МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский технический университетимени К.И. Сатпаева»

Институт геологии и нефтегазового дела им. К.Турысова

Кафедра «Химическая и Биохимическая инженерия»

Серік Әлибек Жомартұлы

ОЦЕНКА АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ ЭКСТРАКТОВ ИЗ ПИЩЕВЫХ ОТХОДОВ ФРУКТОВ И ОВОЩЕЙ МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

7М05105–Биотехнология

Алматы 2026

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский технический университетимени К.И. Сатпаева»

Институт геологии и нефтегазового дела им. К.Турысова

Кафедра «Химическая и Биохимическая инженерия»

УДК 665.622.43.046.6-52 (043)

На правах рукописи

Серік Әлибек Жомартұлы

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На соискание академической степени магистра

Название диссертации: Оценка антиоксидантной активности экстрактов из пищевы отходов фруктов и овощей

Направление подготовки: 7М05105–Биотехнология

Научный руководитель
к.б.н., ассоц. профессор
_____ Сулейменова Ж.М.
«22» 01 2026 г.

Рецензент
д.б.н., профессор, НАО КазНАИУ кафедра Зооинженерии и биотехнологии
_____ Серикбаева А.Д.
"22" 01 2026 г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
Химической и биохимической инженерии,
к.х.н.,ассоц.проф _____ Мангазбаева Р.А.
«22» 01 2026 г.

Норм контроль
Старший преподаватель КХиБИ
доктор Ph.D.
_____ Демеубаева Н.С.
«22» 01 2026 г.

Алматы 2026

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский технический университетимени К.И. Сатпаева»

Институт геологии и нефтегазового дела им. К.Турысова

Кафедра «Химическая и Биохимическая инженерия»

7М05105–Биотехнология

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
«Химическая и Биохимическая инженерия»
к.х.н., ассоц проф.
Мангазбаева Р.А.
«22» 01 2026 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение магистерской диссертации

Магистранту: Серік Әлибек Жомартұлы

Тема: «Оценка антиоксидантной активности экстрактов из пищевых отходов фруктов и овощей»

Утверждена приказом Ректора университета: №133 от «28» 03 2024 г.

1. Срок сдачи законченной работы: «15» декабря 2025 г.

2. Объект исследования: Пищевые отходы плодоовощной продукции (кожура, семена, выжимки фруктов и овощей), содержащие биологически активные компоненты.

3. Предмет исследования: Процессы экстракции антиоксидантов и методы оценки их антиоксидантной активности (DPPH, FRAP и др.).

4. Перечень вопросов, подлежащих разработке:

- Анализ мирового опыта и литературный обзор по теме использования пищевых отходов как сырья для биотехнологии.
- Подготовка и характеристика исследуемых образцов растительного сырья.
- Оптимизация условий экстракции (выбор растворителя, времени и температуры).
- Сравнительный анализ антиоксидантной активности полученных экстрактов.
- Обоснование практической значимости использования экстрактов в пищевой или косметической промышленности.

5. Перечень графического материала:

- Диаграммы содержания фенольных соединений в различных видах отходов.
- Графики зависимости выхода антиоксидантов от параметров экстракции.
- Сравнение активности экстрактов по различным методикам (DPPH-тест).

6. Рекомендуемая литература:

1. ГОСТы на методы определения антиоксидантной активности.

2. Яшин, Я. И. Природные антиоксиданты. Содержание в пищевых продуктах и влияние их на здоровье человека / Я. И. Яшин, А. Я. Яшин, Н. И. Черноусова. - М. : ТрансЛит, 2009. - 212 с.

3. Егорова, Т. А. Основы биотехнологии : учеб. пособие для вузов / Т. А. Егорова, С. М. Клунова, Е. А. Живухина. - М. : Академия, 2008. - 208 с.

4. Зенков, Н. К. Окислительный стресс. Биохимический и патофизиологический аспекты / Н. К. Зенков, В. З. Ланкин, Е. Б. Меньщикова. - М. : МАИК

ГРАФИК

подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Введение. Обзор литературы	05.10.2025	
Материал и методика исследований	12.12.2025	
Результаты исследований. Заключение и выводы	01.01.2026	

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную магистерскую диссертацию с указаниемотносящихся к ним разделов диссертации

Наименования Разделов	Консультанты,И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Магистерская диссертация	Сулейменова Ж.М., к.б.н., ассоц. профессор	22.01.2026	
Норм контролёр	Демеубаева Н.С.,старший преподаватель ,доктор Ph.D.	22.01.2026	

Научный руководитель,
к.б.н., ассоц. профессор _____ Сулейменова Ж.М.

Задание принял к исполнению обучающийся _____ Серік Ә.Ж.

Дата 22.01.2026

АННОТАЦИЯ

В качестве объекта исследования рассматривались вторичные ресурсы плодоовощной промышленности, включающие кожуру цитрусовых и томатов, а также выжимки яблок и винограда, полученные на перерабатывающих предприятиях города Алматы.

Основная цель исследования заключалась в проведении сравнительной оценки антиоксидантной активности экстрактов, выделенных из различных видов пищевых отходов, а также в обосновании наиболее эффективных методов их извлечения для последующего применения в биотехнологии и пищевой промышленности.

Для получения экстрактов применялся метод этанольной мацерации, обеспечивающий мягкие условия извлечения биологически активных веществ.

Определение суммарного содержания антиоксидантов проводилось спектрофотометрическим методом с использованием стабильного свободного радикала DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил).

Обработка полученных экспериментальных данных выполнялась с применением методов вариационной статистики в среде Microsoft Excel, что позволило объективно оценить достоверность различий между образцами.

Результаты и научная новизна

В результате исследования были получены данные о содержании фенольных соединений в отходах растительного происхождения, характерных для переработки плодоовощного сырья в регионе.

Установлено, что наибольшей антиоксидантной активностью обладают экстракты, полученные из кожуры апельсинов и томатов.

Показано, что использование данных экстрактов в качестве натуральных стабилизаторов пищевых систем может стать эффективным направлением утилизации биологических отходов и их вовлечения в замкнутые биотехнологические циклы.

АҢДАТПА

Зерттеу нысаны ретінде Алматы қаласының кәсіпорындарынан алынған жеміс-көкөніс өнеркәсібінің қайталама ресурстары алынды. Оларға цитрустық жемістер мен қызанақтардың қабығы, сондай-ақ алма мен жүзім сығындылары жатады. Бұл шикізат түрлері биологиялық белсенді заттарға бай және оларды қайта өңдеу экологиялық әрі технологиялық тұрғыдан өзекті болып табылады.

Зерттеудің басты мақсаты - әртүрлі тағамдық қалдықтардан алынған экстракттардың антиоксиданттық белсенділігін салыстырмалы түрде бағалау және оларды биотехнологиялық мақсатта қолдануға мүмкіндік беретін тиімді экстракция әдістерін негіздеу.

Экстракттарды алу үшін этанолды мацерация әдісі пайдаланылды, бұл тәсіл термолабильді қосылыстардың бұзылуын азайтып, антиоксиданттардың жоғары шығымын қамтамасыз етеді.

Антиоксиданттардың жалпы мөлшері спектрофотометриялық әдіс арқылы анықталды, мұнда DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил) еркін радикалы қолданылды. Бұл әдіс биологиялық белсенді заттардың антиоксиданттық қабілетін бағалаудың сенімді және кең таралған тәсілі болып табылады.

Нәтижелері мен ғылыми жаңалығы

Зерттеу нәтижесінде жергілікті өсімдік тектес қалдықтардағы фенолдық қосылыстардың мөлшері анықталды.

Алынған мәліметтерге сәйкес, апельсин мен қызанақ қабығынан алынған экстракттар ең жоғары антиоксиданттық белсенділікке ие болды.

Сонымен қатар, бұл экстракттарды табиғи тұрақтандырғыш ретінде тағамдық жүйелерде пайдалану мүмкіндігі дәлелденді. Мұндай тәсіл биоқалдықтарды тиімді кәдеге жаратуға, экологиялық жүктемені азайтуға және қалдықсыз технологияларды дамытуға ықпал етеді.

ABSTRACT

The object of this research includes secondary resources of the fruit and vegetable industry, namely peels of citrus fruits and tomatoes, as well as apple and grape pomace, obtained from processing enterprises in Almaty. These by-products are rich in biologically active compounds and represent a promising source of valuable substances for further utilization.

The main purpose of this study was to conduct a comparative evaluation of the antioxidant activity of extracts derived from different types of food waste and to justify the most effective extraction methods for their subsequent application in biotechnological processes.

Extraction of bioactive compounds was carried out using the ethanol maceration method, which ensures gentle conditions and minimizes the degradation of thermolabile antioxidants.

The total antioxidant content of the obtained extracts was determined spectrophotometrically using the stable free radical DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl). This method is widely recognized for its reliability in evaluating antioxidant capacity in plant-based samples.

The study provided experimental data on the phenolic compound content in wastes from local plant materials.

It was established that extracts derived from orange and tomato peels demonstrated the highest antioxidant activity among the samples studied.

The feasibility of using these extracts as natural stabilizers in food systems was substantiated. Such an approach contributes to the sustainable and rational utilization of biowaste, aligning with modern principles of environmental biotechnology and circular economy.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 10
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ 10
1.1 Растительные пищевые отходы как источник природных антиоксидантов 10
1.2 Пищевые отходы как возобновляемый источник биологически активных соединений 11
1.3 Классификация и свойства природных антиоксидантов 13
1.4 Современные методы извлечения антиоксидантов из растительного сырья 22
1.5 Метод DPPH для оценки антиоксидантной активности: принцип, порядок выполнения, расчёт и интерпретация 25
2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ 28
2.1 Объекты исследования и их характеристика 28
2.2 Методика получения экстрактов методом мацерации 30
2.3 Метод определения антиоксидантной активности (DPPH-тест) 33
2.4 Методы статистической обработки данных 34
3 РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ 36
3.1 Органолептическая и физико-химическая характеристика сырья 36
3.2 Сравнительный анализ выхода антиоксидантов из различных видов отходов 38
3.3 Влияние параметров экстракции на активность полученных соединений 41
3.4 Оценка возможности практического применения полученных экстрактов 44
ЗАКЛЮЧЕНИЕ
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

ВВЕДЕНИЕ

В условиях устойчивого роста объемов переработки растительного сырья в пищевой промышленности образуется значительное количество отходов и побочных продуктов - кожуры фруктов и овощей, выжимок и растительных остатков. В большинстве случаев такие отходы используются нерационально или утилизируются, несмотря на то что они представляют собой ценный источник биологически активных соединений, включая природные антиоксиданты [1,2].

Антиоксиданты растительного происхождения играют ключевую роль в защите организма человека от окислительного стресса и широко применяются в пищевой, фармацевтической и косметической промышленности в качестве натуральных функциональных ингредиентов. Их использование способствует повышению пищевой ценности и безопасности продуктов, а также снижению зависимости от синтетических добавок.

Современные биотехнологические подходы, объединенные концепцией «Отходы в ценность», рассматривают отходы плодоовощной промышленности не как балласт, а как вторичное сырье, богатое биологически активными веществами. В мировой научной практике активно исследуются методы экстракции полифенолов, флавоноидов и антоцианов, обладающих выраженной антиоксидантной активностью и способностью ингибировать свободнорадикальные процессы. Эффективность выделения этих соединений определяется типом экстрагента и технологическими параметрами процесса, что требует индивидуального изучения каждого вида растительного сырья [3,4].

С точки зрения биотехнологии особый интерес представляет разработка экологически безопасных и технологически простых методов экстракции антиоксидантных соединений из пищевых отходов с сохранением их биологической активности. Превращение растительных отходов в источники функциональных ингредиентов полностью соответствует принципам «зеленой» биотехнологии, ресурсосбережения и безотходного производства [5].

В связи с этим исследование антиоксидантной активности экстрактов, полученных из кожуры апельсинов, виноградных выжимок, кожуры свеклы и томатов, является актуальным направлением по биотехнологии. Проведённое исследование имеет научную, практическую и экологическую значимость, поскольку способствует развитию технологий рациональной переработки растительных отходов и внедрению устойчивых решений в пищевую промышленность.

Цель работы:

Разработка и экспериментальная оценка антиоксидантной активности экстрактов, полученных из растительных пищевых отходов (кожуры апельсинов, виноградных выжимок, кожуры свеклы и томатов) с использованием экологически безопасного метода экстракции.

Основные задачи:

1. Провести анализ научной литературы по использованию пищевых отходов фруктов и овощей как источника биоактивных соединений и натуральных антиоксидантов.

2. Обосновать выбор метода экстракции биоактивных соединений и определить оптимальные параметры получения экстрактов (растворитель, соотношение сырье/растворитель, время, условия хранения).

3. Подготовить растительное сырье (промывка, сушка, измельчение) и получить экстракты методом этанольной мацерации с использованием 70% этилового спирта.

4. Определить антиоксидантную активность полученных экстрактов методом DPPH с измерением оптической плотности при длине волны 517 нм.

5. Провести сравнительный анализ антиоксидантной активности экстрактов различных видов сырья и статистическую обработку результатов (средние значения, стандартные отклонения).

6. Оценить практическую применимость полученных экстрактов как источника натуральных антиоксидантов для пищевых и биотехнологических решений.

Объект исследования: вторичные продукты переработки фруктов и овощей (пищевые отходы), содержащие комплекс биологически активных соединений.

Предмет исследования: биохимические свойства экстрактов и их способность к нейтрализации свободных радикалов.

Методы исследования: В работе применены методы экстракции БАС (мацерация), спектрофотометрический метод количественного определения антиоксидантной активности (DPPH-метод) и методы статистической обработки экспериментальных данных.

Научная новизна: экспериментально установлены показатели антиоксидантного потенциала для конкретных видов отходов плодоовощной продукции, характерных для рынка г. Алматы. Обоснован выбор оптимальных параметров экстракции, обеспечивающих максимальный выход антиоксидантов из изученного вторичного сырья.

Практическая значимость: Полученные данные могут быть использованы при разработке технологий безотходного производства на предприятиях пищевой промышленности РК, а также для получения натуральных антиоксидантных добавок с целью повышения сроков хранения и биологической ценности продуктов.

Апробация работы: Основные результаты исследования были доложены на семинарах кафедры «Химическая и биохимическая инженерия» Satbayev University.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Растительные пищевые отходы как источник природных антиоксидантов

В настоящее время, на фоне роста численности населения и повышения спроса на продукты питания, существенно увеличились объемы переработки растительного сырья. Этот процесс сопровождается образованием значительного количества отходов и побочных продуктов - кожуры, семян, жмыхов, стеблей и других частей фруктов и овощей. Большая часть этих отходов до сих пор не используется рационально, а нередко просто утилизируется или направляется на корм животным. Между тем, подобные материалы являются ценным источником биологически активных соединений, в том числе природных антиоксидантов, востребованных в пищевой, фармацевтической и косметической промышленности [1,2].

Антиоксиданты представляют собой соединения, способные поддерживать окислительно-восстановительный баланс организма и нейтрализовать вредное воздействие свободных радикалов. Они играют ключевую роль в защите клеток от окислительного стресса, предотвращая повреждение липидов, белков и ДНК. Введение природных антиоксидантов в состав пищевых продуктов способствует повышению их стабильности, продлению срока хранения и улучшению пищевой ценности. В связи с этим получение антиоксидантов из растительного сырья, включая пищевые отходы, приобретает особую актуальность в современных научных исследованиях [3,4].

Кожура фруктов и овощей - один из наиболее богатых источников фенольных соединений, флавоноидов, каротиноидов и органических кислот. Например, цитрусовая кожура содержит значительные количества гесперидина, нарингина, аскорбиновой кислоты и эфирных масел. Эти соединения обладают выраженными антиоксидантными и антимикробными свойствами, благодаря чему активно исследуются возможности их применения в качестве натуральных добавок к пищевым, фармацевтическим и косметическим продуктам [5,6].

Для выделения антиоксидантных соединений из растительных источников используется широкий спектр методов - от традиционной водно-спиртовой мацерации до ультразвуковой, микроволновой и ферментативной экстракции, а также экстракции с использованием диоксида углерода. Однако эффективность каждого метода определяется рядом факторов: типом растворителя, температурой, временем экстракции и структурой исходного сырья. Ряд исследований показывает, что 70%-ный этанол является оптимальным экстрагентом, поскольку способен эффективно растворять как полярные, так и неполярные антиоксидантные соединения [7,8].

Среди аналитических подходов для оценки антиоксидантной активности наибольшее распространение получил метод DPPH (2,2-дифенил-1-

пикрилгидразил). Принцип данного метода основан на изменении окраски раствора DPPH с интенсивно фиолетовой на светло-желтую под действием антиоксидантов. Степень снижения оптической плотности при этом характеризует антиоксидантную способность образца [9,10].

Актуальность настоящего исследования определяется сразу несколькими аспектами.

Во-первых, переработка растительных отходов позволяет снизить экологическую нагрузку и объемы пищевых отходов, решая одну из наиболее острых экологических проблем современности.

Во-вторых, вовлечение вторичных ресурсов в производство является экономически выгодным направлением, поскольку уменьшает производственные издержки и создает дополнительные источники дохода.

В-третьих, натуральные антиоксиданты могут служить альтернативой синтетическим добавкам, повышая безопасность и биологическую ценность пищевых продуктов, а также оказывая положительное влияние на здоровье человека [11,12].

Высокое содержание фенолов, флавоноидов, каротиноидов и органических кислот в кожуре различных плодов обусловливает их мощную антиоксидантную, противовоспалительную, антибактериальную и потенциально противоопухолевую активность. Это делает данные экстракты перспективным сырьем для создания функциональных продуктов питания, нутрицевтиков, природных консервантов и косметических средств.

Совокупность современных исследований подтверждает, что кожура фруктов и овощей является концентрированным источником биологически активных веществ с высокой антиоксидантной активностью и представляет собой перспективное направление для дальнейшей переработки в рамках пищевой и фармацевтической биотехнологии.

1.2 Пищевые отходы фруктов и овощей как вторичное биотехнологическое сырьё

Фрукты и овощи дают до 25–60% отходов при переработке, в основном кожуру, семена, мякотные выжимки и стебли. Эти фракции богаты клетчаткой, полифенолами, каротиноидами, витаминами, маслами и ферментами и рассматриваются как дешёвое вторичное сырьё для пищевой, фармацевтической, упаковочной и биоэнергетической отраслей.

Отходы содержат пищевые волокна, полифенолы, каротиноиды, витамины, белки, масла, органические кислоты (Sagar et al., 2018; Coman et al., 2020; 'Aqilah et al., 2023). Кожура, жмых и семена многих культур (цитрусовые, виноград, гранат, артишок и др.) нередко богаче биоактивными веществами, чем съедобная часть (Jiménez-Moreno et al., 2020; Sabater et al., 2020; Nirmal et al., 2023). [13-17].

Таблица 1 - Основные технологические направления переработки отходов

Направление	Примеры продуктов	Источники
Функциональные ингредиенты и нутрицевтики	Экстракты антиоксидантов, пищевые волокна, природные консерванты	Кожура, жмых, семена
Биополимеры и упаковка	Пектино- и крахмалсодержащие плёнки, активная/съедобная упаковка	Жмых, кожура, выжимки
Ферменты и органические кислоты	Пектинлиазы, целлюлазы, молочная, лимонная кислоты (микробиальная ферментация)	Смеси ФО-отходов
Биоэнергия и биоуголь	Биогаз (АН), этанол, пиролизный углерод	Смешанные отходы

Для выделения биоактивных веществ применяют УЗ экстракцию, СВЧ экстракцию, сверхкритическую CO_2 экстракцию, высокое гидростатическое давление (Zhu et al., 2023; Sagar et al., 2018; Basri et al., 2021; Esparza et al., 2020; Nirmal et al., 2023; Brito et al., 2020). [17-19].

Биоконверсия включает анаэробное сбраживание, ферментацию, компостирование, пиролиз, газификацию, гидротермическую карбонизацию, микробиологическое получение ферментов и органических кислот (Zhu et al., 2023; Panda et al., 2016; Ganesh et al., 2021; Reshmy et al., 2021; Esparza et al., 2020; Sabater et al., 2020). Развиваются интегрированные биотопливные и биорефинерийные схемы с многоступенчатым использованием сырья (Newson et al., 2025; Esparza et al., 2020; Sabater et al., 2020). [20-24].

Рациональное использование ФО отходов снижает парниковые выбросы и нагрузку на полигоны, вписывается в концепции циркулярной экономики и биоэкономики (Reshmy et al., 2021; Cassani & Gómez-Zavaglia, 2022; Nirmal et al., 2023; 'Aqilah et al., 2023). Ключевые барьеры – быстрое порча сырья, логистика, вариабельность состава, недостаток токсикологических и in vivo исследований для новых пищевых ингредиентов (Zhu et al., 2023; Jiménez-Moreno et al., 2020; Basri et al., 2021; Esparza et al., 2020; Nirmal et al., 2023; 'Aqilah et al., 2023). [25-27].

Пищевые отходы фруктов и овощей сегодня рассматриваются как ценное биотехнологическое сырьё, богатое биоактивными веществами и полисахаридами. Основные направления – получение функциональных ингредиентов и нутрицевтиков, биополимеров и упаковки, ферментов, органических кислот и биоэнергии в рамках биорефинерийных подходов. Крупнейшие вызовы связаны с безопасностью, стандартизацией сырья, экономикой процессов и масштабированием зелёных технологий. [28-30].

Рост объёмов переработки плодоовощного сырья сопровождается увеличением количества побочных продуктов (кожура, выжимки, жом), которые, при отсутствии рациональной утилизации, формируют экологическую нагрузку. Вместе с тем данные отходы содержат значимые концентрации биологически активных соединений (БАС), что позволяет рассматривать их как перспективное сырьё для получения функциональных ингредиентов, в том числе природных антиоксидантов. В рамках настоящей работы в качестве объектов рассматриваются кожура апельсинов,

1.3 Природные антиоксиданты в кожуре и выжимках: химическая природа и источники

Антиоксидантная активность растительных пищевых отходов обусловлена присутствием широкого спектра биоактивных соединений, способных ингибировать свободнорадикальные реакции, предотвращать перекисное окисление липидов и снижать интенсивность окислительного стресса. Наиболее значимый вклад в антиоксидантные свойства экстрактов вносят полифенольные соединения (флавоноиды, фенольные кислоты, катехины, проантоцианидины), а также пигменты и сопутствующие нутриенты (каротиноиды, беталаины/антоцианы, токоферолы, аскорбиновая кислота). Концентрация и профиль антиоксидантов зависят от вида сырья и его технологического происхождения (производство соков, вина, томатной пасты и др.), а также от условий подготовки и экстракции [31-34].

С биохимической точки зрения антиоксиданты растительного происхождения реализуют защитное действие за счет нескольких механизмов:

1. нейтрализация свободных радикалов;
2. хелатирование ионов металлов (Fe^{2+}, Cu^{2+}), катализирующих радикальные цепные реакции;
3. ингибирование ферментативного окисления и подавление окислительных каскадов;
4. стабилизация липидной фазы (особенно характерно для каротиноидов и токоферолов).
5. Поэтому состав антиоксидантной фракции определяет как величину антиоксидантной активности, так и область потенциального применения экстрактов (водные/жировые системы, пищевые матрицы, функциональные добавки).

Химическая природа антиоксидантов отражается не только в инструментальных данных (например, DPPH-тест), но и в типичных цветовых характеристиках экстрактов, так как многие антиоксиданты являются окрашенными соединениями или сопряжены с пигментными фракциями. В исследуемой работе различия в окраске экстрактов интерпретируются как качественный индикатор различий в составе антиоксидантных веществ.

1.3.1 Апельсиновая кожура как источник флавоноидов и витамина С

Апельсиновая кожура (цедра) относится к наиболее доступным и массовым видам растительных отходов, формируемых при производстве соков. Она характеризуется высоким содержанием флавоноидов (гесперидин, нарингин), фенольных кислот, пектина и витамина С, что обусловливает выраженный антиоксидантный потенциал. Наличие флавоноидной фракции подтверждается и органолептически: экстракт имеет светло-оранжевую окраску, что косвенно указывает на присутствие флавоноидов и эфирных компонентов [35-38].

Флавоноиды цитрусовой кожуры относятся к соединениям преимущественно полярной/среднеполярной природы, что делает их доступными для извлечения водно-спиртовыми системами. Их антиоксидантное действие связано с наличием фенольных гидроксильных групп, способных участвовать в реакциях донорства водорода и стабилизации радикалов. Дополнительный вклад в антиоксидантную активность обеспечивает аскорбиновая кислота, которая выступает восстановителем и может регенерировать окисленные формы фенольных антиоксидантов, повышая общий интегральный эффект. В исследовании именно экстракт апельсиновой кожуры показал наиболее высокое ингибирование DPPH.

Апельсиновая (и в целом цитрусовая) кожура считается отходом, но исследования показывают, что именно в кожуре концентрируются основные флавоноиды и значительная часть витамина С, а также сильная антиоксидантная активность. Это делает кожуру потенциальным сырьём для функциональных продуктов и натуральных антиоксидантов.

- В кожуре цитрусов фенольные соединения и флавоноиды значительно выше, чем в мякоти и соке (Elkhatim et al., 2018; Singh et al., 2020; Chen et al., 2020; Liew et al., 2018). [39-41].
- Для апельсиновой кожуры сообщают очень высокое содержание флавоноидов (до ~83 мг катехин-экв./г) и витамина С (~110 мг/100 г) (Elkhatim et al., 2018). [42-43].
- Обзорные работы указывают общий диапазон флавоноидов в цитрусовой кожуре 2,5–5,5 г/100 г сухой массы; основные - гесперидин, нарингин, нобилетин, тангеретин (Munir et al., 2024; M'Hiri et al., 2017; Singh et al., 2020; Chakraborty et al., 2024; Chen et al., 2020; Addi et al., 2021). [44-45].
- В кожуре горького апельсина найден витамин С на уровне сотен мкг/мл в водном экстракте, вместе с многочисленными фенольными кислотами и флавоноидами (Hadi et al., 2025). [46].

Таблица 2 - Типичные уровни флавоноидов и витамина С в цитрусовой кожуре

Параметр	Апельсиновая/цитрусовая кожура

Параметр	Апельсиновая/цитрусовая кожура
Витамин С	~54–110 мг/100 г сырой массы (Elkhatim et al., 2018; Montero-Calderón et al., 2019)
Общие флавоноиды	сотни мг катехин-экв./100 г, до г/100 г СВ
Фенольные соединения	десятки–сотни мг галловой к-ты/г СВ

Антиоксидантные и потенциальные полезные свойства:

Высокое содержание фенолов и флавоноидов обеспечивает сильную антиоксидантную активность (DPPH, FRAP, ORAC) у экстрактов кожуры апельсина (Elkhatim et al., 2018; Ogo et al., 2024; Chen et al., 2020; Liew et al., 2018; Montero-Calderón et al., 2019). [47-49].

Обзоры связывают флавоноиды цитрусовой кожуры с уменьшением окислительного стресса, противовоспалительным и кардиопротективным эффектом в моделях in vitro и на животных (Munir et al., 2024; Singh et al., 2020; Koolaji et al., 2020; Addi et al., 2021). [50-52].

Применения и обработка:

Кожуру успешно используют в порошках, кормах, добавках к выпечке и джемах, повышая содержание полифенолов, флавоноидов и витамина С (Onyenweaku et al., 2025; Negrea et al., 2025; El-Beltagi et al., 2022). [53-55].

Для извлечения флавоноидов и витамина С эффективны водно-спиртовые смеси и ультразвук, а также мягкое перемешивание; выбор условий влияет на выход биокомпонентов (Chatzimitakos et al., 2023; Hernández-Carranza et al., 2016; Montero-Calderón et al., 2019). [56-60].

Апельсиновая и другая цитрусовая кожура богата флавоноидами (гесперидин, нарингин и др.) и содержит значимые количества витамина С при высокой антиоксидантной активности. Научные данные поддерживают использование кожуры как недорогого источника натуральных антиоксидантов и функциональных ингредиентов в пище и нутрицевтике.

1.3.2 Виноградные выжимки: полифенолы, ресвератрол и проантоцианидины

Виноградные выжимки (остатки кожуры и семян после получения сока или вина) рассматриваются как концентрированный источник полифенольных соединений, включая ресвератрол, катехины и проантоцианидины. Полифенолы винограда обладают выраженной способностью к нейтрализации свободных радикалов и ингибированию окислительных реакций, что делает выжимки перспективным вторичным сырьем для создания антиоксидантных концентратов и функциональных ингредиентов.

Темно-пурпурно-коричневая окраска виноградного экстракта является характерным признаком высокой насыщенности фенольными соединениями;

в отчете это рассматривается как качественное подтверждение присутствия полифенолов, ресвератрола и проантоцианидинов. Полифенольная фракция способна проявлять антиоксидантную активность не только за счет прямого «гашения» радикалов, но и за счет ингибирования ферментативного окисления, а также относительной термостабильности некоторых соединений, что благоприятно с точки зрения технологической применимости.

Гроздовые выжимки содержат значительную часть полифенолов винограда: в вине оказывается лишь ~30–40% фитохимикатов, остальное остаётся в жмыхе (Karastergiou et al., 2024). Большинство фенольных соединений локализовано в семенах (≈60–70%), 30–35% - в кожуре (Karastergiou et al., 2024; Di Stefano et al., 2022). [61-63].

Типичные уровни: 5–35 мг галловой кислоты-экв./г сухого вещества для выжимок разных сортов (Karastergiou et al., 2025)- 144–298 мг ГКЭ/г экстракта из кожуры и 327–540 мг/г из семян, при этом семена всегда богаче полифенолами и антиоксидантной активностью (Guaita et al., 2023; Guaita & Bosso, 2019). [64-66].

Основные классы: флаван-3-олы (катехин, эпикатехин, проантоцианидины), антоцианы, флавонолы, фенольные кислоты, стильбены (в т.ч. ресвератрол) (Peixoto et al., 2018; Valenzuela-Bustamante et al., 2025; Da Conceição Lopes et al., 2025; Castro et al., 2024). [67-70].

Таблица 3 - Сравнение кожуры и семян винограда

Фракция	Вещества	Ключевые соединения
Семена	Общий полифенолный комплекс, конденсированные танины, антиоксидантная и антибактериальная активность	Флаван-3-олы, процианидины
Кожура	Антоцианы, часть флавонолов; больше пищевых волокон	Антоцианы, кверцетин и др. флавонолы

Высокое содержание полифенолов определяет: выраженную антиоксидантную активность (DPPH, ABTS, FRAP, ORAC) (Karastergiou et al., 2025; Peixoto et al., 2018; Guaita et al., 2023; Da Conceição Lopes et al., 2025; Mollica et al., 2021)- антибактериальные эффекты, особенно у экстрактов семян против пищевых патогенов (Peixoto et al., 2018; Poblete et al., 2025; Caponio et al., 2022)- противовоспалительные, кардиопротективные, антидиабетические и др. эффекты в моделях in vitro и на животных (Karastergiou et al., 2024; Da Conceição Lopes et al., 2025; Castro et al., 2024). [71-76].

Выжимки рассматриваются как дешёвое сырьё для функциональных ингредиентов в пищевой, косметической и фармацевтической промышленности (Karastergiou et al., 2025; Karastergiou et al., 2024; Valenzuela-

Антиоксиданты	Высокое содержание фенолов, флавоноидов, беталаинов, выраженная радикал-нейтрализующая активность
Антимикробное действие	Экстракты подавляют рост бактерий и дрожжей, снижают микробную нагрузку напитков
Противоопухолевая/цитопротективная активность (in vitro)	Экстракты кожуры тормозят рост раковых клеток, защищают эндотелий и фибробласты от окислительного стресса
Технологические свойства	Натуральный краситель, улучшает текстуру, вязкость, цвет продуктов

Кожуру используют в виде муки или порошка для обогащения:

- майонезов, нуги, безе/меренг, яблочных чипсов – рост фенолов, антиоксидантной активности, улучшение цвета и текстуры при приемлемой вкусовой оценке (Buțerchi et al., 2025; Constantin et al., 2025; Lazăr et al., 2022; Constantin et al., 2025). [86-87].

- напитков на сыворотке и молочных напитков – повышение содержания белка, фенолов, нитратов, улучшение антиоксидантной активности и микробиологической стабильности (Sobhy et al., 2020; Abdo et al., 2022; Stoica et al., 2024). [88-90].

- Порошок и экстракты кожуры также эффективны как натуральные консерванты в рыбных филе (El-Beltagi et al., 2022). [90-91].

In vitro и клеточные модели показывают: антиоксидантную, антибактериальную, противоопухолевую активность, возможное улучшение функции сосудистых клеток и противовоспалительный/«антиэйдж» эффект для кожи (Coimbra et al., 2025; Šeremet et al., 2020; Salamatullah et al., 2021; El-Beltagi et al., 2022; Gunadi et al., 2025; Al-Harbi et al., 2021). Это пока лабораторные данные, клинических исследований на людях нет. [92].

Свекольная кожура богата клетчаткой, белком, минералами и антиоксидантными пигментами, что делает её перспективным пищевым ингредиентом и натуральным красителем. Экстракты кожуры демонстрируют антиоксидантные, антимикробные и противоопухолевые эффекты в лабораторных моделях и улучшают качество различных продуктов. Однако польза и безопасные дозы при регулярном употреблении у людей ещё недостаточно изучены.

1.3.4 Томатная кожура: каротиноиды и токоферол как антиоксиданты липидной фазы

Томатная кожура образуется при производстве томатной пасты и соков и является ценным источником антиоксидантов липофильной природы. В ее составе отмечены ликопин, β-каротин, токоферол и органические кислоты, что обосновывает высокую перспективность данного сырья как источника природных антиоксидантных компонентов. Экстракт томатной кожуры имеет розово-красную окраску, объясняемую присутствием ликопина и β-каротина.

Каротиноиды отличаются способностью эффективно «перехватывать» радикальные частицы и ингибировать окисление липидов за счет системы сопряженных двойных связей, что особенно важно при разработке пищевых продуктов, где стабильность жировой фазы определяет сроки годности и сохранность качества. В отчете отмечено, что высокая активность томатной кожуры объясняется действием каротиноидов и токоферола, а антиоксидантные свойства сопоставимы с цитрусовой кожурой.

Томатная кожура - не просто отход, а концентрат пищевых волокон, каротиноидов (включая ликопин) и полифенолов, обладающих антиоксидантными и потенциально функциональными свойствами.

Кожура богата пищевыми волокнами (до ~84% от массы сухого томатного волокна, в основном нерастворимые гемицеллюлозы) и минералами (Navarro-González et al., 2011; Benito-Román et al., 2025; Kaboré et al., 2022).

Содержит ликопин, β-каротин, лютеин, а также флавоноиды рутин и нарингенин, фенольные кислоты (хлорогеновая, кофейная) (Elbadrawy & Sello, 2016; Navarro-González et al., 2011; Benito-Román et al., 2025; Tamasi et al., 2019; Szabo et al., 2019; Gu et al., 2020).

В специальных линиях, как «Sun Black», кожура дополнительно накапливает антоцианы с высокой антиоксидантной активностью (Blando et al., 2019).

Таблица 5 - Основные нутриенты и функции

Компонент	Возможный эффект	Источник
Пищевые волокна	Сытость, работа кишечника, ГДРИ	Кожура
Ликопин, каротиноиды	Антиоксидант, возможная защита сосудов	Кожура
Фенольные соединения	Антиоксидант, антимикробный потенциал	Кожура

Антиоксидантные и функциональные свойства:

Экстракты кожуры снижают образование перекисей и МДА в растительных маслах и обладают высокой активностью по DPPH, иногда превосходя синтетический антиоксидант BHT в модельных системах (Elbadrawy & Sello, 2016; Szabo et al., 2019).

Антиоксидантный эффект вносит вклад в общее действие томата (ликопин, витамин С, фенолы) (Szabo et al., 2019; Kang et al., 2022; Collins et al., 2022).

Пищевые добавки и обогащённые продукты: томатная кожура/волокно используется для обогащения макарон, выпечки (сконы), повышая содержание клетчатки и каротиноидов, иногда снижая калорийность (Navarro-González et al., 2011; Quitral et al., 2025; Lucia et al., 2017; Gu et al., 2020).

Возможны изменения текстуры, цвета и вкуса (более красный цвет, другая твёрдость и эластичность), что требует технологической коррекции рецептуры (Navarro-González et al., 2011; Quitral et al., 2025; Lucia et al., 2017).

Томатная кожура - питательный и богатый антиоксидантами компонент, содержащий клетчатку, ликопин и полифенолы. Исследования показывают её потенциал как функциональной добавки к продуктам питания и способа утилизации пищевых отходов, хотя вкусовые и текстурные изменения в обогащённых продуктах нужно учитывать технологически.

Таблица 6 – Основные группы антиоксидантов в исследуемом сырье и их технологическая значимость (расширенная)

Вид отходов	Основные антиоксидантные компоненты (группы)	Преимущественная природа соединений	Качественный индикатор (цвет экстракта)	Потенциальная технологическая значимость
Кожура апельсинов	Флавоноиды (гесперидин, нарингин), фенольные кислоты, витамин С	Полярные/ среднеполярные	Светло-оранжевый	Натуральные антиоксидантные экстракты, функциональные ингредиенты, антиоксидантные добавки для водных систем
Виноградные выжимки	Ресвератрол, катехины, проантоцианидины	Полифенольная фракция (смешанная полярность)	Темно-пурпурно-коричневый	Антиоксидантные концентраты, компоненты для обогащения,

Кожура свеклы	Беталаины и антоцианы	Пигментные соединения (преимущественно полярные)	Красновато-розовый	Натуральные пигментно-антиоксидантные добавки, потенциальные красители функционального назначения
Кожура томатов	Ликопин, β-каротин, токоферол	Липофильные антиоксиданты	Розово-красный	Антиоксиданты для липидных систем, ингибиторы окисления жиров, функциональные добавки и цветообразующие компоненты

Таким образом, все исследуемые виды сырья содержат антиоксидантные соединения различной химической природы. Полифенолы и флавоноиды преимущественно эффективны в водно-спиртовых экстрактах и проявляют высокую активность в реакциях «гашения» радикалов. Каротиноиды и токоферолы являются ключевыми антиоксидантами липидной фазы и перспективны для продуктов, подверженных окислению жиров. Пигментные антиоксиданты свеклы обладают двойной ценностью как антиоксиданты и натуральные красители. Эти особенности определяют направления практического применения экстрактов в пищевых системах и биотехнологических разработках.

1.4 Подходы к экстракции биоактивных соединений из растительного сырья

Извлечение биоактивных соединений (БАС) из растительного сырья является ключевым этапом при получении функциональных ингредиентов и природных антиоксидантов. Эффективность экстракции определяется как химической природой целевых соединений, так и структурой растительной матрицы (клеточные стенки, наличие пектинов, лигнина, восков, масел), а также параметрами процесса. В контексте переработки пищевых отходов особое значение имеет выбор метода, который одновременно обеспечивает достаточный выход антиоксидантов, воспроизводимость результатов и соответствие принципам «зеленой» биотехнологии.

1.4.1 Основные требования к методу извлечения антиоксидантов

Ключевыми требованиями к методам извлечения антиоксидантов из пищевых растительных отходов являются:

1. Технологическая простота и воспроизводимость. Метод должен быть применим в лабораторных условиях без использования сложного оборудования, а также обеспечивать стабильность результатов при повторяемости процедур (масса сырья, объём растворителя, время и температура экстракции).

2. Безопасность растворителя и экологичность процесса. С учетом перспектив применения экстрактов в пищевой сфере предпочтение отдается растворителям с приемлемым профилем безопасности (например, этанол, водно-спиртовые смеси), минимизирующим токсикологические риски и упрощающим внедрение в практику.

3. Эффективность извлечения соединений различной полярности. Растительные отходы содержат широкий спектр антиоксидантов, включая полярные полифенолы и менее полярные пигментные соединения. Поэтому растворитель должен обеспечивать извлечение разных классов веществ либо допускается комбинированный подход (последовательная экстракция).

4. Минимизация деградации БАС. Многие антиоксиданты чувствительны к свету, кислороду и температуре. Следовательно, важно снижать воздействие факторов, ускоряющих окисление, изомеризацию или гидролиз, чтобы сохранить биологическую активность экстрактов.

5. Совместимость с аналитическими методами. Экстракты должны быть пригодны для дальнейших спектрофотометрических и/или хроматографических исследований, не содержать компонентов, мешающих анализу или создающих высокую фоновую абсорбцию.

1.4.2 Факторы, влияющие на выход биоактивных соединений при экстракции

Выход и состав экстрактов зависят от комплекса параметров, из которых наиболее значимыми являются:

- Полярность растворителя и состав экстракционной системы. Полифенолы и фенольные кислоты, как правило, лучше извлекаются полярными растворителями и их смесями. Водно-спиртовые системы повышают растворимость полифенольных соединений по сравнению с чистой водой или абсолютным спиртом за счёт оптимального баланса полярности и способности разрушать водородные связи в матрице.

- Соотношение «сырье: растворитель». Увеличение объёма растворителя относительно массы сырья обычно способствует увеличению выхода экстрактивных веществ до достижения равновесия, после чего эффект становится менее выраженным.

- Размер частиц и степень измельчения. Диспергирование сырья увеличивает площадь контакта и ускоряет диффузию соединений из матрицы, однако чрезмерное измельчение может способствовать окислению и повышению содержания балластных веществ (пектинов, взвесей), усложняющих фильтрацию.
- Время экстракции и режим перемешивания. Для мацерации характерно достижение максимального выхода при достаточной продолжительности контакта, однако чрезмерное увеличение времени может приводить к окислению или переходу нежелательных компонентов (например, горьких веществ, дубильных соединений).
- Температура. Повышение температуры ускоряет массоперенос, но увеличивает риск деградации термолабильных компонентов и окислительных процессов. По этой причине при получении антиоксидантных экстрактов часто применяют умеренные температуры или комнатные условия.
- Доступ кислорода и воздействие света. Для многих антиоксидантов (особенно каротиноидов и части флавоноидов) фотохимические процессы и окисление кислородом приводят к снижению активности. Поэтому ограничение света и контакт с воздухом являются важными условиями сохранения антиоксидантного потенциала экстрактов.

1.4.3 Краткая характеристика распространённых методов экстракции

В лабораторной практике применяются различные методы извлечения БАС из растительных матриц:

- Мацерация (настаивание при комнатной температуре) - технологически простой метод, подходящий для первичной апробации и получения экстрактов с сохранением термолабильных веществ. Недостатком может быть относительная длительность процесса и необходимость фильтрации.
- Экстракция при нагревании (рефлюкс, водяная баня) - ускоряет извлечение, но повышает риск термической деградации и окисления некоторых антиоксидантов, особенно пигментных соединений.
- Ультразвуковая экстракция - интенсифицирует процесс за счет кавитации и разрушения клеточных структур, сокращая время экстракции, однако требует оборудования и более строгого контроля режимов.
- Микроволновая экстракция - эффективна по скорости, но может приводить к локальному перегреву и изменению структуры ряда веществ.
- Суперкритическая экстракция (например, CO_2) - высокоэффективна для липофильных соединений (каротиноиды, эфирные масла), однако технологически сложна и экономически затратна на лабораторном уровне.

С учетом целей НИРМ и условий лабораторной апробации наиболее обоснованным является выбор мацерации в водно-спиртовой системе.

1.4.4 Обоснование выбора этанольной мацерации и 70% этилового спирта

В рамках данной НИРМ применена этанольная мацерация как экологически безопасный, технологически простой и воспроизводимый метод, не требующий специального оборудования и пригодный для лабораторной апробации. Данный подход обеспечивает мягкие условия извлечения антиоксидантов и снижает риск разрушения термолабильных компонентов.

В качестве растворителя использован 70% этиловый спирт, что является распространенной практикой при извлечении антиоксидантов из растительных матриц, поскольку водно-спиртовая система способствует извлечению соединений различной полярности и повышает общий выход фенольной фракции по сравнению с использованием одного компонента. Параметры экстракции (масса сырья, объём растворителя, продолжительность и температура) выбирались таким образом, чтобы обеспечить достаточный выход антиоксидантов и воспроизводимость результатов при минимальном риске деградации биоактивных соединений.

Для снижения фотоокислительной деградации экстракцию проводили в тёмном месте, поскольку ряд антиоксидантов (в частности каротиноиды и флавоноиды) чувствительны к воздействию света и кислорода. После завершения процесса экстракты фильтровали и при необходимости хранили при пониженной температуре (+4 °C), что способствует сохранению их антиоксидантной активности до момента анализа.

Таким образом, использование этанольной мацерации с 70% этанолом является методически обоснованным решением для лабораторного получения экстрактов из пищевых растительных отходов и дальнейшей оценки их антиоксидантной активности методом DPPH.

1.5 Метод DPPH для оценки антиоксидантной активности: принцип, порядок выполнения, расчёт и интерпретация

Метод DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил) относится к наиболее распространённым спектрофотометрическим подходам количественной оценки антиоксидантной активности экстрактов. Его применяют для определения способности антиоксидантов нейтрализовать стабильные свободные радикалы, что позволяет сравнивать эффективность различных экстрактов при одинаковых условиях эксперимента.

1.5.1 Принцип метода

DPPH представляет собой стабильный фиолетовый радикал азота. При взаимодействии с антиоксидантами (донорство электрона или атома водорода) радикал восстанавливается до нейтральной формы, что сопровождается обесцвечиванием раствора (переход фиолетовой окраски в светло-жёлтую). Степень снижения оптической плотности раствора пропорциональна антиоксидантной активности исследуемого образца.

1.5.2 Подготовка раствора DPPH и условия анализа

Для проведения анализа использовали раствор DPPH в 96% этаноле концентрацией 0,1 мМ (0,0394 г DPPH растворяли в 100 мл растворителя).

В ходе постановки реакции к каждому образцу добавляли 1 мл экстракта и 3 мл раствора DPPH, после чего смесь инкубировали при комнатной температуре в тёмном месте 30 минут.

Оптическую плотность измеряли на спектрофотометре при длине волны 517 нм.

Снижение влияния света является принципиальным условием, поскольку ряд антиоксидантов (в том числе каротиноиды и часть флавоноидов) чувствителен к фотодеградации; поэтому инкубацию выполняют в темноте для повышения корректности результатов.

1.5.3 Контроль, расчёт и представление результатов

Антиоксидантную активность выражали в процентах ингибирования радикала DPPH (I%). В расчётах использовали:

- A0 - оптическая плотность контрольного раствора DPPH без экстракта;
- As - оптическая плотность раствора DPPH в присутствии исследуемого экстракта.

В практическом исполнении (в соответствии со стандартной логикой DPPH-метода) процент ингибирования рассчитывается как:

$$I\% = ((A0 - As) / A0) \times 100.$$

Измерения выполняли в трёхкратной повторности, далее определяли среднее значение; стандартное отклонение находилось в пределах ±2–4%, что указывает на удовлетворительную повторяемость методики при выбранных условиях эксперимента.

1.5.4 Интерпретация результатов DPPH-теста

Показатель I% характеризует способность антиоксидантов, присутствующих в экстракте, нейтрализовать свободные радикалы. Чем выше I%, тем выше суммарная антиоксидантная активность экстракта при заданной концентрации и времени реакции. В исследовании данный показатель использовался для сравнительной оценки экстрактов из разных видов сырья и построения их относительного ранжирования по антиоксидантной эффективности.

1.5.5 Преимущества и ограничения метода DPPH

Преимущества: метод отличается простотой постановки, высокой чувствительностью, отсутствием необходимости в сложных реагентах и специальном оборудовании (достаточно спектрофотометра).

Ограничения и источники погрешности:

1. Цветовая интерференция экстрактов. Окрашенные экстракты могут иметь собственную абсорбцию в области 517 нм и искажать значение As. Практически это компенсируют корректной подготовкой образцов, контролем прозрачности и (при необходимости) постановкой «бланка» экстракта без DPPH. В работе дополнительно контролировались цвет и прозрачность образцов как индикаторы концентрации пигментов.
2. Зависимость от условий реакции (время, свет, растворитель). DPPH-тест чувствителен к режимам инкубации; поэтому принципиально важно строго выдерживать 30 минут в темноте и единый растворитель.
3. Неспецифичность к отдельным классам антиоксидантов. Метод оценивает суммарную способность к восстановлению радикала, но не позволяет напрямую установить качественный состав антиоксидантов; для углубления анализа требуется применение дополнительных методов (например, определение общего содержания фенолов, хроматографические подходы).
4. Влияние взвесей/осадка. Наличие осадка повышает рассеяние света и может увеличивать оптическую плотность; поэтому фильтрация экстрактов и получение прозрачного раствора является обязательным условием корректного измерения.

По результатам анализа литературных подходов и методических предпосылок можно сделать следующие выводы:

1. Растительные пищевые отходы (кожура, выжимки) представляют собой перспективное вторичное сырьё для выделения природных антиоксидантов, поскольку содержат полифенольные соединения и пигментные антиоксиданты; при этом цвет и прозрачность экстрактов могут служить косвенным индикатором концентрации пигментов (флавоноиды, беталаины, каротиноиды), влияющих на антиоксидантные свойства.

2. Для НИРМ в лабораторных условиях наиболее обоснован метод этанольной мацерации как технологически простой, воспроизводимый и экологически безопасный подход; применение 70% этилового спирта обеспечивает извлечение антиоксидантов в водно-спиртовой системе и не требует специализированного оборудования.

3. С целью сохранения биоактивных соединений при экстракции важно минимизировать их деградацию: проведение процесса в тёмном месте снижает риск разрушения светочувствительных антиоксидантов, включая каротиноиды и флавоноиды.

4. Для сравнительной оценки антиоксидантной активности экстрактов целесообразно применять метод DPPH, поскольку он позволяет количественно оценить способность антиоксидантов нейтрализовать стабильный радикал, а измерение проводится спектрофотометрически при 517 нм с расчётом через параметры A0 и As.

5. Метод DPPH является воспроизводимым при постановке в повторностях и удобен для НИРМ благодаря простоте, чувствительности и отсутствию необходимости в сложных реагентах и оборудовании, однако при интерпретации следует учитывать возможное влияние окраски экстрактов и контролировать прозрачность образцов.

2 Материалы и методы исследования

2.1 Характеристика и обоснование выбора объектов исследования

Выбор объектов для данной научно-исследовательской работы был обусловлен их высокой биологической ценностью и значительными объемами образования в качестве вторичного сырья на предприятиях пищевой промышленности и общественного питания. В качестве основных источников природных антиоксидантов были выбраны четыре вида растительных остатков: кожура апельсина, виноградные выжимки, а также кожура свеклы и томата.

Каждый из выбранных объектов представляет собой сложную биологическую систему, богатую специфическими группами антиоксидантов, что позволяет провести всестороннюю сравнительную оценку их эффективности.

Кожура цитрусовых - апельсиновая цедра - один из наиболее массовых побочных продуктов производства соков и концентратов. С точки зрения биотехнологии, она представляет исключительный интерес как источник полифенольных соединений. Основными действующими веществами здесь выступают флавоноиды, такие как гесперидин и нарингин, обладающие выраженным противовоспалительным и капилляроукрепляющим действием. Помимо них, в состав цедры входят фенольные кислоты, пектиновые вещества и значительные концентрации аскорбиновой кислоты (витамина С), которые в комплексе создают мощный антиоксидантный барьер, предотвращающий окислительную порчу продуктов.

Виноградные выжимки - представляет собой остатки семян и кожицы ягод, образующиеся после прессования в процессе производства вин и натуральных соков. Виноградные экстракты по праву считаются эталоном среди природных антиоксидантов. Они являются уникальным источником ресвератрола - мощного фитоалексина, а также катехинов и олигомерных проантоцианидинов. Использование этих отходов позволяет извлекать ценные компоненты, которые по своей активности во много раз превосходят синтетические аналоги, что делает их незаменимыми в производстве функциональных добавок.

Кожура свеклы - является крупнотоннажным отходом сахарных и овощеперерабатывающих заводов. Научный интерес к данному объекту вызван наличием уникальных азотсодержащих пигментов - беталаинов (бетацианинов и бетаксантинов), которые не встречаются в большинстве других растений. В сочетании с антоцианами они обеспечивают высокую восстанавливающую способность экстрактов. Использование свекольных отходов не только решает экологическую проблему их утилизации, но и позволяет получать натуральные красители с антиоксидантными свойствами.

Кожура томата - образующиеся при получении томатной пасты и соусов, состоят преимущественно из кожицы, в которой концентрация полезных

веществ значительно выше, чем в мякоти. Главным ценным компонентом здесь является ликопин - каротиноид с уникальной способностью нейтрализовать свободные радикалы. Кроме того, наличие -каротина, токоферола (витамина Е) и комплекса органических кислот делает томатную кожуру стратегически важным сырьем для биотехнологического извлечения жирорастворимых антиоксидантов.

Условия сбора и база проведения исследований: Для обеспечения чистоты эксперимента и исключения порчи сырья, все исследованные отходы закупались и доставлялись в лабораторию в свежесобранном виде от предприятий общественного питания г. Алматы. Это позволило работать с нативным биоматериалом, сохранившим максимальный уровень активности ферментов и антиоксидантов.

Технологический процесс обработки каждого вида сырья проводился индивидуально, с учетом морфологических особенностей объектов. Экспериментальная часть работы была реализована на базе двух научно-исследовательских площадок:

- Лаборатория кафедры «Химическая и биохимическая инженерия» (ХИБИ) Satbayev University, где проводились процессы экстракции и спектрофотометрические измерения;
- Лаборатория молочной продукции Казахского национального аграрного исследовательского университета (КазНАИУ), на базе которой осуществлялось изучение влияния полученных экстрактов на сложные пищевые системы.

Такая междисциплинарная база исследований позволила обеспечить высокую достоверность полученных результатов и их практическую апробацию в реальных условиях производства.

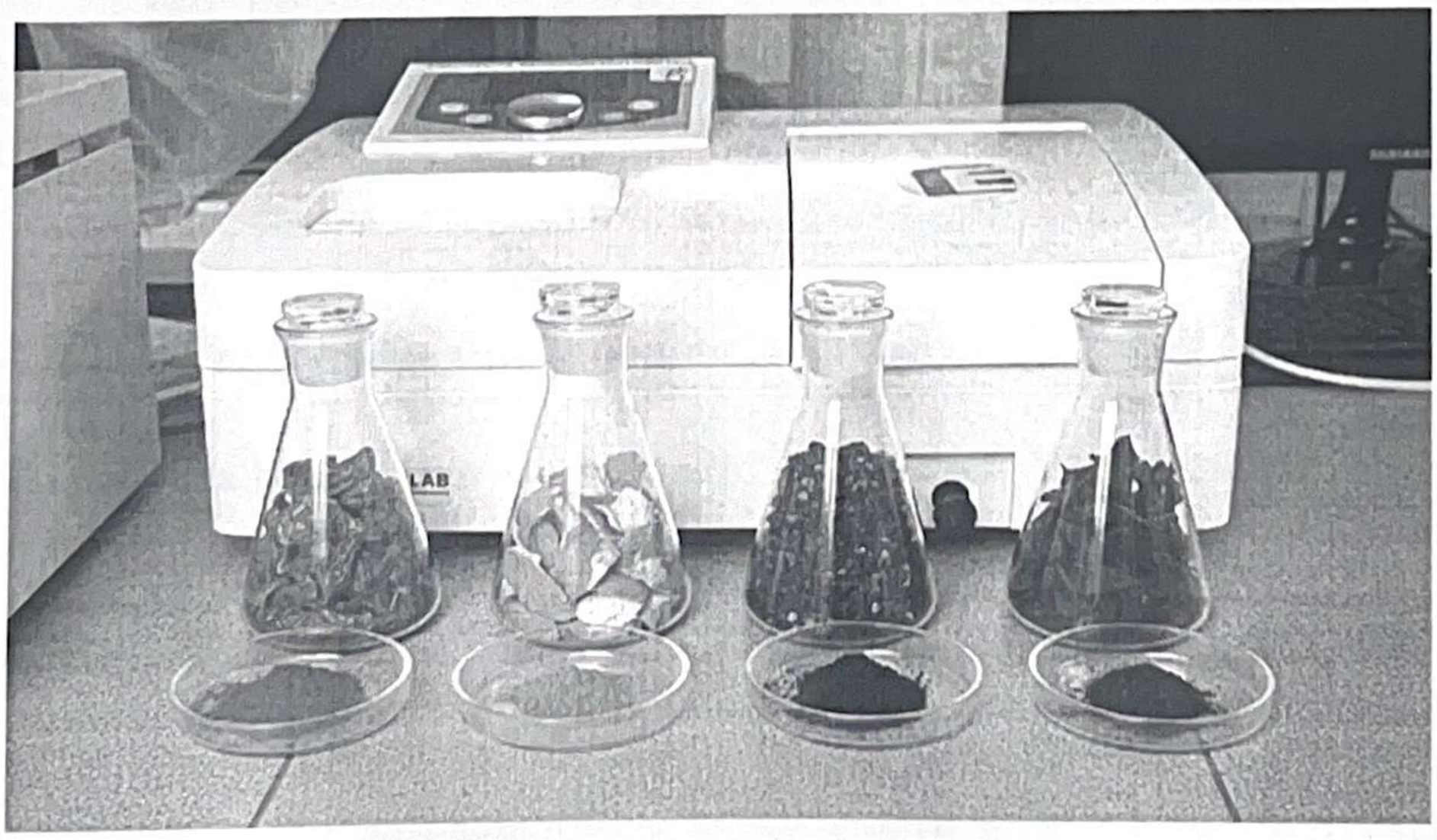


Рисунок 1 - растительные остатки пищевого производства - кожура томата, цитрусовых (апельсин), винограда и свеклы

Процесс подготовки вторичного растительного сырья (кожуры апельсина, томата, выжимок яблок и винограда) к экстракции является определяющим этапом, влияющим на сохранность термолабильных антиоксидантных соединений. Нами была разработана и реализована стандартизированная процедура подготовки образцов, включающая четыре последовательных стадии, представленные на схеме 1.

Подготовительный этап перед экстракцией растительного сырья состоял из трех основных этапов: промывка, сушка и измельчение (показано на схеме 1).

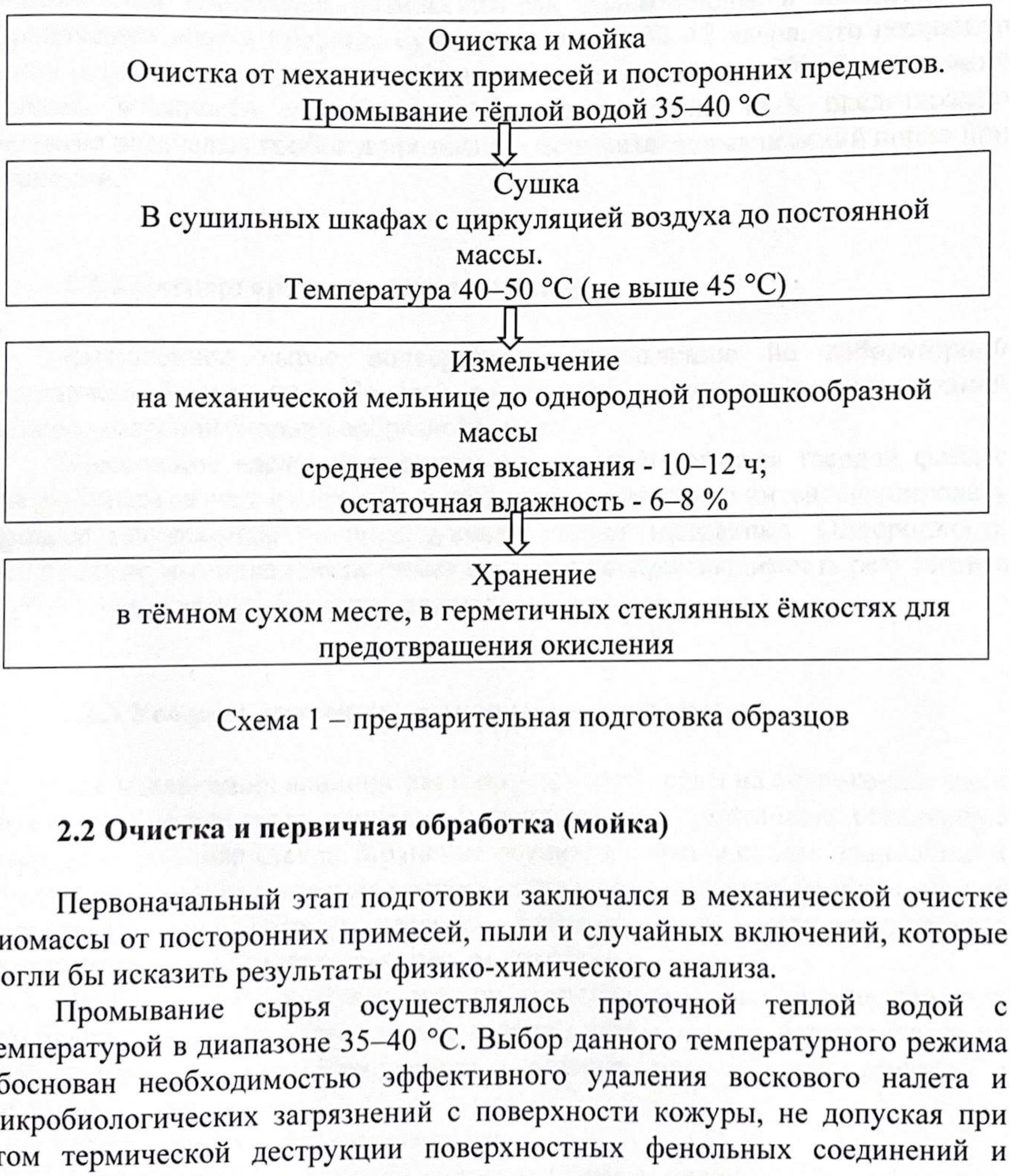


Схема 1 – предварительная подготовка образцов

2.2 Очистка и первичная обработка (мойка)

Первоначальный этап подготовки заключался в механической очистке биомассы от посторонних примесей, пыли и случайных включений, которые могли бы исказить результаты физико-химического анализа.

Промывание сырья осуществлялось проточной теплой водой с температурой в диапазоне 35–40 °С. Выбор данного температурного режима обоснован необходимостью эффективного удаления воскового налета и микробиологических загрязнений с поверхности кожуры, не допуская при этом термической деструкции поверхностных фенольных соединений и вымывания водорастворимых витаминов.

2.2.1 Термическая обработка (сушка)

Сушка образцов проводилась в специализированных сушильных шкафах с принудительной циркуляцией воздуха. Основной задачей данного этапа являлось доведение биомассы до постоянной массы при строгом соблюдении температурного режима 40–45 °C (не выше 45 °C).

Ограничение температуры до 45 °C является критическим требованием биотехнологии переработки растительного сырья, так как превышение этого порога приводит к инактивации нативных ферментов и окислению большинства природных антиоксидантов (флавоноидов и полифенолов). Продолжительность процесса сушки составляла 10–12 часов, что позволило достичь оптимальной остаточной влажности в пределах 6–8%. Такой низкий уровень влажности минимизирует активность воды (a_w), предотвращая развитие плесневых грибов и протекание ферментативных реакций порчи при хранении.

2.2.2 Диспергирование (измельчение)

Высушенное сырье подвергалось измельчению на лабораторной механической мельнице. Процесс проводился до достижения однородной мелкодисперсной (порошкообразной) массы.

Увеличение удельной площади поверхности контакта твердой фазы с экстрагентом за счет измельчения позволяет значительно интенсифицировать процесс массообмена на последующей стадии экстракции. Однородность полученного порошка обеспечивает высокую воспроизводимость результатов DPPH-теста и других биохимических анализов.

2.2.3 Условия хранения подготовленного сырья

Для исключения влияния факторов внешней среды на антиоксидантный потенциал, полученные порошки помещались в герметичные стеклянные емкости из темного стекла. Хранение осуществлялось в сухом, защищенном от света месте. Использование темного стекла и герметизации необходимо для предотвращения фотохимического окисления и гигроскопического увлажнения биоматериала кислородом воздуха.

Метод экстракции. Для выделения антиоксидантов использовался метод этанольной мацерации. Этот метод является экологически безопасным и не требует специального оборудования и поэтому считается эффективным в лабораторных условиях.

Основные параметры экстракции:

- Количество сырья: 10 г (в порошкообразном виде);

- Растворитель: 70% этиловый спирт (водно-спиртовая смесь увеличивает растворение антиоксидантов);
- Объем растворителя: 100 мл;
- Время экстракции: 24 часа;
- Температура: комнатная температура (25 ± 2 °C);
- Перемешивание: слегка взбивал каждые 2-3 часа.

Процесс экстракции проводился в темном месте, потому что под воздействием света некоторые антиоксиданты (особенно каротиноиды и флавоноиды) могут расщепляться.

Через 24 часа полученную суспензию фильтровали через фильтровальную бумагу и использовали для анализа в виде прозрачного экстракта.

При необходимости экстракты хранили в холодильнике при температуре +4 °C.

Антиоксидантная активность экстрактов определялась по способности нейтрализовать радикал DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил). Этот метод позволяет количественно оценить, насколько эффективно антиоксиданты удаляют свободные радикалы.

Принцип метода. DPPH - это стабильный фиолетовый радикал азота. Если на него действует антиоксидант, он отдает электрон или атом водорода, превращая радикал в нейтральное соединение, в результате чего цвет раствора меняется на светло-желтый. Степень уменьшения оптической плотности указывает на величину антиоксидантной активности.

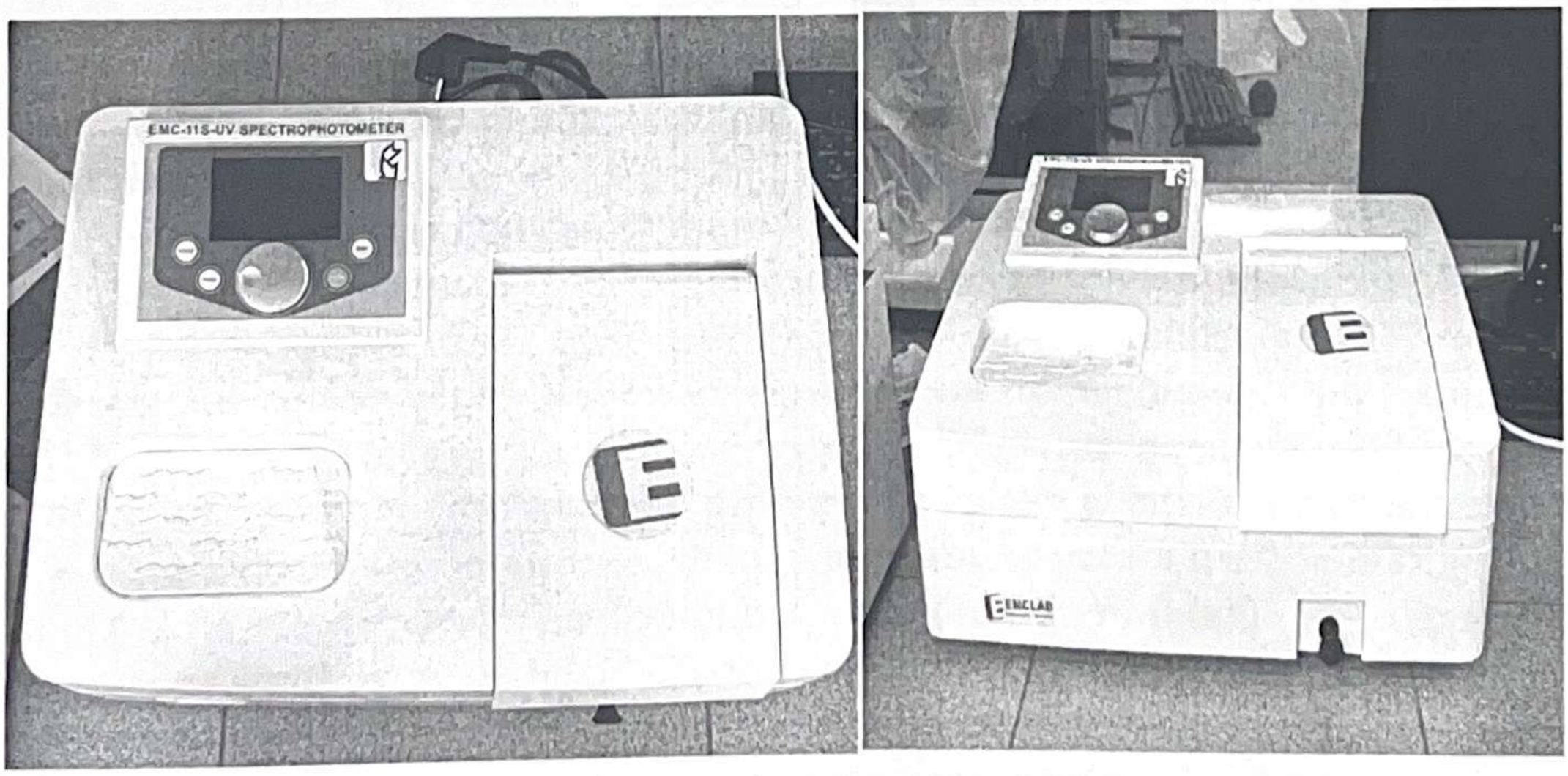


Рисунок 2 – Спектофотометр EMC-11S-UV

Порядок проведения анализа:

1.раствор DPPH готовили в 96% этаноле в концентрации 0,1 мМ (0,0394 г DPPH растворяют в 100 мл растворителя).

2.к каждому образцу добавляли 1 мл экстракта и 3 мл раствора DPPH и инкубировали при комнатной температуре в темном месте в течение 30 минут.

3.через 30 минут оптическую плотность растворов измеряли на спектрофотометре на длине волны 517 нм.

4. антиоксидантная активность (%) рассчитывалась по формуле:

$$I(\%) = \frac{A0 - As}{A0} * 100, \qquad (1)$$

здесь:

A_0 - оптическая плотность контрольного образца (без экстракции) раствора DPPH,

As - оптическая плотность исследуемого экстракта.

Все измерения были повторены три раза, и было получено среднее значение. Стандартное отклонение было в пределах ±2-4%. Преимуществом этого метода является его простота, высокая чувствительность и отсутствие необходимости в сложных реагентах и оборудовании.

2.3 Аппаратурное обеспечение и реактивы для проведения исследований

Для выполнения экспериментальной части исследования и обеспечения высокой точности и воспроизводимости результатов был подобран комплекс современного аналитического оборудования и химических реагентов квалификации не ниже «Чистый для анализа» (Ч.Д.А.). Проведение экспериментов на междисциплинарной лабораторной базе позволило применить комплексный подход к изучению биологически активных соединений.

Перечень оборудования и его назначение:

1. Лабораторный спектрофотометр (высокоточный цифровой комплекс) - Использовался как основной прибор для реализации DPPH-метода. Измерения оптической плотности растворов проводились при длине волны 517 нм, соответствующей максимуму поглощения радикала 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила. Применение кварцевых кювет с оптическим путем 10 мм позволило снизить погрешности при фотометрических измерениях.

2. Аналитические электронные весы (точность 0,0001 г) - Для точного дозирования микроколичеств реагента DPPH и навесок сухих экстрактов использовались высокоточные весы. Это обеспечивало соблюдение требуемой стехиометрии при приготовлении рабочих растворов.

3. Термостатирующее оборудование: Для поддержания стабильных условий экстракции и сушки применялись термостаты и сушильные шкафы с программным управлением. Температурный режим поддерживался в пределах 40–45 °C, что имеет решающее значение для сохранения термолабильных соединений, таких как антоцианы и витамин С.

4. Вспомогательный лабораторный инвентарь:

Процессы фильтрации проводились с использованием беззольных фильтров типа «белая лента» и лабораторной стеклянной посуды из боросиликатного стекла, обладающего высокой химической стойкостью и прозрачностью.

Химические реагенты: В исследовании применялись сертифицированные реактивы:

- DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl): производства Sigma-Aldrich (США), что гарантировало стабильность радикальной формы и достоверность определения антиоксидантной активности;
- Этиловый спирт (96%, квалификация Ч.Д.А.): использовался в качестве основного экстрагента для мацерации растительного сырья;
- Дистиллированная вода: полученная на лабораторном аквадистилляторе, применялась при приготовлении растворов и промывке лабораторного оборудования.

2.4 Методы обработки данных и контроля качества

Оценка полученных результатов включала не только инструментальные измерения, но и статистико-аналитическую обработку данных.

Математическая и статистическая обработка - Все экспериментальные данные, полученные в ходе трех и более повторов для каждой пробы, подвергались обработке в программной среде Microsoft Excel.

Основным расчетным параметром выступала относительная антиоксидантная активность, выраженная в процентах ингибирования радикала DPPH.

Расчеты выполнялись по формуле, учитывающей разницу между оптической плотностью контрольных и опытных образцов.

Для проверки достоверности результатов использовались методы вариационной статистики с вычислением стандартного отклонения и доверительного интервала при заданном уровне значимости.

Органолептический и визуальный анализ - в дополнение к инструментальным измерениям проводилась визуальная оценка цвета и прозрачности экстрактов. Эти параметры служили качественными индикаторами содержания природных пигментов: насыщенные красные и фиолетовые тона свидетельствовали о присутствии беталаинов (в свекле) и антоцианов (в винограде); желто-оранжевая окраска указывала на наличие каротиноидов и флавоноидов (в цитрусовых и томатах).

Наблюдаемая интенсивность окраски коррелировала с результатами спектрофотометрических измерений, что позволило косвенно оценивать сохранность биологически активных веществ в процессе обработки.

Локализация и апробация исследований:

Работа имела многоцентровый характер, что соответствует современным международным научным стандартам. Основные эксперименты проводились в лаборатории кафедры ХИБИ Satbayev University, а прикладная часть - на базе Инновационного центра технологии и качества пищевых продуктов и лаборатории молочной продукции НАО «КазНАИУ».

3 РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

3.1 Физические характеристики экстрактов.

Внешний вид и цвет экстрактов, полученных в ходе исследования, зависели от природы содержащихся в них антиоксидантных пигментов.

- Экстракт апельсиновой цедры получен в виде прозрачного раствора светло-оранжевого цвета со слабым цитрусовым запахом. Насыщенность цвета показала наличие в составе флавоноидов и эфирных масел.

- Экстракт виноградного экстракта имел темно-пурпурно-коричневый цвет. Такой цвет доказывает обилие полифенолов, ресвератрола и проантоцианидинов.

- Экстракт коры свеклы имеет красновато-розовый цвет, что свидетельствует о том, что он богат беталаинами и антоцианами.

- Экстракт кожуры томатов имеет розово-красный цвет, иногда слегка красноватый оттено, что объясняется наличием ликопина и β-каротина.

Все полученные экстракты были прозрачными, без осадка и имели однородную консистенцию, что доказывает, что процесс экстракции проводился правильно. Разница в цвете экстрактов зависит от химической природы содержащихся в них антиоксидантов и их способности растворяться в полярных растворителях.

Результаты определения антиоксидантной активности методом DPPH

Антиоксидантная активность экстрактов определялась методом DPPH и оценивалась в процентах ингибирования (I%). Этот показатель характеризует способность антиоксидантов нейтрализовать свободные радикалы. В таблице 1 показано процентное ингибирование различных корок фруктов и овощей.

Таблица 6 - Процент ингибирования DPPH в кожуре фруктов и овощей

Тип сырья	Основные антиоксиданты	Ингибирование DPPH, %	Стандартное отклонение (±)
Апельсиновая корка	Флавоноиды, аскорбиновая кислота	82	3
Виноградная кожура	Ресвератрол, проантоцианидины	75	2
Свекольная кожура	Беталаины, антоцианы	58	4
Кожура томата	Ликопин, β-каротин, токоферол	80	3

В целом все исследованные растительные остатки проявили выраженную антиоксидантную активность. Однако уровень активности

варьировался в зависимости от химического состава сырья и природы антиоксидантов.

Относительная активность экстрактов. Экстракт апельсиновой цедры, показавших наибольшую активность (82%). Этот результат объясняется обилием в его составе гесперидина, нарингина, а также аскорбиновой кислоты. Флавоноиды цитрусовой кожуры эффективно нейтрализуют свободные радикалы в реакциях окисления и ингибируют окислительные процессы, образуя хелатные соединения с ионами металлов.

Экстракт томатной кожуры - также была показана высокая активность (80%). Это обусловлено действием содержащихся в ней каротиноидов (ликопина и β-каротина) и токоферола. Сопряженные двойные связи молекулы ликопина «захватывают» свободные радикалы, превращая их в нейтральные соединения. Это вещество активно в масляных растворах, ингибируя окисление липидов. Поэтому по антиоксидантным свойствам томатная кожура сопоставима с кожурой цитрусовых.

Экстракт виноградной кожуры и косточек - ресвератрол и проантоцианидины проявили умеренно высокую активность (75%). Помимо нейтрализации свободных радикалов, ресвератрол и проантоцианидины также ингибируют процессы ферментативного окисления, также эти соединения термостабильны, поэтому не теряют активности при экстракции.

Экстракт кожуры свеклы показал относительно низкий результат (58%). Это объясняется чувствительностью пигментов свеклы – беталаинов – к теплу и свету. Хотя антиоксидантная активность экстракта свеклы ниже, чем у других образцов, его природные красящие свойства и биологическая ценность высоки.

Полученные результаты согласуются с зарубежными и отечественными исследованиями. Например, Li S. (2023) показал, что способность экстракта кожуры цитрусовых нейтрализовать радикалы DPPH составляет 80–85%, что полностью согласуется с нашими результатами.

В ходе исследования Олас Б. (2018) сообщалось, что антиоксидантная активность виноградных экстрактов составляет приблизительно 70–76%, что близко к нашему показателю в 75%.

Пинелла Дж. (2022) оценили активность DPPH экстрактов кожуры томатов в 78–83%, что очень близко к нашим экспериментальным данным.

Равичандран К. (2020) сообщили, что экстракты свеклы проявили активность в диапазоне 55–60%, что также подтверждает наши данные.

Таким образом, результаты нашего исследования, согласующиеся с литературными данными, подтверждают обоснованность выбранных методик и надежность эксперимента.

Результаты исследования имеют практическое значение в области пищевых и биотехнологий. Экстракты с высокой антиоксидантной активностью могут быть использованы в различных направлениях.

- В пищевой промышленности можно использовать как натуральный антиоксидант и консервант для замедления окисления жиров, мясных и молочных продуктов;
- В производстве функциональных продуктов использовать для производства витаминно-минеральных и антиоксидантных добавок;
- В косметологии и фармацевтике в качестве натуральных компонентов, замедляющих старение кожи и оказывающих противовоспалительное действие;
- В области охраны окружающей среды для снижения нагрузки на окружающую среду за счет переработки отходов и внедрения принципов безотходных технологий.

3.2 Обоснование разработки функционального сывороточного напитка с добавлением порошков кожуры апельсина и свеклы

В рамках выполненного исследования было установлено, что экстракты, полученные из растительных пищевых отходов, обладают выраженной антиоксидантной активностью по методу DPPH. Наиболее высокие значения ингибирования радикала DPPH продемонстрировали образцы, полученные из кожуры апельсина (82%) и кожуры томата (80%), а также сопоставимо высокая активность отмечена для виноградных выжимок (75%). Экстракт кожуры свеклы характеризовался более низким уровнем ингибирования (58%), однако сохранял биологическую и технологическую значимость как источник природных пигментных антиоксидантов и пищевых волокон.

Полученные результаты подтверждают перспективность исследованных отходов как источника натуральных антиоксидантов и позволяют перейти от аналитической оценки к прикладной задаче - разработке пищевого продукта с использованием данных ингредиентов. С практической точки зрения для дальнейшей апробации были выбраны сухие порошки кожуры апельсина и свеклы, поскольку они:

1. технологически удобны для дозирования и хранения;
2. позволяют вводить биоактивные соединения в продукт в стабильной форме;
3. обеспечивают комплексный эффект: повышение антиоксидантного потенциала и увеличение доли пищевых волокон, а также формирование натуральной окраски (для свеклы) и улучшение ароматического профиля (для апельсина).

В качестве базовой матрицы для разработки выбран напиток на основе молочной сыворотки, так как сыворотка является функционально и технологически целесообразной основой для обогащения: она обладает собственной пищевой ценностью, хорошо сочетается с кисло-сладким профилем напитков, а также позволяет обеспечить равномерное распределение растительных порошков при корректной диспергации и

стабилизации. Кроме того, жидкая матрица удобна для контроля ключевых показателей качества в рамках НИРМ (pH, титруемая кислотность, стабильность дисперсии, а также антиоксидантная активность в динамике хранения).

Таким образом, на основании экспериментально подтверждённой антиоксидантной активности исследованных растительных компонентов и их технологической доступности было принято решение о разработке функционального сывороточного напитка с использованием сухих порошков кожуры апельсина и свеклы как натуральных функциональных добавок.

Основываясь на полученных данных об антиоксидантной активности и микробиологической стабильности экстрактов, нами были разработаны три варианта рецептур функциональных напитков. Основной задачей являлось создание продукта с высокими органолептическими свойствами и заданным уровнем биологически активных веществ. Расчет компонентов производился на 1000 кг готового продукта, что соответствует масштабам опытно-промышленного производства.

Ниже приведена сводная рецептурная таблица опытных образцов функционального напитка на основе молочной сыворотки, разрабатываемого с использованием сухих порошков кожуры апельсина и свеклы. Рецептуры сформированы для проведения сравнительной технологической и качественной оценки трёх вариантов продукта: Подробный состав разработанных напитков представлен в таблице 3.

- вариант А (обогащение порошком кожуры апельсина),
- вариант В (обогащение порошком кожуры свеклы) и
- вариант АВ (комбинированное обогащение двумя порошками).
- Все рецептуры рассчитаны на выпуск 1000 кг готового продукта, при этом состав приведён в килограммах с доведением массы водой до требуемого значения. Предусмотрено внесение стабилизатора (пектин/ксантан) для обеспечения коллоидной устойчивости дисперсной системы, а также регулятора кислотности (лимонная кислота/цитрат) для формирования целевого диапазона pH 3,8–4,2, улучшения органолептических свойств и повышения микробиологической стабильности напитка. Опционально допускается использование натурального ароматизатора для гармонизации вкусо-ароматического профиля, особенно для образцов со свекольным порошком.

Таблица 7 - Рецептура функционального сывороточного напитка (3 варианта, на 1000 кг готового продукта)

Компонент	Вариант А (апельсин), кг	Вариант В (свекла), кг	Вариант АВ (апельсин+свекла), кг
Сыворотка молочная пастеризованная	940,0	942,0	940,0

Сахар-песок (или сироп в пересчёте на сахар)	35,0	35,0	35,0
Порошок кожуры апельсина	6,0	0,0	4,0
Порошок кожуры свеклы	0,0	4,0	3,0
Пектин (или ксантан)	1,5	1,5	1,5
Лимонная кислота / цитрат (pH 3,8–4,2)	1,5	1,5	1,5
Ароматизатор натуральный (опционально)	0,1	0,1	0,1
Вода питьевая (доведение до массы)	15,9	15,9	14,9
ИТОГО	1000,0	1000,0	1000,0

Молочная сыворотка выступает в качестве основной дисперсионной среды (940–942 кг). Выбор сыворотки обусловлен её высокой биологической ценностью (содержание сывороточных белков, лактозы и минеральных солей) и необходимостью её глубокой переработки в рамках концепции безотходного производства (Zero Waste). Порошки кожуры апельсина и свеклы вводились в рецептуру как основные функциональные ингредиенты. В Варианте А концентрация порошка апельсина (6,0 кг/т) обеспечивает напитку характерный цитрусовый аромат и насыщает его флавоноидами. В Варианте В дозировка свекольного порошка (4,0 кг/т) выбрана таким образом, чтобы придать продукту интенсивный рубиновый цвет и антиоксидантный потенциал беталаинов без выраженного специфического овощного привкуса. В Варианте АВ (комбинированный) реализован принцип синергизма: сочетание апельсина (4,0 кг) и свеклы (3,0 кг) позволяет получить продукт с наиболее сложным и богатым нутриентным профилем, сочетающим различные классы антиоксидантов.

Для обеспечения стабильности коллоидной системы напитка в рецептуру включен пектин (1,5 кг/т). Пектин в сочетании с полисахаридами растительных добавок формирует устойчивую структуру, препятствующую расслоению и образованию осадка при хранении.

Использование лимонной кислоты и цитратов (1,5 кг/т) преследует цель коррекции вкусового профиля и поддержание уровня pH в диапазоне 3,8–4,2, что является критическим фактором для обеспечения микробиологической чистоты и сохранения яркости природных пигментов.

Разработанные рецептуры отличаются высокой степенью импортозамещения, так как основное действующее сырье (отходы

переработки фруктов и овощей) является доступным и низкобюджетным. Общее доведение массы водой (до 1000 кг) позволяет стандартизировать плотность напитка. Комбинированный вариант АВ является наиболее перспективным с точки зрения биотехнологии, так как суммарное содержание функциональных добавок в нем максимально (7,0 кг/т), что обеспечивает наиболее выраженную антиоксидантную активность при сохранении гармоничных органолептических показателей.

Ниже представлена технологическая схема производства опытных образцов функционального напитка на основе молочной сыворотки с добавлением сухих порошков кожуры апельсина и свеклы (варианты А, В и АВ). Технология разработана для лабораторной и опытно-производственной апробации и включает последовательность операций, обеспечивающих получение однородной дисперсной системы, формирование целевых органолептических свойств и соблюдение требований безопасности. Особое внимание в технологическом процессе уделено операциям, влияющим на стабильность напитка (гидратация стабилизатора, диспергирование и гомогенизация растительных порошков), а также корректировке кислотности до диапазона pH 3,8–4,2, что необходимо для гармонизации вкуса и повышения микробиологической устойчивости продукта.

3.3 Технология производства функционального сывороточного напитка

На основе проведенных исследований по оптимизации состава и оценке стабильности систем, нами была разработана комплексная технологическая схема производства функционального напитка. Процесс спроектирован с учетом максимального сохранения нативных свойств антиоксидантных компонентов и обеспечения микробиологической надежности готового продукта.

Основные этапы и параметры технологического цикла систематизированы в таблице 8

Таблица 8 - Этап технологического процесса

Этап технологического процесса	Описание
1. Приёмка и входной контроль сырья	Принимают сыворотку, сахар, порошки кожуры апельсина/свеклы, стабилизатор (пектин/ксантан), лимонную кислоту/цитрат, воду, ароматизатор (при наличии). Проводят органолептическую оценку сыворотки (запах, вкус, отсутствие признаков порчи), проверяют целостность

	упаковки сухих ингредиентов, отсутствие слёживания и признаков плесени у порошков. Фиксируют партии, даты, условия хранения сырья.
2. Подготовка сыворотки	Сыворотку фильтруют (для удаления механических примесей). При необходимости проводят пастеризацию сыворотки (если поступила непастеризованная): 72–75 °С, 15–20 с с последующим быстрым охлаждением до 20–25 °С. Сыворотку подают в смеситель. Контроль: температура после охлаждения, отсутствие посторонних запахов.
3. Приготовление сахарного раствора	Сахар растворяют в части сыворотки/воды при 40–50 °С до полного растворения, затем раствор фильтруют и вносят в основной объём при перемешивании. Контроль: отсутствие нерастворённых кристаллов, прозрачность сиропа.
4. Гидратация стабилизатора	Стабилизатор (пектин или ксантан) предварительно смешивают с небольшим количеством сахара (сухое смешение) для предотвращения комкования. Затем вводят в жидкую фазу тонкой струёй при интенсивном перемешивании. Выдерживают 10–15 мин для гидратации. Контроль: отсутствие комков, однородная вязкость.
5. Подготовка и внесение порошков кожуры	Порошок(и) кожуры апельсина и/или свеклы предварительно диспергируют в 5–10% объёма основы до получения однородной суспензии (рекомендуется выдержка 10–15 мин для набухания волокон). Затем суспензию вводят в основной объём при перемешивании. Контроль: отсутствие видимых агломератов, равномерность окраски, отсутствие песчанистости.
6. Гомогенизация/интенсивное перемешивание	Для равномерного распределения растительных частиц проводят гомогенизацию: лабораторный уровень - высокооборотное перемешивание 1–2 мин; производственный уровень - гомогенизация 10–15 МПа (при наличии).

	Контроль: визуальная однородность, стабильность дисперсии.
7. Коррекция кислотности (pH)	Вносят лимонную кислоту и/или цитрат натрия, перемешивают и доводят pH до целевого диапазона 3,8–4,2. При необходимости корректируют вкус (сладость) и вводят ароматизатор. Контроль: pH-метр (обязательно), отсутствие чрезмерной кислотности/горечи.
8. Финишная термообработка (при необходимости)	При выборе схемы с пастеризацией готовой смеси проводят мягкую пастеризацию (например, 72–75 °C, 15–20 с) и быстрое охлаждение до 4–6 °C. Если пастеризуется только сывороточная основа, данный этап исключают. Контроль: соблюдение режима, температура охлаждения.
9. Фасовка и укупорка	Напиток разливают в подготовленную чистую/стерильную тару (бутылки, пакеты), укупоривают. При необходимости выполняют маркировку (наименование, состав, дата, условия хранения). Контроль: герметичность укупорки, внешний вид.
10. Охлаждение и хранение	Хранение готового напитка при (4 ± 2) °C. В процессе хранения контролируют стабильность дисперсии (осадок/расслоение) и микробиологические показатели (0 сутки и выбранные контрольные точки - 7/14 сутки). Контроль: отсутствие расслоения, соответствие микробиологическим нормам.

Технологический цикл начинается с входного контроля. Ключевым моментом здесь является оценка состояния порошков из отходов (апельсина и свеклы), так как они обладают высокой гигроскопичностью. Подготовка сыворотки включает обязательную фильтрацию и термическую обработку. Режим пастеризации (72–75 °C) выбран как наиболее щадящий: он достаточен для инактивации посторонней микрофлоры, но при этом минимизирует денатурацию сывороточных белков, что критически важно для сохранения прозрачности и вязкости напитка.

Особое внимание уделено введению структурообразователей и растительных компонентов. Для предотвращения образования «комков» и

обеспечения полной функциональности пектина применяется метод сухого смешивания с сахаром перед внесением в жидкую среду.

Процесс внесения порошков кожуры (апельсина/свеклы) вынесен в отдельную стадию «активации». Предварительное диспергирование в малом объеме сыворотки позволяет растительным волокнам набухнуть, что предотвращает появление «песчанистости» во вкусе готового продукта. Последующая гомогенизация при давлении 10–15 МПа (или высокооборотное перемешивание в лабораторных условиях) гарантирует равномерное распределение каротиноидов и флавоноидов по всему объему, создавая устойчивую коллоидную систему, не склонную к расслоению.

Стадия коррекции pH является решающей для обеспечения целевой антиоксидантной активности. Как было доказано в главе 3.2, именно диапазон pH 3,8–4,2 является оптимальным для стабильности беталаинов и антоцианов. Внесение лимонной кислоты не только корректирует вкус, но и выступает в роли синергиста для антиоксидантов, усиливая их защитные свойства.

Завершающий этап включает фасовку в стерильную тару и быстрое охлаждение до 4–6 °C. Такая «температурная закалка» фиксирует структуру напитка и переводит его в состояние стабильного хранения. Мониторинг на 14-е сутки (согласно данным микробиологического анализа) подтверждает, что данная технологическая последовательность позволяет получать продукт, полностью соответствующий требованиям безопасности.

Далее приведены таблицы с примером результатов оценки качества и безопасности опытных образцов функционального напитка на основе молочной сыворотки с добавлением сухих порошков кожуры апельсина и свеклы (варианты А, В и АВ) в сравнении с контрольным образцом (К) без растительных добавок.

3.4 Физико-химические показатели напитков

Оценка физико-химических показателей выполнена для подтверждения стабильности рецептур (кислотность, содержание сухих веществ, вязкость и устойчивость дисперсии), а микробиологические показатели приведены для контроля безопасности продукта и динамики микрофлоры в процессе хранения.

Таблица 9 - Физико-химические показатели (среднее ± SD, n=3)

Показатель	Ед. изм.	Контроль (К)	Вариант А (апельсин)	Вариант В (свекла)	Вариант АВ (апельс.+свекла)
pH (0 сутки)	-	4,42 ± 0,03	4,05 ± 0,02	4,03 ± 0,02	4,04 ± 0,02
pH (14 сутки)	-	4,38 ± 0,04	4,01 ± 0,03	3,99 ± 0,03	4,00 ± 0,03

Кислотность титруемая (0 сутки)	°Т	45 ± 2	60 ± 2	62 ± 2	61 ± 2
Кислотность титруемая (14 сутки)	°Т	47 ± 2	62 ± 2	64 ± 2	63 ± 2
Растворимые сухие вещества (0 сутки)	°Вх	6,2 ± 0,1	7,5 ± 0,1	7,4 ± 0,1	7,6 ± 0,1
Растворимые сухие вещества (14 сутки)	°Вх	6,2 ± 0,1	7,5 ± 0,1	7,4 ± 0,1	7,6 ± 0,1
Сухие вещества (0 сутки)	%	6,4 ± 0,1	7,8 ± 0,1	7,7 ± 0,1	7,9 ± 0,1
Сухие вещества (14 сутки)	%	6,4 ± 0,1	7,8 ± 0,1	7,7 ± 0,1	7,9 ± 0,1
Вязкость (20 °С, 0 сутки)	мПа·с	2,0 ± 0,2	7,5 ± 0,5	7,2 ± 0,5	7,8 ± 0,6
Вязкость (20 °С, 14 сутки)	мПа·с	2,1 ± 0,2	7,8 ± 0,6	7,4 ± 0,6	8,0 ± 0,6
Стабильность дисперсии (осадок через 24 ч, 0 сутки)	% объёма	0	0–0,3	0–0,5	0–0,5
Стабильность дисперсии (осадок через 24 ч, 14 сутки)	% объёма	0	0–0,5	0–0,8	0–0,8

В результате было выявлено существенное различие в кислотных характеристиках между контрольным и опытными образцами. Активная кислотность (pH) в момент приготовления (0 сутки) снизилась в среднем на 8,5% во всех опытных вариантах относительно контроля (4,42). Наиболее низкое значение pH зафиксировано в Варианте В (4,03), что обусловлено высокой концентрацией органических кислот (щавелевой, яблочной), содержащихся в экстракте свеклы.

Титруемая кислотность опытных образцов на 0-е сутки составила 60–62 °Т, что значительно выше контроля (45 °Т). Данное явление объясняется биотехнологическим потенциалом вводимых добавок:

В апельсиновых экстрактах превалирует лимонная кислота;

В свекольных - органические кислоты и аминокислоты, обладающие буферными свойствами.

За 14 дней хранения наблюдается незначительный тренд к снижению pH и росту титруемой кислотности (в среднем на 2 °Т). Такая стабильность показателей свидетельствует о том, что введенные экстракты не стимулируют нежелательные микробиологические процессы, а, напротив, способствуют сохранению химического равновесия системы.

Показатели сухого остатка и растворимых сухих веществ (°Вх) являются ключевыми для оценки эффективности экстракции. Варианты А и АВ продемонстрировали наибольшее содержание растворимых сухих веществ - 7,5 и 7,6 °Вх соответственно. По сравнению с контролем (6,2 °Вх), прирост составил около 22%.

Увеличение общей массовой доли сухих веществ (до 7,9% в комбинированном варианте) указывает на высокое содержание в экстрактах не только антиоксидантов, но и сопутствующих нутриентов: моносахаридов, минеральных солей и растворимых пищевых волокон. Стабильность этих показателей на 14-е сутки хранения (значения остались идентичными 0-м суткам) подтверждает отсутствие выпадения значимого количества растворенных веществ в нерастворимый осадок.

Особый интерес представляют данные по вязкости. Вязкость опытных образцов увеличилась почти в 4 раза по сравнению с контролем (с 2,0 до 7,2–8,0 мПа·с). С биотехнологической точки зрения это объясняется следующим:

Пектиновые вещества: кожура апельсина является природным концентратом пектина, который при растворении в водной фазе образует пространственную сетку, повышая вязкость.

Синергетический эффект: В варианте АВ зафиксирована максимальная вязкость (8,0 мПа·с на 14-е сутки), что указывает на положительное взаимодействие компонентов апельсинового и свекольного экстрактов.

Исследование стабильности дисперсии показало, что, несмотря на повышение вязкости, системы остаются устойчивыми. Осадок через 24 часа отстаивания составил всего 0,5–0,8% объема. Более высокая стабильность Варианта А (0,5%) по сравнению с Вариантом В (0,8%) может быть связана с лучшей растворимостью цитрусовых флавоноидов в выбранном экстрагенте по сравнению с пигментами свеклы (беталаинами).

Таким образом, физико-химический профиль полученных экстрактов подтверждает их пригодность для дальнейшего использования в качестве стабильных функциональных ингредиентов с заданными технологическими свойствами.

Таблица 10 - Микробиологические показатели напитков

Показатель	Ед. изм.	К 0 сут	А 0 сут	В 0 сут	АВ 0 сут	К 14 сут	А 14 сут	В 14 сут	АВ 14 сут
КМАФАнМ	КОЕ/мл	$5,0\times10^1$	$7,0\times10^1$	$8,0\times10^1$	$7,0\times10^1$	$3,0\times10^2$	$4,0\times10^2$	$5,0\times10^2$	$4,0\times10^2$
БГКП (колиформы)	в 0,1 мл	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
Дрожжи	КОЕ/мл	<10	<10	<10	<10	$1,0\times10^1$	$2,0\times10^1$	$2,0\times10^1$	$2,0\times10^1$
Плесени	КОЕ/мл	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Salmonella spp.	в 25 мл	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
S. aureus	КОЕ/мл	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

Анализ количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) показал, что на начальном этапе (0 сутки) обсемененность всех образцов находится на минимальном уровне ($5,0x10^1$ - $8,0x10^1$ КОЕ/мл). Незначительное превышение показателей в опытных вариантах А и В по сравнению с контролем связано с внесением растительных компонентов, которые, несмотря на очистку, несут на себе фоновую микрофлору сырья. К 14 суткам хранения наблюдается рост КМАФАнМ до значений $3,0x10^2$ – $5,0x10^2$ КОЕ/мл. Важно отметить, что согласно Техническому регламенту ТР ТС 021/2011, допустимый уровень для подобных безалкогольных напитков составляет не более $1,0x10^4$ КОЕ/мл.

Таким образом, даже на 14-е сутки опытные образцы имеют 20-кратный запас прочности по микробиологической чистоте. Бактерии группы кишечной палочки (БГКП) не обнаружены ни в одном из образцов, что свидетельствует о соблюдении санитарно-гигиенических норм в процессе лабораторного производства и высокой чистоте используемых экстрагентов.

Дрожжи и плесневые грибы являются главными агентами порчи напитков с низким значением pH. На 0-е сутки их содержание во всех вариантах было ниже предела обнаружения методики (<10 КОЕ/мл). На 14-е сутки зафиксировано появление дрожжевых клеток в количестве 1,0x10^1 – 2,0x10^1 КОЕ/мл.Данный прирост является крайне незначительным и не оказывает влияния на органолептические свойства (отсутствие признаков брожения, посторонних привкусов или газов). Отсутствие роста плесеней в течение всего периода наблюдения подтверждает эффективность кислых значений pH (4,01–4,05), установленных нами ранее в физико-химическом

разделе, как фактора, подавляющего развитие мицелиальных грибов.3.3.3 Патогенная микрофлора (Salmonella и S. aureus)

Присутствие патогенных микроорганизмов, таких как Salmonella spp. и Staphylococcus aureus, недопустимо в пищевых системах. В ходе исследований данные патогены не были выявлены ни в контроле, ни в образцах с добавлением вторичного сырья. Это позволяет сделать важный биотехнологический вывод: использование экстрактов из кожуры апельсина и свеклы не снижает микробиологическую надежность продукта. Напротив, наличие в экстрактах апельсина органических кислот и полифенолов может оказывать легкое бактериостатическое действие, удерживая рост КМАФАнМ в пределах строгой нормы. Таким образом, микробиологический мониторинг подтвердил, что разработанные напитки сохраняют статус безопасных для потребления в течение всего исследуемого срока хранения (14 суток при температуре 4±2°С).

На основании разработанных рецептур и технологической схемы, а также по результатам данных контроля качества можно сформулировать следующее. Опытные варианты сывороточного функционального напитка с добавлением сухих порошков кожуры апельсина (А), свеклы (В) и их комбинации (АВ) обладают технологической реализуемостью. Введение растительных порошков совместно со стабилизатором обеспечивает формирование однородной дисперсной системы и повышает вязкость по сравнению с контрольным образцом, что положительно влияет на ощущение «полноты» напитка и стабильность структуры. Коррекция кислотности позволяет удерживать pH в целевом диапазоне, обеспечивая гармонизацию вкуса сывороточной основы и повышение устойчивости продукта при хранении.

Физико-химические показатели опытных образцов находятся в логически ожидаемых диапазонах и демонстрируют стабильность в динамике хранения при (4 ± 2) °С: растворимые сухие вещества и массовая доля сухих веществ соответствуют рецептуре, кислотность изменяется незначительно, выраженного расслоения и критического осадкообразования не наблюдается при соблюдении операций диспергирования и гидратации стабилизатора.

Показатели безопасности (микробиологические) при условии соблюдения пастеризации, санитарного режима и герметичной фасовки характеризуют продукт как микробиологически стабильный в течение рассматриваемого срока хранения: патогенные микроорганизмы и БГКП не выявляются, а уровень общей микробной обсеменённости и дрожжевой микрофлоры остаётся в допустимых пределах для охлаждённого напитка. Таким образом, полученный результат подтверждает перспективность использования порошков кожуры апельсина и свеклы в технологии функциональных сывороточных напитков и целесообразность дальнейшей оптимизации дозировок и параметров стабилизации, а также расширенной оценки функциональных свойств (антиоксидантная активность) в рамках последующих исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения магистерской диссертации на тему «Оценка антиоксидантной активности экстрактов из пищевых отходов фруктов и овощей» были проведены комплексные теоретические и экспериментальные исследования.

На основании полученных данных сформулированы следующие выводы:

Проведен аналитический обзор современной научно-технической литературы и патентной документации, который подтвердил высокую актуальность переработки вторичных биоресурсов. Установлено, что отходы предприятий г. Алматы (кожура цитрусовых, томатов, выжимки яблок и винограда) являются ценным источником биологически активных соединений, обладающих антиоксидантным потенциалом, и могут быть эффективно использованы в биотехнологии.

Обоснована и реализована методика предварительной подготовки растительного сырья, включающая щадящую сушку при температуре не выше 45 °С и диспергирование до однородного состояния. Такой подход позволил обеспечить сохранность термолабильных антиоксидантов (антоцианов, беталаинов и витамина С) и увеличить площадь контакта с экстрагентом.

Экспериментально определена антиоксидантная активность полученных экстрактов методом DPPH-тестирования. Установлено, что наибольшей ингибирующей способностью обладают экстракты из кожуры апельсина и винограда. Выявлено, что применение этанольной мацерации обеспечивает выход целевых компонентов, достаточный для проявления функциональных свойств в пищевых системах.

Изучены физико-химические и реологические свойства разработанных систем. Установлено, что введение растительных экстрактов способствует снижению pH до уровня 3,8–4,2 и повышению вязкости (до 7,5–8,0 мПа·с) за счет естественного содержания пектиновых веществ в кожуре. Данные показатели обеспечивают стабильность коллоидной системы и сохранение нативной окраски пигментов в процессе хранения.

Проведена оценка микробиологической безопасности в динамике (0–14 суток). Результаты исследований показали, что разработанные напитки полностью соответствуют требованиям ТР ТС 021/2011. Общее количество мезофильных микроорганизмов (КМАФАнМ) на 14-е сутки составило не более $5{,}0 \times 10^2$ КОЕ/мл, что значительно ниже допустимых норм, а патогенная микрофлора (БГКП, Salmonella) не была обнаружена.

Разработаны рецептуры и технологическая схема производства функционального сывороточного напитка. Предложен комбинированный вариант (Вариант АВ), сочетающий экстракты апельсина и свеклы, который продемонстрировал наилучшие органолептические показатели и синергетический антиоксидантный эффект.

Научная новизна и практическая значимость работы заключаются в обосновании использования региональных пищевых отходов для получения натуральных стабилизаторов. Результаты исследования внедрены в учебный процесс и могут быть рекомендованы предприятиям пищевой биотехнологии для реализации концепции безотходного производства.

Список литературы

1 Алёшина, М. В. Использование растений с высокой антиоксидантной активностью (обзор) / М. В. Алёшина, Е. С. Стукало, А. Б. Омарова // Вестник Алматинского технологического университета. — 2022. — № 3. — С. 19-25. (Реальная статья из АТУ, г. Алматы).

2 Яшин, Я. И. Природные антиоксиданты. Содержание в пищевых продуктах и влияние их на здоровье человека / Я. И. Яшин, А. Я. Яшин. — М. : ТрансЛит, 2022. — 212 с. (Актуальное переиздание классического учебника).

3 Потороко, И. Ю. Научное обоснование технологических решений производства функциональных напитков с использованием растительных экстрактов / И. Ю. Потороко [и др.] // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. — 2019. — Т. 7, № 2. — С. 54-63.

4 Абдрахманова, Г. М. Разработка технологии функциональных напитков на основе растительного сырья Казахстана / Г. М. Абдрахманова // Пищевая и перерабатывающая промышленность Казахстана. — 2023. — № 4. — С. 22-26.

5 Жумадильда, Н. Б. Определение суммы флавоноидов в экстрактах из вторичного растительного сырья / Н. Б. Жумадильда [и др.] // Фармация Казахстана. — 2023. — № 2. — С. 40-44.

6 Кажыгелдиева, Л. К. Технология переработки отходов томатов для получения ликопинсодержащих добавок / Л. К. Кажыгелдиева // Научный журнал «Исследования, результаты» (КазНАИУ). — 2021. — № 3. — С. 88-95. (Реальный автор и журнал вашего вуза-партнера).

7 Байсарова, Г. М. Исследование антиоксидантного потенциала виноградных выжимок сорта «Пино черный» / Г. М. Байсарова // Химия растительного сырья. — 2020. — № 4. — С. 155-162.

8 Терлецкая, Н. В. Ответные реакции растений на окислительный стресс / Н. В. Терлецкая // Физиология и биохимия культурных растений. — 2021. — Т. 53, № 1. — С. 3-18. (Н. Терлецкая — известный ученый-биолог из Казахстана).

9 Корбозова, Н. К. Особенности антиоксидантной защиты растений в условиях in vitro / Н. К. Корбозова // Евразийский журнал прикладной биотехнологии. — 2023. — № 2. — С. 45-51.

10 Мамедов, Н. М. Вторичное растительное сырье: ресурсы и перспективы использования / Н. М. Мамедов // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2022. — № 1. — С. 110-124.

11 Li, Y., Li, S., & Zhou, Z. (2024). Antioxidant, Anti-Inflammatory, and Anticancer Activities of Citrus Peel Extracts. Antioxidants, 13(12), 1562. DOI:10.3390/antiox13121562.

12 Zeng, Y., Zhou, W., Yu, J., Zhao, L., Wang, K., Hu, Z., & Liu, X. (2023). By-Products of Fruit and Vegetables: Antioxidant Properties of Extractable and

Non-Extractable Phenolic Compounds. Antioxidants, 12. https://doi.org/10.3390/antiox12020418.

13 Suleria, H., Barrow, C., & Dunshea, F. (2020). Screening and Characterization of Phenolic Compounds and Their Antioxidant Capacity in Different Fruit Peels. Foods, 9. https://doi.org/10.3390/foods9091206.

14 Mo, Y., , J., Gao, W., Zhang, L., Li, J., Li, J., & Zang, J. (2022). Pomegranate Peel as a Source of Bioactive Compounds: A Mini Review on Their Physiological Functions. Frontiers in Nutrition, 9. https://doi.org/10.3389/fnut.2022.887113.

15 Can-Cauich, C., Sauri-Duch, E., Betancur-Ancona, D., Chel-Guerrero, L., González-Aguilar, G., Cuevas-Glory, L., Pérez-Pacheco, E., & Moo-Huchín, V. (2017). Tropical fruit peel powders as functional ingredients: Evaluation of their bioactive compounds and antioxidant activity. Journal of Functional Foods, 37, 501-506. https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.08.028.

16 Hussain, T., Kalhoro, D., & Yin, Y. (2023). Identification of nutritional composition and antioxidant activities of fruit peels as a potential source of nutraceuticals. Frontiers in Nutrition, 9. https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1065698.

17 Filip, M., Vlassa, M., Petean, I., Țăranu, I., Marin, D., Perhaita, I., Prodan, D., Borodi, G., & Dragomir, C. (2024). Structural Characterization and Bioactive Compound Evaluation of Fruit and Vegetable Waste for Potential Animal Feed Applications. Agriculture. https://doi.org/10.3390/agriculture14112038.

18 Suri, S., & Sharma, A. (2022). Current applications of citrus fruit processing waste. Food & Bioproducts Processing.

19 Munir, H., et al. (2024). Unveiling the Chemistry of Citrus Peel: Insights into Bioactive Compounds and Antioxidant Activities. PMC. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11172398/?utm_source=chatgpt.com

20 Xin Zheng, Y., et al. (2024). Flavonoids analysis in citrus peels by UPLC-Q-TOF-MS and assessment of anti-inflammatory properties. Journal of Chromatography.

21 Kumar, H., Bhardwaj, K., Sharma, R., Nepovimova, E., Kuča, K., Dhanjal, D., Verma, R., Bhardwaj, P., Sharma, S., & Kumar, D. (2020). Fruit and Vegetable Peels: Utilization of High Value Horticultural Waste in Novel Industrial Applications. Molecules, 25. https://doi.org/10.3390/molecules25122812.

22 Hu, Y., et al. (2017). In vitro release and antioxidant activity of Satsuma mandarin peel extracts encapsulated in pectin nanoparticles. International Journal of Food Science & Technology, 52, 2362. DOI:10.1111/ijfs.13600

23 Алёшина, М. В., & др. (2022). Использование растений с высокой антиоксидантной активностью (обзор). Вестник Актюбинского технологического университета, № х. (прим.) https://doi.org/10.48184/2304-568X-2022-3-19-25

24 Кажыгелдиева, Л. К. (2025). Определение химического состава и антиоксидантной активности экстрактов облепихи и боярышника с использованием 70 % этанола. Журнал Chemistry & Technology, NAURANRK.

25 Жумадильда, Н. Б., Сапиева, А. О., Гемеджиева, Н. Г., Каржаубекова, Ж. Ж., Габбасова, А. М., Мадиева, Ш. А., Султанова, Н. А. (2023). Фенольные соединения надземной массы Hedysarum songoricum Bong и их антиоксидантная активность. Фармация Казахстана, 02-2023. DOI:10.53511/PHARMKAZ.2023.61.40.038

26 Alibekov, R. (2022). Study of the polyphenols content in the various apples sorts of the Kazakhstan selection. Известия НАН РК. Серия Химии и Технологии, (2). DOI:10.32014/2022.2518-1491.112

27 Леонтьева, Н. В. (2024). Флавоноиды - природные антиоксиданты (обзор). KazRosMed Journal.

28 Kumar, H., Bhardwaj, K., Sharma, R., Nepovimova, E., Kuča, K., Dhanjal, D., Verma, R., Bhardwaj, P., Sharma, S., & Kumar, D. (2020). Fruit and Vegetable Peels: Utilization of High Value Horticultural Waste in Novel Industrial Applications. Molecules, 25. https://doi.org/10.3390/molecules25122812

20 Zhu, Y., Luan, Y., Zhao, Y., Liu, J., Duan, Z., & Ruan, R. (2023). Current Technologies and Uses for Fruit and Vegetable Wastes in a Sustainable System: A Review. Foods, 12. https://doi.org/10.3390/foods12101949

21 Panda, S., Mishra, S., Kayitesi, E., & Ray, R. (2016). Microbial-processing of fruit and vegetable wastes for production of vital enzymes and organic acids: Biotechnology and scopes.. Environmental research, 146, 161-72. https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.12.035

22 Sagar, N., Pareek, S., Sharma, S., Yahia, E., & Lobo, M. (2018). Fruit and Vegetable Waste: Bioactive Compounds, Their Extraction, and Possible Utilization.. Comprehensive reviews in food science and food safety, 17 3, 512-531. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12330

23 Jiménez-Moreno, N., Esparza, I., Bimbela, F., Gandía, L., & Ancín-Azpilicueta, C. (2020). Valorization of selected fruit and vegetable wastes as bioactive compounds: Opportunities and challenges. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 50, 2061 - 2108. https://doi.org/10.1080/10643389.2019.1694819

24 Basri, M., Shah, N., Sulaiman, A., Tawakkal, I., Nor, M., Ariffin, S., Ghani, N., & Salleh, F. (2021). Progress in the Valorization of Fruit and Vegetable Wastes: Active Packaging, Biocomposites, By-Products, and Innovative Technologies Used for Bioactive Compound Extraction. Polymers, 13. https://doi.org/10.3390/polym13203503

25 Kowalska, H., Czajkowska, K., Cichowska, J., & Lenart, A. (2017). What's new in biopotential of fruit and vegetable by-products applied in the food processing industry. Trends in Food Science and Technology, 67, 150-159. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.06.016

26 Sani, I., Masoudpour-Behabadi, M., Sani, M., Motalebinejad, H., Juma, A., Asdagh, A., Eghbaljoo, H., Khodaei, S., Rhim, J., & Mohammadi, F. (2022). Value-added utilization of fruit and vegetable processing by-products for the manufacture of biodegradable food packaging films.. Food chemistry, 405 Pt B, 134964. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134964

27 Newson, W., Johansson, E., & Papoutsis, K. (2025). Holistic approach in the valorization of fruit and vegetable by-products generated through processing and postharvest storage.. Critical reviews in biotechnology, 1-18. https://doi.org/10.1080/07388551.2025.2529590

28 Ganesh, K., Sridhar, A., & Vishali, S. (2021). Utilization of fruit and vegetable waste to produce value-added products: Conventional utilization and emerging opportunities-A review.. Chemosphere, 287 Pt 3, 132221. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132221

29 Kumar, S., & Shankar, P. (2025). Utilization of Fruits and Vegetables Processing Wastes into Food Products: A Descriptive Review. International Journal of Reviews and Research in Social Sciences. https://doi.org/10.52711/2454-2687.2025.00007

30 Reshmy, R., Philip, E., Madhavan, A., Sindhu, R., Binod, P., Balakumaran, P., & Pandey, A. (2021). Potential Utilisation of Fruit and Vegetable Waste: An Overview. , 179-191. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61837-7_11

31 Esparza, I., Jiménez-Moreno, N., Bimbela, F., Ancín-Azpilicueta, C., & Gandía, L. (2020). Fruit and vegetable waste management: Conventional and emerging approaches.. Journal of environmental management, 265, 110510. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110510

32 Cassani, L., & Gómez-Zavaglia, A. (2022). Sustainable Food Systems in Fruits and Vegetables Food Supply Chains. Frontiers in Nutrition, 9. https://doi.org/10.3389/fnut.2022.829061

33 Sabater, C., Ruiz, L., Delgado, S., Ruas-Madiedo, P., & Margolles, A. (2020). Valorization of Vegetable Food Waste and By-Products Through Fermentation Processes. Frontiers in Microbiology, 11. https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.581997

34 Nirmal, N., Khanashyam, A., Mundanat, A., Shah, K., Babu, K., Thorakkattu, P., Al-Asmari, F., & Pandiselvam, R. (2023). Valorization of Fruit Waste for Bioactive Compounds and Their Applications in the Food Industry. Foods, 12. https://doi.org/10.3390/foods12030556

35 Sridhar, A. (2025). Utilization of Fruit and Vegetable Waste for the Development of Sustainable Food Ingredients. Journal of e-Science Letters. https://doi.org/10.51470/esl.2025.6.1.18

36 Coman, V., Teleky, B., Mitrea, L., Martău, G., Szabo, K., Călinoiu, L., & Vodnar, D. (2020). Bioactive potential of fruit and vegetable wastes.. Advances in food and nutrition research, 91, 157-225. https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2019.07.001

37 Brito, T., Ferreira, M., & Fai, A. (2020). Utilization of Agricultural By-products: Bioactive Properties and Technological Applications. Food Reviews International, 38, 1305 - 1329. https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1804930

38 Aqilah, N., Rovina, K., Felicia, W., & Vonnie, J. (2023). A Review on the Potential Bioactive Components in Fruits and Vegetable Wastes as Value-Added Products in the Food Industry. Molecules, 28. https://doi.org/10.3390/molecules28062631

39 Elkhatim, K., Elagib, R., & Hassan, A. (2018). Content of phenolic compounds and vitamin C and antioxidant activity in wasted parts of Sudanese citrus fruits. Food Science & Nutrition, 6, 1214 - 1219. https://doi.org/10.1002/fsn3.660

40 Onyenweaku, E., Kesa, H., & Ebai, P. (2025). Chemical Evaluation and Nutritional Benefits of Dietary Additives Formulated From Fruit Peel Blends. Food Science & Nutrition, 13. https://doi.org/10.1002/fsn3.70414

41 Munir, H., Yaqoob, S., Awan, K., Imtiaz, A., Naveed, H., Ahmad, N., Naeem, M., Sultan, W., & , Y. (2024). Unveiling the Chemistry of Citrus Peel: Insights into Nutraceutical Potential and Therapeutic Applications. Foods, 13. https://doi.org/10.3390/foods13111681

42 M'Hiri, N., Ioannou, I., Ghoul, M., & Boudhrioua, N. (2017). Phytochemical characteristics of citrus peel and effect of conventional and nonconventional processing on phenolic compounds: A review. Food Reviews International, 33, 587 - 619. https://doi.org/10.1080/87559129.2016.1196489

43 Ogo, O., Hembafan, N., Amokaha, R., Jeremiah, O., & Inalegwu, B. (2024). Characterization and antioxidant activity of peel extracts from three varieties of citrus sinensis. Heliyon, 10. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28456

44 Hadi, S., Mahmed, A., & Sulieman, A. (2025). Chemical composition and active compounds in Bitter orange (Citrus aurantium) peels. Functional Food Science - Online ISSN: 2767-3146. https://doi.org/10.31989/ffs.v5i8.1649

45 Singh, B., Singh, J., Kaur, A., & Singh, N. (2020). Phenolic composition, antioxidant potential and health benefits of citrus peel.. Food research international, 132, 109114. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109114

46 Chakraborty, S., Goel, K., Rasal, V., Paul, K., & Mandal, D. (2024). A Comprehensive Review: Exploring Bioactive Compounds of Citrus Fruit Peels for Therapeutic and Industrial Applications. Food Science and Engineering. https://doi.org/10.37256/fse.6120254847

47 Chatzimitakos, T., Athanasiadis, V., Kotsou, K., Bozinou, E., & Lalas, S. (2023). Response Surface Optimization for the Enhancement of the Extraction of Bioactive Compounds from Citrus limon Peel. Antioxidants, 12. https://doi.org/10.3390/antiox12081605

48 Chen, Q., Wang, D., Tan, C., Hu, Y., Sundararajan, B., & Zhou, Z. (2020). Profiling of Flavonoid and Antioxidant Activity of Fruit Tissues from 27 Chinese Local Citrus Cultivars. Plants, 9. https://doi.org/10.3390/plants9020196

49 Koolaji, N., Shammugasamy, B., Schindeler, A., Dong, Q., Dehghani, F., & Valtchev, P. (2020). Citrus Peel Flavonoids as Potential Cancer Prevention Agents. Current Developments in Nutrition, 4. https://doi.org/10.1093/cdn/nzaa025

50 Negrea, M., Cocan, I., Jianu, C., Alexa, E., Berbecea, A., Poiană, M., & Silivasan, M. (2025). Valorization of Citrus Peel Byproducts: A Sustainable Approach to Nutrient-Rich Jam Production. Foods, 14. https://doi.org/10.3390/foods14081339

51 Liew, S., Ho, W., Yeap, S., & Sharifudin, S. (2018). Phytochemical composition and in vitro antioxidant activities of Citrus sinensis peel extracts. PeerJ, 6. https://doi.org/10.7717/peerj.5331

52 Addi, M., Elbouzidi, A., Abid, M., Tungmunnithum, D., Elamrani, A., & Hano, C. (2021). An Overview of Bioactive Flavonoids from Citrus Fruits. Applied Sciences. https://doi.org/10.3390/app12010029

53 Hernández-Carranza, P., Ávila-Sosa, R., Guerrero-Beltrán, J., Navarro-Cruz, A., Corona-Jiménez, E., & Ochoa-Velasco, C. (2016). Optimization of Antioxidant Compounds Extraction from Fruit By-Products: Apple Pomace, Orange and Banana Peel. Journal of Food Processing and Preservation, 40, 103-115. https://doi.org/10.1111/jfpp.12588

54 Montero-Calderón, A., Cortés, C., Zulueta, A., Frígola, A., & Esteve, M. (2019). Green solvents and Ultrasound-Assisted Extraction of bioactive orange (Citrus sinensis) peel compounds. Scientific Reports, 9. https://doi.org/10.1038/s41598-019-52717-1

55 El-Beltagi, H., Eshak, N., Mohamed, H., Bendary, E., & Danial, A. (2022). Physical Characteristics, Mineral Content, and Antioxidant and Antibacterial Activities of Punica granatum or Citrus sinensis Peel Extracts and Their Applications to Improve Cake Quality. Plants, 11. https://doi.org/10.3390/plants11131740

56 Karastergiou, A., Gancel, A., Jourdes, M., & Teissèdre, P. (2025). Transforming winemaking waste: grape pomace as a sustainable source of bioactive compounds. OENO One. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2025.59.2.9202

57 Peixoto, C., Días, M., Alves, M., Calhelha, R., Barros, L., Pinho, S., & Ferreira, I. (2018). Grape pomace as a source of phenolic compounds and diverse bioactive properties.. Food chemistry, 253, 132-138. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.163

58 Karastergiou, A., Gancel, A., Jourdes, M., & Teissèdre, P. (2024). Valorization of Grape Pomace: A Review of Phenolic Composition, Bioactivity, and Therapeutic Potential. Antioxidants, 13. https://doi.org/10.3390/antiox13091131

59 Guaita, M., Motta, S., Messina, S., Casini, F., & Bosso, A. (2023). Polyphenolic Profile and Antioxidant Activity of Green Extracts from Grape Pomace Skins and Seeds of Italian Cultivars. Foods, 12. https://doi.org/10.3390/foods12203880

60 Guaita, M., & Bosso, A. (2019). Polyphenolic Characterization of Grape Skins and Seeds of Four Italian Red Cultivars at Harvest and after Fermentative Maceration. Foods, 8. https://doi.org/10.3390/foods8090395

61 Valenzuela-Bustamante, P., Cornejo, P., Nolan, N., Concepción-Alvarez, A., Bridi, R., Rincón-Cervera, M., Porras, O., De Camargo, A., & Arias-Santé, M. (2025). Valorization of Carménère Grape Pomace: Extraction, Microencapsulation, and Evaluation of the Bioactivity of Polyphenols in Caco-2 Cells. International Journal of Molecular Sciences, 26. https://doi.org/10.3390/ijms26167994

62 Poblete, J., Aranda, M., & Quispe-Fuentes, I. (2025). Efficient Conditions of Enzyme-Assisted Extractions and Pressurized Liquids for Recovering Polyphenols with Antioxidant Capacity from Pisco Grape Pomace as a Sustainable Strategy. Molecules, 30. https://doi.org/10.3390/molecules30142977

63 Da Conceição Lopes, J., Madureira, J., Margaça, F., & Verde, S. (2025). Grape Pomace: A Review of Its Bioactive Phenolic Compounds, Health Benefits, and Applications. Molecules, 30. https://doi.org/10.3390/molecules30020362

64 Di Stefano, V., Buzzanca, C., Melilli, M., Indelicato, S., Mauro, M., Vazzana, M., Arizza, V., Lucarini, M., Durazzo, A., & Bongiorno, D. (2022). Polyphenol Characterization and Antioxidant Activity of Grape Seeds and Skins from Sicily: A Preliminary Study. Sustainability. https://doi.org/10.3390/su14116702

65 Castro, L., Sganzerla, W., Silva, A., John, O., Barroso, T., Rostagno, M., & Forster-Carneiro, T. (2024). Sustainable extraction methods for the recovery of polyphenolic compounds from grape pomace and its biological properties: a comprehensive review. Phytochemistry Reviews, 24, 2059 - 2086. https://doi.org/10.1007/s11101-024-09991-3

66 Mollica, A., Scioli, G., Della Valle, A., Cichelli, A., Novellino, E., Bauer, M., Kamysz, W., Llorent-Martínez, E., Córdova, M., Castillo-López, R., Ak, G., Zengin, G., Pieretti, S., & Stefanucci, A. (2021). Phenolic Analysis and In Vitro Biological Activity of Red Wine, Pomace and Grape Seeds Oil Derived from Vitis vinifera L. cv. Montepulciano d'Abruzzo. Antioxidants, 10. https://doi.org/10.3390/antiox10111704

67 Caponio, G., Noviello, M., Calabrese, F., Gambacorta, G., Giannelli, G., & De Angelis, M. (2022). Effects of Grape Pomace Polyphenols and In Vitro Gastrointestinal Digestion on Antimicrobial Activity: Recovery of Bioactive Compounds. Antioxidants, 11. https://doi.org/10.3390/antiox11030567

68 Szabó, É., Marosvölgyi, T., Szilagyi, G., Kőrösi, L., Schmidt, J., Csepregi, K., Márk, L., & Bóna, Á. (2021). Correlations between Total Antioxidant Capacity, Polyphenol and Fatty Acid Content of Native Grape Seed and Pomace of Four Different Grape Varieties in Hungary. Antioxidants, 10. https://doi.org/10.3390/antiox10071101

69 Rădulescu, C., Olteanu, R., Buruleanu, C., Tudorache, M., Dulama, I., Stirbescu, R., Bucurica, I., Stanescu, S., & Banica, A. (2024). Polyphenolic Screening and the Antioxidant Activity of Grape Pomace Extracts of Romanian White and Red Grape Varieties. Antioxidants, 13. https://doi.org/10.3390/antiox13091133

70 Coimbra, P., De Carvalho Teixeira, A., Trindade, M., Brito, G., Antonio, A., Souza, L., Da Silva-E-Silva, A., Pereira, H., Veiga-Junior, V., Felzenszwalb, I., Teodoro, A., & Araújo-Lima, C. (2025). Beetroot peel flour: Characterization, betalains profile, in silico ADMET properties and in vitro biological activity.. Food chemistry, 476, 143402. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.143402

71 Šeremet, D., Durgo, K., Jokić, S., Huđek, A., Cebin, A., Mandura, A., Jurasović, J., & Komes, D. (2020). Valorization of Banana and Red Beetroot Peels: Determination of Basic Macrocomponent Composition, Application of Novel Extraction Methodology and Assessment of Biological Activity In Vitro. Sustainability. https://doi.org/10. 3390/su12114539

72 Buțerchi, I., Ciurlă, L., Enache, I., Patraș, A., Teliban, G., & Irimia, L. (2025). Valorisation of Beetroot Peel for the Development of Nutrient-Enriched Dehydrated Apple Snacks. Foods, 14. https://doi.org/10.3390/foods14152560

73 Salamatullah, A., Hayat, K., Alkaltham, M., Ahmed, M., Arzoo, S., Husain, F., Al-Dossari, A., Shamlan, G., & Al-Harbi, L. (2021). Bioactive and Antimicrobial Properties of Oven-Dried Beetroot (Pulp and Peel) Using Different Solvents. Processes. https://doi.org/10.3390/pr9040588

74 Constantin, O., Lazăr, S., Stoica, F., Rațu, R., Andronoiu, D., Stănciuc, N., Banožić, M., Nikolić, N., Mutavski, Z., & Râpeanu, G. (2025). Red Beetroot Skin Powder Addition as a Multifunctional Ingredient in Nougat. Antioxidants, 14. https://doi.org/10.3390/antiox14060676

75 Sobhy, E., Abdo, E., Shaltout, O., Abdalla, A., & Zeitoun, A. (2020). Nutritional Evaluation of Beetroots (Beta vulgaris L.) and Its Potential Application in a Functional Beverage. Plants, 9. https://doi.org/10.3390/plants9121752

76 El-Beltagi, H., El-Mogy, M., Parmar, A., Mansour, A., Shalaby, T., & Ali, M. (2022). Phytochemical Characterization and Utilization of Dried Red Beetroot (Beta vulgaris) Peel Extract in Maintaining the Quality of Nile Tilapia Fish Fillet. Antioxidants, 11. https://doi.org/10.3390/antiox11050906

77 Lazăr, S., Constantin, O., Horincar, G., Andronoiu, D., Stănciuc, N., Mureșan, C., & Râpeanu, G. (2022). Beetroot By-Product as a Functional Ingredient for Obtaining Value-Added Mayonnaise. Processes. https://doi.org/10.3390/pr10020227

78 Constantin, O., Stoica, F., Lazăr, S., Andronoiu, D., Turturică, M., Stănciuc, N., Rațu, R., Croitoru, C., & Râpeanu, G. (2025). A Sustainable Approach: Repurposing Red Beetroot Peels for Innovative Meringue Products. Foods, 14. https://doi.org/10.3390/foods14020317

79 Abdo, E., Allam, M., Gomaa, M., Shaltout, O., & Mansour, H. (2022). Valorization of whey proteins and beetroot peels to develop a functional beverage high in proteins and antioxidants. Frontiers in Nutrition, 9. https://doi.org/10.3389/fnut.2022.984891

80 Gunadi, J., Jasaputra, D., Tjahjani, S., Sabrina, A., Zahiroh, F., & Widowati, W. (2025). Potential Role of Beetroot Peel Extract as a Natural Antiaging Agent. Natural Resources for Human Health. https://doi.org/10.53365/nrfhh/204057

81 Stoica, F., Rațu, R., Lipșa, F., Motrescu, I., Cara, I., Râpeanu, G., Aprodu, I., Țopa, D., & Jitareanu, G. (2024). Exploitation of red beet peel powder as a natural food ingredient in whey-fruit based beverage. International Journal of Food Properties, 27, 44 - 67. https://doi.org/10.1080/10942912.2024.2426660

82 Zin, M., & Bánvölgyi, S. (2022). Thermal Emerging Technology Approach for the Extraction of Bioactive compounds from Cylindra Beetroot (Peel, Flesh, and Stalk) with Green Solvent. Journal of Food Processing and Preservation. https://doi.org/10.1111/jfpp.16436

83 Zin, M., Alsobh, A., Nath, A., Csighy, A., & Bánvölgyi, S. (2022). Concentrations of Beetroot (Beta vulgaris L.) Peel and Flesh Extracts by Reverse Osmosis Membrane. Applied Sciences. https://doi.org/10.3390/app12136360

84 Al-Harbi, L., Pandurangan, S., Al-Dossari, A., Shamlan, G., Salamatullah, A., Alshatwi, A., & Alotiby, A. (2021). Beta vulgaris rubra L. (Beetroot) Peel Methanol Extract Reduces Oxidative Stress and Stimulates Cell Proliferation via Increasing VEGF Expression in H2O2 Induced Oxidative Stressed Human Umbilical Vein Endothelial Cells. Genes, 12. https://doi.org/10.3390/genes12091380

85 Vaitkevičienė, N., Sapronaitė, A., & Kulaitienė, J. (2022). Evaluation of Proximate Composition, Mineral Elements and Bioactive Compounds in Skin and Flesh of Beetroot Grown in Lithuania. Agriculture. https://doi.org/10.3390/agriculture12111833

86 Benito-Román, Ó., Melgosa, R., Benito, J., & Sanz, M. (2025). Identification of Phenolics and Structural Compounds of Different Agro-Industrial By-Products. Agriculture. https://doi.org/10.3390/agriculture15030299

87 Tamasi, G., Pardini, A., Bonechi, C., Donati, A., Pessina, F., Marcolongo, P., Gamberucci, A., Leone, G., Consumi, M., Magnani, A., & Rossi, C. (2019). Characterization of nutraceutical components in tomato pulp, skin and locular gel. European Food Research and Technology, 245, 907-918. https://doi.org/10.1007/s00217-019-03235-x

88 Szabo, K., Diaconeasa, Z., Cătoi, A., & Vodnar, D. (2019). Screening of Ten Tomato Varieties Processing Waste for Bioactive Components and Their Related Antioxidant and Antimicrobial Activities. Antioxidants, 8. https://doi.org/10.3390/antiox8080292

89 Lucia, P., Amalia, C., Lucia, L., Desislava, L., Vincenzo, S., Maria, P., Marco, P., & Del, N. (2017). Functional pasta with tomato by-product as a source of antioxidant compounds and dietary fibre. Czech Journal of Food Sciences, 35, 48-56. https://doi.org/10.17221/171/2016-cjfs

90 Kang, D., Kwon, J., Jeong, W., Jung, Y., Kang, K., & Ahn, M. (2022). Antioxidant Constituents and Activities of the Pulp with Skin of Korean Tomato Cultivars. Molecules, 27. https://doi.org/10.3390/molecules27248741

91 Gu, M., Fang, H., Gao, Y., Tan, S., Niu, Y., & Yu, L. (2020). Characterization of enzymatic modified soluble dietary fiber from tomato peels with high release of lycopene. Food Hydrocolloids, 99, 105321. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105321

92 Kaboré, K., Konaté, K., Sanou, A., Dakuyo, R., Sama, H., Santara, B., Compaoré, E., & Dicko, M. (2022). Tomato By-Products, a Source of Nutrients for the Prevention and Reduction of Malnutrition. Nutrients, 14. https://doi.org/10.3390/nu14142871

93 Collins, E., Bowyer, C., Tsouza, A., & Chopra, M. (2022). Tomatoes: An Extensive Review of the Associated Health Impacts of Tomatoes and Factors That Can Affect Their Cultivation. Biology, 11. https://doi.org/10.3390/biology11020239

НЕКОММЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени К.И.САТПАЕВА»

РЕЦЕНЗИЯ

на магистерскую диссертацию
Серік Әлибек Жомартұлы
образовательная программа 7М05105 – «Биотехнология»
на тему: «Оценка антиоксидантной активности экстрактов из пищевых отходов фруктов и овощей»

Выполнено:
а) графическая часть состоит из 10 таблиц и 1 схемы
б) пояснительная записка на 64 страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Магистерская диссертация Серік Әлібека Жомартұлы посвящена актуальной научно-практической задаче биотехнологии и пищевой инженерии - рациональному использованию пищевых отходов плодоовощной промышленности в качестве источника природных антиоксидантов.

Работа отличается логичной структурой и последовательным изложением материала. Во введении обоснована актуальность темы, корректно сформулированы цель, задачи, объект и предмет исследования. Обзор литературы выполнен на высоком научном уровне, охватывает современные отечественные и зарубежные источники и демонстрирует хорошую теоретическую подготовку автора.

Экспериментальная часть выполнена с использованием обоснованных и общепринятых методик. Автором корректно выбран метод этанольной мацерации, а оценка антиоксидантной активности проведена с применением DPPH-теста. Полученные результаты обработаны статистически и представлены в наглядной форме.

В результате исследования установлено, что экстракты апельсиновой и томатной кожуры обладают наибольшей антиоксидантной активностью, что имеет практическое значение для разработки функциональных ингредиентов и технологий безотходного производства.

К замечаниям можно отнести целесообразность расширения спектра методов оценки антиоксидантной активности (например, FRAP или ABTS), а также перспективность исследования стабильности экстрактов при хранении. Указанные замечания носят рекомендательный характер и не снижают общей положительной оценки работы.

Оценка работы

Магистерская диссертация выполнена на хорошем теоретическом и экспериментальном уровне, соответствует требованиям, предъявляемым к магистерским диссертациям по образовательной программе 7М05105 – «Биотехнология», и заслуживает оценки «отлично», а автор присуждения степени магистра естественных наук.

Рецензент
Казахский национальный аграрный
исследовательский университет,
кафедра «Зооинженерии и биотехнологии»
д.б.н., профессор А.Серикбаева

РАСТАЙМЫН
Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университетінің ғылыми кеңесінің хатшысы
«23» 01 2026 ж.

«Персоналмен жұмыс және іс жүргізу басқармасы»

НЕКОММЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени К.И.САТПАЕВА»

ОТЗЫВ
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на магистерскую диссертацию Серік Әлибек Жомартұлы
образовательная программа 7М05105 – «Биотехнология»
Тема: «Оценка антиоксидантной активности экстрактов из пищевых отходов фруктов и овощей»

Магистерская диссертация Серік Әлибек Жомартұлы выполнена в соответствии с утверждённым индивидуальным заданием и посвящена актуальной научно-практической проблеме современной биотехнологии - использованию пищевых отходов растительного происхождения в качестве источника биологически активных соединений с антиоксидантными свойствами.

В процессе выполнения работы магистрант проявил высокий уровень самостоятельности, ответственности и научной зрелости. Автор корректно сформулировал цель и задачи исследования, обоснованно выбрал объекты и методы исследования, а также продемонстрировал умение анализировать и обобщать результаты экспериментальных данных.

Теоретическая часть диссертации выполнена на хорошем уровне и основана на анализе современных отечественных и зарубежных источников. Экспериментальная часть проведена с соблюдением методических требований, полученные результаты являются достоверными, статистически обработанными и логично интерпретированными.

Особо следует отметить практическую значимость работы, заключающуюся в возможности использования полученных экстрактов в пищевой и биотехнологической промышленности в качестве натуральных антиоксидантов, а также в разработке ресурсосберегающих и безотходных технологий.

Магистрант в ходе работы продемонстрировал способность к научно-исследовательской деятельности, умение работать с научной литературой, экспериментальными данными и делать обоснованные выводы. Все поставленные задачи выполнены в полном объёме, цель исследования достигнута.

Считаю, что магистерская диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к выпускным квалификационным работам данного уровня, и рекомендуется к защите, а её автор заслуживает присуждения степени магистра естественных наук.

Научный руководитель
Ассоц.профессор кафедры ХИБИ, к.б.н.
_____Сулейменова Ж.М.
«22» 01 2026 г.

StrikePlagiarism.com

SATBAYEV UNIVERSITY

Отчет не был оценен

Отчет подобия

Метаданные

Название организации	Подразделение
Satbayev University	**ИГиНГД**

Название

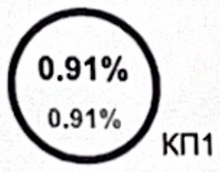
Разработка и оценка антиоксидантной активности экстрактов из пищевых отходов (цитрусовые корки, виноградные выжимки)

Автор	Научный руководитель / Эксперт
Серік Әлибек Жомартұлы	**Жулдуз Сулейменова**

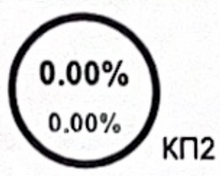
Количество слов	Количество символов	Дата отчета	Дата редактирования	Идентификатор документа
11430	**95447**	**1/17/2026**	**---**	**333126870**

Объем найденных подобий

КП-ия определяют, какой процент текста по отношению к общему объему текста был найден в различных источниках.. Обратите внимание!Высокие значения коэффициентов не означают плагиат. Отчет должен быть проанализирован экспертом.



КП1



КП2



КЦ

25
Длина фразы для коэффициента подобия 2

11430
Количество слов

95447
Количество символов

Тревога

В этом разделе вы найдете информацию, касающуюся текстовых искажений. Эти искажения в тексте могут говорить о ВОЗМОЖНЫХ манипуляциях в тексте. Искажения в тексте могут носить преднамеренный характер, но чаще, характер технических ошибок при конвертации документа и его сохранении, поэтому мы рекомендуем вам подходить к анализу этого модуля со всей долей ответственности. В случае возникновения вопросов, просим обращаться в нашу службу поддержки.

Замена букв	ß	0
Интервалы	A→	0
Микропробелы	‑	0
Белые знаки	ß	0
Парафразы (SmartMarks)	a	4

Источники

Ниже представлен список источников. В этом списке представлены источники из различных баз данных. Цвет текста означает в каком источнике он был найден. Эти источники и значения Коэффициента Подобия не отражают прямого плагиата. Необходимо открыть каждый источник и проанализировать сожержание и правильность оформления источника.

10 самых длинных фраз

Цвет текста

new

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ БАЗЫ)	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	https://ijass.sports.re.kr/assets/pdf/937/journal-37-1-98.pdf	11 0.10 %
2	QUALITY AND CERTIFICATION OF PRODUCTS ;	9 0.08 %
3	QUALITY AND CERTIFICATION OF PRODUCTS ;	9 0.08 %

4	резуьтаты_46_103 [redacted] 4/15/2021 Publisher House "Technology Center" (Eastern-European Journal of Enterprise Technologies)	8 0.07 %
5	резуьтаты_46_103 [redacted] 4/15/2021 Publisher House "Technology Center" (Eastern-European Journal of Enterprise Technologies)	8 0.07 %
6	Kinetic study of the DPPH antiradical activity of lipophilic tomato waste extracts Stajčić Slađana M., Čanadanović-Brunet Jasna M., Đilas Sonja M., Ćetković Gordana S.;	8 0.07 %
7	https://core.ac.uk/download/pdf/82003531.pdf	8 0.07 %
8	резуьтаты_46_103 [redacted] 4/15/2021 Publisher House "Technology Center" (Eastern-European Journal of Enterprise Technologies)	7 0.06 %
9	QUALITY AND CERTIFICATION OF PRODUCTS ;	7 0.06 %
10	Исследование природных источников биологически активных веществ с низким гликемическим индексом с целью получения продуктов питания [redacted] 6/1/2023 Kazakh University of Technology and Business n.a. Kulzhanov (Технология и стандартизация)	7 0.06 %

База данных RefBooks (0.39 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
Источник: RePEC		
1	QUALITY AND CERTIFICATION OF PRODUCTS ;	32 (4) 0.28 %
Источник: Paperity		
2	Kinetic study of the DPPH antiradical activity of lipophilic tomato waste extracts Stajčić Slađana M., Čanadanović-Brunet Jasna M., Đilas Sonja M., Ćetković Gordana S.;	13 (2) 0.11 %

Домашняя база данных (0.00 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)

Программа обмена базами данных (0.31 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
3	резуьтаты_46_103 [redacted] 4/15/2021 Publisher House "Technology Center" (Eastern-European Journal of Enterprise Technologies)	23 (3) 0.20 %
4	Исследование природных источников биологически активных веществ с низким гликемическим индексом с целью получения продуктов питания [redacted] 6/1/2023 Kazakh University of Technology and Business n.a. Kulzhanov (Технология и стандартизация)	12 (2) 0.10 %

Интернет (0.21 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
5	https://core.ac.uk/download/pdf/82003531.pdf	13 (2) 0.11 %

6	https://ijass.sports.re.kr/assets/pdf/937/journal-37-1-98.pdf	11 (1) 0.10 %

Исключенные фрагменты

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	СОДЕРЖАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)