировать и оценивать риски и адаптировать свои стратегии производства.

- **Использование пищевых добавок.** Например, растительных протеинов и загустителей. Они могут быть добавлены к мясу для улучшения его структуры и увеличения объёма изделий.

- **Применение упаковочных материалов.** Некоторые упаковки могут сохранять свежесть мяса в течение нескольких недель, что позволяет сократить расходы на складирование и транспортировку.

Устойчивое развитие мясопродуктового подкомплекса и повышение его эффективности напрямую связаны с укреплением сырьевой базы; с созданием условий для обеспечения импортозамещения и наращивания экспортного потенциала; с внедрением инноваций; с совершенствованием

инфраструктуры хранения, транспортировки и логистики.

На текущий момент отечественный мясопродуктовый подкомплекс играет важную роль в становлении и укреплении позиций АПК как на национальном, так и на мировом уровне. Отраслевым управленческим структурам необходимо сформировать и реализовать комплексный план действий социально-экономического характера (стратегия), ориентированный на достижение пропорционально-сбалансированной устойчивости и адаптивного развития мясопродуктового подкомплекса с учетом кризисных явлений, факторов риска и неопределенности. Исходя из данной стратегической установки, важным инструментом достижения поставленных целей и задач является комплексный анализ и оценка особенностей функционирования и тенденций развития перерабатывающей сферы последнего [1].

Комплексный анализ и оценка особенностей функционирования и развития мясопродуктового подкомплекса необходимы для реализации механизма государственного регулирования с целью развития мясного производства и обеспечения продовольственной безопасности [4].

Основные факторы, влияющие на развитие мясопродуктового подкомплекса, представлены на рисунке 4:

- **Научно-технический прогресс.** Внедрение новых технологий, углубление межхозяйственных связей сельского хозяйства с отраслями, осуществляющими производство средств производства для сельского хозяйства, заготовку, переработку и сбыт конечной продукции.

- **Государственная поддержка.** Например, регулирование объёмов поставок сырья, его переработки и реализации готовых продуктов, применение системы государственного заказа.

- **Гибкое ценообразование** на мясо и мясные продукты с учётом спроса, предложения и потребительских свойств конечной продукции.

- **Модернизация перерабатывающих предприятий** – внедрение инноваций в перерабатыва-

ющей промышленности позволяет повысить конкурентоспособность предприятий по переработке животноводческого сырья.

- Повышение продуктивности скота и птицы – развитие кормовой базы, обеспечение полноценного, сбалансированного кормления животных, совершенствование селекционно-племенной работы и системы воспроизводства стада.

- Сокращение потерь продукции на всех стадиях производства, повышение её качества, обеспечение комплексной переработки мясного сырья, увеличение выхода конечной продукции.

Выводы

1. Комплексный анализ и оценка особенностей функционирования и развития мясопродуктового подкомплекса необходимы для реализации механизма государственного регулирования с целью

развития мясного производства и обеспечения продовольственной безопасности.

2. Устойчивое развитие мясопродуктового подкомплекса и повышение его эффективности напрямую связаны с укреплением сырьевой базы; с созданием условий для обеспечения импортозамещения и наращивания экспортного потенциала; с внедрением инноваций; с совершенствованием инфраструктуры хранения, транспортировки и логистики.

3. Стратегия развития мясопродуктового подкомплекса АПК России на основе формирования межотраслевых связей позволяет сделать вывод, что сбалансированное развитие всех отраслей мясного подкомплекса позволит сформировать внутренний рынок мяса в структуре и объемах в соответствии с научно обоснованными медицинскими нормами потребления.

Литература

- [1] Богомолова, И., Котарев А., Котарева А. Функционирование и развитие перерабатывающей сферы мясопродуктового подкомплекса Российской Федерации // АПК: Экономика, управление. – 2019. – №1. – С. 44-57.
- [2] Воденников, О.Г. Причинно-следственные связи эффективности мясопродуктового подкомплекса в современных условиях // Вестник Прикамского социального института. – 2018. – № 3 (81). – С. 22-26.
- [3] Гоголев, В.М. Микро- и макроэкономические условия формирования продовольственной безопасности региона и страны в современных условиях // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2022. – №11. – С. 6-11.
- [4] Зимняков, А.В., Барышников Н.Г. Развитие мясопродуктового подкомплекса региона // Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых «Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК». Том I / Пензенский ГАУ. – Пенза: РИО ПГАУ, 2024. – С. 177-179.
- [5] Зюзя, Е.В. Концептуальный подход совместного применения методов расчета межотраслевого баланса в мясопродуктовом подкомплексе во взаимосвязке с элементами процессного подхода // Краснояр. гос. аграр. ун-т. Ачинский ф-л.– Ачинск, 2019. – 240 с.
- [6] Зюзя, Е.В. Экономический механизма межотраслевых связей в мясопродуктовом подкомплексе // Краснояр. гос. аграр. ун-т. Ачинский ф-л.– Ачинск, 2019. – 344 с.
- [7] Светлая, Е.А., Серогодский В.Э. Состояние региональной продовольственной безопасности по мясу и мясопродуктам // В сборнике:

References

- [1] Bogomolova, I., Kotarev A., Kotareva A. Functioning and development of the processing sphere of the meat product subcomplex of the Russian Federation // AIC: Economics, management. – 2019. – No. 1. – Pp. 44-57.
- [2] Vodennikov, O.G. Causal relationships of the efficiency of the meat product subcomplex in modern conditions // Bulletin of the Prikamsky Social Institute. – 2018. – No. 3 (81). – Pp. 22-26.
- [3] Gogolev, V.M. Micro- and macroeconomic conditions for the formation of food security in the region and the country in modern conditions // Economics of agricultural and processing enterprises. – 2022. – No. 11. – Pp. 6-11.
- [4] Zimnyakov, A.V., Baryshnikov, N.G. Development of the Meat Products Subcomplex in the Region // Collection of Articles of the All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists «Contribution of Young Scientists to the Innovative Development of the Agro-Industrial Complex». Volume I / Penza State Agricultural University. – Penza: RIO of the Penza State Agricultural University, 2024. – Pp. 177-179.
- [5] Zyuzya, E.V. Conceptual approach to the joint application of methods for calculating the intersectoral balance in the meat and meat products subcomplex in conjunction with elements of the process approach // Krasnoyarsk State Agrarian University. Achinsk Branch. Achinsk, 2019. – 240 p.
- [6] Zyuzya, E.V. Economic mechanism of intersectoral relations in the meat and meat products subcomplex // Krasnoyarsk State Agrarian University. Achinsk branch. – Achinsk, 2019. – 344 p. [7] Svetlaya, E.A., Serogodsky V.E. The state of regional food security in terms of meat and meat products // In the collection: Economics of the Cis-Urals Agro-Industrial Complex. Annual collection of scientific papers based on the

- Экономика АПК Предуралья. Ежегодный сборник научных трудов по материалам Краевой научно-практической конференции. Пермь, 2023. – С. 53-56.
- [8] Родионова И.А., Ерюшев М.В., Торопова В.В., Зуева Е.И. Современное состояние и приоритеты устойчивого развития мясопродуктового подкомплекса //Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2022. – Т. 18. № 2 (407). – С. 277-299.
- [9] Руднев М.Ю., Руднева О.Н., Коник Н.В. Совершенствование государственной поддержки мясного животноводства на примере Саратовской области // Вестник АПК Ставрополя. – 2016. – № 2 (22). – С. 90–95.
- [10] Руднев, М.Ю., Руднева О.Н. Перспективы развития агропромышленных объединений за счет комплексной переработки побочных продуктов мясного животноводства // В сборнике: Аграрная наука в XXI веке: проблемы и перспективы. Сборник статей Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. – Саратов, 2020. – С. 221-225.
- [11] Юдин, А.А., Тарабукина Т.В. Развитие мясопродуктового подкомплекса в условиях реализации современных методов и комплексных подходов в управлении АПК Российской Федерации (На примере республики Коми) // Известия Коми научного центра УрО РАН. – 2025. – № 1 (77). – С. 109-113.
- materials of the Regional Scientific and Practical Conference. Perm, 2023. – P. 53-56.
- [7] Rodionova I.A., Eryushev M.V., Toropova V.V., Zueva E.I. The current state and priorities of sustainable development of the meat product subcomplex // National interests: priorities and security. – 2022. – Vol. 18. No. 2 (407). – P. 277-299.
- [8] Rudnev M.Yu., Rudneva O.N., Konik N.V. Improving state support for meat husbandry on the example of the Saratov region // Bulletin of the Agroindustrial Complex of Stavropol. – 2016. – № 2 (22). – Pp. 90-95.
- [9] Rudnev, M.Yu., Rudneva O.N. Prospects for the development of agro-industrial associations due to the complex processing of by-products of meat husbandry // In the collection: Agricultural Science in the 21st Century: Problems and Prospects. Collection of Articles from the All-Russian (National) Scientific and Practical Conference. – Saratov, 2020. – Pp. 221-225.
- [10] Yudin, A.A., Tarabukina T.V. Development of the Meat Products Subcomplex in the Conditions of Implementation of Modern Methods and Comprehensive Approaches in the Management of the Agro-Industrial Complex of the Russian Federation (On the Example of the Komi Republic) // Izvestiya of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. – 2025. – No. 1 (77). – Pp. 109-113.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Зимняков Алексей Владимирович аспирант ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет» 440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30 Тел.: E-mail: Nnm1509@mail.ru</p>	<p>Zimnyakov Alexey Vladimirovich postgraduate student Penza State Agrarian University Phone: E-mail: Nnm1509@mail.ru</p>
<p>Барышников Николай Георгиевич доктор экономических наук профессор кафедры «Бухгалтерский учет, анализ и аудит» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет» 440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30 Тел.: E-mail: baryshnikov.n.g@pgau.ru</p>	<p>Baryshnikov Nikolai Georgievich D.Sc. in Economics professor at the department of «Accounting, analysis and audit» Penza State Agrarian University Phone: E-mail: baryshnikov.n.g@pgau.ru</p>

Особенности технологии производства подсолнечного масла

Зимняков В.М.

Аннотация. В статье отмечено значение растительного масла. Особую популярность потребления среди растительных масел имеет подсолнечное масло. Раскрыты особенности технологии производства подсолнечного масла. Выявлены показатели, от которых зависит качество сырья для производства подсолнечного масла. Отмечены факторы, влияющие на выбор технологии производства подсолнечного масла. Представлены новые технологии, которые используются в производстве подсолнечного масла. Дан анализ выбора технологии производства подсолнечного масла. Перечислены условия хранения подсолнечного масла.

Ключевые слова: подсолнечное масло, особенности, очистка, переработка, качество, сырье, технология, хранение.

Для цитирования: Зимняков В.М. Особенности технологии производства подсолнечного масла // Инновационная техника и технология. 2025. Т. 12. № 3. С. 68–72.

Features of the technology of sunflower oil production

Zimnyakov V.M.

Abstract. The article notes the importance of vegetable oil. Sunflower oil is currently the most popular type of vegetable oil. The article reveals the features of the technology of sunflower oil production. It identifies the indicators that affect the quality of raw materials for the production of sunflower oil. The article also discusses the factors that influence the choice of technology for the production of sunflower oil. New technologies used in the production of sunflower oil are presented. The choice of sunflower oil production technology is analyzed. The storage conditions for sunflower oil are listed.

Keywords: sunflower oil, features, purification, processing, quality, raw materials, technology, storage.

For citation: Zimnyakov V.M. Features of the technology of sunflower oil production. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2025. Vol. 12. No. 3. pp. 68–72. (In Russ.).

Введение

Растительные масла – наиболее распространенный вид жиров, широко используемый в питании. Благодаря своему составу растительные масла физиологически весьма активны, а их пищевая ценность определяется содержанием в них жирных полиненасыщенных кислот, необходимых нашему организму для построения клеток. Подсолнечное масло – один из лучших видов растительного жира. Масло подсолнечное рафинированное дезодорированное – натуральное подсолнечное масло, изготовленное при помощи современной многоступенчатой технологии и очищенное от всех примесей. Стимулирует процессы обмена веществ в организме, обеспечивает правильный рост клеток и здоровое состояние кожи [4].

Масла и жиры растительного происхождения

необходимы человеку как пластический и энергетический материал и являются незаменимыми элементами его питания. Они поставляют в организм человека необходимые для него вещества, такие как фосфолипиды, непредельные жирные кислоты,

жирорастворимые витамины и др. Масла и жиры определяют биологическую эффективность организма [3].

Подсолнечное масло – традиционный для отечественного рынка продукт. Особую популярность потребления растительного масла в настоящее время придает тенденция отказа от жиров животного происхождения, снижение уровня холестерина и пропаганда здорового образа жизни [5].

Подсолнечное масло – одно из важнейших растительных масел, получивших большое народнохозяйственное значение. Оно используется как непосредственно в пищу, так и для производства

маргарина, кулинарных жиров, в мыловарении и лакокракочной промышленности [6].

Объекты и методы исследования

Объектом исследований являлась научно-техническая и патентная информация относительно технологии производства подсолнечного масла.

В работе применялся аналитический метод исследований, основанный на системном подходе к рассматриваемой проблеме.

Результаты и их обсуждение

Качество подсолнечного масла зависит от качества сырья (семечек подсолнечника), соблюдения технологии производства и условий хранения. Также на качество влияют контроль качества и соблюдение стандартов. Растительные масла, выпускаемые в реализацию, по качеству должны соответствовать требованиям ТР ТС 024/2011 «Технический регламент на масложировую продукцию», техническому регламенту Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» 021/2011, а также требованиям ГОСТ 1129-2013 «Масло подсолнечное. Технические условия» [2]. Сырье для подсолнечного масла оценивается масличностью семян, влажностью семян и степенью очистки семян (рис. 1).

Масличность семян – чем выше масличность, тем больше выход масла. На масличность влияют внешние условия в период налива семян, например, запасы почвенной влаги. При незначительных запасах влаги в почве масличность снижается, при хороших – повышается. Масличность зависит от сорта подсолнечника и от того, насколько тёплое и солнечное лето.

Влажность семян – оптимальный процент –

6%, слишком влажные семена хранятся плохо и тяжелее.

Очистка семян – содержание мусора не должно превышать 1%, а битого зерна – 3%. Перед переработкой семена очищают, сушат, обрушивают (разрушают кожуру) и отделяют её от ядра.

Проведенные исследования показали, что выход масла зависел от его способа очистки. Применение фильтрации масла способствовало увеличению его выхода на 5,4%. Побочным продуктом производства масла являлся жмых и диффузионный осадок. Выход диффузионного осадка в варианте с применением фильтрации был на 3,5% меньше, чем в варианте, где масло отстаивалось после прессования. Следует отметить, что и диффуз был более густой во втором варианте. Выход жмыха по вариантам исследований практически не менялся [7].

Рассмотрим факторы, влияющие на производство подсолнечного масла в России (рис.2):

Ценовые тенденции. На рынке масличных культур наблюдается волатильность цен. В начале 2025 года внутренние цены на подсолнечник снизились по сравнению с пиком предыдущих лет.

Объёмы производства, посевные площади и урожайность. Основной прирост производства обеспечивается за счёт расширения площадей. В перспективе важным резервом производства становится рост урожайности через селекцию и агротехнологии.

Объёмы переработки и новые мощности. В различных регионах России активно запускаются новые мощности по переработке, меняется логистика экспортных поставок, растёт значение региональной специализации.

Качество семян. На производство подсолнечного масла влияют масличность, влажность и срок



Рис.1. Сырье для подсолнечного масла

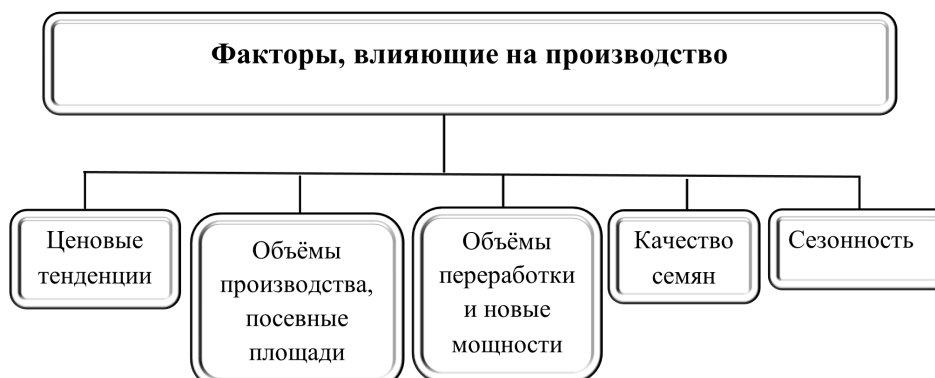


Рис. 2. Факторы, влияющие на производство подсолнечного масла



Рис. 3. Новые технологии в производстве подсолнечного масла



Рис. 4. Факторы, влияющие на выбор технологии производства подсолнечного масла



Рис. 5. Зависимость качества подсолнечного масла от некоторых технологических операций

созревания семян. Чем выше масличность семян, тем больше выход масла.

Сезонность. Пик производства приходится на октябрь – декабрь, поскольку именно в эти периоды наблюдается наибольшее количество запасов сырья. В сезоне 2024/25 выпуск подсолнечного масла снизился на фоне падения экспорта: из-за сокращения рентабельности его производство стало малоинтересным для маслозаводов.

В последнее время в производстве подсолнечного масла используются новые технологии (рис. 3):

Холодная энзимная гидратация. Технология подразумевает обработку масла энзимами (ферментами) с последующим охлаждением и отделением лизофосфатидов и восков от холодного масла на высокоскоростном сепараторе. Такой подход к рафинации оказался наиболее экономичным по сравнению с классическими химическими и физическими процессами.

Спиртовая экстракция. Технология позволяет получать высококачественный продукт из семян

любых масличных культур и отходов производства (подсолнечной лузги, жмыха и шротов, фосфатидных концентратов). Процесс переработки происходит в пять раз быстрее обычных.

Создание высокостеаринового подсолнечного масла. Продукт призван составить конкуренцию пальмовому маслу и может использоваться для производства кондитерских изделий и косметики. Содержание стеариновой кислоты в гибриде достигает 13%, что позволяет ему затвердевать в течение 24 часов при температуре +5°C. или иметь полутвердую консистенцию при температуре +10 °C.

Выбор технологии производства подсолнечного масла зависит от ряда факторов (рис. 4):

Объемы производства. Для крупномасштабной добычи масла нужна технология с совершенной технологией, сложной компоновкой оборудования, высокой степенью автоматизации и полной утилизацией побочных продуктов. Для мелкомасштабной добычи выбирают процесс, который экономит инвестиции, легко заменяет сырьё, имеет гибкое производство и прост в освоении.

Сорта. Если необходимо часто менять сорта масличных растений, выбирают процесс, подходящий для производства различных масличных растений. Если имеется единственный сорт масла, выбирают простой производственный процесс, чтобы упростить процесс и сэкономить инвестиции в оборудование.

Требования к качеству продуктов. Например, для производства пищевого масла и пищевой муки необходимо обеспечить соответствие производственного процесса и условий гигиеническим показателям пищевых продуктов.

Переработка отходов. При выборе производственного процесса учитывают образование отходов и их воздействие на окружающую среду.

Надёжность технологического оборудования. От этого фактора значительно зависит выбор технологии. Также важны уровень производительности труда, энергоснабжение, выбор площадки и другие факторы.

При производстве подсолнечного масла его качество зависит от многих технологических операций, одними из которых являются способ отжима и очистка (рис. 5).

Способ отжима – существует два способа: «горячий» и «холодный». При «горячем» перед отжимом мятку прогревают при 100–110°C, затем отжимают в шнековых прессах. При «холодном» –



Рис. 6. Условия хранения подсолнечного масла

подсолнечное масло получают из мятки без прогрева, что сохраняет в нём большую часть полезных веществ.

Рафинация – многоступенчатая очистка масла от органических примесей. Например, гидратация (очистка горячей водой) удаляет фосфолипиды, из-за которых у масла со временем появляется осадок. Удаление примесей – в состав примесей могут входить взвеси твёрдых частиц, фосфатиды, углеводы, белки, азотистые соединения, свободные жирные кислоты, пигменты, которые ухудшают потребительские характеристики масла и снижают срок его хранения.

Качество подсолнечного масла зависит в значительной степени от условий хранения (рис.6).

Воздействие света – прямые солнечные лучи разрушают жирные кислоты, приводя к ухудшению качества. Масло следует хранить в тёмном месте, защищённом от прямого солнечного света.

Температурный режим – оптимальная температура – от +5 до +20°C, масло не должно подвергаться резким перепадам температуры. Хранение при слишком низкой температуре (например, в холодильнике) может привести к загустению масла и образованию осадка, что не отражается на его качестве, но может ухудшить внешний вид и текстуру

Воздействие кислорода – для минимизации контакта масла с воздухом следует плотно закрыть крышку бутылки после использования.

Литература

- [1] Антошин, И. В. Особенности получения продуктов переработки семян подсолнечника // Перспективы развития науки в современном мире: Сборник научных статей по материалам VII Международной научно-практической конференции, Уфа, 30 ноября 2021 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр «Вестник науки», 2021. – С. 130-133. – EDN MYZXLQ.
- [2] Видершпан, Е. С., Ивкова И.А. Требования к качеству растительных масел. Конкурентоспособность подсолнечного масла на современном рынке розничной торговли // Состояние и перспективы развития наилучших доступных технологий специализированных продуктов питания: Сборник материалов Всероссийской научно-практической

Подсолнечное масло является премиальным маслом, благодаря своему цвету, составу и качеству, помимо этого оно имеет большое количество ненасыщенных жирных кислот, низкое содержание линоленовой кислоты и мягкий вкус. Именно поэтому масло составляет около 80 % от стоимости всего урожая подсолнечника [1].

Выводы

Растительные масла, выпускаемые в реализацию, по качеству должны соответствовать требованиям ТР ТС 024/2011 «Технический регламент на масложировую продукцию», техническому регламенту Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» 021/2011, а также требованиям ГОСТ 1129-2013 «Масло подсолнечное. Технические условия». На современном рынке растительного подсолнечного масла существует конкуренция, так как представлен большой ассортимент данной продукции. Подсолнечное масло – одно из важнейших растительных масел, получивших большое народнохозяйственное значение. В последнее время в производстве подсолнечного масла используются новые технологии. Качество подсолнечного масла зависит от качества сырья (семечек подсолнечника), соблюдения технологии производства и условий хранения.

References

- [1] Antoshin, I. V. Features of obtaining sunflower seed processing products // Prospects for the development of science in the modern world: Collection of scientific articles based on the materials of the VII International Scientific and Practical Conference, Ufa, November 30, 2021. – Ufa: Scientific and Publishing Center «Vestnik Nauki» LLC, 2021. – P. 130-133. – EDN MYZXLQ.
- [2] Vidershpan, E. S., and Ivkova, I. A. Requirements for the quality of vegetable oils. Competitiveness of Sunflower Oil in the Modern Retail Market // State and Prospects of Development of the Best Available Technologies for Specialized Food Products: Collection of Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation Dedicated to the 60th Anniversary of the Omsk Agricultural Institute (OmsksAI), Academician of the Russian

- конференции с международным участием, посвящённый 60-летию со дня окончания Омского сельскохозяйственного института (ОмСХИ), академиком РАН, д-ром техн. наук, профессором, заслуженным деятелем науки РФ, лауреатом Премии Правительства РФ Храмцовым Андреем Георгиевичем, Омск, 30 мая 2019 года / Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2019. – С. 319-322. – EDN AUDRIH.
- [3] Зимняков, В. М., Кухарев О.Н., Зимняков А.М. Производство подсолнечного масла в России // Инновационная техника и технология. – 2020. – № 4(25). – С. 46-52. – EDN XKESZR.
- [4] Орловцева, О. А., Вакулина Ю.В. Изучение проблем качества подсолнечного масла статистическими методами // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации : сборник научных трудов XII-ой Международной научно-практической конференции: в 4-х томах, Курск, 19–20 марта 2015 года / Ответственный редактор: Горохов А.А.. Том 3. – Курск: Закрытое акционерное общество «Университетская книга», 2015. – С. 273-275. – EDN TRBEYT.
- [5] Осипов, А., Пролыгина Н, Силко Е. Маркетинг продукции масложирового подкомплекса в условиях интеграционных процессов // Экономика сельского хозяйства России. – 2016 – №9. – С. 67.
- [6] Подвалова, В.В., Колтун Г.Г., Теребова С.В., Пустоваренко Е.С. Оценка потребительского предпочтения и качества подсолнечного растительного масла // Аграрный вестник Приморья. – 2021. – № 1(21). – С. 22-26. – EDN DOVPVJ.
- [7] Сивцева, М.А., Пикалова П.В., Новикова О.А. Особенности технологии производства подсолнечного масла в условиях малого предприятия // Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса: Материалы II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Курск, 21 декабря 2021 года. Том Часть 1. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2021. – С. 156-161. – EDN YBYMWP.
- Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, and Winner of the Russian Government Prize, Andrey Georgievich Khramtsov, Omsk, May 30, 2019 / Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin. – Omsk: Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, 2019. – Pp. 319-322. – EDN AUDRIH.
- [3] Zimnyakov, V. M., Kukharev O.N., Zimnyakov A.M. Production of Sunflower Oil in Russia // Innovative Technique and Technology. – 2020. – No. 4(25). – Pp. 46-52. – EDN XKESZR.
- [4] Orlovitseva, O. A., and Vakulina, Yu. V. Studying the Quality Problems of Sunflower Oil Using Statistical Methods // Modern Instrumental Systems, Information Technologies, and Innovations: Collection of Scientific Papers of the XII International Scientific and Practical Conference: in 4 volumes, Kursk, March 19–20, 2015 / Responsible editor: Gorokhov A.A.. Volume 3. – Kursk: University Book Closed Joint-Stock Company, 2015. – Pp. 273-275. – EDN TRBEYT.
- [5] Osipov, A., Prolygina N, Silko E. Marketing of Products of the Oil and Fat Subcomplex in the Conditions of Integration Processes // Economy of Agriculture of Russia. – 2016 – No. 9. – P. 67.
- [6] Podvalova, V.V., Koltun, G.G., Terebova, S.V., and Pustovarenko, E.S. Assessment of Consumer Preference and Quality of Sunflower Vegetable Oil // Agrarian Bulletin of Primorye. – 2021. – No. 1(21). – Pp. 22-26. – EDN DOVPVJ.
- [7] Sivtseva, M.A., Pikalova P.V., Novikova O.A. Features of the technology of sunflower oil production in a small enterprise // Youth Science for the Development of the Agro-Industrial Complex: Proceedings of the II All-Russian (National) Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduate Students, and Young Scientists, Kursk, December 21, 2021. Volume Part 1. – Kursk: Kursk State Agricultural Academy named after I.I. Ivanov, 2021. – Pp. 156-161. – EDN YBYMWP.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Зимняков Владимир Михайлович доктор экономических наук профессор кафедры «Переработка сельскохозяйственной продукции» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет» 440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30 Тел.: +7(927) 444-33-22 E-mail: zimnyakov@bk.ru</p>	<p>Zimnyakov Vladimir Mikhailovich D.Sc. in Economics professor at the department of «Agricultural products processing» Penza State Agrarian University Phone: +7(927) 444-33-22 E-mail: zimnyakov@bk.ru</p>
---	--

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

AUTHOR GUIDELINES

Порядок рассмотрения, утверждения и отклонения статей

The procedure for consideration, approval and rejection of articles

В научно-теоретическом и практическом журнале «Инновационная техника и технология» публикуются статьи, обзорные статьи, доклады, сообщения, рецензии, краткие научные сообщения (письма в редакцию), информационные публикации.

Рукопись должна соответствовать требованиям к оформлению статьи. Рукописи, представленные с нарушением требований, редакцией не рассматриваются.

Рукописи, поступающие в журнал, должны иметь внешнюю рецензию специалистов соответствующих отраслей наук с ученой степенью доктора или кандидата наук.

Рукопись научной статьи, поступившая в редакцию журнала, рассматривается ответственным за выпуск на предмет соответствия профилю журнала, требованиям к оформлению, проверяется оригинальность в системе «Антиплагиат», регистрируется.

Редакция организует рецензирование представленных рукописей. В журнале публикуются только рукописи, текст которых рекомендован рецензентами. Выбор рецензента осуществляется решением главного редактора или его заместителя. Для проведения рецензирования рукописей статей в качестве рецензентов могут привлекаться как члены редакционной коллегии журнала «Инновационная техника и технология», так и высококвалифицированные ученые и специалисты других организаций и предприятий, обладающие глубокими профессиональными знаниями и опытом работы по конкретному научному направлению, как правило, доктора наук, профессора.

Рецензенты уведомляются о том, что присланные им рукописи являются частной собственностью авторов и относятся к сведениям, не подлежащим разглашению. Рецензентам не разрешается делать копии статей для своих нужд. Рецензирование проводится конфиденциально. Нарушение конфиденциальности возможно только в случае заявления рецензента о недостоверности или фальсификации материалов, изложенных в статье.

Если в рецензии на статью имеется указание на необходимость ее исправления, то статья направляется автору на доработку. В этом случае датой поступления в редакцию считается дата возвращения доработанной статьи.

Если статья по рекомендации рецензента подверглась значительной авторской переработке, она направляется на повторное рецензирование тому же рецензенту, который сделал критические замечания.

Редакция оставляет за собой право отклонения статей в случае неспособности или нежелания автора учесть пожелания редакции.

При наличии отрицательных рецензий на рукопись от двух разных рецензентов или одной рецензии на ее доработанный вариант статья отклоняется от публикации без рассмотрения другими членами редколлегии.

Решение о возможности публикации после рецензирования принимается главным редактором, а при необходимости – редколлегией в целом.

Фамилия рецензента может быть сообщена автору лишь с согласия рецензента.

Редакция журнала не хранит рукописи, не принятые к печати. Рукописи, принятые к публикации, не возвращаются. Рукописи, получившие отрицательный результат от рецензента, не публикуются и также не возвращаются автору.

Требования к оформлению статьи

Article requirements

Научно-теоретический и практический журнал «Инновационная техника и технология» предназначен для публикации статей, посвященных проблемам пищевой и смежных отраслей промышленности.

Статья должна отвечать профилю журнала, обладать научной новизной, публиковаться впервые.

Объем статьи (включая список литературы, таблицы и надписи к рисункам) должен быть 5–10 страниц. Текст статьи должен быть напечатан на белой бумаге формата А4 (210×297 мм) с одной стороны листа в одну колонку.

Все страницы должны иметь сплошную нумерацию посередине внизу.

Статья включает следующее.

1. Индекс УДК (универсальный десятичный классификатор) – на первой странице в левом верхнем углу.

2. Инициалы и фамилии всех авторов через запятую.

3. Заголовок. Название статьи должно быть кратким (не более 10 слов), но информативным и отражать основной результат исследований. Заголовки набирают полужирными прописными буквами, размер шрифта 12. В заголовке не допускается

употребление сокращений, кроме общепризнанных.

4. Аннотация (не более 800 печатных знаков). Отражает тематику статьи, ценность, новизну, основные положения и выводы исследований.

5. Ключевые слова (не более 9).

6. Текст статьи обязательно должен содержать следующие разделы:

«Введение» – часть, в которой приводят краткий обзор материалов (публикаций), связанных с решаемой проблемой, и обоснование актуальности исследования. Ссылки на цитированную литературу даются по порядку номеров (с № 1) в квадратных скобках. При цитировании нескольких работ ссылки располагаются в хронологическом порядке. Необходимо четко сформулировать цель исследования.

«Объекты и методы исследований»:

- для описания экспериментальных работ – часть, которая содержит сведения об объекте исследования, последовательности операций при постановке эксперимента, использованных приборах и реактивах. При упоминании приборов и оборудования указывается название фирмы на языке оригинала и страны (в скобках). Если метод малоизвестен или значительно модифицирован, кроме ссылки на соответствующую публикацию, дают его краткое описание;

- для описания теоретических исследований – часть, в которой поставлены задачи, указываются сделанные допущения и приближения, приводится вывод и решение основных уравнений. Раздел не следует перегружать промежуточными выкладками и описанием общеизвестных методов (например, методов численного решения уравнений, если они не содержат элемента новизны, внесенного авторами);

«Результаты и их обсуждение» – часть, содержащая краткое описание полученных экспериментальных данных. Изложение результатов должно заключаться в выявлении обнаруженных закономерностей, а не в механическом пересказе содержания таблиц и графиков. Результаты рекомендуется излагать в прошедшем времени. Обсуждение не должно повторять результаты исследования.

«Выводы» В конце раздела рекомендуется сформулировать основной вывод, содержащий ответ на вопрос, поставленный в разделе «Введение».

Текст статьи должен быть набран стандартным шрифтом Times New Roman, кегль 10, межстрочный интервал – одинарный, поля – 2 см. Текст набирать без принудительных переносов, слова внутри абзаца разделять только одним пробелом, не использовать пробелы для выравнивания. Следует избегать перегрузки статей большим количеством формул, дублирования одних и тех же результатов в таблицах и графиках.

Математические уравнения и химические формулы должны набираться в редакторе формул (использовать английский алфавит) Equation

(MathType) или в MS Word одним объектом, а не состоять из частей. Необходимо придерживаться стандартного стиля символов и индексов: английские – курсивом (Italic), русские и греческие – прямым шрифтом, с указанием строчных и прописных букв, верхних и нижних индексов. Химические формулы набираются 9-м кеглем, математические – 10-м. Формулы и уравнения печатаются с новой строки и нумеруются в круглых скобках в конце строки.

Рисунки должны быть представлены в формате *.png, *.jpg или *.tiff. Подрисовочная подпись должна состоять из номера и названия (Рис. 1. ...). В тексте статьи обязательно должны быть ссылки на представленные рисунки.

Графики, диаграммы и т.п. рекомендуется выполнять в программах MS Excel или MS Graph и **вставлять картинкой**. Таблицы должны иметь заголовки и порядковые номера. В тексте статьи должны присутствовать ссылки на каждую таблицу.

Таблицы, графики и диаграммы не должны превышать по ширине 8 см. Допускаются смысловые выделения – полужирным шрифтом.

7. Список литературы. Библиографический список оформляется согласно ГОСТ Р 7.0.5 – 2008 «Библиографическая ссылка». Список литературы приводится в порядке цитирования работ в тексте. В тексте статьи дается порядковый номер источника из списка цитируемой литературы в квадратных скобках. Ссылки на электронные документы должны оформляться согласно ГОСТ 7.82–2001 «Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов».

Не рекомендуется использовать более трех интернет-источников, а также литературу, с момента издания которой прошло более 10 лет.

В список литературы не включаются неопубликованные работы, учебники, учебные пособия и тезисы материалов конференций.

8. Полное название учреждения (место работы), город, почтовый адрес и индекс, тел., e-mail (организации).

9. На английском языке необходимо представить следующую информацию:

а) заглавие статьи; б) инициалы и фамилии авторов; в) текст аннотации; г) ключевые слова (key words); д) название учреждения (с указанием почтового адреса, тел., e-mail).

В случае несоответствия оформления статьи предъявляемым требованиям статья не публикуется. Статьи подлежат общему редактированию.

В редакцию предоставляются:

1) электронная версия статьи в программе MS Word 2007–2013. Файл статьи следует назвать по фамилии первого автора – ПетровГП.doc. Не допускается в одном файле помещать несколько файлов;

2) **приложить графики и рисунки в формате графических файлов *.png, *.jpg или *.tiff; таблицы в формате excel.**

3) сведения об авторах (на русском и английском языках): фамилия, имя, отчество каждого соавтора, место и адрес работы с указанием должности, структурного подразделения, ученой степени, звания; контактный телефон, домашний адрес, электронная почта, дата рождения. Звездоч-

кой указывается автор, с которым вести переписку. Файл следует назвать по фамилии первого автора – ПетровГП_Анкета.doc;

5) рецензия на статью, оформленная согласно образцу, от внешнего рецензента. Подпись внешнего рецензента заверяется соответствующей кадровой структурой.

ДЛЯ ВКЛЮЧЕНИЯ В БАЗУ ДАННЫХ AGRIS СТАТЬЯ ДОЛЖНА СОДЕРЖАТЬ СЛЕДУЮЩУЮ ИНФОРМАЦИЮ:

1. Сведения об авторах: (ФИО всех авторов на русс. и англ яз, полное название организации – место работы авторов, адрес эл. почты, должность, ученая степень).

2. Название статьи (на русском и английском языках);

3. Реферат (на русском и английском языках) 200- 250 слов;

Не следует начинать реферат с повторения названия статьи! Необходимо осветить цель исследования, методы, результаты (с приведением количественных данных), четко сформулировать выводы. Не допускаются разбивка на абзацы и использование вводных слов и оборотов! Необходимо представлять сведения об объектах исследования. Следить, чтобы в тексте не было повторов и вводных оборотов типа «На основании проведенных исследований можно сказать» (вполне достаточно «установлено» или «сделан вывод»). Все числительные – цифрами.

4. Ключевые слова (на русском и английском языках);

Термины Agrovoc это ключевые слова к Вашей статье, используемые в системе цитирования Agris. Они вводятся на английском языке, и чаще всего совпадают с ключевыми словами Вашей статьи. Для проверки соответствия ключевого слова термину Agrovoc, введите его в поисковой строке сайта Agrovoc. Если термин найден, добавьте его в соответствующее поле формы отправки статьи, если же ключевое слово отсутствует среди терминов Agrovoc, то попробуйте подобрать максимально близкий по смыслу синоним. При отправке статьи используйте минимум 2 и максимум 15 терминов Agrovoc.

Сервис поиска терминов Agrovoc: <http://aims.fao.org/skosmos/agrovoc/en/search?clang=ru>

5. Список литературы должен быть представлен на русском языке и на латинице (транслитерация). В списке литературы не должно быть ссылок на одного и того же автора, минимум ссылок на правовые и нормативные документы, наличие ссылок на иностранные публикации. Не допускается машинный перевод текста на английский язык.

ТРАНСЛИТЕРАЦИЯ БИБЛИОГРАФИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Для того, чтобы попасть в зарубежные аналитические базы данных Scopus и Web of Science необходимо оформлять статьи (в том числе в электронных научных журналах) в соответствии с требованиями зарубежных баз данных.

Этапы преобразования ссылки

1) На сайте <http://www.translit.ru> (в раскрывающемся списке «варианты» выбирать вариант, например: системы Госдепартамента США - BSI). Вставляем текст ссылки на русском языке и нажимаем кнопку «в транслит». Название научного журнала в транслитированном списке литературы должно совпадать с транслитированным названием журнала, которое зарегистрировано при его включении в международные базы данных.

2) Англоязычные версии названий многих публикаций, журналов, книг и т.д. можно найти на сайте Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU (<http://elibrary.ru/>).

3) Переводим с помощью онлайн-переводчика все описание источника (название книги, статьи и т.д., кроме авторов) на английский язык, перевод редактируем и переносим в формируемый список (за транслитированным названием).

4) Объединяем описания в транслите и переводное, оформляя в соответствии с принятыми правилами. Нужно раскрыть место издания (например, Moscow), а также исправить обозначение страниц на английский язык (например, вместо 124 s. – 124 p., S. 12-15 – pp. 12-15) и номера («№» на «No.»). Курсивом выделяем название источника (при описании статьи) или название книги (монографии, сборника). Убираем знаки предписанной пунктуации (ГОСТ 7.1-2003) между областями описания, заменяем их на запятые, авторов (всех) ставим перед заглавием.

Порядок преобразования ссылки

Переводим ссылку в транслит и убираем знаки предписанной пунктуации (ГОСТ 7.1-2003) между областями описания (// и .-), заменяем их на запятые, авторов (всех) ставим перед заглавием:

Baitin M. I., Petrov D. E. Otrasl' prava i otrasl' zakonodatel'stva, Pravo i politika, 2004, № 1, S. 19-30.

После транслитерированного заглавия статьи вставляем в квадратные скобки перевод заглавия на английский язык и выделяем название журнала (книги, монографии) курсивом:

Baitin M. I., Petrov D. E. Otrasl' prava i otrasl' zakonodatel'stva [*Sector of law and sector of legislation*], **Pravo i politika**, 2004, № 1, S. 19-30.

Меняем «№» на «No.» и страницы - «S.» на «pp.». Обязательно должны быть указаны первый и последний номера страниц статьи:

Baitin M. I., Petrov D. E. Otrasl' prava i otrasl' zakonodatel'stva (Sector of law and sector of legislation), Pravo i politika, 2004, **No. 1, pp. 9-30.**

Примеры оформления списка литературы в латинице

Описание статьи из журнала:

Osintsev A.M., Braginskii V.I., Ostroumov L.A., Gromov E.S. Ispol'zovanie metodov dinamicheskoi reologii dlya issledovaniya protsessa koagulyatsii moloka [Application of dynamic rheology in studying milk coagulation process]. Agricultural Commodities Storage and Processing, 2002, no. 9, pp. 46–49.

Описание статьи из электронного журнала:

Swaminathan V., Lepkoswka-White E., Rao B.P. Browsers or buyers in cyberspace? An investigation of electronic factors influencing electronic exchange. Journal of Computer- Mediated Communication, 1999, vol. 5, no. 2. Available at: <http://www.ascusc.org/jcmc/vol5/issue2/> (Accessed 28 April 2011).

Описание статьи с DOI:

Korotkaya E.V., Korotkiy I.A. Effect of freezing on the biochemical and enzymatic activity of lactobacillus bulgaricus. Food and Raw Materials, 2013, vol. 1, no. 2, pp. 9-14. doi:10.12737/2046

Описание статьи из продолжающегося издания (сборника трудов)

Astakhov M.V., Tagantsev T.V. Eksperimental'noe issledovanie prochnosti soedinenii «stal'-kompozit» [Experimental study of the strength of joints «steel-composite»]. Trudy MGTU «Matematicheskoe modelirovanie slozhnykh tekhnicheskikh sistem» [Proc. of the Bauman MSTU “Mathematical Modeling of Complex Technical Systems”], 2006, no. 593, pp. 125-130.

Описание книги (монографии, сборники):

Berezov T.V., Korovin B.F. Bioorganicheskaya khimiya [Bioorganic Chemistry]. Moscow, Meditsina, 1990. 221 p.

Ot katastrofy k vozrozhdeniju: prichiny i posledstviya razrusheniya SSSR [From disaster to rebirth: the causes and consequences of the destruction of the Soviet Union]. Moscow, HSE Publ., 1999. 381 p.

Описание Интернет-ресурса:

Pravila Tsitirovaniya Istochnikov (Rules for the Citing of Sources) Available at:

<http://www.scribd.com/doc/1034528/> (accessed 7 February 2011)

Описание диссертации или автореферата диссертации:

Semenov V.I. Matematicheskoe modelirovanie plazmy v sisteme kompaktnyi tor. Diss. dokt. fiz.-mat. nauk [Mathematical modeling of the plasma in the compact torus. Dr. phys. and math. sci. diss.]. Moscow, 2003. 272 p.

Описание ГОСТа:

GOST 8.586.5–2005. Metodika vypolneniia izmerenii. Izmerenie raskhoda i kolichestva zhidkosti i gazov s pomoshch'iu standartnykh suzhaiushchikh ustroystv [State Standard 8.586.5 –2005. Method of measurement. Measurement of flow rate and volume of liquids and gases by means of orifice devices]. Moscow, Standartinform Publ., 2007. 10 p.

Описание патента:

Palkin M.V., Kulakov A.V. Sposob orientirovaniia po krenu letatel'nogo apparata s opticheskoi golovkoi samonavedeniia [The way to orient on the roll of aircraft with optical homing head]. Patent RF, no. 2280590, 2006.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

Том 12

№ 3

2025

Разработка оригинал-макета – Фролов Д. И.

Сдано в производство 05.11.2025. Формат 60X84/8

Бумага типогр. №1. Печать ризография. Шрифт Times New Roman.

Усл. печ. л. 8,95. Тираж 50 экз.