

8(149)

Владимир Михайлович Чаплин (28 июля (9 августа) 1861 — 10 ноября 1931) — русский и советский учёный, специалист в области отопительно-вентиляционной техники.

Дед писательницы Веры Чаплиной[2].
Потомственный дворянин из рода Чаплиных, восходящего[3] ко Льву Чаплину (середина XV века)[4].

В 1883 году окончил Императорское Московское техническое училище (ИМТУ), а в 1898 году получил в училище должность профессора. В 1898—1909 гг. также преподавал в Московском Училище живописи, ваяния и зодчества.

В 1895 году вместе с коллегой по ИМТУ архитектором В. Г. Залесским Чаплин организовал торговый дом «В. Залесский и В. Чаплин». В 1902 году Залесский и Чаплин построили собственный дом на Большой Дмитровке, 16, в котором их семьи имели по отдельному этажу и где располагались помещения их технической конторы[5]. Среди реализованных проектов торгового дома «В. Залесский и В. Чаплин» — системы отопления и вентиляции почти 1500 зданий[6] в десятках городах Российской Империи: Музей изящных искусств имени императора Александра III, Румянцевский музей, Политехнический музей, Аудиторный корпус Московского университета, Императорское Московское техническое училище, Московское училище живописи, ваяния и зодчества, Александровское военное училище, Брестский (Белорусский) вокзал, автозавод А. М. О., Сандуновские бани, гостиница Метрополь, ресторан Эрмитаж, здание страхового общества «Россия», Алексеевская глазная больница, странноприимный дом Шереметева, храм Василия Блаженного, склеп великого князя Сергея Александровича в Чудовом монастыре, Перервинский монастырь, Заиконоспасский монастырь, храм Марфо-Мариинской обители — все в Москве; храм-усыпальница Юсуповых в Архангельском, Петербургская городская детская больница, Путиловский завод, Архангельские городские ряды, Нижегородский городской театр, Киевский коммерческий институт, царский дворец в Ливадии, Иркутский завод «Треугольник», детская больница в Баку, фабрика Столыпина в Пензе, храм Казанской Божией матери в Риге, электрическая станция в Рязани, Тамбовский пороховой завод, Волжский Канальный банк в Самаре, Калужское Епархиальное училище, Императорский Харьковский университет и многие другие.

В 1903 году В. М. Чаплин создал первую в России систему водяного отопления с радиаторами. Предложенная им водяная система была прототипом широко применяемых в настоящее время систем отопления с радиаторами. Система была запатентована, а также получила признание на всемирной выставке в Париже.



165 ЛЕТ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ
9 августа 2026 г.

ЧАПЛИН
ВЛАДИМИР МИХАЙЛОВИЧ
1861-1931 гг.



UNIVERSUM: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научный журнал

Издается ежемесячно с ноября 2013 года

Выпуск: 8(149)

Август 2026 г.

Часть 5

Новосибирск
2026

Главный редактор журнала:

Звездина Марина Юрьевна – д-р физ.-мат. наук, доц.

Редакционная коллегия:

Абдуллин Тимур Зуфарович – канд. техн. наук;

Колесников Александр Сергеевич – канд. техн. наук, проф.;

Манасян Сергей Керопович – д-р техн. наук, проф.;

Мартышкин Алексей Иванович – канд. наук, доц.;

Мерганов Аваз Мирсултанович – PhD;

Немирова Любовь Федоровна – канд. техн. наук, доц.;

Полтавец Валерий Васильевич – д-р техн. наук, доц.;

Радкевич Мария Викторовна – д-р техн. наук, проф.;

Старченко Ирина Борисовна – д-р техн. наук, проф.;

Усманов Хайрулла Сайдуллаевич – д-р техн. наук, проф.;

Фозилов Садриддин Файзуллаевич – д-р техн. наук, проф.;

Шайтура Сергей Владимирович – канд. техн. наук, доц.;

Яронова Наталья Валерьевна – канд. техн. наук, доц.;

Мажидов Кахрамон Халимович – д-р хим. наук, проф.;

Тимухина Елена Николаевна – д-р техн. наук, проф.;

Деев Владислав Борисович – д-р техн. наук, проф.;

Кокшаров Сергей Александрович – д-р техн. наук, проф.

U55 Universum: технические науки : электронный научный журнал. — № 8(149). — Часть 5. — Новосибирск : Изд-во «Юниверсум», 2026. — 68 с. — Текст : электронный. — URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/category/8149> (дата публикации: 38.08.2026).

Содержание

Статьи на русском языке

Промышленность и производство

Технология продовольственных продуктов и пищевая промышленность

Влияние качества пшеничной муки на реологические свойства теста и формирование структуры круассанов	4
<i>Гулбоева Захро Азамат кизи</i>	
<i>Машарипова Зулхумар Атабековна</i>	
Контроль качества молока по показателям остаточного содержания антибиотиков	18
<i>Махкамов Дилмурод</i>	
<i>Акрамова Раъно Рамизитдиновна</i>	
Исследование физико-химических свойств молочных композиций на основе сои, овса и кукурузы и обоснование их оптимального состава	26
<i>Рахимова Гулмира Хамидуллаевна</i>	
<i>Хамдамов Анвар Махмудович</i>	
<i>Нурдинбоева Ойдинахон</i>	
Исследование взаимодействия с водой и свойств набухания гелей на основе изолятов соевого, горохового и фасолевого белков с использованием теории Флори–Ренера	36
<i>Собуддинов Сохибжон Махмуджонович</i>	
<i>Каноатов Хайрулло Муродиллаевич</i>	
<i>Дадамирзаев Музаффар Хабибуллаевич</i>	
<i>Содикова Шоира Абдураззаковна</i>	
Использование модифицированных крахмалов в технологии мясопродуктов: современное состояние и перспективы	45
<i>Стаценко Елена Николаевна</i>	
<i>Оботурова Наталья Павловна</i>	
Математическая модель фазового разделения нефтешлама под действием центробежной силы	51
<i>Шодиев Азимбек Зиядуллоевич</i>	
<i>Жумаев Қаям Каримович</i>	
<i>Шодиев Зиядулло Очилович</i>	
<i>Хамроев Хамза Хамидович</i>	
Экспериментальное исследование химического состава тыквенного масла	61
<i>Ўктамowa Шохсанам Ҳаким қизи</i>	
<i>Джураев Хайрулло Файзиевич</i>	

СТАТЬИ НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ

ПРОМЫШЛЕННОСТЬ И ПРОИЗВОДСТВО

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ И
ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Статья поступила в редакцию: 10.07.2026

Статья принята к публикации: 07.08.2026

Статья опубликована: 28.08.2026

УДК 664.7+66.047

DOI: 10.32743/UniTech.2026.149.8.23315

**Влияние качества пшеничной муки на реологические свойства теста и
формирование структуры круассанов**

Гулбоева Захро Азамат кизи

докторант

Ташкентский химико-технологический институт, Республики Узбекистан

г. Ташкент

E-mail: zulxumoratabekovna@gmail.com

Машарипова Зулхумар Атабековна

доц. (PhD)

Ташкентский химико-технологический институт, Республики Узбекистан

г. Ташкент

**The influence of wheat flour quality on the technological properties of dough
and the formation of croissant structure**

Gulboeva Zaxro Azamat qizi

PhD doctoral student

Tashkent Institute of Chemical Technology

Republic of Uzbekistan, Tashkent

Masharipova Zulxumar Atabekovna

Associate Professor, PhD

Tashkent Institute of Chemical Technology

Republic of Uzbekistan, Tashkent

Библиографическое описание: Гулбоева З.А. кизи, Машарипова З.А. Влияние качества пшеничной муки на реологические свойства теста и формирование структуры круассанов // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2026. 8(149). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/23315>

Аннотация

В статье исследовано влияние физико-химических и технологических показателей пшеничной муки на технологические свойства слоёного дрожжевого теста и формирование внутренней структуры круассанов. Целью исследования являлось сравнительное определение технологической пригодности двух образцов пшеничной муки для производства круассанов на основе комплексной оценки влажности, зольности, содержания сырой клейковины, качества клейковины по индексу деформации клейковины (ИДК) и числа падения, а также визуальной оценки поведения теста при растяжении и особенностей структуры мякиша готовых изделий.

Исследования проводили на двух образцах пшеничной муки, предоставленных производителями из Республики Казахстан. Лабораторные показатели определяли в лаборатории ООО «FOOD TECH PRO» с использованием стандартизированных методов в соответствии с ГОСТ 26574-2017 и ГОСТ 27839-2013. Установлено, что содержание сырой клейковины в исследуемых образцах было близким и составляло 28,0 и 28,4 %, однако наблюдались различия в технологическом поведении теста. Образец 1 характеризовался влажностью 14,3 %, зольностью 0,3 %, показателем ИДК 62 ед. и числом падения 369 с, тогда как для Образца 2 соответствующие значения составляли 15,0 %, 0,4 %, 57 ед. и 359 с.

При визуальной оценке тесто из Образца 1 сохраняло целостность при растяжении и демонстрировало более благоприятное поведение при механическом воздействии. Круассаны из данного образца характеризовались более выраженной пористо-слоистой структурой и более равномерным распределением воздушных ячеек. Полученные результаты показывают, что при выборе муки для производства круассанов необходимо учитывать не только количество сырой клейковины, но и совокупность её качественных характеристик, влажность и другие технологически значимые показатели. В условиях проведённого исследования образец с ИДК 62 ед. обеспечил более благоприятные технологические характеристики по сравнению с образцом с ИДК 57 ед.; однако установление универсального оптимального диапазона ИДК для производства круассанов требует дополнительных исследований с применением инструментальных реологических методов и статистической обработки результатов.

Abstract

The article investigates the influence of physicochemical and technological characteristics of wheat flour on the technological properties of laminated yeast dough and the formation of the internal structure of croissants. The aim of the study was to comparatively assess the technological suitability of two wheat flour samples for croissant production based on a comprehensive evaluation of moisture content, ash content, wet gluten content, gluten quality expressed by the Gluten Deformation Index (GDI/IDK), and falling number, together with a visual assessment of dough behavior during stretching and the crumb structure of the finished products. The study was conducted using two wheat flour samples supplied by manufacturers from the Republic of Kazakhstan. Laboratory analyses were performed at the laboratory of LLC "FOOD TECH PRO" using standardized methods in accordance with GOST 26574-2017 and GOST 27839-2013. The wet gluten content of the studied flour samples was similar, amounting to 28.0 and 28.4 %,

respectively; however, differences were observed in the technological behavior of the dough. Sample 1 was characterized by a moisture content of 14.3 %, ash content of 0.3 %, GDI/IDK of 62 units, and a falling number of 369 s, whereas the corresponding values for Sample 2 were 15.0 %, 0.4 %, 57 units, and 359 s. During visual evaluation, dough prepared from Sample 1 maintained its integrity during stretching and demonstrated more favorable behavior under mechanical stress. Croissants produced from this flour exhibited a more pronounced laminated and porous structure and a more uniform distribution of air cells. The results indicate that flour selection for croissant production should consider not only the amount of wet gluten but also its qualitative characteristics, moisture content, and other technologically relevant parameters. Under the conditions of the present study, the flour sample with an IDK value of 62 units demonstrated more favorable technological characteristics than the sample with an IDK value of 57 units. However, establishing a universal optimal IDK range for croissant production requires further studies using instrumental rheological methods and statistical analysis.

Ключевые слова: круассан, пшеничная мука, клейковина, индекс деформации клейковины, ИДК, слоёное дрожжевое тесто, растяжимость, эластичность, пористость, число падения.

Keywords: croissant, wheat flour, gluten, Gluten Deformation Index, GDI, laminated yeast dough, extensibility, elasticity, porosity, falling number.

Введение

Круассан относится к группе слоёных дрожжевых хлебобулочных изделий, качество которых определяется сочетанием свойств используемого сырья, рецептурного состава и параметров технологического процесса. Особое значение при этом имеют характеристики пшеничной муки, поскольку белково-клейковинный комплекс формирует структурную основу теста и определяет его способность выдерживать механическое воздействие, удерживать газ и сохранять целостность при технологической обработке [19, 11, 18, 22].

В отличие от традиционных хлебобулочных изделий, производство круассанов предъявляет к тесту комплекс требований. Тесто должно обладать достаточной пластичностью для раскатывания, растяжимостью для формирования тонких пластов и одновременно необходимой упругостью, позволяющей сохранять структуру при ламинировании и формовании. В процессе производства тесто подвергается многократной механической обработке, включающей раскатку и складывание с формированием чередующихся слоёв теста и жирового компонента. Поэтому свойства клейковинного комплекса непосредственно связаны с технологической стабильностью теста и качеством готового изделия.

Клейковина представляет собой белковый комплекс пшеничного теста, формирующийся при гидратации белков муки. Основными белковыми фракциями являются глиадины и глюteniны, соотношение и структурные характеристики которых оказывают влияние на вязкоупругие и деформационные свойства теста. Комплексная оценка качества муки должна основываться на сочетании химических, физико-химических и технологических методов исследования, поскольку только их совокупность позволяет объективно прогнозировать качество готовых хлебобулочных изделий [19, 17].

Современные исследования показывают, что качество пшеничной муки необходимо рассматривать комплексно, поскольку содержание белка и количество клейковины не всегда позволяют однозначно прогнозировать реологическое поведение теста и качество готовых хлебобулочных изделий [9, 20, 21, 23].

Взаимодействие белковой и крахмальной фаз также имеет существенное значение для формирования структуры теста. Исследования показывают, что свойства границы раздела «клейковина–крахмал» могут влиять на деформационное поведение и реологические характеристики пшеничного теста [9]. При этом современные реологические методы позволяют более подробно оценивать поведение теста при малых и больших деформациях, что особенно важно для процессов, сопровождающихся интенсивным механическим воздействием [21].

Для круассанов эта проблема приобретает особое значение. В процессе ламинирования тесто многократно раскатывается и складывается вместе с жировым компонентом. Следовательно, тесто должно одновременно обладать достаточной растяжимостью и способностью сохранять структурную целостность. Чрезмерно слабая структура может приводить к разрывам и нарушению слоёв, тогда как недостаточная растяжимость может затруднять формирование равномерной слоистой структуры.

Одним из основных показателей хлебопекарной ценности пшеничной муки является содержание сырой клейковины. Однако количество клейковины само по себе не позволяет полностью оценить технологическую пригодность муки для производства круассанов. Важное значение имеет также качество клейковины, которое характеризует её деформационные и упруго-эластические свойства.

Для оценки качества сырой клейковины применяется индекс деформации клейковины (ИДК). Показатель определяется с использованием прибора ИДК, предназначенного для оценки степени деформации стандартного образца сырой клейковины под действием заданной нагрузки. Значение показателя выражается в условных единицах и используется для сравнительной характеристики качества клейковины.

Актуальность настоящего исследования обусловлена необходимостью комплексного выбора пшеничной муки для производства круассанов стабильного качества. Даже при близком содержании сырой клейковины различные образцы муки могут демонстрировать различное технологическое поведение вследствие различий в качестве белкового комплекса, влажности, зольности и активности ферментов.

Целью исследования являлось сравнительное определение технологической пригодности двух образцов пшеничной муки для производства круассанов на основе комплексной оценки их физико-химических и технологических показателей и установления их взаимосвязи с поведением теста и структурой готовых изделий.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

1. Определить влажность, зольность, содержание сырой клейковины, качество клейковины по показателю ИДК и число падения исследуемых образцов пшеничной муки;
2. Провести сравнительную визуальную оценку растяжимости, целостности и эластичности теста;
3. Оценить особенности пористо-слоистой структуры мякиша готовых круассанов;

4. Установить взаимосвязь между технологическими показателями муки, поведением теста и формированием структуры готовых изделий.

Научная новизна исследования заключается в сравнительном сопоставлении физико-химических характеристик двух образцов пшеничной муки с близким содержанием сырой клейковины, но различающихся по показателю ИДК, с их технологическим поведением при производстве круассанов и особенностями формирования пористо-слоистой структуры готового изделия.

Сравнительная оценка исследуемых образцов муки проводилась на основе комплексного анализа основных технологически значимых показателей качества сырья: влажности, зольности, количества и качества клейковины, числа падения и влияния на структуру готового изделия [19,1].

Материалы и методы исследования

Объектами исследования являлись два образца пшеничной муки, предоставленные производителями из Республики Казахстан. В исследовании образцы обозначены как Образец 1 и Образец 2.

Лабораторные исследования проводили в лаборатории ООО «FOOD TECH PRO». Определение основных физико-химических показателей муки осуществляли в соответствии с требованиями ГОСТ 26574-2017 и методами, установленными ГОСТ 27839-2013.

В исследуемых образцах определяли следующие показатели: влажность, зольность, содержание сырой клейковины, качество сырой клейковины по индексу деформации клейковины (ИДК) и число падения. Дополнительно проводили сравнительную технологическую оценку теста по визуальным признакам растяжимости и эластичности, а также оценивали особенности пористо-слоистой структуры мякиша готовых круассанов.

Влажность муки определяли стандартным методом высушивания навески до постоянной массы в условиях, предусмотренных нормативной методикой [4]. Для анализа отбирали навеску массой 5,0 г, которую помещали в предварительно высушенный и взвешенный бюкс. Высушивание проводили при температуре 130 ± 2 °С в течение 40 мин, после чего бюкс охлаждали в эксикаторе до комнатной температуры и повторно взвешивали. Влажность (%) рассчитывали по формуле:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100,$$

где:

W — влажность муки, %;

m_0 — масса пустого бюкса, г;

m_1 — масса бюкса с навеской до высушивания, г;

m_2 — масса бюкса с навеской после высушивания, г.

Влажность является важным технологическим показателем, поскольку влияет на фактическое количество воды, необходимое для замеса теста, его консистенцию, пластичность и поведение при раскатке.

Зольность муки характеризует содержание минеральных веществ и определяется после сжигания органической части образца с последующим определением массы минерального остатка [5].

Навеску муки массой 3–5 г, предварительно высушенную до постоянной массы, помещали в предварительно прокалённый и взвешенный фарфоровый тигель. Озоление проводили в муфельной печи при температуре 900 ± 25 °С до получения светло-серой или белой золы постоянной массы. После завершения прокаливания тигли охлаждали в эксикаторе до комнатной температуры и взвешивали на аналитических весах.

Массовую долю золы (X, %) рассчитывали по формуле:

$$X = \frac{m_z * 100 * 100}{m_n(100 - W)}$$

где, m_z — масса золы, г; m_n — масса навески муки г; W — влажность муки, %.

Результат выражали в процентах от массы исходной навески.

Показатель зольности использовали для сравнительной характеристики исследуемых образцов муки.

Количество сырой клейковины определяли методом отмывания [6]. Для анализа из средней пробы отбирали навеску муки массой 25 г, к которой добавляли 14 см³ воды температурой 18–20 °С. Тесто замешивали до получения однородной массы и выдерживали в течение 20 мин для гидратации белков клейковины.

По окончании выдержки тесто промывали водой до полного удаления крахмала и водорастворимых веществ. Полученную сырую клейковину освобождали от избыточной влаги путем многократного отжимания между ладонями до прекращения прилипания к рукам, после чего взвешивали на аналитических весах.

Количество сырой клейковины рассчитывали по формуле:

$$X = \frac{M_k}{M} * 100;$$

где X — количество сырой клейковины, %;

M_k — масса выделенной сырой клейковины, г;

M — масса навески муки, г.

Определение качества клейковины по индексу деформации клейковины

Качество сырой клейковины оценивали по индексу деформации клейковины (ИДК) с использованием прибора ИДК.

Для проведения анализа из отмытой сырой клейковины формировали шарик массой около 4 г. Образец выдерживали в воде при температуре 18–20 °С в условиях, установленных методикой анализа. После выдерживания образец помещали в рабочую зону прибора ИДК и определяли величину его деформации под действием стандартизированной нагрузки.

Результат выражали в условных единицах ИДК. Полученное значение использовали для сравнительной оценки деформационных и упруго-эластических свойств клейковины исследуемых образцов [2,3, 6].

Число падения определяли стандартизированным методом, основанным на оценке времени прохождения штока через нагретую водно-мучную суспензию.

Навеску муки помещали в вискозиметрическую пробирку, добавляли $25 \pm 0,2$ см³ дистиллированной воды температурой 20 ± 5 °С и перемешивали до получения однородной суспензии. Пробирку устанавливали в прибор, где суспензия автоматически перемешивалась и нагревалась в кипящей водяной бане. После завершения перемешивания определяли время свободного падения шток-мешалки через клейстеризованную суспензию. Полученное время, выраженное в секундах, принимали за число падения. Определение проводили в двух параллельных проворностях, за окончательный результат принимали среднее арифметическое значение [7].

Показатель характеризует косвенную активность α -амилазы и используется для оценки ферментативной активности муки. Полученные результаты использовали для сравнительной оценки исследуемых образцов [3].

Визуальная оценка технологических свойств теста

Для оценки поведения теста проводили визуальное наблюдение за его состоянием при растяжении. Оценивали способность теста формировать непрерывную тонкую плёнку, сохранять целостность структуры, равномерно растягиваться и выдерживать механическое воздействие без резкого разрушения.

Данная оценка носила сравнительный визуальный характер. Инструментальные реологические измерения с использованием реометра, экстензографа или альвеографа в рамках настоящего исследования не проводились.

Оценка структуры готовых круассанов

После выпечки проводили сравнительное визуальное исследование внутренней структуры круассанов. Оценивали выраженность слоистости, размер и форму воздушных ячеек, равномерность их распределения и визуальную плотность мякиша.

Оценку проводили сравнительным методом по фотоматериалам поперечного среза готовых изделий.

Результаты и обсуждение

Результаты определения основных физико-химических и технологических показателей исследуемых образцов пшеничной муки представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Основные физико-химические и технологические показатели исследуемых образцов пшеничной муки

Показатель	Нормативное значение	Образец 1	Образец 2
Влажность, %	не более 15,0	14,3	15,0
Зольность, %	до 0,55	0,3	0,4
Сырая клейковина, %	не менее 28	28,0	28,4
Качество клейковины, ед. ИДК	согласно нормативной оценке	62	57
Число падения, с	не менее 200	369	359

Анализ результатов показывает, что оба исследуемых образца соответствовали установленным требованиям по содержанию сырой клейковины. При этом содержание клейковины было близким: 28,0 % в Образце 1 и 28,4 % в Образце 2. Разница составила 0,4 процентного пункта.

Несмотря на близкое количество сырой клейковины, образцы различались по ряду других показателей. Наиболее заметное различие наблюдалось по показателю ИДК, который составил 62 ед. для Образца 1 и 57 ед. для Образца 2.

Полученные результаты согласуются с современным представлением о том, что технологические свойства пшеничной муки определяются не только количеством белка или клейковины, но и структурными особенностями белкового комплекса и взаимодействием белковой и крахмальной фаз [9, 20, 21, 23].

В частности, исследования показывают, что формирование и свойства клейковинной сети оказывают существенное влияние на структурно-механическое поведение теста [9, 23].

В условиях настоящего исследования более высокое значение ИДК Образца 1 сопровождалось более благоприятным визуально оцениваемым поведением теста при растяжении. Тесто сохраняло целостность и демонстрировало более равномерную деформацию. В Образце 2 целостность тестовой плёнки при механическом воздействии нарушалась быстрее.

При этом следует подчеркнуть, что данные результаты не позволяют утверждать, что ИДК 62 ед. является универсально оптимальным показателем для всех видов круассанов. Показатель ИДК необходимо рассматривать как один из элементов комплексной оценки качества клейковины. Для установления количественной связи между ИДК и качеством круассанов необходимы дополнительные инструментальные исследования.

Влажность Образца 1 составила 14,3 %, тогда как Образца 2 — 15,0 %. Различие в содержании влаги может влиять на фактический водный баланс при приготовлении теста и, соответственно, на его консистенцию и технологическое поведение. При одинаковых условиях замеса более высокая влажность исходной муки может изменять количество свободной воды в тестовой системе.

Зольность Образца 1 составила 0,3 %, а Образца 2 — 0,4 %. Различие в данном показателе свидетельствует о неодинаковом содержании минеральной части муки. Однако небольшая разница в зольности сама по себе не позволяет объяснить наблюдаемые различия в технологическом поведении теста.

Число падения составило 369 с для Образца 1 и 359 с для Образца 2. Оба образца характеризовались достаточно высокими значениями показателя в соответствии с применённым нормативным критерием. Различие между образцами было сравнительно небольшим, поэтому в рамках настоящего исследования оно не рассматривалось как основной фактор различий в поведении теста.

Таким образом, сравнение показателей таблицы 1 показывает, что близкое содержание сырой клейковины не сопровождалось идентичными технологическими характеристиками муки. Это подтверждает необходимость комплексного подхода к оценке сырья.

Визуальная оценка растяжимости и эластичности теста

Для дополнительной характеристики технологических свойств муки была проведена визуальная оценка поведения теста при растяжении.



Рисунок 1. Растяжимость и эластичность теста, приготовленного из муки Образца 1.

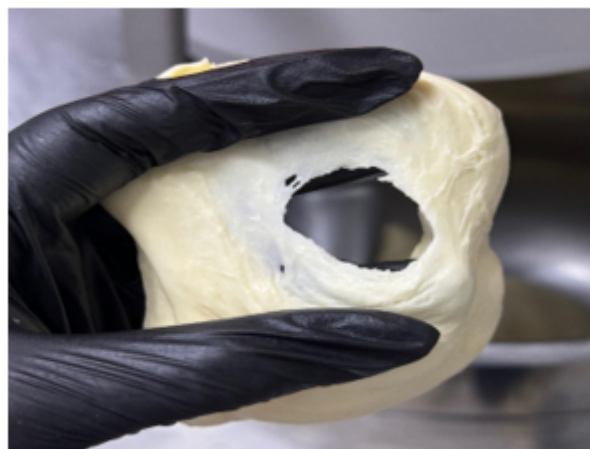


Рисунок 2. Растяжимость и эластичность теста, приготовленного из муки Образца 2.

Тесто, приготовленное из муки Образца 1, при растяжении формировало относительно тонкую и равномерную плёнку. При этом сохранялась целостность структуры, а разрушение происходило не резко. Наблюдаемое поведение свидетельствовало о достаточной способности теста к деформации при сохранении структурной целостности.

Тесто из Образца 2 характеризовалось менее стабильным поведением при растяжении. При механическом воздействии целостность тестовой плёнки нарушалась быстрее, что указывает на отличия в структурно-механических свойствах теста по сравнению с Образцом 1 [9, 20, 21].

Полученные наблюдения согласуются с результатами определения ИДК и позволяют предположить, что различия в качественных характеристиках клейковинного комплекса могли оказать влияние на поведение теста при механической обработке.

Однако необходимо подчеркнуть, что визуальная оценка не является заменой инструментального реологического анализа. В настоящем исследовании она использовалась исключительно как сравнительный технологический метод.

После выпечки была проведена сравнительная оценка внутренней структуры круассанов.



Рисунок 3. Структура мякиша и распределение воздушных ячеек в круассане, приготовленном из муки Образца 1.



Рисунок 4. Структура мякиша и распределение воздушных ячеек в круассане, приготовленном из муки Образца 2.

Круассан из муки Образца 1 характеризовался визуально более выраженной пористо-слоистой структурой (рис.3). Воздушные ячейки имели относительно крупный и вытянутый характер и распределялись по объёму мякиша более равномерно. Слоистая структура была выражена более отчётливо.

Круассан из Образца 2 характеризовался визуально менее выраженной слоистостью (рис.4). Воздушные ячейки имели менее однородное распределение, а структура мякиша выглядела более плотной по сравнению с изделием из Образца 1.

Сопоставление результатов показывает, что более благоприятное визуальное поведение теста из Образца 1 при растяжении сопровождалось более выраженной пористо-слоистой структурой готового круассана.

Одним из возможных объяснений является более благоприятное сочетание деформационных свойств клейковины Образца 1. При ламинировании тесто подвергается многократной деформации, поэтому способность сохранять структурную целостность при одновременной растяжимости имеет важное значение.

Современные исследования реологии теста подчёркивают, что структурные свойства клейковинной сети и её взаимодействие с крахмальной фазой оказывают существенное влияние на механическое поведение теста [9, 21, 10, 12, 14]. Более развитая и стабильная белковая сеть способствует формированию структурно устойчивой системы, способной выдерживать механическое воздействие.

При этом формирование пористо-слоистой структуры круассана определяется не только качеством муки. На конечный результат влияют рецептурный состав, количество и свойства жирового компонента, степень развития клейковины при замесе, температура теста, режим ламинирования, количество складываний, условия расстойки и параметры выпечки.

Поэтому обнаруженная в настоящем исследовании взаимосвязь между показателем ИДК, визуальным поведением теста и структурой готовых круассанов рассматривается как сравнительная закономерность, установленная для двух исследованных образцов муки и конкретных условий производства.

Технологическое значение комплексной оценки качества муки

Производство круассанов предъявляет к муке более сложные требования, чем производство ряда традиционных хлебобулочных изделий. Помимо способности обеспечивать газодерживание при брожении, тесто должно выдерживать механическое воздействие в процессе ламинирования [11,18,15,13].

Современные исследования показывают, что оценка качества пшеничной муки должна включать комплекс характеристик, поскольку содержание белка и количество клейковины не всегда позволяют однозначно предсказать реологическое поведение теста и качество готового изделия [9, 20, 21, 23].

В настоящем исследовании оба образца имели близкое содержание сырой клейковины, однако различались по показателю ИДК и демонстрировали неодинаковое поведение теста при растяжении. Это позволяет предположить, что качественные характеристики клейковины могут иметь существенное технологическое значение при производстве круассанов [21,13].

Вместе с тем полученные результаты необходимо интерпретировать с учётом ограничений исследования. Во-первых, в работе использованы только два образца муки. Во-вторых, инструментальные реологические измерения не проводились. В-третьих, количественная оценка пористости и текстурных характеристик мякиша не выполнялась. В-четвёртых, в имеющемся наборе данных отсутствует статистическая оценка вариабельности результатов.

В связи с этим полученные выводы имеют сравнительный характер и относятся к исследованным образцам муки и установленным технологическим условиям.

Для дальнейшего развития исследования целесообразно использовать инструментальную реометрию, экстензографию или альвеографию, определить удельный объём и количественные показатели пористости круассанов, провести текстурный анализ мякиша и выполнить статистическую обработку результатов на основе нескольких независимых повторности [21,10,14].

Заключение

Проведённое исследование показало, что технологическая пригодность пшеничной муки для производства круассанов определяется совокупностью её физико-химических и качественных характеристик и не может оцениваться исключительно по количеству сырой клейковины.

В исследованных образцах содержание сырой клейковины было близким и составляло 28,0 % для Образца 1 и 28,4 % для Образца 2. При этом наблюдались различия по влажности, зольности, показателю ИДК и числу падения.

Образец 1 характеризовался влажностью 14,3 %, зольностью 0,3 %, ИДК 62 ед. и числом падения 369 с. Образец 2 имел влажность 15,0 %, зольность 0,4 %, ИДК 57 ед. и число падения 359 с.

В условиях проведённого исследования мука Образца 1 обеспечила более благоприятное визуально оцениваемое поведение теста при растяжении: тесто сохраняло целостность и демонстрировало более равномерную деформацию при механическом

воздействии. Круассаны, приготовленные из данного образца, характеризовались более выраженной пористо-слоистой структурой и более равномерным распределением воздушных ячеек.

Тесто из Образца 2 демонстрировало менее стабильное поведение при растяжении, а готовые круассаны характеризовались визуально более плотной структурой и менее выраженной слоистостью.

Таким образом, результаты подтверждают, что при выборе муки для производства круассанов необходимо учитывать не только количество сырой клейковины, но и её качественные характеристики, влажность, ферментативную активность и другие технологически значимые показатели [15,13].

В условиях настоящего исследования образец муки с показателем ИДК 62 ед. продемонстрировал более благоприятное сочетание технологических характеристик по сравнению с образцом с показателем ИДК 57 ед. Однако полученные результаты не позволяют установить универсальный оптимальный диапазон ИДК для производства круассанов. Для подтверждения выявленной закономерности необходимы дальнейшие исследования с увеличением количества исследуемых образцов, использованием инструментальных методов реологического анализа, количественной оценкой структуры готовых изделий и статистической обработкой результатов.

Полученные результаты могут быть использованы при предварительном выборе пшеничной муки для производства круассанов и разработке системы комплексной оценки качества сырья.

Список литературы

1. Артиков, А.А. Системное мышление: анализ и нахождение оптимальных решений: монография / А.А. Артиков, Х.Ф. Джуроев, З.А. Машарипова. – Бухара: Дурдона, 2020.
2. ГОСТ 9404–88. Мука и отруби. Метод определения влажности.
3. ГОСТ 26574-2017. Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия.
4. ГОСТ 27494-2016. Мука и отруби. Методы определения зольности.
5. ГОСТ 27676-88. Зерно и продукты его переработки. Метод определения числа падения.
6. ГОСТ 27839-2013. Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины.
7. Дембицкий, С.А. Хлебопекарные свойства пшеничной муки / С.А. Дембицкий, А.И. Назаров. – Москва: ДеЛи принт, 2006.
8. Brandner, S. Gluten–starch interface characteristics and wheat dough rheology–Insights from hybrid artificial systems / S. Brandner, T. Becker, M. Jekle // Journal of Food Science. – 2022. – Т. 87. – DOI: 10.1111/1750–3841.16115.
9. Brandner, S. Classification of starch-gluten networks into a viscoelastic liquid or solid, based on rheological aspects–A review / S. Brandner, T. Becker, M. Jekle // International Journal of Biological Macromolecules. – 2019. – Т. 136. – DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.06.160.
10. Cauvain, S.P. Technology of Breadmaking / S.P. Cauvain. – 3rd ed. P. 107–109. – Cham: Springer, 2015.

11. Guo, L. Glutathione affects rheology and water distribution of wheat dough by changing gluten conformation and protein depolymerisation / L. Guo, F. Fang, Y. Zhang [et al.] // *International Journal of Food Science & Technology*. – 2021. – Т. 56. – DOI: 10.1111/ijfs.14806.
12. Kim, H. Effect of Gluten Quality on Dough Rheology and Croissant Structure / H. Kim, H. Kim // *Journal of Cereal Science*. – 2018. – Т. 81.
13. Li, M. Comparative study of rheology and steamed bread quality of wheat dough and gluten-starch dough / M. Li, Q. Yue, C. Liu [et al.] // *Journal of Food Processing and Preservation*. – 2021. – Т. 45. – DOI: 10.1111/jfpp.15160.
14. Martínez, M.M. Impact of Wheat Flour Characteristics on Laminated Pastry Performance / M.M. Martínez, M. Gómez // *Food Science and Technology International*. – 2019. – Т. 25, № 2.
15. Masharipova, Z.A. Oliy va birinchi navli boyitilgan bug'doy unlari tarkibidagi vitamin-mineral aralashma miqdorini aniqlash / Z.A. Masharipova, F. Sh. Narzullayev // *Journal of Advances in Engineering Technology*. – 2023. – Т. 1.
16. Masharipova, Z.A. Oziq-ovqat mahsulotlarining sifat ko'rsatkichlarini kimyoviy va fizik-kimyoviy usullar yordamida aniqlashning ahamiyati / Z.A. Masharipova, F. Sh. Narzullayev // *Central Asian Food Engineering and Technology: электрон. науч. журн.* – 2023. – № 1.
17. Pyler, E.J. *Baking Science & Technology* / E.J. Pyler, L.A. Gorton. – 4th ed. – Sosland Publishing. – 2017.
18. Schuster, C. Comprehensive study of gluten composition and baking quality of winter wheat / C. Schuster, J. Huen, K.A. Scherf // *Cereal Chemistry*. – 2023. – Т. 100. – DOI: 10.1002/cche.10606.
19. Vickers Z.Z. Vickers // *Journal of Food Science*. – 2007. – Т. 72, № 2.
20. Yazar, G. Wheat Flour Quality Assessment by Fundamental Non-Linear Rheological Methods: A Critical Review / G. Yazar // *Foods*. – 2023. – Т. 12, № 18. – DOI: 10.3390/foods12183353.
21. Zandoni, B. A Study on the Bread Baking Process / B. Zandoni, C. Peri // *Journal of Food Engineering*. – 1993. – Т. 19, № 4.
22. Zeng, F. Effects of wheat gluten addition on dough structure, bread quality and starch digestibility of whole wheat bread / F. Zeng, Y. Weng, Y. Yang [et al.] // *International Journal of Food Science & Technology*. – 2023. – Т. 58, № 7. – DOI: 10.1111/ijfs.16448.

References

1. Artikov A.A., Dzhuraev Kh.F., Masharipova Z.A. [System thinking: analysis and finding optimal solutions]. Bukhara, Durdona Publ., 2020. (In Russ.)
2. GOST 9404–88. Flour and bran. Method for determination of moisture content. (In Russ.)
3. GOST 26574 Wheat bakery flour. Specifications. – 2017. (In Russ.)
4. GOST 27494 Flour and bran. Methods for determination of ash content. – 2016. (In Russ.)
5. GOST 27676-88. Grain and its processed products. Method for determination of falling number. (In Russ.)

6. GOST 27839 Wheat flour. Methods for determination of quantity and quality of gluten. – 2013. (In Russ.)
7. Dembitskiy S.A., Nazarov A.I. [Baking properties of wheat flour]. Moscow, DeLi Print Publ., 2006. (In Russ.)
8. Brandner S., Becker T., Jekle M. Gluten–starch interface characteristics and wheat dough rheology–Insights from hybrid artificial systems // *Journal of Food Science*,. – 2022. – P. 1375–1385. – DOI: 10.1111/1750–3841.16115.
9. Brandner S., Becker T., Jekle M. Classification of starch-gluten networks into a viscoelastic liquid or solid, based on rheological aspects–A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2019, vol. 136, P. 1018–1025. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.06.160.
10. Cauvain S.P. *Technology of Breadmaking*. 3rd ed. Cham, Springer, 2015, P. 107–109.
11. Guo L., Fang F., Zhang Y. et al. Glutathione affects rheology and water distribution of wheat dough by changing gluten conformation and protein depolymerisation. *International Journal of Food Science & Technology*, 2021, vol. 56, P. 3157–3165. DOI: 10.1111/ijfs.14806.
12. Kim H., Kim H. Effect of Gluten Quality on Dough Rheology and Croissant Structure // *Journal of Cereal Science*,. – 2018. – P. 43–50.
13. Li M., Yue Q., Liu C. et al. Comparative study of rheology and steamed bread quality of wheat dough and gluten-starch dough // *Journal of Food Processing and Preservation*,. – 2021. – DOI: 10.1111/jfpp.15160.
14. Martínez M.M., Gómez M. Impact of Wheat Flour Characteristics on Laminated Pastry Performance. *Food Science and Technology International*, 2019, vol. 25, no. 2, P. 107–115.
15. Masharipova Z.A., Narzullayev F.Sh. [Determination of the amount of vitamin-mineral mixture in high-grade and first-grade enriched wheat flour] // *Journal of Advances in Engineering Technology*,. – 2023. – P. 31–36. (In Russ.)
16. Masharipova Z.A., Narzullayev F.Sh. [The importance of determining the quality indicators of food products by chemical and physicochemical methods]. *Central Asian Food Engineering and Technology*, 2023, no. 1. (In Russ.)
17. Pyler E.J., Gorton L.A. *Baking Science & Technology*. 4th ed. Sosland Publishing. – 2017.
18. Schuster C., Huen J., Scherf K.A. Comprehensive study of gluten composition and baking quality of winter wheat. *Cereal Chemistry*, 2023, vol. 100, P. 142–155. DOI: 10.1002/cche.10606.
19. Vickers Z.Z. // *Journal of Food Science*. – 2007. – № 2.
20. Yazar G. Wheat Flour Quality Assessment by Fundamental Non-Linear Rheological Methods: A Critical Review. *Foods*, 2023, vol. 12, no. 18. DOI: 10.3390/foods12183353.
21. Zannoni B., Peri C. A Study on the Bread Baking Process // *Journal of Food Engineering*. – 1993. – № 4. – P. 389–404.
22. Zeng F., Weng Y., Yang Y. et al. Effects of wheat gluten addition on dough structure, bread quality and starch digestibility of whole wheat bread. *International Journal of Food Science & Technology*, 2023, vol. 58, no. 7, P. 3522–3537. DOI: 10.1111/ijfs.16448.

Статья поступила в редакцию: 16.05.2026

Статья принята к публикации: 07.07.2026

Статья опубликована: 28.08.2026

УДК 637.1+543.544+615.33

DOI: 10.32743/UniTech.2026.149.8.23201

Контроль качества молока по показателям остаточного содержания антибиотиков

Махкамов Дилмурод

исследователь, Ташкентский химико-технологический институт

Республика Узбекистан, г. Ташкент

E-mail: dilmurodmaxkamov839@gmail.com

Акрамова Раъно Рамизитдиновна

проф., PhD

Ташкентский химико-технологический институт

Республика Узбекистан, г. Ташкент

Milk quality control based on residual antibiotic content

Makhkamov Dilmurod

Researcher

Tashkent Institute of Chemical Technology

Republic of Uzbekistan, Tashkent

Akramova Rano Ramizitdinovna

professor, PhD

Tashkent Institute of Chemical Technology

Republic of Uzbekistan, Tashkent

Аннотация

В работе представлены результаты исследования содержания остаточных количеств антибиотиков в молочной продукции. Целью исследования являлось определение уровня контаминации молочных продуктов окситетрациклином и оценка их безопасности для потребителей. Для анализа были отобраны три образца молочной продукции, в которых количественно определяли содержание антибиотика тетрациклиновой группы. Аналитические исследования проводились методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием с использованием системы Waters TQ-S Cronos H-Class Acquity. Полученные результаты показали наличие окситетрациклина во всех исследуемых образцах с различным уровнем концентрации, что свидетельствует о неоднородной степени загрязнения молочной продукции остаточными антибактериальными веществами. Установлено, что наибольшая концентрация антибиотика

Библиографическое описание: Махкамов Д., Акрамова Р.Р. Контроль качества молока по показателям остаточного содержания антибиотиков // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2026. 8(149). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/23201>

выявлена в образце №1, что может указывать на нарушение регламентов применения ветеринарных препаратов. Результаты исследования подчеркивают необходимость систематического контроля качества молочной продукции и соблюдения ветеринарно-санитарных норм на всех этапах производства. Таким образом, работа подтверждает актуальность применения современных инструментальных методов анализа для мониторинга безопасности пищевых продуктов и предотвращения потенциальных рисков для здоровья населения.

Abstract

This paper presents the results of a study on antibiotic residues in dairy products. The aim of the study was to determine the level of oxytetracycline contamination in dairy products and assess their safety for consumers. Three dairy product samples were selected for analysis, and the tetracycline antibiotic content was quantified. Analytical studies were conducted using high-performance liquid chromatography with mass spectrometric detection using a Waters TQ-S Cronos H-Class Acquity system. The results revealed the presence of oxytetracycline in all samples at varying concentrations, indicating a heterogeneous degree of contamination of dairy products with residual antibacterial substances. The highest antibiotic concentration was found in sample No. 1, which may indicate a violation of regulations for the use of veterinary drugs. The study results highlight the need for systematic quality control of dairy products and compliance with veterinary and sanitary standards at all stages of production. Thus, the work confirms the relevance of using modern instrumental methods of analysis for monitoring food safety and preventing potential risks to public health.

Ключевые слова: молоко, остаточные антибиотики, окситетрациклин, тетрациклины, ветеринарные препараты, контаминация, безопасность пищевых продуктов, ВЭЖХ-МС/МС, жидкостная хроматография, масс-спектрометрия, контроль качества, пищевой мониторинг.

Keywords: milk, residual antibiotics, oxytetracycline, tetracyclines, veterinary drugs, contamination, food safety, HPLC-MS/MS, liquid chromatography, mass spectrometry, quality control, food monitoring.

Введение

Молоко и молочная продукция занимают важное место в рационе питания населения благодаря своей высокой пищевой и биологической ценности. Коровье молоко трех сортов (высшего, первого и второго) является важным источником белков, жиров, витаминов и минеральных веществ, необходимых для нормального функционирования организма человека. В условиях увеличения производства и потребления молочной продукции особую значимость приобретает обеспечение ее качества и безопасности.

Одной из наиболее актуальных проблем молочной отрасли остается наличие остаточных количеств антибиотиков в молоке. Антибактериальные препараты широко применяются в ветеринарной практике для лечения и профилактики заболеваний сельскохозяйственных животных. Основными источниками загрязнения сырья антибиотическими и другими фармакологически активными веществами являются лечение мастита и других инфекционных заболеваний крупного рогатого скота (КРС),

сопровождающееся применением антибактериальных препаратов широкого спектра действия. При несоблюдении ветеринарно-санитарных требований остаточные количества антибиотиков способны проникать в молоко и сохраняться в сырье в концентрациях, превышающих допустимые нормы. Нарушение установленных сроков выведения лекарственных препаратов из организма животного перед дойкой. Период элиминации действующих веществ зависит от фармакокинетических свойств препарата, физиологического состояния животного и условий содержания. Несоблюдение карантинного периода приводит к накоплению остаточных веществ в молочной продукции. Использование кормовых антибиотиков и антимикробных добавок в целях стимуляции роста, повышения продуктивности и профилактики заболеваний. Длительное применение таких веществ способствует формированию устойчивых штаммов микроорганизмов и повышает риск контаминации сырья остаточными соединениями антибиотиков. Несоблюдение санитарно-гигиенических норм на фермах, а также нарушение регламентов хранения, дозировки и применения ветеринарных препаратов. Недостаточный контроль технологических процессов, неправильная обработка доильного оборудования и отсутствие систем мониторинга качества сырья увеличивают вероятность микробиологического и химического загрязнения продукции.

Однако нарушение правил их использования, несоблюдение сроков выведения препаратов из организма животных и недостаточный контроль качества сырья могут приводить к их попаданию в молоко различных сортов. Присутствие антибиотиков в молочной продукции оказывает негативное влияние на здоровье человека, способствуя развитию аллергических реакций, нарушению нормальной микрофлоры кишечника и формированию устойчивости микроорганизмов к антибактериальным препаратам. Кроме того, остаточные количества антибиотиков ухудшают технологические свойства молока, затрудняя процессы переработки, включая производство кисломолочных продуктов и сыров. В связи с этим контроль остаточного содержания антибиотиков в молоке трех сортов является важной задачей системы обеспечения пищевой безопасности. Применение современных методов анализа позволяет своевременно выявлять наличие запрещенных или превышающих допустимые нормы веществ и предотвращать поступление некачественной продукции на потребительский рынок.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью обеспечения высокого качества и безопасности молока различных сортовых категорий. Усиление требований к пищевой безопасности требует совершенствования методов контроля остаточного содержания антибиотиков. Проведение исследований в данной области способствует повышению эффективности ветеринарно-санитарного контроля, снижению риска для здоровья потребителей и улучшению качества молочной продукции. Изучение остаточного содержания антибиотиков в молоке высшего, первого и второго сортов имеет важное практическое значение для молочной промышленности, ветеринарии и системы санитарного надзора, что определяет научную и практическую значимость данного исследования.

Материалы и методы исследования

В качестве объектов исследования использовали образцы молока трех сортов – высшего, первого и второго, отобранные в фермерских хозяйствах и на предприятиях молочной промышленности. Отбор проб проводился в соответствии с действующими нормативными документами, регламентирующими требования к качеству и безопасности молочной продукции.

Определение остаточного содержания антибиотиков осуществлялось с применением комплексного подхода, включающего экспресс-скрининг и подтверждающие лабораторные методы анализа. На начальном этапе выполнялась оперативная оценка с использованием тест-систем, позволяющих быстро выявлять наличие антибиотических веществ в молоке.

Для подтверждения результатов скрининга и количественного определения антибиотиков применялись высокоточные лабораторные методы анализа. Количественные методы позволяют установить точную концентрацию антибиотических веществ и используются в аккредитованных лабораториях при проведении арбитражных и контрольных исследований.

Полученные результаты свидетельствуют о наличии зависимости между сортом молока и его физико-химическими свойствами, что подтверждает необходимость комплексного контроля качества сырья на всех этапах производства. Анализ физико-химических показателей также позволяет косвенно оценить стабильность молока и его технологическую пригодность для переработки в молочные продукты.

Нами исследовано содержание остаточных количеств антибиотика окситетрациклина в различных образцах молочной продукции с целью оценки уровня их контаминации, определения безопасности продукции и выявления возможных нарушений ветеринарно-санитарных требований при производстве и переработке молочного сырья. Экспресс-методы активно применяются при приемке сырья в фермерских хозяйствах, пунктах сбора молока и на перерабатывающих предприятиях. Их основным преимуществом является высокая скорость получения результата (5-15 минут), что обеспечивает оперативное принятие решений о допуске сырья в технологический процесс. Наиболее распространены иммунохроматографические тесты (тест-полоски), основанные на реакции антиген-антитело. При наличии антибиотиков в образце фиксируется изменение окраски аналитической зоны, что указывает на положительный результат. Современные мультианализные тест-системы позволяют одновременно выявлять несколько групп антибиотиков, включая β -лактамы, тетрациклины, макролиды и аминогликозиды, что значительно повышает эффективность контроля качества молока.

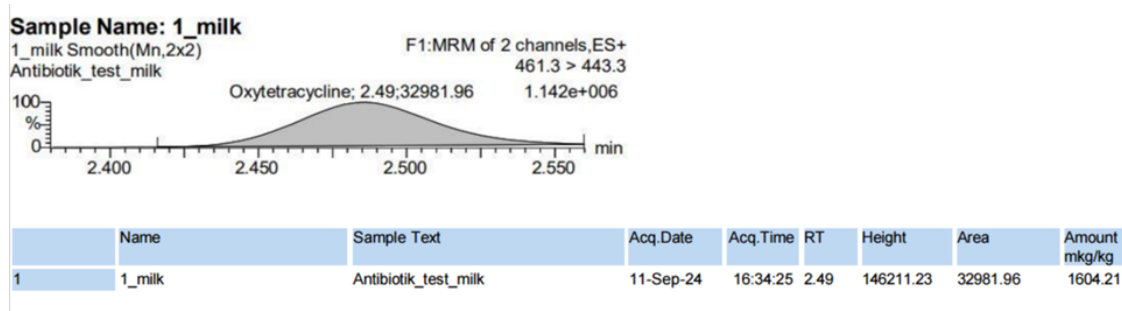


Рисунок 1. Хроматограмма 1 образца молока с выявлением окситетрациклина методом ВЭЖХ-МС/МС

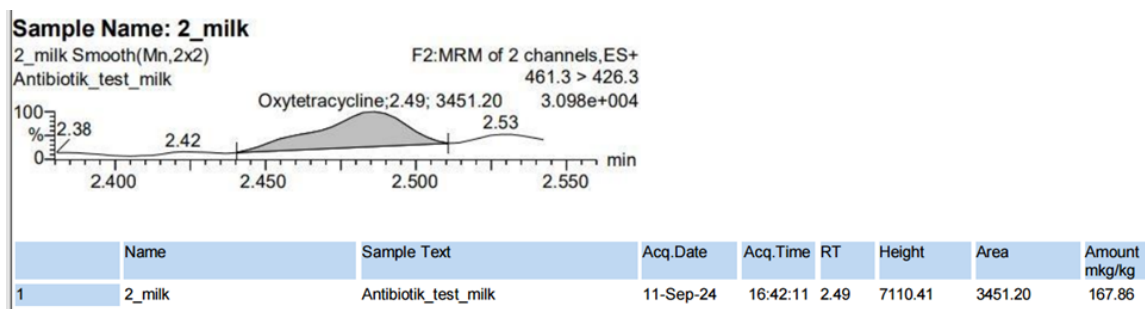


Рисунок 2. Хроматограмма 2 образца молока с выявлением окситетрациклина методом ВЭЖХ-МС/МС

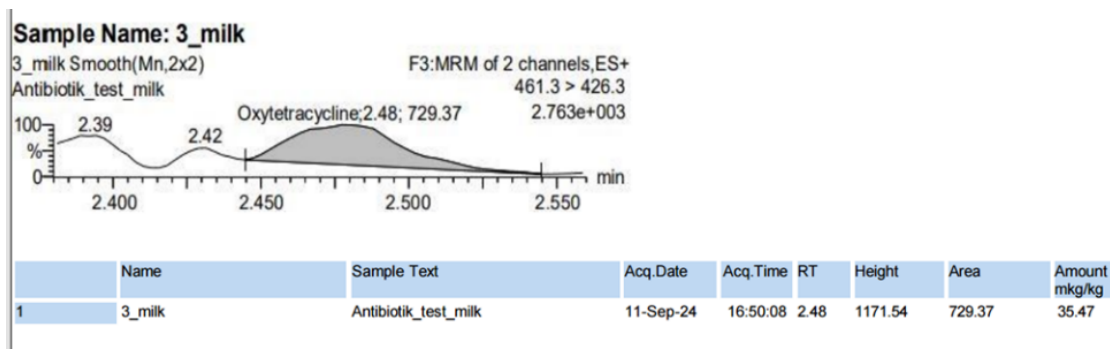


Рисунок 3. Хроматограмма 3 образца молока с выявлением окситетрациклина методом ВЭЖХ-МС/МС

По результатам исследования во всех образцах был выявлен окситетрациклин - антибиотик группы тетрациклинов, широко применяемый в ветеринарной практике. Наибольшая концентрация остаточного вещества была зафиксирована в образце №1, что может свидетельствовать о нарушении сроков выведения препарата из организма животных или несоблюдении ветеринарно-санитарных требований при производстве молочной продукции.

Таблица 1.

Результаты определения остаточного содержания окситетрациклина в исследуемых образцах

№ образца	Исследуемый показатель	Концентрация, мкг/кг	Характеристика результата
Образец 1	Окситетрациклин	1604,21	Высокий уровень остаточного содержания антибиотика
Образец 2	Окситетрациклин	167,86	Умеренное содержание антибиотика

№ образца	Исследуемый показатель	Концентрация, мкг/кг	Характеристика результата
Образец 3	Окситетрациклин	34,57	Низкое содержание остаточных веществ

Полученные результаты подтверждают необходимость регулярного мониторинга молочной продукции на наличие остаточных количеств антибиотиков, поскольку их присутствие может представлять потенциальную опасность для здоровья потребителей, способствовать развитию антибиотикорезистентности микроорганизмов и снижать качество пищевой продукции.

Определение содержания антибиотиков осуществлялось методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в сочетании с масс-спектрометрическим детектированием (ВЭЖХ-МС/МС) с использованием аналитической системы Waters TQ-S Cronos H-Class Acquity. Данный метод отличается высокой чувствительностью, селективностью и точностью определения следовых количеств фармакологически активных веществ в сложных пищевых матрицах. Использование ВЭЖХ-МС/МС позволяет эффективно идентифицировать и количественно определять антибиотики даже при их минимальных концентрациях, что делает данный подход одним из наиболее надежных инструментов лабораторного контроля безопасности молочной продукции.

Полученные результаты были подвергнуты статистической обработке с использованием методов расчета коэффициентов воспроизводимости, а также корреляционного анализа для оценки степени согласованности между применяемыми методами исследования. Проведение сравнительного анализа позволило определить уровень чувствительности и специфичности каждого метода, выявить наиболее эффективные подходы к промышленному контролю качества и оценить результативность комплексного применения биологических, химико-аналитических и иммуноферментных методов анализа. Полученные результаты могут быть использованы для оптимизации технологических процессов на животноводческих и перерабатывающих предприятиях, снижения потенциальных рисков для здоровья населения и обеспечения соответствия продукции международным требованиям в области пищевой безопасности.

Заключение

В результате проведенного исследования было установлено наличие остаточных количеств окситетрациклина в исследуемых образцах молочной продукции, что свидетельствует о распространенности применения антибиотиков тетрациклиновой группы в животноводстве и возможных нарушениях ветеринарно-санитарных требований при производстве молока. Наиболее высокая концентрация антибиотика была выявлена в образце №1, что может указывать на несоблюдение сроков выведения лекарственного препарата из организма животных перед дойкой.

Применение метода высокоэффективной жидкостной хроматографии в сочетании с масс-спектрометрическим детектированием позволило обеспечить высокую точность, чувствительность и достоверность анализа при определении следовых количеств антибиотиков в сложной пищевой матрице. Использование современной аналитической

системы Waters TQ-S Cronos H-Class Acquity подтвердило эффективность инструментальных методов контроля качества и безопасности молочной продукции. Полученные результаты подчеркивают необходимость усиления мониторинга остаточных количеств антибактериальных препаратов в молочном сырье и готовой продукции, а также соблюдения регламентов применения ветеринарных средств на животноводческих предприятиях. Регулярный лабораторный контроль способствует повышению безопасности пищевых продуктов, снижению риска формирования антибиотикорезистентности микроорганизмов и обеспечению соответствия продукции международным санитарно-гигиеническим стандартам.

Список литературы

1. Белоусов, В.И. Контроль содержания антибиотиков в продукции животноводства / В.И. Белоусов, Т.В. Калантаенко // Ветеринария. – 2021. – № 4. – С. 12–18.
2. Смирнова, Л.А. Влияние остаточных количеств антибиотиков на технологические свойства молока при производстве кисломолочных продуктов / Л.А. Смирнова // Молочная промышленность. – 2022. – № 2. – С. 45–47.
3. Тихомиров, А.Н. Лабораторный мониторинг безопасности сырого молока: проблемы и решения / А.Н. Тихомиров // Пищевая индустрия. – 2023. – № 1. – С. 30–34.
4. Bansal, S. Antibiotic Residues in Milk: Impact on Health and Dairy Industry / S. Bansal, S. Singh // Journal of Dairy Research & Technology. – 2020. – Т. 3, № 1. – P. 12–25.
5. Darsanaki, R.K. Antibiotic residues in raw milk in developing countries: A systematic review / R.K. Darsanaki, M.A. Aliabadi // International Journal of Food Safety and Quality Management. – 2021. – Т. 9. – P. 104–118.
6. Girma, S. Review on Common Antibiotic Residues in Dairy Products and Their Public Health Implications / S. Girma et al // Journal of Food Science and Nutrition Therapy. – 2022. – Т. 8. – P. 001–009.
7. Leite M. Antibiotics in milk: Validation of analytical methodologies for ensuring food safety // International Dairy Journal. – 2025. – Т. 169.
8. Sachi, S. Detection of antibiotic residues in bovine milk: Current analytical strategies and future trends / S. Sachi, J. Ferdous // Science of The Total Environment. – 2019. – Т. 687. – P. 1163–1177.
9. Tasci F., Canbay H.S., Doganturk M. Determination of antibiotics and their metabolites in milk by liquid chromatography tandem mass spectrometry method // Food Control. – 2021. – Т. 127.
10. Wang, J. Development of rapid screening methods for multi-class antibiotic residues in milk / J. Wang, L. Zhang // Food Control. – 2023. – Т. 145.

References

1. Belousov V.I., Kalantayenko T.V. [Control of antibiotic content in livestock products]. Veterinariya, 2021, no. 4, P. 12–18. (In Russ.)

2. Smirnova L.A. [The influence of residual amounts of antibiotics on the technological properties of milk in the production of fermented milk products]. *Molochnaya promyshlennost'*, 2022, no. 2, P. 45–47. (In Russ.)
3. Tikhomirov A.N. [Laboratory monitoring of raw milk safety: problems and solutions]. *Pishchevaya industriya*, 2023, no. 1, P. 30–34. (In Russ.)
4. Bansal, S., Singh, S. Antibiotic Residues in Milk: Impact on Health and Dairy Industry // *Journal of Dairy Research & Technology*. – 2020. – Т. 3, № 1. – P. 12–25.
5. Darsanaki R.K., Aliabadi M.A. Antibiotic residues in raw milk in developing countries: A systematic review. *International Journal of Food Safety and Quality Management*, 2021, Vol. 9, P. 104–118.
6. Girma, S. et al. Review on Common Antibiotic Residues in Dairy Products and Their Public Health Implications // *Journal of Food Science and Nutrition Therapy*. – 2022. – Т. 8. – P. 001–009.
7. Leite, M. Antibiotics in milk: Validation of analytical methodologies for ensuring food safety. *International Dairy Journal*, 2025, Vol. 169, P. 106308.
8. Sachi, S., Ferdous, J. Detection of antibiotic residues in bovine milk: Current analytical strategies and future trends. *Science of The Total Environment*, 2019, Vol. 687, P. 1163–1177.
9. Tasci, F., Canbay H.S., Doganturk, M. Determination of antibiotics and their metabolites in milk by liquid chromatography tandem mass spectrometry method. *Food Control*, 2021, Vol. 127, P. 108147.
10. Wang, J., Zhang, L. Development of rapid screening methods for multi-class antibiotic residues in milk. *Food Control*, 2023, Vol. 145, Art. 109452.

Статья поступила в редакцию: 20.07.2026

Статья принята к публикации: 26.07.2026

Статья опубликована: 28.08.2026

УДК 637.1+664.3

Исследование физико-химических свойств молочных композиций на основе сои, овса и кукурузы и обоснование их оптимального состава

Рахимова Гулмира Хамидуллаевна

PhD, ассистент

Наманганский государственный технический университет

Республика Узбекистан, г. Наманган

Хамдамов Анвар Махмудович

DSc, проф.

Наманганский государственный технический университет

Республика Узбекистан, г. Наманган

Нурдинбоева Ойдинахон

магистрант

Наманганский государственный технический университет

Республика Узбекистан, г. Наманган

E-mail: raximovag1983@gmail.com

Investigation of physicochemical properties of dairy compositions based on soy, oats and corn and justification of their optimal composition

Rakhimova Gulmira Khamidullaevna

PhD, Assistant

Namangan State Technical University

Uzbekistan, Namangan

Khamdamov Anvar Mahmudovich

DSc, Professor

Namangan State Technical University

Uzbekistan, Namangan

Nurdinboeva Oydinaxon

Master's Student, Namangan State Technical University

Uzbekistan, Namangan

Аннотация

В данном исследовании были получены растительные молочные напитки на основе сои, овса и кукурузы, а также проведена сравнительная оценка их физико-химических показателей по отношению к традиционному коровьему молоку. Актуальность работы обусловлена растущим интересом к альтернативным источникам питания и расширением

Библиографическое описание: Рахимова Г.Х., Хамдамов А.М., Нурдинбоева О. Исследование физико-химических свойств молочных композиций на основе сои, овса и кукурузы и обоснование их оптимального состава // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2026. 8(149). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/23241>

ассортимента продуктов растительного происхождения. На основании полученных результатов разработаны молочные композиции различного состава и изучено влияние параметров тепловой обработки на качество готового продукта. В ходе исследования были определены основные физико-химические показатели, включая содержание сухих веществ, уровень pH и плотность. Проведённый анализ показал наличие различий между исследуемыми образцами в зависимости от соотношения используемых компонентов. Полученные результаты показали, что увеличение доли соевого молока в составе композиций способствует повышению содержания сухих веществ и показателей плотности. Также установлено влияние температурного режима и продолжительности тепловой обработки на стабильность и качество напитков. В качестве наиболее оптимального варианта рекомендована композиция, состоящая из 55 % соевого молока, 30 % овсяного молока и 15 % кукурузного молока, при режиме тепловой обработки 80 °С в течение 15 минут, обеспечивающем наиболее благоприятные показатели качества продукта.

Abstract

In this study, plant-based milk beverages were produced from soy, oat, and corn, and a comparative evaluation of their physicochemical properties was carried out in relation to conventional cow's milk. The relevance of the research is associated with the growing interest in alternative food sources and the expansion of plant-based product varieties. Based on the obtained results, milk compositions with different formulations were developed, and the influence of heat-treatment parameters on product quality was investigated. During the study, the main physicochemical indicators, including total solids content, pH value, and density, were determined. The analysis revealed differences among the samples depending on the proportion of the components used in the formulations. The results demonstrated that increasing the proportion of soy milk in the compositions contributed to higher total solids content and density values. The effects of temperature and processing time on the stability and quality characteristics of the beverages were also identified. Among the tested formulations, the composition containing 55 % soy milk, 30 % oat milk, and 15 % corn milk, subjected to heat treatment at 80°C for 15 minutes, was determined to be the optimal variant, providing the most favorable quality characteristics of the final product.

Ключевые слова: растительное молоко, соевое молоко, овсяное молоко, кукурузное молоко, молочная композиция, сухие вещества, pH, плотность, функциональные продукты питания.

Keywords: plant-based milk, soy milk, oat milk, corn milk, milk composition, dry matter, pH, density, functional food.

Введение

Молоко и молочные продукты относятся к числу наиболее ценных пищевых продуктов и широко потребляются благодаря содержанию белков, липидов и микроэлементов, способствующих поддержанию здоровья человека на всех этапах жизни [10, 9]. В условиях активного продвижения принципов здорового питания и возрастающего внимания к вопросам устойчивого развития всё большее распространение получают альтернативы молоку и молочным продуктам растительного происхождения, которые рассматриваются как

достойная замена продукции животного происхождения. Ассортимент и объёмы потребления таких продуктов продолжают увеличиваться. Данная категория представляет собой самостоятельную группу пищевых продуктов, обладающих уникальным составом и свойствами, отличающимися от традиционного молока и молочных продуктов [5]. Несмотря на то что изменения в пищевом поведении потребителей и расширение ассортимента продуктов питания в последние годы часто рассматриваются в контексте устойчивого развития, данные процессы обусловлены целым рядом факторов, включая экономические преобразования, технологический прогресс, появление различных диетических направлений и современные тенденции в области питания [8]. Рост спроса на продукты растительного происхождения и изменение структуры рынка связаны с такими факторами, как стремление к сохранению здоровья, экологическая устойчивость, особенности пищевых предпочтений и демографические изменения [2].

Анализ научной литературы показывает, что большинство существующих исследований посвящено отдельному изучению напитков на основе сои, овса или кукурузы. Однако вопросы совместного использования данного сырья в составе одной композиции, его комплексного влияния на физико-химические свойства продукта, а также определения оптимальных соотношений компонентов изучены недостаточно. Научная новизна данного исследования заключается в разработке оптимальной рецептуры комбинированного состава на основе соевого, овсяного и кукурузного молока, а также в обосновании его физико-химических показателей.

На первом этапе исследования были отобраны местные сорта сои, овсяной крупы и кукурузы.

Для получения соевого молока традиционным способом 100 г соевых бобов замачивали в 200 г тёплой воды в течение 7 часов. После набухания к соевым бобам добавляли 300 г дистиллированной воды и подвергали их тепловой обработке при температуре 90–100 °С в течение 10 минут. Затем подготовленную массу измельчали с помощью блендера. В результате образовывалась пастообразная масса, в процессе приготовления которой белковые вещества соевых бобов экстрагировались в водную фазу. Полученную массу фильтровали через специальный тканевый фильтр и отжимали соевое молоко. В результате был получен продукт, по составу и внешнему виду максимально приближенный к коровьему молоку[1].

Из овсяной крупы и кукурузной муки, отобранных для проведения эксперимента, аналогичным традиционным способом по вышеописанной технологической схеме также были получены растительные аналоги молока. При этом соотношение сырья и воды составляло 1:8 для овсяной крупы и 1:7 для кукурузной муки.

Материалы и методы

С целью анализа физико-химических показателей приготовленных образцов молока были проведены экспериментальные исследования и выполнено их сравнение с коровьим молоком.

В ходе исследования были определены физико-химические показатели образцов коровьего молока, соевого молока, овсяного молока и кукурузного молока. Анализы проводились в лабораторных условиях в трёхкратной повторности, после чего рассчитывались средние значения полученных результатов.

Содержание сухих веществ в образцах определяли гравиметрическим методом. Для этого в предварительно высушенную и взвешенную фарфоровую чашку помещали 5 г исследуемого образца и высушивали в сушильном шкафу при температуре 105 ± 2 °С до достижения постоянной массы. После завершения сушки образцы охлаждали в эксикаторе и повторно взвешивали на аналитических весах. Содержание сухих веществ рассчитывали в процентах на основании разности масс.

Активную кислотность образцов определяли с использованием цифрового рН-метра. Перед началом измерений прибор калибровали с помощью стандартных буферных растворов с рН 4,0; 7,0 и 9,0. Измерения проводились при температуре 20 ± 2 °С, а результаты фиксировались в единицах рН.

Плотность образцов определяли при температуре 20 °С с использованием лактоденсиметра (или пикнометра). Перед проведением измерений все образцы выдерживали до достижения одинаковой температуры. Значения плотности выражали в г/см³.

Результаты и обсуждение

Полученные экспериментальные данные подвергали статистической обработке и представляли в виде средних арифметических значений (М). Результаты исследования использовали для сравнительной оценки физико-химических свойств коровьего молока и растительных молочных напитков (таблица 1).

Таблица 1.

Физико-химические показатели исследуемых образцов молока

Показатель	Коровье молоко	Соевое молоко	Овсяное молоко	Кукурузное молоко
Содержание сухих веществ, %	12,3	12,7	11,8	11,9
рН	6,67	6,82	6,91	7,1
Плотность, г/см ³	1,030	1,027	1,024	1,032

Согласно результатам проведённого анализа, наибольшее содержание сухих веществ было выявлено в соевом молоке и составило 12,7 %. Данный показатель оказался на 0,4 % выше по сравнению с коровьим молоком (12,3 %), что объясняется высоким содержанием белков и других растворимых веществ в соевом сырье. В овсяном и кукурузном молоке содержание сухих веществ составило соответственно 11,8 % и 11,9 %, что несколько ниже показателей коровьего молока. Полученные данные подтверждают, что состав растительных молочных напитков во многом зависит от вида используемого сырья и особенностей технологии их производства.

Анализ показателей рН, характеризующих кислотность среды, показал, что все исследуемые образцы имели значения, близкие к нейтральным. Наименьшее значение рН было зарегистрировано у коровьего молока (6,67), тогда как наибольший показатель отмечен

у кукурузного молока (7,10). Для соевого и овсяного молока значения pH составили соответственно 6,82 и 6,91. Более высокие показатели pH у растительных молочных напитков по сравнению с коровьим молоком могут способствовать повышению их стабильности при хранении и расширять возможности их использования в отдельных технологических процессах.

По показателям плотности наибольшее значение было зафиксировано у кукурузного молока и составило 1,032 г/см³, тогда как минимальная плотность наблюдалась у овсяного молока — 1,024 г/см³. Плотность коровьего молока составила 1,030 г/см³ и была близка к показателю кукурузного молока. Для соевого молока данный показатель составил 1,027 г/см³. Более высокая плотность свидетельствует о повышенном содержании растворённых и взвешенных веществ в составе продукта.

В целом результаты исследования показали, что соевое молоко по содержанию сухих веществ не только приближается к коровьему молоку, но и превосходит его. Кукурузное молоко, в свою очередь, характеризуется преимуществом по показателю плотности. Овсяное молоко продемонстрировало промежуточные значения по всем исследованным параметрам. Полученные данные подтверждают, что физико-химические свойства растительных молочных напитков близки к характеристикам коровьего молока, что свидетельствует о возможности их использования в качестве альтернативного сырья при производстве молочных продуктов.

На следующем этапе исследования на основе полученных растительных аналогов молока были приготовлены молочные композиции в различных соотношениях, после чего проведена оценка их физико-химических характеристик (таблица 2).

Таблица 2.

Состав исследуемых молочных композиций и их физико-химические показатели

№	Соевое молоко (%)	Овсяное молоко (%)	Кукурузное молоко (%)	Температура тепловой обработки (°C)	Продолжительность обработки (мин)	Содержание сухих веществ (%)	pH	Плотность (г/см ³)
1	50,0	25,0	25,0	70	15	12,28	6,91	1,028
2	60,0	25,0	15,0	70	15	12,36	6,89	1,027
3	50,0	30,0	20,0	70	15	12,27	6,90	1,027
4	60,0	30,0	10,0	70	15	12,35	6,88	1,027
5	50,0	27,5	22,5	60	30	12,27	6,90	1,027
6	60,0	27,5	12,5	60	30	12,35	6,87	1,027
7	50,0	27,5	22,5	80	15	12,27	6,85	1,028
8	60,0	27,5	12,5	80	15	12,41	6,86	1,029
9	55,0	25,0	20,0	60	30	12,32	6,89	1,027
10	55,0	30,0	15,0	60	30	12,31	6,87	1,027
11	55,0	25,0	20,0	80	15	12,49	6,86	1,029
12	55,0	30,0	15,0	80	15	12,50	6,86	1,029
13	55,0	27,5	17,5	70	15	12,31	6,87	1,027

Результаты, представленные в таблице 2, позволяют оценить влияние компонентного состава композиций на основе соевого, овсяного и кукурузного молока, а также параметров тепловой обработки на их физико-химические свойства. Качество исследуемых образцов анализировали по показателям содержания сухих веществ, pH и плотности.

Согласно полученным данным, содержание сухих веществ варьировало в пределах от 12,27 до 12,50 %, что свидетельствует о близости исследуемых композиций к показателям коровьего молока. Наиболее высокие значения содержания сухих веществ были зарегистрированы в варианте 12 (12,50 %) и варианте 11 (12,49 %). В указанных образцах тепловая обработка осуществлялась при температуре 80 °С в течение 15 минут, что указывает на положительное влияние данного режима обработки, обусловленное частичным испарением влаги и повышением концентрации сухих веществ в продукте. Высокий показатель также был отмечен в варианте 8 (12,41 %).

Наименьшие значения содержания сухих веществ были зарегистрированы в вариантах 3, 5 и 7, где данный показатель составил 12,27 %. Подобная закономерность объясняется сравнительно меньшей долей соевого молока в составе исследуемых композиций [3, 12].

При увеличении доли соевого молока с 50 до 60 % наблюдалось устойчивое повышение содержания сухих веществ. Так, в варианте 1, содержащем 50 % соевого молока, данный показатель составил 12,28 %, тогда как в варианте 2 при содержании соевого молока 60 % он достиг 12,36 %. Аналогичная тенденция была выявлена и в других вариантах композиции. Полученные результаты подтверждают высокое содержание белков и растворимых сухих веществ в соевом молоке [3, 12].

Значения pH, характеризующие активную кислотность среды, находились в диапазоне от 6,85 до 6,91. Во всех вариантах были зарегистрированы показатели, близкие к нейтральным. Максимальное значение pH наблюдалось в варианте 1 (6,91), тогда как минимальное значение было зафиксировано в варианте 7 (6,85). Повышение температуры тепловой обработки с 60 до 80 °С сопровождалось незначительным снижением показателей pH. Вероятно, это связано с преобразованием отдельных органических соединений под воздействием повышенных температур. Вместе с тем незначительная амплитуда изменений pH свидетельствует о высокой технологической стабильности исследуемых композиций. Близость значений pH растительных молочных напитков к показателям коровьего молока также отмечена в работах других исследователей [11].

Плотность исследуемых образцов находилась в пределах от 1,027 до 1,029 г/см³. Максимальные значения были зафиксированы в вариантах 8, 11 и 12 и составили 1,029 г/см³. Минимальная плотность составила 1,027 г/см³. Увеличение плотности находилось в прямой зависимости от повышения содержания сухих веществ, что особенно отчётливо проявлялось в образцах с высокой долей соевого молока и при тепловой обработке при температуре 80 °С. Близость показателей плотности к характеристикам коровьего молока способствует улучшению потребительских свойств готового продукта.

Отдельный анализ влияния тепловой обработки показал, что образцы, обработанные при температуре 80 °С в течение 15 минут, характеризовались наиболее высокими значениями содержания сухих веществ и плотности. Напротив, композиции, подвергавшиеся

обработке при температуре 60 °С в течение 30 минут, демонстрировали относительно более низкие показатели. Следовательно, кратковременная высокотемпературная обработка является более эффективной для повышения качества продукта.

Оценка влияния компонентного состава показала, что увеличение доли соевого молока способствует росту содержания сухих веществ и плотности, а также улучшению функциональных свойств продукта за счёт присутствия соевых белков [13, 4]. Повышение доли овсяного молока положительно отражалось на органолептических характеристиках продукта, не оказывая существенного влияния на физико-химические показатели.

При выборе состава композиции учитывалось функциональное значение каждого компонента. Соевое молоко рассматривалось как источник высокого содержания белка и сухих веществ. Овсяное молоко использовалось с целью улучшения вкуса, аромата и консистенции продукта, а также для обогащения его β-глюканами. Кукурузное молоко благодаря содержанию крахмала и водорастворимых углеводов играет важную роль в формировании реологических свойств продукта. Кукурузный компонент способствовал повышению плотности композиции. Кроме того, он обеспечивал естественную сладость продукта, что позволило улучшить органолептические характеристики без использования дополнительного сахара.

Среди экспериментальных вариантов наиболее сбалансированные показатели по содержанию сухих веществ (12,50 %), pH (6,86) и плотности (1,029 г/см³) продемонстрировала композиция, состоящая из 55 % соевого, 30 % овсяного и 15 % кукурузного молока.

Методика органолептической оценки. Органолептический анализ проводился с участием 10 подготовленных экспертов по 5-балльной шкале. При оценке учитывались вкус, запах, цвет и консистенция продукта. Результаты были представлены в виде среднего арифметического значения и стандартного отклонения ($M \pm SD$) (таблица 3).

Таблица 3.

Органолептическая оценка исследуемых молочных композиций (по 5-балльной шкале: 5 – отлично, 4 – хорошо, 3 – удовлетворительно, 2 – неудовлетворительно, 1 – плохо)

№	Внешний вид и цвет	Консистенция	Запах	Вкус	Итоговая оценка ($M \pm SD$)
1	4,5±0,16	4,4±0,18	4,3±0,20	4,3±0,19	4,38±0,18
2	4,4±0,17	4,3±0,19	4,2±0,21	4,1±0,23	4,25±0,20
3	4,6±0,14	4,5±0,15	4,4±0,17	4,4±0,18	4,48±0,16
4	4,4±0,18	4,3±0,19	4,2±0,20	4,1±0,22	4,25±0,20
5	4,4±0,17	4,5±0,16	4,3±0,18	4,3±0,19	4,38±0,18
6	4,5±0,16	4,4±0,17	4,3±0,18	4,2±0,20	4,35±0,18
7	4,3±0,20	4,2±0,21	4,0±0,24	3,9±0,26	4,10±0,23
8	4,4±0,18	4,3±0,19	4,1±0,22	4,0±0,24	4,20±0,21
9	4,5±0,15	4,5±0,16	4,4±0,17	4,4±0,18	4,45±0,17
10	4,5±0,16	4,4±0,17	4,3±0,18	4,3±0,19	4,38±0,18
11	4,3±0,21	4,2±0,22	4,0±0,25	3,9±0,27	4,10±0,24
12	4,8±0,09	4,8±0,08	4,7±0,10	4,7±0,09	4,75±0,09
13	4,6±0,14	4,5±0,15	4,4±0,16	4,4±0,17	4,48±0,16

Органолептические свойства растительных молочных композиций оценивались по 5-балльной дегустационной шкале с участием 10 экспертов. При оценке учитывались показатели внешнего вида и цвета, консистенции, запаха и вкуса. Результаты представлены в виде среднего арифметического значения и стандартного отклонения ($M \pm SD$). Согласно результатам органолептического анализа, наивысшую общую оценку получил вариант 12 (55 % соевого молока, 30 % овсяного молока и 15 % кукурузного молока) — $4,75 \pm 0,09$ балла. Данный образец отличался однородной консистенцией, приятным вкусом и запахом, а также естественным цветом. Напротив, варианты 7 и 11 получили сравнительно более низкие общие оценки ($4,10 \pm 0,23$ и $4,10 \pm 0,24$ балла соответственно), что было связано с появлением слабовыраженного «варёного» запаха и привкуса термической обработки под воздействием температуры 80 °С. Полученные результаты в совокупности с физико-химическими показателями подтвердили, что композиция в соотношении 55:30:15 является оптимальным составом.

Заключение

В результате проведённых исследований разработаны композиции растительного молока на основе соевого, овсяного и кукурузного сырья и изучено влияние соотношения компонентов, а также режимов тепловой обработки на физико-химические и органолептические показатели готового продукта.

Установлено, что увеличение доли соевого молока способствует повышению содержания сухих веществ, овсяное молоко оказывает положительное влияние на органолептические характеристики продукта, а кукурузное молоко улучшает вкусовые свойства, обеспечивает естественную сладость и способствует формированию оптимальной консистенции напитка.

По совокупности физико-химических и органолептических показателей наилучшие результаты получены для композиции, содержащей 55 % соевого молока, 30 % овсяного молока и 15 % кукурузного молока, подвергнутой тепловой обработке при температуре 80 °С в течение 15 минут. Для данного образца установлены следующие показатели: содержание сухих веществ — 12,50 %, pH — 6,86, плотность — 1,029 г/см³, средняя органолептическая оценка — 4,75 балла.

Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности совместного использования соевого, овсяного и кукурузного молока для создания растительных напитков с улучшенными потребительскими и технологическими свойствами. Предложенная композиция может рассматриваться как перспективная основа для производства функциональных безлактозных продуктов питания и расширения ассортимента растительных альтернатив традиционному молоку.

Научная новизна исследования заключается в обосновании оптимального соотношения компонентов многокомпонентной растительной молочной композиции на основе соевого, овсяного и кукурузного молока, а также в комплексной оценке её физико-химических и органолептических характеристик.

Перспективным направлением дальнейших исследований является изучение пищевой ценности разработанной композиции, включая содержание белков, жиров и углеводов, аминокислотный состав, микробиологическую безопасность и стабильность продукта в процессе хранения.

Список литературы

1. Рахимова, Г.Х. Разработка рецепта молочного маргарина для веганов на основе соевого молока / Г.Х. Рахимова, А.Т. Рузибоев, Ш.Д. Салижанова, Ш.С. Гаипова // *Universum: технические науки: электронный научный журнал*. – 2023. – № 9. – С. 34–37. URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/15978> (дата обращения: 09.07.2026).
2. Aydar, E.F. Plant-based milk substitutes: bioactive compounds, conventional and novel processes / E.F. Aydar, S. Tutuncu, B. Ozcelik // *Journal of Functional Foods*. – 2020. – Т. 70.
3. Chalupa-Krebzdak, S. Nutrient density and nutritional value of milk alternatives / S. Chalupa-Krebzdak, C.J. Long, B.M. Bohrer // *International Dairy Journal*. – 2018. – Т. 87. – P. 84–92.
4. D.J. Mc. McClements, D.J. Future foods: plant-based foods and sustainability // *Current Opinion in Food Science*. – 2020. – Т. 33. – P. 1–7.
5. D.J. Mc. McClements, D.J. Plant-based milks: a review of the science underpinning their design, fabrication and performance // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. – 2019. – Т. 18. – P. 2047–2067.
6. Derbyshire, E.J. Flexitarian Diets and Health: A Review of the Evidence-Based Literature / E.J. Derbyshire // *Frontiers in Nutrition*. – 2017. – Т. 3. – P. 1–8.
7. Gupta, M. Barley and oat based beverages: a review / M. Gupta, N. Abu-Ghannam, E. Gallagher // *Journal of Food Science*. – 2021. – Т. 86. – P. 1414–1428.
8. Jeske, S. Past, present and future: the strength of plant-based dairy substitutes / S. Jeske, E. Zannini, E.K. Arendt // *Food Research International*. – 2018. – Т. 110. – P. 42–51.
9. Mäkinen, O.E. Foods for special dietary needs: non-dairy plant-based milk substitutes and fermented dairy-type products / O.E. Mäkinen, V. Wanhalinna, E. Zannini, E.K. Arendt // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2016. – Т. 56. – P. 339–349.
10. Sethi, S. Plant-based milk alternatives: an emerging segment of functional beverages / S. Sethi, S.K. Tyagi, R.K. Anurag // *Journal of Food Science and Technology*. – 2016. – Т. 53. – P. 3408–3423.
11. Silva, A.R. A. Plant-based beverages: physicochemical and technological properties / A.R. A. Silva [et al.] // *Food Chemistry*. – 2022. – Т. 373.
12. Singhal, S. A comparison of the nutritional value of cow's milk and plant-based milk alternatives / S. Singhal, R.D. Baker, S.S. Baker // *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*. – 2017. – Т. 64. – P. 799–805.
13. Tang, C.H. Emulsifying properties of soy proteins / C.H. Tang // *Current Opinion in Food Science*. – 2017. – Т. 15. – P. 1–7.
14. Willett, W. Food in the Anthropocene: healthy diets from sustainable food systems / W. Willett [et al.] // *The Lancet*. – 2019. – Т. 393. – P. 447–492.

References

1. G.Kh.Rakhimova A.T.Ruziboev Sh.D.Salizhanova Sh.S. [Gaisova. Development of a recipe for dairy margarine for vegans based on soy milk] // *Universum: tekhnicheskie nauki: elektron. nauchn. zhurn.- Moskva, sentyabr' 2023.-(114).* – 2023. – № 9. – URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/15978> (дата обращения: 19.08.2026). (In Russ.)
2. Aydar E.F., Tutuncu S., Ozcelik B. Plant-based milk substitutes: bioactive compounds, conventional and novel processes // *Journal of Functional Foods.* – 2020. – Т. 70.
3. Chalupa-Krebzdak S., Long C.J., Bohrer B.M. Chalupa-Krebzdak S., Long C.J., Bohrer B.M. Nutrient density and nutritional value of milk alternatives // *International Dairy Journal.* – 2018. – Т. 87.
4. [McClements D.J. Future foods: plant-based foods and sustainability] // *Current Opinion in Food Science.* – 2020. – Т. 33. (In Russ.)
5. McClements D.J., Newman E., McClements I.F. McClements D.J., Newman E., McClements I.F. Plant-based milks: a review of the science underpinning their design, fabrication and performance // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.* – 2067. – Т. 18.
6. Derbyshire E.J. Flexitarian diets and health // *Frontiers in Nutrition.* – 2017. – Т. 3.
7. Gupta M. Abu-Ghannam N., Gallagher E. Barley and oat based beverages: a review // *Journal of Food Science.* – 2021. – Т. 86.
8. Jeske S., Zannini E., Arendt E.K. Past, present and future: the strength of plant-based dairy substitutes // *Food Research International.* – 2018. – Т. 110.
9. Mäkinen O.E., Wanhalinna V., Zannini E., Arendt E.K. Foods for special dietary needs: non-dairy plant-based milk substitutes and fermented dairy-type products // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* – 2016. – Т. 56.
10. Sethi S., Tyagi S.K., Anurag R.K. Plant-based milk alternatives: an emerging segment of functional beverages // *Journal of Food Science and Technology.* – 2016. – Т. 53.
11. Silva A.R.A. et al. Plant-based beverages: physicochemical and technological properties // *Food Chemistry.* – 2022. – Т. 373.
12. Singhal S., Baker R.D., Baker S.S. A comparison of the nutritional value of cow's milk and plant-based milk alternatives // *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition.* – 2017. – Т. 64.
13. Tang C.H. Emulsifying properties of soy proteins // *Current Opinion in Food Science.* – 2017. – Т. 15.
14. Willett W. et al. Food in the Anthropocene: healthy diets from sustainable food systems // *The Lancet.* – 2019. – Т. 393.

Статья поступила в редакцию: 13.08.2026

Статья принята к публикации: 18.08.2026

Статья опубликована: 28.08.2026

УДК 664.38:547.96

DOI: 10.32743/UniTech.2026.149.8.23320

**Исследование взаимодействия с водой и свойств набухания гелей на основе
изолятов соевого, горохового и фасолевого белков с использованием теории
Флори–Ренера**

Собуддинов Сохибжон Махмуджонович
докторант

Наманганский государственный технический университет
Республика Узбекистан, г. Наманган

Каноатов Хайрулло Муродиллаевич
д-р техн. наук

доц., Наманганский государственный технический университет
Республика Узбекистан, г. Наманган

Дадамирзаев Музаффар Хабибуллаевич
канд. техн. наук

доц., Наманганский государственный технический университет
Республика Узбекистан, г. Наманган

E-mail: d_muzaffar@inbox.ru

Содикова Шоира Абдураззаковна
PhD

доц., Наманганский государственный технический университет
Республика Узбекистан, г. Наманган

E-mail: sodikova_shoira@mail.ru

**Investigation of water interaction and swelling properties of gels based on soy,
pea and bean protein isolates using the Flory–Rehner theory**

Sobuddinov Sokhibjon
Doctoral Student

Namangan state technical university
Republic of Uzbekistan, Namangan

Kanoatov Khairullo
doctor of technical sciences, Associate Professor

Namangan state technical university
Republic of Uzbekistan, Namangan

Dadamirzaev Muzaffar
candidate of technical sciences, Associate Professor

Namangan state technical university
Republic of Uzbekistan, Namangan

Sodikova Shoir
PhD, Associate Professor

Namangan state technical university
Republic of Uzbekistan, Namangan

Аннотация

В статье исследованы закономерности сорбции воды, набухания и структурообразования белковых гелей на основе изолятов соевого, горохового и фасолевого белков. Актуальность исследования обусловлена необходимостью установления взаимосвязи между взаимодействием растительных белков с водой и структурными характеристиками гелевых систем, используемых при разработке альтернативных белковых продуктов. Цель исследования – установить закономерности взаимодействия соевого, горохового и фасолевого белков с водой, определить особенности набухания сформированных гелей и оценить влияние структуры белковой сетки на их функциональные свойства. Сорбционные свойства исследуемых белков оценивали методом динамической сорбции водяного пара, а термодинамическое взаимодействие белок-вода характеризовали параметром Флори-Хаггинса. Максимальную степень набухания однофазных гелей определяли после достижения равновесного состояния. Влияние структуры белковой сетки интерпретировали с использованием теории Флори-Ренера и модели Neo-Hookean. Установлено, что параметры взаимодействия белков с водой имеют близкие значения: $0,91 \pm 0,02$ для соевого, $0,90 \pm 0,02$ для горохового и $0,96 \pm 0,03$ для фасолевого белка. При повышении содержания сухих веществ степень набухания гелей снижалась. Несмотря на близкое родство исследуемых белков к воде, гели на основе фасолевого белка характеризовались меньшей степенью набухания, что может быть связано с особенностями пространственной организации белковой сетки и плотностью поперечных связей. Полученные результаты подтверждают взаимосвязь между взаимодействием растительных белков с водой, степенью набухания и структурными характеристиками гелей. Установленные закономерности могут служить научной основой для разработки гелевых систем на основе растительных белков с регулируемыми функциональными и текстурными свойствами, в том числе при создании полуфабрикатов аналогов мясных продуктов.

Abstract

This study investigates the patterns of water sorption, swelling, and structure formation of protein gels based on soy, pea, and bean protein isolates. The relevance of the study is обусловлена the need to establish the relationship between plant protein–water interactions and the structural characteristics of gel systems used in the development of alternative protein products. The aim of the study was to establish the patterns of interaction of soy, pea, and bean proteins with water, determine the swelling characteristics of the formed gels, and evaluate the effect of the protein network structure on their functional properties. The sorption properties of the investigated proteins were evaluated using dynamic water vapor sorption, while the thermodynamic protein–water interaction was characterized by the Flory-Huggins interaction parameter. The maximum swelling degree of single-phase gels was determined after reaching equilibrium. The effect of the protein network structure was interpreted using the Flory-Rehner theory and the Neo-Hookean model. The

Библиографическое описание: Исследование взаимодействия с водой и свойств набухания гелей на основе изолятов соевого, горохового и фасолевого белков с использованием теории Флори–Ренера // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. Собуддинов С.М. [и др.]. 2026. 8(149). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/23320>

protein-water interaction parameters were found to have similar values: 0.91 ± 0.02 for soy protein, 0.90 ± 0.02 for pea protein, and 0.96 ± 0.03 for bean protein. An increase in dry matter content resulted in a decrease in the swelling degree of the gels. Despite the similar affinity of the investigated proteins for water, bean protein-based gels exhibited a lower swelling degree, which may be associated with differences in the spatial organization of the protein network and the density of cross-links. The obtained results confirm the relationship between plant protein–water interactions, gel swelling, and structural characteristics. The established patterns may serve as a scientific basis for developing plant protein-based gel systems with controlled functional and textural properties, including their application in the production of semi-finished meat analogue products.

Ключевые слова: изолят соевого белка, изолят горохового белка, изолят фасолевого белка, белковый гель, сорбция воды, коэффициент набухания, взаимодействие белка с водой, теория Флори-Ренера, растительные белки.

Keywords: soy protein isolate, pea protein isolate, bean protein isolate, protein gel, water sorption, swelling ratio, protein-water interaction, Flory-Rehner theory, plant proteins.

Введение

Развитие технологий пищевых продуктов на основе альтернативных источников белка сопровождается поиском способов целенаправленного формирования заданных структурно-механических и функциональных свойств. Одним из перспективных направлений является получение волокнистых белковых систем, способных имитировать характерную текстуру мясных продуктов. На промышленном уровне значительная часть таких продуктов производится методом высоковлажной экструзии, представляющей собой сложную термомеханическую обработку. Вместе с тем фундаментальные закономерности формирования внутренней структуры продукта и взаимосвязь между составом белковой композиции, условиями обработки и конечной текстурой изучены не в полной мере [6].

Для более глубокого изучения структурообразования биополимерных композиций применяются устройства типа сдвиговой ячейки (shear cell), в которых материал подвергается контролируемой сдвиговой деформации при заданной температуре. При сдвиговой обработке слои материала перемещаются относительно друг друга, что способствует деформации и ориентации дисперсной фазы. Показано, что формирование выраженной анизотропной структуры связано с наличием по меньшей мере двух взаимодействующих фаз и с ориентацией одной из них в направлении сдвига [9, 10].

Ранее исследовались композиции на основе соевого белка и глютена, соевого белка и пектина, а также горохового белка и глютена. Полученные данные показывают, что структурообразование определяется не только условиями термомеханической обработки, но и функциональными свойствами компонентов. В двухфазных системах существенное значение имеет формирование непрерывной сетки одной из фаз, которая способна механически ограничивать набухание другой фазы [7, 8].

С этой точки зрения анализ набухания представляет собой информативный инструмент для характеристики пространственной организации белковых гелей. Если различия в родстве белков к воде невелики, но коэффициенты набухания существенно различаются,

это может свидетельствовать о различной плотности сшивки или упругом сопротивлении полимерной сетки. Соевый и гороховый белки широко применяются в технологиях растительных аналогов мяса, тогда как бобовые белки, включая нутовый и фасолевый, рассматриваются как перспективные источники белка. Особенности формирования межмолекулярных связей могут различаться даже при близких реологических характеристиках гелеобразования [1, 5].

Для количественной интерпретации распределения воды в белковых системах целесообразно использовать теорию Флори–Ренера, согласно которой равновесное набухание определяется соотношением термодинамического взаимодействия полимера с растворителем и упругого сопротивления сшитой сетки. В настоящей работе это положение использовано для сопоставления характеристик сорбции воды и набухания однофазных белковых гелей [2].

Цель исследования - научно обосновать закономерности взаимодействия с водой и набухания гелей на основе изолятов соевого, нутового и фасолевого белков с использованием моделей Флори–Хаггинса и Флори–Ренера.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: определить характеристики сорбции водяного пара исследуемыми изолятами; оценить параметр взаимодействия белок–вода χ ; исследовать влияние содержания сухих веществ на максимальную степень набухания однофазных гелей; сопоставить полученные закономерности с положениями теории Флори–Ренера и оценить их значение для структурирования растительных белковых систем.

Объекты исследования

В качестве объектов исследования использовали пшеничный глютен и изоляты соевого, горохового и фасолевого белков. Массовая доля белка в исходных материалах, определённая с использованием коэффициента пересчёта $N \times 5,7$ и выраженная в пересчёте на сухое вещество, составляла соответственно 77,9; 84,0; 78,6 и 81,7 %. В качестве вспомогательных компонентов применяли хлорид натрия (NaCl) и умягчённую воду высокой степени очистки. Исходное сырьё и реагенты хранили при температуре 21 °С. Все эксперименты проводили в аналогичных условиях.

Методы исследования

Однофазные гели были получены из изолятов соевого (ИСБ), горохового (ИГБ) и фасолевого (ИФБ) белков по методу Cornet.

Белковый порошок диспергировали в рассчитанном количестве воды и перемешивали до получения однородной массы. После этого смесь деаэрировали под вакуумом 50 мбар в течение 45 с и выдерживали при температуре 4°С в течение 12-16 ч для полной гидратации белка. Гидратированную массу помещали в формы из нержавеющей стали внутренней высотой 5 мм и внутренним радиусом 12,5 мм. Герметично закрытые формы выдерживали 30 мин на вибрирующей водяной бане Julabo TW2, нагретой до 95°С. Затем образцы охлаждали в воде при температуре 15°С в течение 15 мин. Для последующего анализа отбирали только гели с однородной структурой и без внешних дефектов.

Определение максимальной степени набухания. Для удаления растворимых компонентов и определения максимальной способности гелей к набуханию также использовали метод Cornet. Образцы помещали в воду в соотношении 1:100 и выдерживали не менее 48 ч до стабилизации массы. Воду заменяли три раза. После достижения равновесного состояния содержание сухого вещества определяли высушиванием образцов при 105°C в течение 48 ч. Максимальную степень набухания оценивали как отношение объёма поглощённой воды к объёму полимерной фазы. При расчётах использовали плотность воды 1000 кг/м³ и плотность белка 1330 кг/м³. Для композитных систем вклад глютена принимали равным 1,5 г воды на 1 г белка глютена; это значение соответствовало термообработанному глютену в исследованных условиях. После вычитания вклада глютена оценивали степень набухания неглютеновой белковой фазы.

Определение сорбции водяного пара. При определении динамической сорбции водяного пара сорбционные свойства образцов по отношению к водяному пару исследовали с использованием эксикатора. Перед началом эксперимента образцы высушивали в течение 24 ч при относительной влажности 0 %. Затем относительную влажность постепенно увеличивали с шагом 10 % до достижения 90 %. На каждом этапе сорбционное равновесие считали достигнутым, если изменение массы образца в течение 120 мин при 10-минутных интервалах измерения составляло менее 0,005 % в минуту. Максимальная продолжительность каждого этапа была установлена на уровне 2000 мин.

Для оценки термодинамического взаимодействия белка с водой использовали параметр взаимодействия χ в рамках модели Флори-Хаггинса. Значения температуры стеклования сухих образцов, использованные при расчётах для белков фасоли и гороха в исходных материалах, составляли 436 и 438 К соответственно. Полученные параметры взаимодействия использовали для интерпретации распределения воды между белковыми фазами.

Равновесное набухание рассматривали в соответствии с теорией Флори-Ренера. В общем виде условие равновесия выражается через баланс давления смещения и упругого сопротивления полимерной сетки: при отсутствии внешнего давления осмотическая составляющая, обусловленная взаимодействием полимера с водой, уравнивается упругой составляющей сетки. Такой подход позволяет рассматривать наблюдаемую степень набухания как результат совместного влияния сродства белка к воде и плотности его пространственной сетки.

Для анализа деформации сшитой белковой сетки использовали модель Neo-Hookean, применяемую для описания больших деформаций упругих каучукоподобных материалов. В качестве исходного состояния рассматривали релаксированное состояние с коэффициентом набухания Q_{ref} . Максимальный коэффициент набухания Q_0 в принятой модели связывали с Q_{ref} соотношением $Q_0 = 1,5Q_{\text{ref}}$. При $Q > Q_{\text{ref}}$ сетка рассматривается как растянутая, при $Q < Q_{\text{ref}}$ - как сжатая, а при $Q = Q_{\text{ref}}$ - как находящаяся в ненапряжённом состоянии.

Статистическая обработка. Эксперименты выполняли в трёх повторностях. Результаты представляли в виде среднего значения и стандартной ошибки. При необходимости статистическую значимость различий оценивали однофакторным дисперсионным анализом. Критический уровень значимости принимали равным $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждения

Полученные изотермы сорбции показали близкий характер взаимодействия с водой для исследованных белковых изолятов. При активности воды выше 0,7 сорбционная способность соевого изолята была несколько выше, чем у изолятов гороха и фасоли. При этом различия не свидетельствовали о принципиально различном характере взаимодействия белковых матриц с водой.

Таблица 1.

Параметры взаимодействия белок-вода, рассчитанные по изотермам сорбции

Белковый изолят	Параметр взаимодействия χ	Интерпретация
Соевый (ИСБ)	$0,91 \pm 0,02$	Близкое сродство к воде
Гороховый (ИГБ)	$0,90 \pm 0,02$	Близкое сродство к воде
Фасолевый (ИФБ)	$0,96 \pm 0,03$	Близкое сродство к воде
Глютен	$1,16 \pm 0,04$	Более слабое взаимодействие с водой

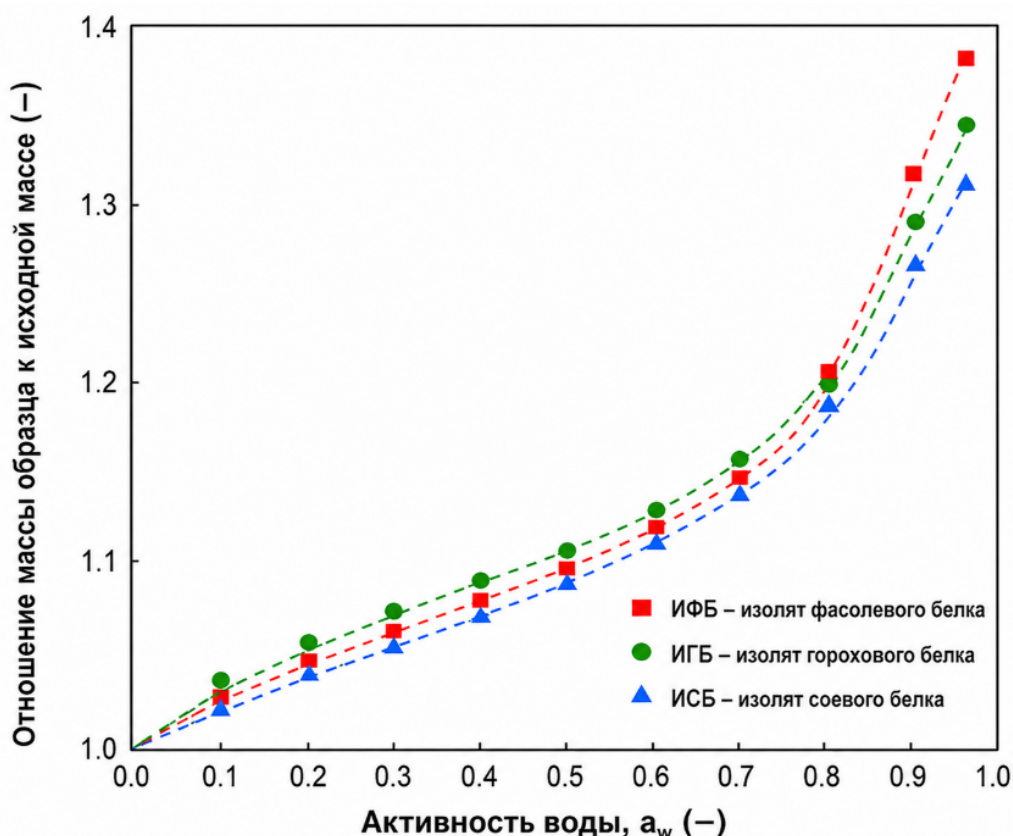


Рисунок 1. Изотермы сорбции водяного пара изолятами соевого (ИСБ), горохового (ИГБ) и фасолевого (ИФБ) белков при температуре 25°C

Из рисунка 1, видно что, изотермы сорбции водяного пара порошками изолята соевого белка (ИСБ), изолята горохового белка (ИГБ) и изолята фасолевого белка (ИФБ) при температуре 25°C. Значения параметра взаимодействия белок-вода (χ), рассчитанные с использованием модели Флори-Хаггинса, составили соответственно $0,91 \pm 0,02$ для ИСБ, $0,90 \pm 0,02$ для ИГБ и $0,96 \pm 0,03$ для ИФБ.

Исследование однофазных гелей показало закономерное снижение максимальной степени набухания при увеличении содержания сухих веществ в исходной системе. Полученная зависимость имела степенной характер. Увеличение концентрации белка при формировании геля приводит к более плотной пространственной организации белковой матрицы, вследствие чего свободный объём для проникновения воды уменьшается, а упругое сопротивление сетки возрастает.

Коэффициенты набухания гелей на основе соевого и горохового белков были близкими. Гели из фасолевого изолята характеризовались более низкой степенью набухания. При этом результаты сорбционных исследований показали близость параметров взаимодействия всех трёх белков с водой. Следовательно, наблюдаемое различие в макроскопическом набухании не может быть объяснено только различиями в сродстве белка к воде.

В соответствии с теорией Флори-Ренера равновесная степень набухания определяется конкуренцией между стремлением полимерной системы к смешению с растворителем и упругим сопротивлением сшитой сетки. Поэтому при близких значениях χ различная степень набухания может быть обусловлена различиями в плотности сшивки, длине участков сетки между узлами и способности белковых цепей к деформации.

Заключение

Результаты исследования показали, что однокомпонентные гели, сформированные на основе изолятов соевого, горохового и фасолевого белков, характеризуются сходными закономерностями взаимодействия с водой и набухания. Значения параметра взаимодействия белок–вода, определённые на основании изотерм сорбции водяного пара, составили $0,91 \pm 0,02$ для изолята соевого белка, $0,90 \pm 0,02$ для изолята горохового белка и $0,96 \pm 0,03$ для изолята фасолевого белка, что подтверждает близость характера взаимодействия данных белков с водой.

Максимальный коэффициент набухания однокомпонентных гелей снижался с увеличением содержания сухих веществ в процессе гелеобразования. Данная зависимость описывалась степенной функцией и характеризовалась различными параметрами для гелей на основе соевого, горохового и фасолевого белков. Коэффициенты набухания гелей на основе соевого и горохового белков были близкими, тогда как для гелей из изолята фасолевого белка наблюдалась относительно более низкая степень набухания.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что параметры взаимодействия исследованных белков с водой имеют близкие значения, различия в их набухающих свойствах могут быть преимущественно обусловлены различной плотностью поперечных связей в белковой гелевой сетке. Данный вывод согласуется с теоретическими положениями теории Флори-Ренера о влиянии структуры полимера, плотности поперечных связей и упругого сопротивления на степень набухания геля.

Таким образом, комплексная оценка сорбции воды и набухающих свойств изолятов соевого, горохового и фасолевого белков позволяет охарактеризовать структурное состояние гелей на их основе и регулировать их функциональные свойства. Выявленные закономерности могут служить научной основой для целенаправленного проектирования гелевых систем на основе растительных белков, в частности для формирования требуемой текстуры и структуры альтернативных белковых пищевых продуктов.

Список литературы

1. Дадамирзаев М.Х. и др. Рецептура и технология производства овощных паст нового направления // *Universum: технические науки*. – 2022. – С. 21–27.
2. Колпакова В.В. и др. Показатели качества гороховых и нутовых белковых концентратов // *Техника и технология пищевых производств*. – 2022. – Т. 52. – С. 650–664.
3. Кучкаров У.М. и др. Using Wheat Germ Products to Enhance Quality of Ring-shaped Bread Industry // *Молодой ученый*. – 2016.
4. Рахимов У.Ю. и др. Использование порошка-полуфабриката, полученного из вторичного сырья соковых производств, в приготовлении мучных национальных изделий Узбекистана // *Молодой ученый*. – 2014. – С. 226–229.
5. Bakhsh A. et al. Evaluation of rheological and sensory characteristics of plant-based meat analog with comparison to beef and pork // *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. – 2021. – Т. 41. – P. 983–996.
6. Dekkers B.L., Boom R.M. Van der Goot A.J. Structuring processes for meat analogues // *Trends in Food Science & Technology*. – 2018. – Т. 81. – P. 25–36.
7. Krintiras G.A. Intensified protein structuring for more sustainable foods [Электронный ресурс]. // Delft University of Technology, the Netherlands. itory. tudel ft. nl/islan dora/object/uuid: 03d60. – 2016. URL: <https://repos.ity.tudelft.nl/islandora/object/uuid:03d60>. (дата обращения 27.08.2026)
8. Sha L., Xiong Y.L. Plant protein-based alternatives of reconstructed meat: Science, technology, and challenges // *Trends in Food Science & Technology*. – 2020. – Т. 102. – P. 51–61.
9. Van der Sman R.G. M., Van der Goot A.J. The science of food structuring // *Soft Matter*. – 2009. – Т. 5. – P. 501–510.
10. Van der Sman R.G.M. Van der Sman R.G.M. Van der Sman R.G.M. Predictions of food polymer–water interactions and their consequences for food processing // *Journal of Food Engineering*. – 2013. – Т. 117.

References

1. Dadamirzaev M.Kh. i dr. [Formulation and production technology of vegetable pastes of a new direction] // *Universum: tekhnicheskie nauki*. – 2022. – P. 21–27. (In Russ.)
2. Kuznetsova O.V., Kudryashova O.V., Rozhkova E.V. i dr. [Quality indicators of pea and chickpea protein concentrates] // *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*. – 2022. – Т. 52, № 4. – P. 650–664. (In Russ.)
3. Kushkarova U.M. i dr. [Using wheat germ products to enhance quality of ring-shaped bread industry] // *Молодой ученый*. – 2016. (In Russ.)
4. Rakhimov U.Yu. i dr. [Use of semi-finished powder obtained from secondary raw materials of juice production in the preparation of flour national dishes of Uzbekistan] // *Molodoj uchenyj*. – 2014. (In Russ.)

5. [Evaluation of rheological and sensory characteristics of plant-based meat analog with comparison to beef and pork] // Korean Journal for Food Science of Animal Resources. – 2021. – Т. 41. – P. 983–996.
6. Dekkers B.L., Boom R.M. Van der Goot A.J. [Structuring processes for meat analogues] // Trends in Food Science & Technology. – 2018. – Т. 81. – P. 25–36.
7. Krintiras G.A. [Intensified protein structuring for more sustainable foods] // Delft University of Technology, the Netherlands. itory. tudel ft. nl/islan dora/object/uuid: 03d60. – 2016. – URL: <https://repos.> (accessed 27.08.2026)
8. Sha L., Xiong Y.L. [Plant protein-based alternatives of reconstructed meat: Science, technology, and challenges] // Trends in Food Science & Technology. – 2020. – Т. 102. – P. 51–61.
9. Van der Sman R.G.M., Van der Goot A.J. [The science of food structuring] // Soft Matter. – 2009. – Т. 5. – P. 501–510.
10. Van der Sman R.G.M. Van der Sman R.G.M. Van der Sman R.G.M. [Predictions of food polymer–water interactions and their consequences for food processing] // Journal of Food Engineering. – 2013. – Т. 117.

Статья поступила в редакцию: 15.08.2026

Статья принята к публикации: 20.08.2026

Статья опубликована: 38.08.2026

УДК 637.5.022:664.68

Использование модифицированных крахмалов в технологии мясопродуктов: современное состояние и перспективы

Стаценко Елена Николаевна

канд. техн. наук

доц., доц. кафедры пищевых технологий и инжиниринга факультета пищевой инженерии
и биотехнологий, ФГАОУ ВО Северо-Кавказский федеральный университет

Российская Федерация, г. Ставрополь

E-mail: elena258225@rambler.ru

Оботурова Наталья Павловна

канд. техн. наук

доц., доц. декан факультета пищевой инженерии и биотехнологий ФГАОУ ВО Северо-
Кавказский федеральный университет

Российская Федерация, г. Ставрополь

E-mail: dorogusha007@yandex.ru

Use of modified starches in meat product technology: current state and prospects

Statsenko Elena Nikolaevna

candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor

Department of Food Technologies and Engineering, Faculty of Food Engineering and

Biotechnology, North-Caucasus Federal University

Russian Federation, Stavropol

Oboturova Natalia Pavlovna

candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Dean

of the Faculty of Food Engineering and Biotechnology, North Caucasus Federal University

Russian Federation, Stavropol

Аннотация

Актуальность работы обусловлена необходимостью поиска эффективных технологических решений для мясоперерабатывающей отрасли. Представлен аналитический обзор и результаты экспериментальных исследований применения модифицированных крахмалов в условиях растущего спроса на функциональные продукты с улучшенными потребительскими свойствами. Систематизированы данные о физических и химических видах модификации, а также их специфическое влияние на реологические характеристики

Библиографическое описание: Стаценко Е.Н., Оботурова Н.П. Использование модифицированных крахмалов в технологии мясопродуктов: современное состояние и перспективы // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2026. 8(149). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/23329>

сырья. Подробно рассмотрены физико-химические механизмы действия крахмалов в сложных белково-жировых мясных системах, включая процессы влагоудерживания, структурообразования и стабилизации эмульсий.

В ходе экспериментальной части оценено влияние ацетилированного дикрахмаладипата (E1422), гидроксипропилированного крахмала (E1440) и сшитого дикрахмалфосфата (E1412) на модельные фаршевые системы. Установлено, что оптимизация дозировок данных добавок способствует значимому повышению выхода готовой продукции, улучшению текстурного профиля, а также снижению потерь влаги при термообработке и циклах замораживания-оттаивания. В заключение обоснованы перспективные инновационные направления применения модифицированных крахмалов, включая их использование в качестве структурообразователей для 3D-печати мясных продуктов и систем инкапсуляции функциональных ингредиентов, что имеет высокую практическую значимость для развития современных пищевых технологий и создания продуктов питания нового поколения.

Abstract

The relevance of the work is due to the need to find effective technological solutions for the meat processing industry. An analytical review and the results of experimental studies on the use of modified starches in the context of growing demand for functional products with improved consumer properties are presented. Data on the physical and chemical types of modification, as well as their specific impact on the rheological characteristics of raw materials, are systematized. The physicochemical mechanisms of starches' action in complex protein-fat meat systems are examined in detail, including the processes of moisture retention, structure formation, and emulsion stabilization.

During the experimental part, the effect of acetylated distarch adipate (E1422), hydroxypropylated starch (E1440), and cross-linked distarch phosphate (E1412) on model minced meat systems was assessed. It was found that optimizing the dosages of these additives contributes to a significant increase in the yield of finished products, an improvement in the textural profile, and a reduction in moisture loss during heat treatment and freeze-thaw cycles. In conclusion, promising innovative applications of modified starches have been substantiated, including their use as structure-forming agents for 3D printing of meat products and as encapsulation systems for functional ingredients, which is of high practical importance for the development of modern food technologies and the creation of next-generation food products.

Ключевые слова: модифицированный крахмал, мясопродукты, колбасные изделия, влагоудерживающая способность, текстурно-механические свойства, функциональные ингредиенты.

Keywords: modified starch, meat products, sausage products, water-holding capacity, textural and mechanical properties, functional ingredients.

Введение

Мясоперерабатывающая отрасль активно использует функциональные ингредиенты для регулирования структурно-механических и органолептических свойств продукции [4]. Крахмалы занимают ведущее место благодаря доступности и multifunctionality. Однако нативные крахмалы имеют ограничения: низкую термостабильность, склонность к ретроградации и недостаточную совместимость с белковыми матрицами [5, 6]. Модификация (химическая, физическая, ферментативная) позволяет целенаправленно изменять свойства полимера [13].

Цель работы – экспериментальная оценка функциональных свойств различных модифицированных крахмалов в модельных мясных системах и анализ перспектив их применения в технологии мясопродуктов.

Материалы и методы

Объекты исследования: нативный картофельный крахмал (контроль) и три модифицированных крахмала: ацетилованный дикрахмаладипат (E1422), гидроксипропилированный крахмал тапиоки (E1440), сшитый дикрахмалфосфат (E1412).

Модельные системы: фаршевые эмульсии из говядины I сорта и свинины полужирной (соотношение 60:40). Крахмалы вводили на этапе куттерования в оптимальной дозировке 3 % к массе сырья [3].

Влагоудерживающую способность (ВУС) определяли центрифугированием (3000 об/мин, 10 мин). Потери при термообработке рассчитывали по разности масс до и после варки (до 72 °C в центре батона). Структурно-механические свойства оценивали методом ТРА на текстуроанализаторе СТЗ (Brookfield). Органолептическую оценку проводили по 5-балльной шкале (n=8). Статистическую обработку выполняли в Statistica 13.3 (критерий Тьюки, $p < 0,05$).

Результаты и обсуждение

Установлено, что все модифицированные крахмалы статистически значимо повышают ВУС, табл. 1. Максимальный эффект характерен для E1440 (75,4 %), что обусловлено введением гидроксипропильных групп, нарушающих кристалличность гранул и увеличивающих доступность гидроксильных центров для сорбции воды [6].

Таблица 1.

Влагоудерживающая способность и потери при обработке модельных фаршевых систем

Образец	ВУС, %	Потери при термообработке, %	Потери при замораживании-оттаивании, %	Увеличение выхода готового продукта
Контроль (нативный крахмал)	68,2 ± 1,3	12,4 ± 0,8	8,7 ± 0,6	-
E1422	72,8 ± 1,1	9,3 ± 0,5	6,2 ± 0,4	+2,8
E1440	75,4 ± 0,9	7,8 ± 0,4	4,1 ± 0,3	+4,1
E1412	71,5 ± 1,2	8,9 ± 0,6	5,8 ± 0,5	+3,2

E1440 также обеспечивает минимальные потери при замораживании-оттаивании, что критично для замороженных полуфабрикатов. E1412 демонстрирует умеренную ВУС, но сохраняет стабильность при высоких температурах благодаря фосфатным сшивкам [8].

Результаты исследований структурно-механических и органолептических показатели выявили, что E1412 формирует наиболее упругую и твердую структуру за счет сохранения набухших гранул в белковом матриксе (эффект активного наполнителя). E1422 обеспечивает оптимальный баланс твердости и нежности, получив наивысший органолептический балл (23,2) за счет однородной консистенции и сочности, таблица 2.

Таблица 2.

Органолептическая оценка мясoproдуктов (5-балльная шкала, n=10)

Показатель	Макс. балл	Контроль (нативный крахмал)	E1422	E1440	E1412
Внешний вид	5	4,10 ± 0,27	4,60 ± 0,18	4,40 ± 0,27	4,30 ± 0,27
Консистенция	5	3,80 ± 0,36	4,70 ± 0,18	4,30 ± 0,27	4,00 ± 0,27
Сочность	5	3,90 ± 0,27	4,80 ± 0,18	4,60 ± 0,18	4,10 ± 0,27
Вкус и запах	5	4,20 ± 0,18	4,50 ± 0,18	4,40 ± 0,18	4,30 ± 0,18
Цвет и вид на разрезе	5	4,00 ± 0,27	4,60 ± 0,18	4,10 ± 0,27	2,70 ± 0,36
ИТОГО	25	20,00	23,20	21,80	19,40

Полученные экспериментальные данные подтверждают описанные в литературе механизмы действия крахмалов [9, 11]. При термообработке модифицированный крахмал клейстеризуется, заполняя межбелковые пространства. Введение объемных заместителей (ацетильных, гидроксипропильных групп) препятствует реассоциации цепей амилозы при охлаждении, предотвращая ретроградацию и синерезис [12]. В тонкоизмельченных эмульсиях (сосиски) крахмалы адсорбируются на поверхности жировых капель, стабилизируя эмульсию [7].

В промышленной практике выбор модификата диктуется технологической задачей. В вареных колбасах E1422 увеличивает выход на 2,5 – 4 % [1]. В полукопченых колбасах и консервах, подвергающихся стерилизации (115 – 121 °С), нативные крахмалы разрушаются, тогда как сшитый E1412 сохраняет гелеобразующую способность, предотвращая расслоение бульона [2]. В низкожировых продуктах крахмалы (3–6 %) выступают имитаторами жира, формируя гелевую матрицу, аналогичную жировой ткани [10]. Применение добавок строго регулируется ТР ТС 029/2012 (лимит 5 – 8 %).

Анализ литературы и полученных данных позволяет выделить приоритетные векторы дальнейших исследований: композитные системы: создание комплексов «крахмал – растительный белок – гидроколлоид» для производства гибридных мясо-растительных продуктов; инкапсуляция – использование матрицы модифицированного крахмала для контролируемого высвобождения антиоксидантов и пробиотиков в мясной системе; аддитивные технологии: применение в 3D-печати мясoproдуктов в качестве структурообразующих компонентов с заданными реологическими параметрами; импортозамещение – разработка отечественных технологий модификации крахмалов из

местного сырья (картофель, горох) и углубленное изучение их взаимодействия с миофибриллярными белками методами ядерного магнитного резонанса и инфракрасная спектроскопии.

Заключение

Модифицированные крахмалы являются высокоэффективным инструментом регулирования свойств мясoproductов. Экспериментально подтверждено, что E1440 оптимален для сочности и морозостойкости, E1422 – для эмульсионных колбас, а E1412 – для стерилизуемых консервов. Дальнейшее развитие направления связано с внедрением крахмалов в аддитивные технологии, созданием композитных систем и разработкой конкурентоспособных отечественных технологий модификации.

Список литературы

1. Гурьева К.Б., Козлов С.Н. Применение сшитых крахмалов в технологии полукопчёных колбас // Мясные технологии. – 2022. – № 8.
2. Ким Е.В., Соловьёва А.А. Стабилизация структуры мясных консервов // Консервная и овощесушильная пром-сть. – 2020. – № 4.
3. Кочеткова А.А., Нечаев А.П. Пищевые добавки и модифицированные крахмалы. – М.: ДеЛи принт, 2019. – 312 с.
4. Рогов И.А., Забашта А.Г., Казюлин Г.П. Общая технология мяса и мясoproductов. – М.: Колос, 2000. – 367 с.
5. Тарасова В.В., Нестерова Ю.И. Функциональные ингредиенты в технологии мясoproductов // Мясная индустрия. – 2022. – № 4.
6. BeMiller J.N., Whistler R.L. BeMiller J.N., Whistler R. Academic Press. – L. Starch: Chemistry and Technology. 3rd ed. Academic Press, 2009. – 748 P.
7. Choi Y.-S. et al. Effects of modified tapioca starch on frankfurter-type sausages // Korean J. Food Sci. Anim. Resour. – 2015.
8. Fredriksson H. et al. The influence of amylose and amylopectin characteristics on gelatinization // Carbohydrate Polymers. – 1998.
9. Hermansson A.-M., Svegmärk K. Developments in understanding starch functionality // Trends Food Sci. Technol. – 1996.
10. Hughes E. et al. Effects of fat level, tapioca starch and whey protein on frankfurters // Meat Science. – 1998.
11. Pietrasik Z., Jarmoluk A. Effect of starch type on the quality of meat batters // Eur. Food Res. Technol. – 2003.
12. Rayner M. et al. Starch particles as Pickering emulsion stabilizers // Food Hydrocolloids. – 2014.
13. Singh J. et al. Factors influencing the physico-chemical properties of chemically modified starches // Food Hydrocolloids. – 2007.

References

1. Guryeva K.B., Kozlov S.N. The use of crosslinked starches in the technology of semi-smoked sausages // Meat technologies. – 2022. – № 8.
2. Kim E.V., Solovyova A.A. Stabilization of the structure of canned meat // Canning and vegetable drying industry. – 2020. – № 4.
3. Kochetkova A.A., Nechaev A.P. Food additives and modified starches. – Moscow: Delhi Print, 2019. – 312 P.
4. Rogov I.A., Zabashta A.G., Kazyulin G.P. General technology of meat and meat products. – Moscow: Kolos, 2000. – 367 P.
5. Tarasova V.V., Nesterova Yu.I. Functional ingredients in meat products technology // Meat industry. – 2022. – № 4.
6. Bemiller J.N., Whistler R.L. Starch: chemistry and technology. 3rd ed. Academic Press. – 2009. – 748 P.
7. Choi Y.-S. et al. The effect of modified tapioca starch on the production of Frankfurter sausages // Korean Food Science. Resource. – 2015.
8. Fredriksson H. and others. Influence of the characteristics of amylose and amylopectin on gelatinization // Carbohydrate polymers. – 1998.
9. Hermansson A.M., Svegmark K. Achievements in understanding starch functionality // Trends in food science. Technology. – 1996.
10. Hughes E. et al. The effect of fat content, tapioca starch and whey protein on the quality of sausages // Meat Science. – 1998.
11. Pietrasik Z., Yarmolyuk A. The effect of starch type on the quality of meat dough // Eur. The food industry. Technology. – 2003.
12. Rainer M. et al. Starch particles as Pickering emulsion stabilizers // Food hydrocolloids. – 2014.
13. Singh J. et al. Factors affecting the physico-chemical properties of chemically modified starches // Food hydrocolloids. – 2007.

Статья поступила в редакцию: 13.07.2026

Статья принята к публикации: 28.07.2026

Статья опубликована: 28.08.2026

УДК 532.5+66.061+628.4

Математическая модель фазового разделения нефтешлама под действием центробежной силы

Шодиев Азимбек Зиядуллоевич

докторант

Бухарский государственный технический университет

Республика Узбекистан, г. Бухара

Жумаев Қаям Каримович

д-р техн. наук

Бухарский государственный технический университет

Республика Узбекистан, г. Бухара

Шодиев Зиядулло Очилович

канд. техн. наук

Бухарский государственный технический университет

Республика Узбекистан, г. Бухара

Хамроев Хамза Хамидович

докторант

Бухарский государственный технический университет

Республика Узбекистан, г. Бухара

E-mail: azimbeksodiev24@gmail.com

Mathematical model of phase separation of oil sludge under the effect of centrifugal force

Shodiev Azimbek

PhD student

Bukhara State Technical University

Republic of Uzbekistan, Bukhara

Zhumaev Kayum

Doctor technical sciences, Professor

Bukhara State Technical University

Republic of Uzbekistan, Bukhara

Shodiyev Ziyadullo

candidate of Technical Sciences

Bukhara State Technical University

Republic of Uzbekistan, Bukhara

Xamroyev Xamza

PhD

student

Bukhara State Technical University

Republic of Uzbekistan, Bukhara

Библиографическое описание: Математическая модель фазового разделения нефтешлама под действием центробежной силы // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. Шодиев А.З. [и др.]. 2026. 8(149). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/23255>

Аннотация

В течение длительного времени в области теоретических представлений о строении нефтей и нефтепродуктов господствовал подход, согласно которому они рассматривались как молекулярно-дисперсные системы, т. е. растворы, способные в условиях фазовых переходов к формированию макрофаз. Считалось, что в обычных условиях они подобны идеальным растворам, к которым применимы правила аддитивности. Недостатком такого подхода является то, что даже при кажущейся однородности нефть и большинство нефтепродуктов представляют собой дисперсные системы, состоящие из различных компонентов, отличающихся между собой по свойствам.

В данной научной статье рассмотрены теоретические и практические аспекты разделения нефтешлама на фазы с использованием центробежной силы. Авторами разработана математическая модель, описывающая процессы гидродинамического смешения и фазового разделения в гидроциклоне с параллельной и противоточной структурой потоков. Особое внимание уделено моделированию поведения ультрадисперсных твердых частиц, трудноотделяемых от жидкой фазы, с учётом законов гидродинамики и механики жидкости. Проведён инженерный расчёт параметров гидроциклона, предложен алгоритм расчёта концентраций и массовых потоков компонентов нефтешлама, реализовано программное моделирование процесса в среде MATLAB. Полученные результаты подтверждают эффективность предложенной модели для повышения точности и управляемости технологии переработки нефтешламов.

Abstract

For a long time, the prevailing approach to the theoretical understanding of the structure of oils and petroleum products was to regard them as molecularly dispersed systems, i.e., solutions capable of forming macrophases under phase transition conditions. Under normal conditions, they were considered to be similar to ideal solutions, to which the rules of additivity apply. The drawback of this approach is that, even with apparent homogeneity, oil and most petroleum products are dispersed systems consisting of various components with different properties.

This scientific article explores the theoretical and practical aspects of phase separation of oil sludge using centrifugal force. The authors developed a mathematical model describing the hydrodynamic mixing and phase separation processes in a hydrocyclone with parallel and counterflow stream structures. Special attention is given to modeling the behavior of ultrafine solid particles that are difficult to separate from the liquid phase, considering the principles of fluid dynamics and mechanics. An engineering calculation of the hydrocyclone parameters is performed, an algorithm for computing concentrations and mass flows of oil sludge components is proposed, and the process simulation is implemented in the MATLAB environment. The obtained results confirm the effectiveness of the proposed model in improving the accuracy and controllability of oil sludge processing technology.

Ключевые слова: нефтешлам, фазовое разделение, центробежная сила, гидроциклон, математическое моделирование, механические примеси, утилизация отходов, дифференциальные уравнения, MATLAB, технология переработки.

Keywords: oil sludge, phase separation, centrifugal force, hydrocyclone, mathematical modeling, solid impurities, waste treatment, differential equations, MATLAB, processing technology.

Введение

На сегодняшний день одной из приоритетных задач в области охраны окружающей среды является переработка и утилизация нефтешламов — сложных по составу отходов нефтяной промышленности. Эти отходы содержат не только воду и углеводороды, но и сверхмелкие твёрдые частицы, что значительно усложняет процессы их разделения и дальнейшей переработки.

Предварительный анализ показал, что с технической и экономической точек зрения, целесообразно использовать метод центробежного разделения фракций с применением гидроциклона.

Цель работы: Повышение эффективности процесса разделения сложных двухфазных нефтешламов, содержащих ультрадисперсные твердые частицы, путем разработки и математического моделирования технологической системы на базе параллельно и противоточного гидроциклона с автоматизированным цифровым управлением.

Материалы и методы

Структура гидродинамических течений в системе тел жидкой и твердой фазы. Рассмотрим гидродинамическое структурное течение систем жидкость-твердая фаза как идеальную модель смешения (рис.1). В результате интенсивного перемешивания поступающего в гидроциклон нефтешлама концентрация жидкой системы изменяется в единицу времени. Если проанализировать изменение концентрации с точки зрения количества твердых частиц, присутствующих в жидкой системе, то полученная концентрация относительно твердого тела уменьшается в единицу времени.



Рисунок 1. Структурная схема технологического процесса

Методология текущего исследования базируется на комплексном сочетании теоретических методов гидродинамики гетерогенных дисперсных систем, инженерных расчетов параметров центробежных аппаратов, математического моделирования массообменных процессов и численного эксперимента в программной среде MATLAB/Simulink.

Концептуальные основы гидродинамики потоков. В качестве теоретического базиса принят подход, рассматривающий нефть, нефтепродукты и образующиеся на их основе нефтешламы как сложные гетерогенные дисперсные системы. Данные системы состоят из множества компонентов, существенно отличающихся по своим физико-химическим и механическим свойствам, даже при их кажущейся внешней однородности.

Процесс фазового разделения высокодисперсной смеси в рабочей камере гидроциклона с параллельно- и противоточной структурой потоков интерпретируется как идеальная модель смешения. Интенсивное центробежное перемешивание поступающего сырья приводит к непрерывному изменению концентраций жидкой и твердой фаз в единицу времени. В рамках данной модели предполагается, что концентрация твердых высокодисперсных частиц в объеме удерживаемой жидкой технологической системы монотонно снижается по мере прохождения через зоны сепарации аппарата.

Математическое моделирование процесса разделения фаз. Для формализации динамики изменения концентраций компонентов и объема удерживаемой жидкости, выгружаемой совместно с механическими примесями, разработана система дифференциальных уравнений. Изменение относительного содержания жидкой фазы в отделяемом твердом осадке описывается уравнением (1):

$$da_m / dt = (a_c - a_m) / \tau_m \quad (1)$$

где: a_c — исходная концентрация жидких компонентов в поступающей смеси, %; a_m — текущая концентрация жидкой фазы, содержащейся в выделенном твердом продукте, %; τ_m — среднее время пребывания разделяемой фазы в рабочей камере гидроциклона, с.

Параметр среднего времени пребывания твердых частиц (τ_m) определяется их массовым балансом и рассчитывается по формуле (2):

$$\tau_m = m_{sh} / (G_{n.sh} - G_n) \quad (2)$$

где: m_{sh} — общая масса нефтешлама, одновременно находящегося в рабочей камере сепаратора, кг; $G_{n.sh}$ — массовый расход исходного нефтешлама на входе в аппарат, кг/с; G_n — массовый расход очищенной чистой нефти на выходе из гидроциклона, кг/с.

В свою очередь, общая масса смеси в рабочей камере выражается как произведение объема камеры на среднюю плотность обрабатываемой суспензии. Изменение концентрации механических примесей на выходе из аппарата ($Q_{m.chiq}$) в зависимости от входной концентрации ($Q_{m.kir}$) формализуется следующим образом (3):

$$dQ_{m.chiq} / dt = (Q_{m.kir} - Q_{m.chiq}) / \tau_m \quad (3)$$

Количественный выход очищенной нефтяной фазы (G_n) рассчитывается с применением безразмерного коэффициента разделения гидроциклона (k) (4):

$$G_n = k \cdot G_{n.sh} \quad (4)$$

Инженерная методика расчета конструктивных параметров. Для проектирования геометрии параллельно- и противоточного аппарата используется математическая связь между секундной производительностью по исходной суспензии (V_{sek} , м³/с) и перепад давления в циклоне (ΔP) (5):

$$V_{sek} = \mu_0 \cdot (\pi \cdot d_{kir}^2 / 4) \cdot \sqrt{(2\Delta P / \rho_c)} \quad (5)$$

где: μ_0 — коэффициент расхода; d_{kir} — диаметр входного питающего патрубка, м; ρ_c — средняя плотность исходной суспензии нефтешлама, кг/м³.

С учетом масштабирования к конструктивному диаметру корпуса гидроциклона (D) и диаметру разгрузочной нижней трубы (d_0), общее уравнение расхода принимает вид (6):

$$V_0 = K \cdot D \cdot d_0 \cdot \sqrt{(\Delta P)} \quad (6)$$

На основании серии предварительных экспериментов значение комплексного масштабного коэффициента принято равным $K = 0,5$.

Кинетика центробежного осаждения ультрадисперсных частиц. Скорость течения многофазной среды внутри гидроциклона раскладывается на три пространственные составляющие: тангенциальную (ω), радиальную (v_r) и продольную (v_z). Величины указанных скоростей определяются как функции локального давления (P), радиального расстояния от оси аппарата (r) и текущей высоты сечения (z) (7):

$$\omega, v_r, v_z = f(P, r, z) \quad (7)$$

При моделировании движения ультрадисперсных частиц в интенсивном поле центробежных сил силами тяжести и Архимеда можно пренебречь. Для мелкодисперсной фракции, осаждение которой протекает в ламинарном режиме и подчиняется закону Стокса (при критерии Рейнольдса $Re < 0,2$), уравнение баланса центробежной силы и силы сопротивления среды записывается в виде (8):

$$(\pi \cdot d_r^3 / 6) \cdot \rho \cdot [\omega(r)]^2 / r = 3\pi \cdot d_r \cdot \mu_c \cdot (dr / dt) \quad (8)$$

Интегрирование данного дифференциального уравнения по времени (τ) в границах радиусов разделения от r_1 до r_2 позволяет определить время седиментации частиц (9):

$$\tau = (18\mu_c / 2\omega^2\rho) \cdot \ln(r_2 / r_1) \quad (9)$$

Предельный (максимальный) диаметр ультрадисперсных частиц (d_r), гарантированно извлекаемых из жидкой фазы нефтешлама при заданном режиме, рассчитывается по формуле (10):

$$d_r = \sqrt{[(18\mu_c \cdot r_1 \cdot V_c) / (\rho_1 - \rho) \cdot \omega_i]} \quad (10)$$

Алгоритмизация и алгоритм численного моделирования. Синтезированная система алгебраических и дифференциальных уравнений положена в основу численного алгоритма расчета мгновенных концентраций и массовых потоков разделяемых фаз нефтешлама. С целью анализа динамических характеристик исследуемого процесса и формирования контуров автоматического цифрового управления технологической системой, математическая модель реализована в пакете расширения Simulink системной среды инженерных расчетов MATLAB.

Моделирование технологического процесса - процесс получения данных, характеризующих ход процесса, и формирование на этой основе системы автоматического управления. Видом моделирования является разработка дифференциальных или линейных уравнений для классификации необходимых стадий процесса. В настоящее время расчеты проводятся на основе специальных программ для определения параметров, влияющих на процесс, и организации оптимального управления технологической системой.

Результаты и их обсуждение

Компонентный состав и физико-химические особенности сырья. Эффективность разработанной математической модели разделения фаз напрямую зависит от корректного учета многокомпонентного состава перерабатываемых промышленных отходов. Нефтяные шламы, образующиеся на различных этапах жизненного цикла углеводородов (в резервуарах для хранения, при транспортировке и в процессе бурения скважин), классифицируются на два выраженных типа: плавающие и осадочные.

Для верификации разработанных математических уравнений и оценки применимости комбинированных гидроциклонов были проанализированы средние статистические показатели распределения фаз на нефтеперерабатывающих предприятиях (Таблица 1).

Таблица 1.

Средние статистические показатели распределения фаз на нефтеперерабатывающих предприятиях

Тип нефтяного шлама	Массовая доля нефти, %	Массовая доля механических примесей, %	Массовая доля воды, %
Плавающий шлам (на примере НПЗ объемом 5000 т)	98,0	1,3 – 1,4	0,6 – 0,7
Осадочный шлам (донные отложения резервуаров)	58,0 – 60,0	22,0	18,0 – 20,0
Усредненное расчетное значение сырья	80,0	12,0	6,0 – 8,0

Высокое содержание дисперсной твердой фазы (до 22 % в осадочных формах) и стабильных эмульсий подтверждает, что традиционные методы гравитационного отстаивания экономически неэффективны и требуют значительных временных затрат. Это обуславливает необходимость перевода технологического процесса в интенсивное поле центробежных сил [9].

Анализ материальных балансов разделения в гидроциклоне

На основе выведенных усредненных параметров сырья (80 %-нефть, 12 % - механическая смесь, 8 % - вода) была проведена количественная оценка материальных потоков для гидроциклонной установки со средней объемной производительностью $V_0 = 300$ л/ч.

В процессе численного расчета распределения компонентов в рабочей зоне аппарата установлено, что часовое поступление компонентов в составе единого потока суспензии эквивалентно следующим абсолютным значениям:

1. объемный поток чистой нефтяной фазы - 240 л/ч;
2. объемный поток механических ультрадисперсных примесей - 36 л/ч;
3. объемный поток свободной и эмульгированной воды - 24 л/ч.

Применение разработанной математической модели позволило непрерывно отслеживать изменение граничных концентраций фаз. В рамках концепции идеального смешения было подтверждено, что ввиду высокой интенсивности вихревого течения, изменение концентрации твердых ультрадисперсных частиц происходит во всем рабочем объеме камеры сепарации, обеспечивая градиентный перенос мелкодисперсного осадка к периферии (стенкам аппарата) и чистого нефтяного слоя к центральной оси отбора [10].

Выводы

Разработка математического описания: Было создано детальное математическое описание исследуемого объекта. Доказано, что гидродинамическую структуру высокоинтенсивных вихревых течений в рабочей камере гидроциклона с параллельной и противоточной структурой потоков обоснованно рассматривать как модель идеального смешения. С этих позиций была синтезирована обобщенная математическая модель процесса сепарации, позволяющая непрерывно отслеживать мгновенные граничные концентрации компонентов и объемы удерживаемых фаз.

На базе разработанных дифференциальных и алгебраических уравнений были определены функциональная схема автоматизированного цифрового управления процессом разделения нефтешлама, а также динамические характеристики основных параметров управления.

С целью проведения численного эксперимента и верификации модели алгоритм был успешно реализован в системном пакете расширения Simulink инженерной среды MATLAB. Результаты моделирования подтвердили высокую адекватность созданной модели реальному технологическому объекту и продемонстрировали её применимость для оптимизации и автоматизации промышленных систем переработки стойких амфифильных отходов нефтепереработки.

Список литературы

1. Ахметов А.Ф., Ахметшина М.Н., Десяткин А.А., Хафизов Ф.Ш. Создание агрегативно-устойчивых топливных смесей на основе тяжёлого котельного топлива и нефтешлама // Химические реактивы, реагенты и процессы малотоннажной химии: Тез. докл. XIII Междунар. науч.-практ. конф. – 2000.

2. Елашева О.М., Баландин Л.Н. Асфальто-смолистые парафиновые отложения нефтедобывающих регионов России – альтернативное сырье для производства парафино-церезиновых композиций и битумов. // Промышленные и бытовые отходы. Проблемы и решения. Мат. конф. Ч.1. Уфа, 1996.
3. Жумаев, К.К., Махмудова, Н.С., Шомуродов, А.Ю. & Яхьяев, Н.Ш. Mathematical model of the process of phase separation of oil sludge under the influence of centrifugal force. Mathematical model of the process of phase separation of oil sludge under the influence of centrifugal force. 10(11), 539–544 [Электронный ресурс]. – 2020. URL: <https://indianjournals.com/article/aca-10-11-084> (дата обращения: 13.07.2026).
4. Жумаев К.К., Шомуродов А.Ю.К. К. Жумаев, А.Ю. Шомуродов. Исследование и разработка комплексной технологии разделения нефтяных шламов в поле центробежных сил. Science and education. ISSUE 3. 2020. P.149–154 [Электронный ресурс]. – 2020. – Т. 1. URL: <https://paper.researchbib.com/view/paper/249885> (дата обращения: 13.07.2026).
5. Коршунова, Т.Ю. Нефтешламы: состояние проблемы в Российской Федерации и методы снижения их отрицательного воздействия на окружающую среду / Т.Ю. Коршунова, О.Н. Логинов [Электронный ресурс]. // Экобиотехнология. URL: <https://ecobiotech-journal.ru/2019/pdf/ecbtch1901075.pdf> (дата обращения: 13.07.2026).
6. Патент РФ № 2785432. «Установка для комплексной переработки нефтешламов с использованием каскада гидроциклонов». 2022.
7. Патент РФ №2112758. “Способ получения керамзита” Шпербер Р.Е., Шпербер Е.Р. Шпербер Ф.Р. 2023.
8. Шодиев А.З., Жумаев К.К. Шодиев. А.З., Жумаев К.К. Причины образования нефтяных шламов, воздействие на окружающую среду и эффективные методы их утилизации. Universum: технические науки: научный журнал.(133). Часть 6., М., Изд. «МЦНО», 2025. – Электрон. версия печ. публ. 47–50 с [Электронный ресурс]. – 2025. – № 4. – 68 с. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prichiny-obrazovaniya-neftyanyh-shlamov-vozdeystvie-na-okruzhayuschuyu-sredu-i-effektivnye-metody-ih-utilizatsii> (дата обращения: 13.07.2026).
9. Шодиев А.З., Жумаев К.К. Шодиев. А.З., Жумаев К.К. Neft shlamlarini hosil bo'lish sabablari, atrof-muhitga ta'siri va ularni zararsizlantirishning samarali usullari. Development of science. Ilmiy jurnal 2025/4 VOLUME 1. ISSN 3030–3907 40–52 b [Электронный ресурс]. // Development of science. Ilmiy jurnal. – 2025. URL: <https://devos.uz/article.php?id=349> (дата обращения: 13.07.2026).
10. Zhumaev K.K., Yaxyoyev N.Sh., Shomurodov A.Y.K.K. Zhumaev, N.Sh. Yaxyoyev., AY Shomurodov. Research and development of an integrated technology for the separation of oil sludge in the field of centrifugal forces. – Развитие науки и технологий. Научно-технический журнал, 2020. С.30–34 [Электронный ресурс]. // Развитие науки и технологий. Научно-технический журнал. – 2020.

References

1. Akhmetov A.F., Akhmetshina M.N., Desyatkin A.A., Khafizov F.Sh. [Creation of aggregatively stable fuel mixtures based on heavy fuel oil and oil sludge] // Khimicheskie reaktivy, reagenty i protsessy malotonnazhnoj khimii: Tez. dokl. XIII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – 2000. (In Russ.)
2. Elasheva O.M., Balandin L.N. [Asphalt-resinous paraffinic deposits of oil-producing regions of Russia – alternative raw materials for the production of paraffin-ceresin compositions and bitumens] // Promyshlennyye i bytovyye otkhody. Problemy i resheniya. Mat. konf. Ch.1. Ufa,. – 1996. (In Russ.)
3. Жумаев, К.К., Махмудова, Н.С., Шомуродов, А.Ю. & Яхяев, Н.Ш. [Mathematical model of the process of phase separation of oil sludge under the influence of centrifugal force] – 2020. – URL: <https://indianjournals.com/article/aca-10-11-084> (дата обращения: 13.07.2026). (In Russ.)
4. Zhumaev K.K., Shomurodov A.Yu.K.K. [Zhumaev A.Yu. Shomurodov. Investigation and development of integrated technology for separation of oil sludges in the field of centrifugal forces. Science and education. ISSUE 3. 2020. P.149–154] – 2020. (data obrashcheniya: 13.07.2026) – 2026. – Т. 1. – URL: <https://paper.researchbib.com/view/paper/249885> (дата обращения: 19.08.2026). (In Russ.)
5. Korshunova T.Yu., Loginov O.N. [Oil sludges: state of the problem in the Russian Federation and methods for reducing their negative impact on the environment] // Ekobiotekhnologiya. (data obrashcheniya: 13.07.2026). – 2026. – URL: <https://ecobiotech-journal.ru/2019/pdf/ecbtch1901075.pdf> (дата обращения: 19.08.2026). (In Russ.)
6. [RF Patent No. 2785432. 'Installation for integrated processing of oil sludges using a cascade of hydrocyclones'. 2022] (In Russ.)
7. Patent RF №2112758. “Sposob polucheniya keramzita” Shperber R.E., Shperber E.R. [Sherber F.R. 2023] (In Russ.)
8. Shodiev A.Z., Zhumaev K.K. [Shodiev. A.Z., Zhumaev K.K. Causes of oil sludge formation, impact on the environment and effective methods for their disposal. Universum: engineering sciences: scientific journal.(133). Part 6., M., Publishing House 'MCNO', 2025]. – Elektron. versiya pech. publ. 47–50 c – 2025. – 68 s. (data obrashcheniya: 13.07.2026) – 2026. – № 4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prichiny-obrazovaniya-neftyanyh-shlamov-vozdeystvie-na-okruzhayushchuyu-sredu-i-effektivnye-metody-ih-utilizatsii> (дата обращения: 19.08.2026). (In Russ.)
9. Шодиев А.З., Жумаев К.К. [Shodiev. A.Z., Zhumaev K.K. Reasons for the formation of oil sludges, their impact on the environment and effective methods for their neutralization. Development of science. Scientific journal 2025/4 VOLUME 1. ISSN 3030–3907 40–52 b] // Development of science. Ilmiy jurnal. – 2025. – URL: <https://devos.uz/article.php?id=349> (дата обращения: 13.07.2026). (In Russ.)

-
10. Zhumaev K.K., Yaxyoyev N.Sh., Shomurodov A.Y.K.K. Zhumaev N.Sh. Yaxyoyev., AY Shomurodov. Research and development of an integrated technology for the separation of oil sludge in the field of centrifugal forces. – Развитие науки и технологий. Научно-технический журнал, 2020. С.30–34 // Развитие науки и технологий. Научно-технический журнал. – 2020.

Статья поступила в редакцию: 07.08.2026

Статья принята к публикации: 12.08.2026

Статья опубликована: 28.08.2026

УДК 543.645+665.3

Экспериментальное исследование химического состава тыквенного масла

Ўктамова Шоҳсанам Ҳаким қизи

ассистент

Бухарский государственный технический университет

Республика Узбекистан, г. Бухара

Джураев Хайрулло Файзиевич

проф.

Бухарский государственный технический университет

Республика Узбекистан, г. Бухара

E-mail: oktamovashoxsanam45@gmail.com

Experimental study of the chemical property of pumpkin seed oil

Uktamova Shosanam khakim kizi

Assistant

Bukhara State Technical University

Republic of Uzbekistan, Bukhara

Juraev Khairullo Fayzievich

professor

Bukhara State Technical University

Republic of Uzbekistan, Bukhara

Аннотация

В статье представлен анализ жирнокислотного состава и биологически активных веществ растительных масел нового поколения — масел из семян тыквы сорта «Кашгарская-1644», производимых в России, Австрии и Украине, а также выращенных в Узбекистане. Жирные кислоты в масле, полученном из семян сорта «Кашгарская-1644» (Узбекистан), определены методом газовой хроматографии; проведен их сравнительный анализ на соответствие государственным стандартам. Тыквенное масло помогает очищать стенки кровеносных сосудов от жировых отложений, улучшает работу сердца, снижает артериальное давление и благотворно влияет на органы зрения у пожилых людей. Благодаря легкой усвояемости и высокому содержанию белка тыквенное масло включают в ежедневный рацион вегетарианцев. Экономическая эффективность производства масла на малых предприятиях во многом определяется быстрым внедрением технологических процессов, высокой эффективностью используемого оборудования и

Библиографическое описание: Ўктамова Ш.Ҳ.Қ., Джураев Х.Ф. Экспериментальное исследование химического состава тыквенного масла // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2026. 8(149). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/23302>

низким энергопотреблением. В настоящее время группа традиционных и нетрадиционных масличных культур, используемых в качестве промышленного сырья, насчитывает более 100 видов растений.

Abstract

This article presents an analysis of the fatty acid composition and biologically active substances of new-generation vegetable oils—oils from the seeds of the Kashgarskaya-1644 pumpkin variety, produced in Russia, Austria, and Ukraine, as well as those grown in Uzbekistan. Fatty acids in the oil obtained from the seeds of the Kashgarskaya-1644 variety (Uzbekistan) were determined using gas chromatography; a comparative analysis was conducted to determine their compliance with state standards. Pumpkin seed oil helps clear fatty deposits from blood vessel walls, improves heart function, lowers blood pressure, and benefits vision in the elderly. Due to its high digestibility and protein content, pumpkin seed oil is included in the daily diet of vegetarians. The economic viability of oil production at small-scale enterprises depends largely on the rapid implementation of technological processes, the high efficiency of the equipment used, and low energy consumption. Currently, the group of traditional and non-traditional oilseed crops used as industrial raw materials comprises over 100 plant species.

Ключевые слова: масло из семян тыквы, жирные кислоты, олеиновая кислота, линолевая кислота, хроматография, технологический процесс.

Keywords: pumpkin seed oil, fatty acids, oleic acid, linoleic acid, chromatography, technological process.

Введение

Тыквенное масло выгодно отличается от других растительных масел богатым минеральным составом, включающим более 50 макро- и микроэлементов. Оно характеризуется высоким содержанием железа, магния, фосфора, кальция и селена [11; с.5 – 15]. Употребление тыквенного масла способствует очищению стенок кровеносных сосудов, улучшению работы сердечно-сосудистой системы, снижению артериального давления и профилактике нарушений зрения у людей пожилого возраста.

Доказано, что данное масло является эффективным средством при лечении различных аллергических высыпаний. Благодаря высокой усвояемости и значительному содержанию белка оно является важным элементом рациона вегетарианцев. Комплекс веществ с бактерицидными, антисептическими, противовоспалительными и ранозаживляющими свойствами позволяет много лет использовать тыквенное масло в профилактике и комплексном лечении кожных заболеваний и травм. Масло, получаемое методами прессования или экстракции из семян без шелухи, обладает коричневато-зеленым цветом и требует дальнейшего рафинирования [1; с.44 – 50].

Свойства и пищевая ценность жиров определяются их жирнокислотным составом и расположением кислот в глицеридах [7; с.4]. В зависимости от преобладающих кислот жирное сырье разделяют на группы; в частности, масло семян тыквы относится к группе сырья с высоким содержанием линолевой кислоты.

Материалы и методы

Тыквенное масло и родственные ему виды характеризуются высокой концентрацией токоферолов (витамина Е), что обуславливает их окислительную стойкость. Важную роль в питании играют жирные кислоты семейства ω -6, являющиеся источником биологически активных веществ липидной природы [9, с.140].

В последние годы уровень потребления растительных масел населением соответствует медицинским рекомендациям. Местные «функциональные растительные масла» (масла нового поколения) способны компенсировать дефицит незаменимых липидных компонентов [9, с. 168; 5, с. 24; 10, с. 123]. С точки зрения импортозамещения, тыквенное масло может служить полноценной альтернативой оливковому. Высокое содержание антиоксидантов позволяет рекомендовать его для лечебно-профилактических целей. Данные масла выдерживают термическую обработку, что расширяет сферу их применения от употребления в натуральном виде до использования в кулинарии [12, с. 36; 3, с. 432].

В работе проведен сравнительный анализ жирнокислотного состава масел из семян тыквы сорта «Кашгарская-1644», выращенных в России, Австрии, Украине и Узбекистане. Исследованию подверглись следующие образцы: Масло «Dial-Export» (ООО «Бутас», Россия), Масло «Pellzman» (ООО «Пельцман», Австрия), Масло «Golden-Kings» (ООО «Агроселпром», Украина), Масло из семян тыквы сорта «Кашгарская-1644», выращенных в Узбекистане.

Результаты и обсуждение

Жирнокислотный состав определяли методом газовой хроматографии на приборе Agilent-6890 согласно ГОСТ Р 31663-2012. Исследованные образцы демонстрируют типичный состав линолево-олеинового типа (табл. 1).

Таблица 1.

Образцы

Торговая марка	Жирные кислоты									
	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C 18:1	C18:2	C18:3	C20:0	C 20:1	C 20:2
Pellzman	-	13,93	-	5,74	32,46	47,47	-	0,40	-	-
Dial-Export	-	10,47	-	3,87	32,95	52,34	-	0,37	-	-
Golden-Kings	-	11,35	-	4,93	31,88	51,50	-	0,34	-	-
Тыквенное масло сорта Кашгарская-1644	-	10,561	-	4,884	30,860	77,354	-	0,40	-	-

Анализ масел нового поколения показал, что в тыквенном масле количественно преобладает линолевая кислота. Регион производства существенно не влияет на качественный состав основных жирных кислот. При этом содержание биологически активных веществ в растительных маслах зависит от видовых и региональных факторов.

Детальный анализ масла из семян сорта «Кашгарская-1644» (Узбекистан), полученного методом холодного прессования, проводился методом газожидкостной хроматографии в температурном режиме 150–270°C. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2.**Результаты**

Название жирной кислоты	Образец, %	ГОСТ 30623-2018
C14:0 миристиновая	0,104	до 0,1
C16:0 пальмитиновая	10,561	10,0-13,0
C 16:1 пальмитолеиновая	0,069	до 0,1
C18:0 стеариновая	4,884	4,7-6,2
C 18:1 олеиновая	30,860	22,0-39,0
C18:2 линолевая	77,354	43,0-81,0
C20:0 арахидиновая	0,4	до 0,5
C 20:1 эйкозеновая	0,123	до 0,1
C 22:0 бегеновая	0,258	до 0,1
C 22:2 докозодиеновая	0,114	-
C 24:1 нервоновая	0,173	-

По итогам газожидкостной хроматографии установлено, что образец содержит высокую долю полезных ненасыщенных жирных кислот: линолевой (ω -6) – 77,354 % и олеиновой (ω -9) – 30,860 %. Также зафиксировано содержание пальмитиновой (10,561 %) и стеариновой (4,884 %) кислот. Данное соотношение компонентов позволяет рекомендовать продукт для широкого употребления как доступное и функциональное масло.

Жирнокислотный состав представленного образца полностью соответствует требованиям ГОСТ 30623-2018 «Растительные масла... Метод обнаружения фальсификации» для Группы 7 (растительные масла с массовой долей линолевой кислоты 26–81 %, таблица В. 7).

Заключение

На основании проведенных исследований проанализирован жирнокислотный состав масел из семян тыквы сорта «Кашгарская-1644» различного географического происхождения. Методом газожидкостной хроматографии подтверждено высокое содержание линолевой кислоты в образцах, что соответствует стандартам натуральности.

При сравнении с другими растительными маслами, такими как масло авокадо, тыквенное масло демонстрирует конкурентные преимущества по содержанию биологически активных веществ, что подчёркивает необходимость дальнейших исследований по стандартизации его состава и оптимизации технологий производства тыквенного масла. Перспективным направлением представляется изучение синергетического эффекта при комбинации тыквенного масла с другими растительными экстрактами, что может привести к созданию новых высокоэффективных продуктов для здорового питания. Таким образом,

комплексный анализ химического состава и биологической активности тыквенного масла подтверждает его значительный потенциал для широкого практического применения в различных отраслях.

Список литературы

1. Абдуллаев, Н.Ш. Технология производства растительных масел / Н.Ш. Абдуллаев, М.З. Комилов, Г.Х. Меджидов, Д.С. Муродов. – Ташкент. – 2014. – 301 с.
2. Арутюнян, Н.С. Технология переработки жиров / Н.С. Арутюнян, Е.П. Корнена, Л.И. Янова [и др.]. – Москва: Пищепромиздат, 1994. – 452 с.
3. Голдовский, А.М. Теоретические основы производства растительных масел / А.М. Голдовский. – Москва: Пищепромиздат, 1958. – 445 с.
4. Давыдова, В.Р. Биологическая ценность тыквенного масла, особенности технологии производства / В.Р. Давыдова, Т.А. Выхованец // Modern Problems and Ways of Their Solution in Science, Transport, Production and Education: материалы междунар. науч.-практ. конф. (18–27 декабря 2012 г., Sworld). – 2012.
5. Долголюк, И.В. Растительные масла – функциональные продукты питания / И.В. Долголюк, Л.В. Терещук, М.А. Трубникова, К.В. Старовойтова // Техника и технология пищевых производств. – 2014. – № 2.
6. Ерин, И.В. Разработка элементов технологии выращивания тыквы для получения маслосемян: дис. ... канд. с.-х. наук / И.В. Ерин. – Персиановский, 2012. – С. 110–115. – 2012.
7. Ипатова, Л.Г. Жировые продукты для здорового питания. Современный взгляд / Л.Г. Ипатова, А.А. Кочеткова, А.П. Нечаев, В.А. Тутельян. – Москва: ДеЛи принт, 2009. – 396 с.
8. Натич М., Дабич З.Д., Чирич И., Меланд М., Рабренович Б., Фотирич А.М. Масла холодного отжима из рода Prunus. В: Рамадан FM (ред.). Масла холодного отжима, зеленые технологии, биологически активные соединения, функциональность и применение. Academic Press, Elsevier, Лондон, Великобритания.г [Электронный ресурс]. – 2020. URL: <https://doi.org/> (дата обращения: 25.06.2026).
9. Нилова, Л.П. Функциональные и технологические свойства растительных масел нового поколения / Л.П. Нилова, Т.В. Пилипенко, К.Ю. Маркова, З.Х. Сикоев // Масложировая промышленность. – 2013. – № 6.
10. Нилова, Л.П. Масло из рисовых отрубей – ценный источник функциональных ингредиентов антиоксидантного действия / Л.П. Нилова, Т.В. Пилипенко, К.Ю. Маркова // Товаровед продовольственных товаров. – 2012. – № 12.
11. Ткачева, Н. Цинк (Zn) – значение для организма и здоровья + 30 лучших источников / Н. Ткачева, Т. Елисеева // Журнал здорового питания и диетологии. – 2022. – Т. 1, № 19. – DOI: 10.59316/19.152.

12. Hernández-Santos, B. Effect of oil extraction assisted by ultrasound on the physicochemical properties and fatty acid profile of pumpkin seed oil (*Cucurbita pepo*) / B. Hernández-Santos, J. Rodríguez-Miranda, E. Herman Lara, J.G. Torruco-Uco, R. Carmona-García, J.M. Juárez Barrientos // *Ultrasonics Sonochemistry*. – 2016. – Т. 31. – P. 429–436.

References

1. Abdullaev N.Sh., Komilov M.Z., Medzhidov G.Kh., Murodov D.S. [Technology of vegetable oil production]. Tashkent, 2014. 301 P. (In Russ.)
2. Arutyunyan N.S., Kornena E.P., Yanova L.I. et al. [Technology of fat processing]. Moscow, Pishchepromizdat Publ., 1994. 452 P. (In Russ.)
3. Goldovskiy A.M. [Theoretical foundations of vegetable oil production]. Moscow, Pishchepromizdat Publ., 1958. 445 P. (In Russ.)
4. Davydova V.R., Vykhovanets T.A. [Biological value of pumpkin oil and features of its production technology]. In: *Modern Problems and Ways of Their Solution in Science, Transport, Production and Education: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference (December 18–27, 2012, Sworld)*. [S.l.], 2012. (In Russ.)
5. Dolgolyuk I.V., Tereshchuk L.V., Trubnikova M.A., Starovoitova K.V. [Vegetable oils as functional food products]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*, 2014, no. 2. (In Russ.)
6. Erin I.V. [Development of elements of technology for growing pumpkins to obtain oilseeds]: PhD thesis in Agricultural Sciences. Persianovskiy, 2012, P. 110–115. (In Russ.)
7. Ipatova L.G., Kochetkova A.A., Nechaev A.P., Tutelyan V.A. [Fat products for healthy nutrition. A modern perspective]. Moscow, DeLi Print Publ., 2009. 396 P. (In Russ.)
8. Natic M., Dabich Z.D., Ciric I., Meland M., Rabrenovich B., Fotirich A.M. [Cold-pressed oils from the genus *Prunus*]. In: Ramadan F.M. (ed.). *Cold-Pressed Oils, Green Technologies, Bioactive Compounds, Functionality and Applications*. Academic Press, Elsevier, London, UK, 2020. Available at: (accessed: 25.06.2026). (In Russ.)
9. Nilova L.P., Pilipenko T.V., Markova K.Yu., Sikoev Z.Kh. [Functional and technological properties of new-generation vegetable oils]. *Maslozhirovaya promyshlennost'*, 2013, no. 6. (In Russ.)
10. Nilova L.P., Pilipenko T.V., Markova K.Yu. [Rice bran oil as a valuable source of antioxidant functional ingredients]. *Tovaroved prodovol'stvennykh tovarov*, 2012, no. 12. (In Russ.)
11. Tkacheva N., Eliseeva T. [Zinc (Zn) – its importance for the body and health + 30 best sources]. *Zhurnal zdorovogo pitaniya i dietologii*, 2022, vol. 1, no. 19. DOI: 10.59316/19.152. (In Russ.)
12. Hernández Santos B., Rodríguez Miranda J., Herman Lara E., Torruco Uco J.G., Carmona García R., Juárez Barrientos J.M. Effect of oil extraction assisted by ultrasound on the physicochemical properties and fatty acid profile of pumpkin seed oil (*Cucurbita pepo*). *Ultrasonics Sonochemistry*, 2016, vol. 31, P. 429–436.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

UNIVERSUM: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Электронный научный журнал

№ 8(149)

Август 2026 г.

Часть 5

Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 – 54434 от 17.06.2013

Мнение авторов может не совпадать с позицией редакции.

Издание содержит научную информацию и в соответствии с ч. 4 ст. 1
Федерального закона от 29.12.2010 № 436-ФЗ «О защите детей от информации,
причиняющей вред их здоровью и развитию» не подлежит классификации
(маркировке) по возрастным категориям

Издательство ООО «Юниверсум»

Объём издания: 68 с.

Минимальные системные требования: процессор с частотой от 1,3 ГГц; ОЗУ от
512 МБ; программа для чтения PDF-файлов; доступ к сети Интернет

Дата размещения в сети Интернет: 38.08.2026

Журнал размещается в:

CYBERLENINKA

e НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ
БИБЛИОТЕКА
LIBRARY.RU

Google
scholar

U **ULRICHSWEB**
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

>BASE

СОЦИОНЕТ

OpenAIRE



Registry of Open Access
Repositories (ROAR)