

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казакский национальный
исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева»

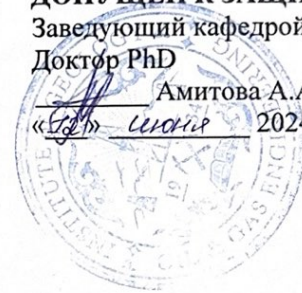
Институт геологии и нефтегазового дела им. К. Турысова

Кафедра «Химическая и биохимическая инженерия»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой «ХиБИ»
Доктор PhD

Амитова А.А.

«28» июля 2024 г.



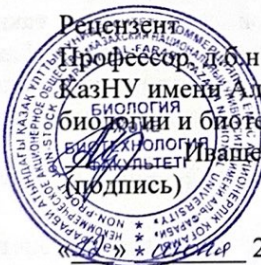
ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Разработка технологии получения масла из семян облепихи, малины и
ежемалины»

6B05101- Химическая и биохимическая инженерия

Выполнила

Кушнарёва И.С



Рецензент
Профессор д.б.н. кафедры биотехнологии
КазНУ имени Аль-Фараби факультет
Биология
Биологии и биотехнологии
Факультет
Иванченко А.Т
(подпись)

2024 г.



Научный руководитель
доктор PhD,
ассоциированный профессор
Берилло Д.А
(подпись)

2024 г.

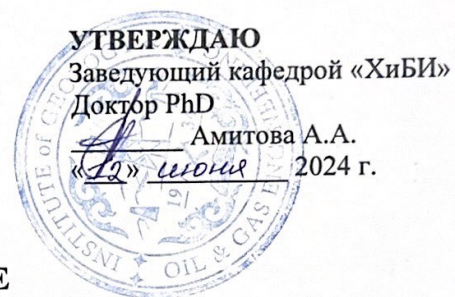
Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казакский национальный
исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева»

Институт геологии и нефтегазового дела им. К. Турысова

Кафедра «Химическая и биохимическая инженерия»



ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломной работы

Обучающейся: Кушнарёвой Ирине Сергеевне

Тема: «Разработка технологии получения масла из семян облепихи, малины и ежемалины».

Утвержден приказом Ректора университета № 548-П/Ө от «4» декабря 2023 г.

Срок сдачи законченной работы: «14» июня 2024 г.

Исходные данные к дипломной работе: технологическая схема получения растительных масел из семян облепихи, малины и ежемалины, руководство по методам экстракции растительных масел.

Краткое содержание дипломной работы: дипломная работа посвящена разработке и изучению технологий экстракции масел из семян облепихи, малины и ежемалины. Исследование включает в себя анализ различных методов экстракции, таких как механическое прессование, экстракция растворителями и сверхкритическая флюидная экстракция. Основное внимание уделяется сохранению биологически активных компонентов и оптимизации условий процесса для максимизации выхода масла и сохранения его качественных характеристик.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): представлены ___ слайдов презентации работы

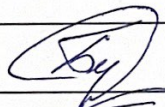
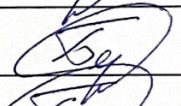



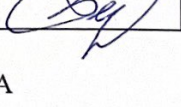
Рекомендуемая основная литература: книги и статьи по методам экстракции растительных масел, литература по химическому составу и биологическим свойствам облепихи, малины и ежемалины, руководства по применению масел в пищевой и косметической промышленности.

ГРАФИК
подготовки дипломной работы

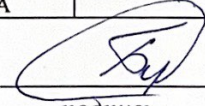
Наименования разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Формулирование цели и задач	<u>15.11.</u> 2023 г.	Выполнено
Литературный обзор	<u>18.01.</u> 2023 г.	Выполнено
Материал и методика	<u>19.02.</u> 2024 г.	Выполнено
Результаты исследования	<u>24.04.</u> 2024 г.	Выполнено
Срок сдачи работы на антиплагиат	<u>31.05.</u> 2024 г.	Выполнено

Подписи


Научного руководителя и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов проекта

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Литературный обзор	Доктор PhD, ассоциированный профессор Берилло Д.А	<u>18.01.</u> 2024 г.	
Материал и методика	Доктор PhD, ассоциированный профессор Берилло Д.А	<u>26.02.</u> 2024 г.	
Результаты исследования	Доктор PhD, ассоциированный профессор Берилло Д.А	<u>2.05.</u> 2024 г.	
Срок сдачи работы на антиплагиат	Доктор PhD, ассоциированный профессор Берилло Д.А	<u>31.05.</u> 2024 г.	
Подготовка презентации к защите	Доктор PhD, ассоциированный профессор Берилло Д.А	<u>22.04.</u> 2024 г.	
Проверка оформления работы по ГОСТу	Доктор PhD, ассоциированный профессор Берилло Д.А	<u>12.06.</u> 2024 г.	

Научный руководитель

 Берилло Д.А
подпись

Задание принял к исполнению обучающийся

 Кушнарёва И.С
подпись

Дата

«12» июня 2024 г.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа выполнена в объеме 45 страниц. Включает в себя введение (2 стр.), 4 раздела (41 стр.), заключение (1 стр.), список использованной литературы из 73 наименований, 12 таблиц, 16 рисунков.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью разработки эффективных методов экстракции растительных масел из семян облепихи, малины и ежемалины для повышения их использования в пищевой и косметической промышленности. Важно определить оптимальные условия экстракции для максимального сохранения биологически активных веществ и получения высококачественного продукта.

Целью исследования было разработка и оптимизация технологий экстракции масел из семян облепихи, малины и ежемалины, а также анализ их химического состава и свойств.

Для выполнения поставленных задач были проведены исследования различных методов экстракции, таких как механическое прессование, экстракция растворителями и сверхкритическая флюидная экстракция. Проведен анализ химического состава полученных масел, а также изучены их физико-химические свойства и биологическая активность.

Результаты исследования могут способствовать улучшению качества производимых масел и их дальнейшему использованию в различных отраслях промышленности, а также открытию новых перспектив для применения этих технологий в других областях.

АҢДАТПА

Дипломдық жұмыс 45 бет көлемінде орындалды. Кіріспені қамтиды (2 бет), 4 бөлім (41 б.), қорытынды (1 б.), 73 атаудан тұратын Пайдаланылған әдебиеттер тізімі, 12 кестелер, 16 сурет.

Зерттеудің өзектілігі өсімдік майларын облепиха, таңқурай және қара таңқурай тұқымдарынан экстракциялау тиімді әдістерін әзірлеу қажеттілігімен байланысты, бұл оларды азық-түлік және косметика өнеркәсібінде пайдалануды арттыру үшін маңызды. Экстракцияның оңтайлы жағдайларын анықтау биологиялық белсенді заттарды барынша сақтап, сапалы өнім алуды қамтамасыз ету үшін маңызды.

Зерттеудің мақсаты облепиха, таңқурай және қара таңқурай тұқымдарынан майларды экстракциялау технологияларын әзірлеу және оңтайландыру, сондай-ақ олардың химиялық құрамын және қасиеттерін талдау болды.

Қойылған міндеттерді орындау үшін механикалық пресстеу, еріткіштермен экстракциялау және асқынкритикалық флюидтік экстракция сияқты әртүрлі экстракция әдістері бойынша зерттеулер жүргізілді. Алынған майлардың химиялық құрамы талданды, олардың физика-химиялық қасиеттері мен биологиялық белсенділігі зерттелді.

Зерттеу нәтижелері өндірілетін майлардың сапасын жақсартуға және оларды өнеркәсіптің әртүрлі салаларында әрі қарай пайдалануға ықпал етуі мүмкін, сондай-ақ осы технологияларды басқа салаларда қолданудың жаңа перспективаларын аша алады.

ANNOTATION

The thesis is completed in the volume of 45 pages. It includes an introduction (2 pages), 4 sections (41 pages), conclusion (1 page), a list of references from 73 titles, 12 tables, 16 figures.

The relevance of the study is due to the need to develop effective methods for extracting vegetable oils from sea buckthorn, raspberry, and black raspberry seeds to increase their use in the food and cosmetic industries. It is important to determine the optimal extraction conditions to maximize the preservation of bioactive substances and obtain a high-quality product.

The purpose of the study was to develop and optimize technologies for extracting oils from sea buckthorn, raspberry, and black raspberry seeds, as well as to analyze their chemical composition and properties.

To fulfill the tasks set, studies were conducted on various extraction methods such as mechanical pressing, solvent extraction, and supercritical fluid extraction. The chemical composition of the obtained oils was analyzed, and their physicochemical properties and biological activity were studied.

The results of the study can contribute to improving the quality of the produced oils and their further use in various industries, as well as opening new prospects for applying these technologies in other fields.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
Обзор научной и научно-методической литературы	10
1 Введение в теоретические аспекты получения растительных масел	10
1.1 Общие принципы получения растительных масел	10
1.2 Классификация методов извлечения масел	12
2 Облепиховое масло	13
2.1 Ботаническое описание облепихи	13
2.2 Химический состав облепихи	13
2.3 Методы получения облепихового масла	17
2.4 Применение и польза облепихового масла	19
3 Масло из семян малины	19
3.1 Ботаническое описание малины	19
3.2 Химический состав семян малины	20
3.3 Технологии получения масла из семян малины	24
3.4 Применение и польза масел малины	26
4 Масло из семян ежемалины	27
4.1 Ботаническое описание ежемалины	27
4.2 Химический состав семян ежемалины	27
4.3 Методы получения масла из семян ежемалины	30
4.4 Использование масла ежемалины в различных отраслях	31
Экспериментальная часть	32
1 Материалы	32
2 Оборудование и приборы	32
3 Экстракция масел	32
3.1 Сырье для проведения экстракции масла из семян облепихи и ежемалины.	32
3.2 Процесс получения первой фракции путем мацерации и получение сырого экстракта с использованием экстрактора Сокслета.	34
3.3 Жидкостная экстракция	37
3.4 Использование метода перколяции	37
3.5 Использование роторного испарителя	38
Результаты и обсуждение	39
1 Спектрофотометрический анализ экстрактов	39
2 Титрометрические анализы экстракций первой фракции	41
3 Анализ антимикробной активности	46
4 Результат полученных масел	47
Заключение	51
Список использованной литературы	52

ВВЕДЕНИЕ

Общая характеристика работы. Данная дипломная работа посвящена разработке и изучению технологии получения масел из семян облепихи, малины и ежемалины.

Актуальность темы исследования.

Интерес к маслам, полученным из семян ягод облепихи, малины и ежемалины, стабильно растет в связи с их уникальным составом, включающим ненасыщенные жирные кислоты, антиоксиданты и витамины.

Облепиховое масло издавна ценится за его питательные и лечебные свойства, обусловленные высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот, фитостеролов и витаминов А и Е. Малиновое масло, полученное методом холодного прессования, отличается высоким содержанием антиоксидантов, особенно витамина Е и каротиноидов, что придает ему выраженные антиоксидантные свойства и делает его привлекательным для использования в косметической промышленности. Ежемалиновое масло, богатое антиоксидантами и полифенолами, также проявляет высокую биологическую активность, включая антиканцерогенные и противовоспалительные эффекты. Эти масла находят широкое применение не только в пищевой промышленности, но и в косметологии, благодаря своим питательным и восстанавливающим свойствам.

Процесс экстракции масла играет ключевую роль в сохранении его ценных компонентов. Современные методы, такие как экстракция суперкритическим углекислым газом, обеспечивают максимальное извлечение активных веществ, сохраняя при этом их биологическую активность. Однако, процессы фильтрации и очистки, необходимые для улучшения визуальных и органолептических характеристик масла, могут также влиять на его окислительную стабильность и антиоксидантную активность, что делает выбор метода очистки критически важным для конечного качества продукта.

Важность изучения влияния различных технологических параметров на свойства получаемых масел обусловлена стремлением максимизировать сохранение их полезных свойств. Это, в свою очередь, открывает новые возможности для создания функциональных продуктов питания и эффективных косметических средств, способствуя удовлетворению растущего спроса на натуральные и полезные продукты. Поэтому разработка оптимальных условий для экстракции и последующей очистки масла является предметом научного интереса, способствуя повышению качества.

Цель исследования: разработать технологию экстракции масел из семян облепихи, малины и ежемалины.

Задачи исследования:

1. Изучить литературные и научные источники по методам получения растительных масел и выбрать оптимальные условия для извлечения масел из семян облепихи, малины и ежемалины;

2. Осуществить подбор и подготовку сырья для получения масел;
3. Разработать и оптимизировать методики получения масел, применяя различные техники экстракции.

Объекты исследования: масла, полученные из семян облепихи, малины и ежемалины, особое внимание уделяется методам их получения и возможностям применения в различных сферах.

Научная новизна работы:

1. Разработка методов экстракции масел из семян облепихи, малины и ежемалины, которые позволяют увеличить выход целевого продукта и сохранить его биологически активные компоненты;
2. Изучение и оптимизация физико-химических параметров процесса получения масел, включая температуру и время экстракции, для максимизации выхода качественного продукта.

Результаты исследования нашли отражение в ряде научных публикаций, включая статьи в рецензируемых журналах и материалы научных конференций, что подтверждает научную новизну и практическую значимость работы.

Обзор научной и научно-методической литературы

1 Введение в теоретические аспекты получения растительных масел

В последние годы наблюдается значительный интерес к изучению растительных масел, получаемых методом холодного прессования, благодаря их положительному влиянию на здоровье человека и возможностям применения в косметической промышленности. Растительные масла содержат широкий спектр биоактивных компонентов, включая полиненасыщенные жирные кислоты, фитостеролы, токоферолы и фенольные соединения, обладающие антиоксидантной, противовоспалительной и антимикробной активностью [1;2].

Особенный интерес представляет масло из семян малины (*Rubus idaeus L.*), получаемое методом холодного прессования. Этот метод позволяет сохранить большинство полезных веществ, содержащихся в семенах, и обеспечивает получение продукта высокого качества, безопасного для прямого употребления или использования в пищевой и косметической промышленности. Масло семян малины (RSO) привлекает внимание благодаря высокому содержанию антиоксидантов и жирных кислот, способствующих улучшению состояния кожи и обладающих противовоспалительными свойствами [3].

Однако процесс производства растительных масел, включая RSO, сопряжен с рядом технологических вызовов, связанных с качеством сырья и условиями его обработки. Важным аспектом является влияние остаточных частиц семян на качество масла, его окислительную стабильность и органолептические свойства. Процесс очистки масла, включая центрифугирование, направлен на удаление механических примесей, однако может также влиять на антиоксидантную активность и содержание биоактивных компонентов [4].

Таким образом, разработка оптимальных параметров процесса получения растительных масел, обеспечивающих высокое качество конечного продукта, является актуальной задачей современного пищевого производства.

В этой части дипломной работы я разобрала современные теоретические подходы к извлечению растительных масел, проанализировала их преимущества и недостатки. Я уделила внимание методам механического прессования, экстракции с использованием растворителей, ультразвуковой и микроволновой экстракции, а также сверхкритической флюидной экстракции, оценив их эффективность для получения масел высокого качества из семян облепихи, малины и ежемалины.

1.1 Общие принципы получения растительных масел

Процесс экстракции растительных масел включает в себя несколько общих аспектов, изображенных на схеме 1, которые применимы к различным

методам добычи – от традиционных до современных технологий. Независимо от используемого метода, основная цель процесса экстракции состоит в максимизации выхода масла при сохранении его качественных характеристик [5].

Начальный этапом экстракции масла является сбор и подготовка сырья, включая очистку от примесей и, при необходимости, измельчение для улучшения выхода масла. Этот этап критически важен, так как качество исходного материала напрямую влияет на качество и количество получаемого масла [6].

Существуют различные методы экстракции масла, включая механическое прессование, использование химических растворителей, а также новаторские подходы, такие как сверхкритическая флюидная экстракция, ультразвуковая экстракция и микроволновая экстракция. Выбор метода зависит от типа сырья и требуемых характеристик конечного продукта [7].

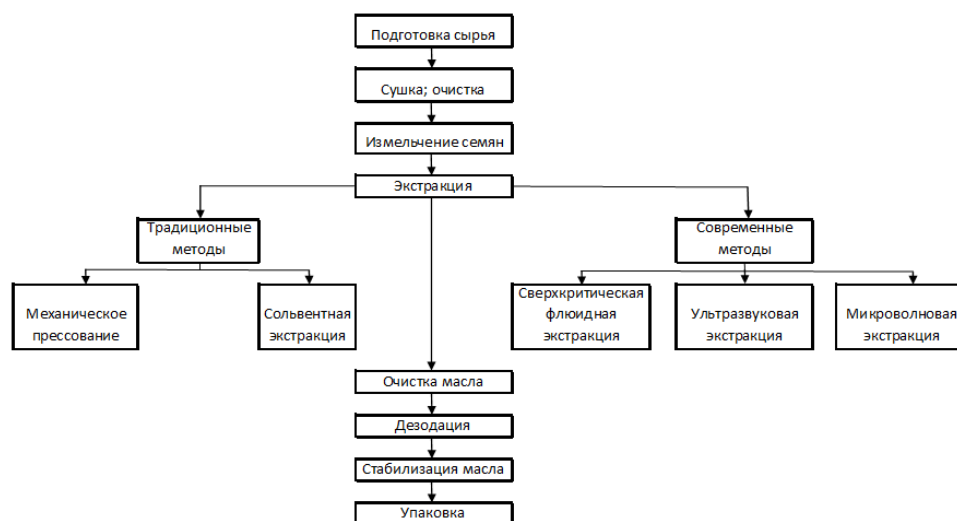


Схема 1 – Этапы процесса экстракции растительных масел

Полученное сырое масло затем подвергается процессам очистки и уточнения для удаления примесей, таких как фосфолипиды, свободные жирные кислоты и микрочастицы. Эти процессы могут включать осаждение, центрифугирование, дезодорацию и белильную глину [8].

Очищенное масло упаковывается и хранится в условиях, исключающих доступ света и кислорода, для предотвращения окисления и ухудшения качества. Правильная упаковка и хранение обеспечивают сохранность полезных свойств масла на протяжении срока его годности [9].

Отходы и побочные продукты, полученные в результате производства масла, такие как мезга и шрот, могут быть использованы в качестве корма для животных, удобрений или даже в качестве сырья для дальнейшей переработки на ценные продукты, включая экстракты с высоким содержанием антиоксидантов [10].

1.2 Классификация методов извлечения масел

Классификация методов извлечения масла включает различные подходы, каждый из которых имеет свои особенности, преимущества и ограничения.

Механическое прессование включает физическое выдавливание масла из растительного материала при помощи пресса без применения внешнего тепла, что позволяет сохранить натуральные ароматы, витамины и питательные вещества. В этом процессе могут использоваться различные типы прессов, например, винтовые или гидравлические. Температура в процессе прессования может несколько повышаться за счет трения, но она остается относительно низкой ($<40^{\circ}\text{C}$), что позволяет сохранить чувствительные к теплу компоненты масла [11].

При экстракции растворителями используются химические растворители, такие как гексан, для растворения и извлечения масла из растительного сырья. Процесс включает замачивание материала в растворителе, после чего растворитель с маслом отделяется от твердой фазы. Затем растворитель удаляется путем испарения при повышенной температуре (около $40 - 60^{\circ}\text{C}$) в вакуумных условиях, что позволяет восстановить масло. Необходимость последующей очистки масла от остатков растворителя является одним из недостатков этого метода [12].

Суперкритическая флюидная экстракция (СКФЭ) использует суперкритические флюиды, чаще всего углекислый газ (CO_2), для извлечения масла. В суперкритическом состоянии (выше критической температуры и давления) CO_2 обладает уникальными растворяющими свойствами, позволяя эффективно извлекать масла при более низких температурах (около $31 - 40^{\circ}\text{C}$) и высоком давлении (около $74 - 300$ бар), что способствует сохранению термолабильных соединений [13].

Ультразвуковая экстракция использует звуковые волны высокой интенсивности для создания микроскопических пузырьков в растворителе, которые затем коллапсируют, создавая мощные ударные волны. Этот процесс, называемый кавитацией, способствует разрушению стенок растительных клеток и высвобождению масла. Процесс обычно проводится при комнатной температуре или с незначительным нагревом, что позволяет избежать термического разрушения активных компонентов [14].

Микроволновая экстракция работает путем воздействия микроволнового излучения на растительный материал, что приводит к быстрому и равномерному нагреву воды и других полярных молекул внутри клеток. Это, в свою очередь, создает пар и давление, способствуя разрушению клеточных стенок и высвобождению масла. Температура в процессе может достигать $100 - 120^{\circ}\text{C}$, но время обработки обычно короткое, что помогает сохранить чувствительные соединения [15].

В контексте моей дипломной работы наиболее оптимальными будут методы, не требующие значительных финансовых затрат и доступные в университетских лабораториях, т.е механическое прессование и экстракция

растворителями. Хотя ультразвуковая, микроволновая и суперкритическая флюидная экстракции представляют собой сбалансированный выбор между инновационностью и практичностью, позволяя провести глубокое исследование с возможностью получения качественных результатов, они не доступны для студента.

2 Облепиховое масло

2.1 Ботаническое описание облепихи

Облепиха (*Hippophaë rhamnoides*) является ценным растением, известным своими питательными и лечебными свойствами. Это многолетнее кустарниковое или древесное растение, относящееся к семейству Лоховые (*Elaeagnaceae*). Облепиха встречается в умеренных и субарктических регионах Европы и Азии, включая Россию, Монголию, Китай, и даже в некоторых частях Северной Америки [16].

Растение может достигать высоты от 0,5 до 6 метров в зависимости от условий произрастания. Облепиха характеризуется серебристо – зелёными листьями, которые узкие и длинные, напоминающие ланцеты. Листья покрыты мелкими чешуйчатыми волосками, что придает им серебристый оттенок. Облепиха – диоциозное растение, то есть мужские и женские цветки расположены на разных растениях. Цветки небольшие, желтоватые или зеленоватые, появляются весной до распускания листьев. Плоды облепихи – мелкие костянки, ярко-оранжевого или красного цвета, достигающие размеров от 6 до 9 мм в диаметре. Форма плодов может быть овальной, круглой или эллиптической. Поверхность плодов гладкая, с блестящим оттенком, плоды собираются в плотные грозди, которые тесно прилегают к ветвям. Каждый плод содержит одно семя, окруженное мясистой мякотью. Мякоть плода содержит большое количество сока. Кожура плодов тонкая, но прочная. Семена маленькие, твердые, светло-коричневого цвета. Ягоды содержат высокое количество витаминов (особенно витамин С), минералов, антиоксидантов и омега-жирных кислот [17].

Плоды облепихи широко используются в пищевой, косметической и фармацевтической промышленности. Из них производят соки, масла, экстракты, которые находят применение в производстве лекарственных препаратов, диетических добавок, косметики и пищевых продуктов. Облепиховое масло, получаемое из семян и мякоти плодов, ценится за свои регенерирующие, восстанавливающие и антиоксидантные свойства [18].

2.2 Химический состав облепихи

Семена облепихи (*Hippophae rhamnoides* L.) заслуженно признаны ценным источником питательных веществ, включая разнообразные

ненасыщенные жирные кислоты и фенольные соединения, что делает их привлекательным объектом для многих исследований. Особенно примечательно их богатство жирными кислотами, среди которых выделяются линолевая (40%), линоленовая (20%) и олеиновая кислоты (17%), обеспечивающие семена ценными питательными и лечебными свойствами. Эти кислоты играют важную роль в поддержании здоровья сердечно-сосудистой системы, а также в уходе за кожей, способствуя её регенерации и улучшению общего состояния.

Ягоды облепихи являются ценным источником различных питательных веществ. Они отличаются не только своим весом в среднем в 350 мг, но и влажностью около 74.20%, обеспечивая сочность и свежесть. Средний уровень кислотности этих ягод достигает 1.69%, что обуславливает их уникальный вкус, а низкий pH в 2.65 говорит о выраженной кислотности. Интересно, что содержание масла в соке облепихи составляет около 2.00%, что свидетельствует о богатстве этих ягод на жирорастворимые витамины и другие важные питательные вещества [20].

Кондуктивность ягод, отражающая количество электролитов, составляет 0.36 мкСм/м, в то время как поверхностное натяжение в среднем равняется 50.74 Н/м, что может быть важно для определения их сокоотдачи и хранения. Показатель преломления, достигающий 1.35, может отражать плотность и содержание сахаров в ягодах, что в данном случае составляет в среднем 15.98% растворимых сахаров, измеренных в °Brix.

Кроме того, ягоды облепихи содержат значительное количество сырого белка, около 93 г/кг в сухом весе, что делает их отличным источником белка, особенно вегетарианцев и веганов. Содержание сырой клетчатки составляет 67.5 г/кг, что способствует улучшению пищеварения и насыщения, в то время как количество золы (40.5 г/кг) может отражать минеральный состав ягод.

Изучение сортов ягод облепихи показало, что они имеют различное содержание фруктозы, глюкозы и сахарозы. Например, в сорте SF6 фруктоза достигает 1.10%, в то время как в сортах *Golden Abundant* и *Colossal* она составляет всего 0.19%. Глюкоза варьируется от 0.17% в *Colossal* до 0.46% в SF6. Примечательно, что в сорте *Carmen* обнаружено 0.095% сахарозы. При этом, сорта SF6 и *Carmen* выделяются более высоким содержанием жира – 5.71% и 4.61% соответственно.

Исследование полифенольных соединений в ягодах облепихи выявило присутствие таких важных веществ, как галловая кислота, колеблющаяся от 6.51 мг/100 г в сорте *Carmen* до 19.37 мг/100 г в сорте *Golden Abundant*, и кверцетин-3-галактозид, с наибольшим содержанием в *Carmen* – 80.75 мг/100 г. Рутин и кверцетрин также присутствуют в разных количествах в зависимости от сорта [21].

Семена *Hipporhae rhamnoides L.* также содержат значительное количество аминокислот, необходимых для полноценного функционирования человеческого организма. Аминокислотный профиль этих семян включает как заменимые, так и незаменимые аминокислоты, которые организм не может

синтезировать самостоятельно. Например, лизин, который необходим для иммунной функции и восстановления тканей, и метионин, важный для здоровья кожи и ногтей, представлены в семенах облепихи в значительных количествах. Общее содержание аминокислот достигает 724.4 мг на 100 г продукта, включая 155.9 мг незаменимых аминокислот, что подчеркивает питательную ценность семян облепихи, что указано в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание аминокислот в облепихе

Аминокислота	Содержание (мг/100 г)
Аспарагиновая кислота	426.6
Пролин	45.2
Треонин	36.8
Серин	28.1
Лизин	27.2
Валин	21.8
Аланин	20.3
Фенилаланин	19.4
Глутамин	17.4
Изолейцин	16.7
Глицин	13.7
Гистидин	13.4
Тирозин	11.3
Аргинин	3.3
Цистеин	2.3
Метионин	1.9
Лейцин	1.3
Триптофан	0.5
Суммарное значение незаменимых аминокислот	155.9
Общее содержание аминокислот	724.4

Исследование, проведенное Чжао и другими, выявило наличие в семенах протокатеховой кислоты ($0,1278 \pm 0,002$ мг/г), рутина ($0,134 \pm 0,002$ мг/г), кверцетина ($0,4128 \pm 0,005$ мг/г), кемпферола ($0,787 \pm 0,003$ мг/г) и изорамнетина ($0,5509 \pm 0,006$ мг/г). Данные представлены в таблице 2. Эти фенольные соединения обладают выраженной антиоксидантной активностью, что предполагает их потенциал в предотвращении окислительного стресса и поддержании здоровья на клеточном уровне.

Таблица 2 – Антиоксидантные компоненты облепихи

Часть Растения	Антиоксидантные Соединения
-----------------------	-----------------------------------

Ягоды	Каротиноиды, флавоноиды, органические кислоты
Семена	Катехин, эпикатехин, галлокатехин, эпигаллокатехин Катехин(4 α →8)катехин и катехин(4 α →8)эпикатехин
Масло	Каротиноиды и β -ситостерол Мононенасыщенные жирные кислоты Токоферолы и токотриенолы

Облепиха выращенная в Республике Беларусь, включая сорта Подарок саду, Трофимовская и Ботаническая, демонстрирует впечатляющий химический состав. В её плодах обнаружено содержание сухих веществ (13,0 – 15,3%), сахаров (4,00 – 4,80%), органических кислот (1,10 – 2,05%), азотистых веществ (0,29 – 0,46%), липидов (3,6 – 6,2%), пектиновых веществ (0,40 – 0,50%), клетчатки (3,20 – 4,90%), минеральных веществ, витамина С (44,7 – 78,7 мг на 100 г) и β -каротина (4,4 – 13,2 мг на 100 г), подтверждая её статус ценного пищевого и лекарственного ресурса.

Среди фитостеролов, важных компонентов неомыляемой фракции облепихового масла, β -ситостерин занимает особое место. Содержание стеринов в ягодах облепихи варьируется от 2,2 до 8,8%, с β -ситостерином составляющим 57 – 76% от общего количества стеринов в семенах и 61 – 83% в мягких частях. Это делает облепиху превосходным источником β -ситостерина, превосходящим такие популярные масла, как подсолнечное и оливковое. Общее количество фитостеролов в облепихе настолько высоко, что превышает содержание в соевом масле в 4 – 20 раз [22].

При анализе минерального состава облепихи, произрастающей в различных странах, важно учитывать географическую близость к региону исследования, так как она может оказывать существенное влияние на химический состав растений из-за сходства климатических условий и почвы.

Для целей исследования было решено сосредоточить внимание на облепихе, произрастающей в Китае, так как эта страна находится в непосредственной близости к Казахстану. Китай и Казахстан имеют схожие агроклиматические условия, что позволяет предположить сходство в минеральном составе растительности. Такой подход дает возможность оценить, какие минеральные элементы могут присутствовать в ягодах облепихи в Казахстане, не проводя непосредственный анализ местных образцов [23].

Ниже приведена таблица 3, демонстрирующая содержание минеральных элементов в ягодах облепихи из Китая, что может служить ориентиром для понимания минерального профиля облепихи в Казахстане:

Таблица 3 – Минеральный состав ягод облепихи

Минеральный Элемент	Содержание (мг/кг)
Калий (К)	100-806

Продолжение таблицы 3

Кальций (Ca)	64-256
Магний (Mg)	53.30-165
Натрий (Na)	18-89.80
Кобальт (Co)	<0.10
Хром (Cr)	0.11-0.29
Медь (Cu)	0.16-0.65
Марганец (Mn)	1.17-2.60
Никель (Ni)	0.12-0.36
Стронций (Sr)	0.19-0.62
Ванадий (V)	0.002-0.01
Железо (Fe)	4.13-10.90
Молибден (Mo)	0.03-0.06
Цинк (Zn)	0.43-1.25
Олово (Sn)	0.05-0.26
Селен (Se)	7.96-11.30
Бор (B)	0.43-1.38
Барий (Ba)	0.17-0.36
Алюминий (Al)	2.20-16.70
Титан (Ti)	0.10-0.81
Литий (Li)	0.13-0.30
Кадмий (Cd)	0.002-0.015
Свинец (Pb)	0.43-0.76

2.3 Методы получения облепихового масла

Исходное содержание масла в семенах облепихи было определено с помощью лабораторного экстрактора Сокслета и аналитического хроматографа высокой чистоты (н-гексана от компании "Merck", Германия) в качестве растворителя в статье «*Optimization of ultrasound and microwave assisted oil extraction from sea buckthorn seeds by response surface methodology*» использовали н-гексан. Приблизительно 10 граммов измельченных семян экстрагировали с 150 мл н-гексана в течение 8 часов, что было выполнено в трех повторностях. Среднее содержание масла в высушенных семенах составило $13,8 \pm 0,68\%$. Влажность семян была измерена и составила $4,9 \pm 0,02\%$, используя термовесы OHAUS MB23 [24].

Для экстракции масла использовалась ультразвуковая система экстракции (UAE) с ультразвуковым процессором VCX 500 мощностью 500 Вт и частотой 20 кГц (Sonics & Materials, Ньютаун, Коннектикут). Рожок экстрактора был изготовлен из титанового сплава (Ti-6Al-4V). Семена помещали в реактор с н-гексаном и подвергали обработке при различных температурах, временах экстракции и интенсивностях ультразвука (UI), согласно дизайну

экспериментов Vox-Behnken (BBD). Интенсивность ультразвука рассчитывали по формуле отношения мощности ультразвука к площади ультразвукового зонда [25].

Используют различные условия микроволновой экстракции (MAE) с помощью системы NEOS от Milestone Inc., США, при разных значениях мощности МВт, соотношениях твердое вещество/жидкость и времени воздействия, также согласно BBD. Оптимальные условия для UAE были установлены на уровне температуры 50°C и UI 13,77 Вт/см², а для времени экстракции — 10 минут. При этих условиях эффективность извлечения масла достигла 87,4 ± 0,44% [26].

Эффективность извлечения масла при использовании MAE оказалась немного выше, составив 89,2±0,50%, но при этом требовалось больше времени — 20 минут для достижения оптимального результата, в отличие от 10 минут для UAE. Таким образом, UAE показал более быстрое действие по сравнению с MAE при сравнимой эффективности извлечения.

Состав жирных кислот масла семян облепихи не изменился в зависимости от метода экстракции, что позволяет сделать вывод о безопасности использования обоих методов для получения масла. Оба метода могут быть использованы для переработки семян облепихи, получая ценный продукт для применения в фармацевтической и косметической промышленности [27].

В другом исследовании сырьё для исследования было предоставлено в виде сушёных ягод облепихи (*Hippophae salicifolia*), собранных в районе Лахаул в штате Химачал-Прадеш, Индия. Из ягод вручную извлекали семена, которые затем очищали, сушили до постоянного веса при температуре 60°C и измельчали до получения порошка с однородным размером частиц, который хранили при 4°C [27].

Дополнительные исследования демонстрируют, что антиоксидантная активность облепихового масла может быть значительно улучшена за счет ультразвуковой экстракции. В частности, было установлено, что применение ультразвука при обработке масла увеличивает его антиоксидантную активность на 20 – 30% по сравнению с традиционными методами экстракции. Традиционные методы экстракции дают антиоксидантную активность около 48% (DPPH радикал), тогда как ультразвуковая экстракция позволяет достичь активности до 62% (DPPH радикал). Это связано с более эффективным извлечением биоактивных соединений, таких как каротиноиды и токоферолы, что приводит к повышенной радикальной активности и, следовательно, к большей антиоксидантной способности масла [28].

Использование н-гексана как растворителя позволило достичь максимального выхода масла в 6,87 г/100 г сырья. Оптимальные условия для UAE были определены как температура 50°C, время обработки 8,28 минуты, мощность ультразвука 552 Вт и соотношение растворителя к образцу 10:1. При этих условиях было выявлено высокое содержание каротиноидов (237,04 ± 3,86 мг/100 г эквивалента β-каротина), мощная способность улавливать свободные радикалы (1,42 ± 0,01 IC50 мкг/мл) [29]

2.4 Применение и польза облепихового масла

Облепиховое масло, извлекаемое из ягод и семян облепихи, обогащено мононенасыщенными и насыщенными жирными кислотами, такими как пальмитолеиновая и пальмитиновая кислоты, которые обладают выраженной антибактериальной активностью. Эти свойства делают его эффективным в борьбе с бактериями, такими как *Streptococcus gordonii* и *Porphyromonas gingivalis*, что важно для предотвращения зубного налета и болезней десен. Кроме того, масло проявляет антибиофильные свойства, которые помогают предотвратить формирование биопленок в ротовой полости, способствуя тем самым профилактике кариеса и пародонтита [30;31].

Благодаря высокому содержанию каротиноидов (210.7 мг/100 г) и токоферолов (164.8 мг/100 г), облепиховое масло проявляет мощные антиоксидантные свойства, защищая слизистую оболочку рта от окислительного стресса и поддерживая здоровье десен. Эти особенности делают масло облепихи ценным ингредиентом для создания ополаскивателей для рта, которые могут служить более безопасной и эффективной альтернативой синтетическим препаратам [32;33].

Использование облепихового масла не ограничивается только медициной и косметологией; его питательные и лечебные качества также находят применение в пищевой промышленности. Облепиховое масло добавляют в различные продукты, что не только улучшает их вкусовые качества, но и обогащает антиоксидантами и полезными жирными кислотами, способствуя улучшению общего состояния здоровья. Это масло особенно ценится за свои увлажняющие, противовоспалительные и регенерирующие свойства, которые делают его незаменимым компонентом в составе кремов и масок для кожи, помогая улучшить её эластичность и снизить проявления старения [34;35].

3 Масло из семян малины

3.1 Ботаническое описание малины

Малина (*Rubus idaeus L.*) является ценным плодовым растением, известным своими питательными и лечебными свойствами. Это многолетнее кустарниковое растение, принадлежащее к семейству Розовых (*Rosaceae*). Малина встречается в умеренных регионах Европы, Северной Америки и Азии. Растение может достигать высоты от 1,5 до 2,5 метров в зависимости от условий произрастания. Малина характеризуется зелёными, пальчатыми листьями, которые могут быть как простыми, так и составными с 3 – 5 листочками. Листья могут покрываться мелкими железистыми волосками, что придает им лёгкий серебристый оттенок [36].

Малина – двудомное растение, то есть мужские и женские цветки расположены на разных растениях. Цветки небольшие, белые или розоватые,

обычно собираются в соцветия. Плоды малины – это множество мелких костянок, собранных вместе, которые при созревании легко отделяются от цветоложа. Форма плодов может быть от круглой до удлинённой, поверхность плодов гладкая, с блестящим оттенком, плоды собираются в плотные кисти, которые тесно прилегают к ветвям. Каждый плод содержит множество мелких, твердых, светло-коричневых семян, окруженных мясистой мякотью. Мякоть плода богата соком, а кожура плодов тонкая, но прочная [37].

Семена малины содержат высокое количество витаминов (особенно витамин С), минералов, антиоксидантов и омега-жирных кислот. Плоды малины широко используются в пищевой, косметической и фармацевтической промышленности. Из них производят соки, масла, экстракты, которые находят применение в производстве лекарственных препаратов, диетических добавок, косметики и пищевых продуктов. Масло, получаемое из семян малины, ценится за свои регенерирующие, восстанавливающие и антиоксидантные свойства [38].

3.2 Химический состав семян малины

Малина (*Rubus idaeus*) и её семена обладают разнообразным и богатым химическим составом, что делает их важным источником нутриентов и биоактивных соединений. Основные активные компоненты малины включают антоцианы, такие как цианидин-3-О-глюкозид, цианидин-3-О-рутинозид и цианидин-3-О-софорозид, показаны в таблице 4, которые придают ягоде характерный красный цвет и эффективно scavенжируют свободные радикалы, уменьшая воспаления и защищая клетки от повреждений, вызванных окислительным стрессом. Малина также содержит эллагитаннины, включая сангуин Н-6 и ламбертианин С, которые метаболизируются в кишечнике до уролитинов, обладающих противовоспалительными и антиоксидантными свойствами, способствующими предотвращению рака и других хронических заболеваний. Витамин С в малине, который необходим для синтеза коллагена, защиты от инфекций, абсорбции железа и укрепления иммунной системы, составляет около 20% антиоксидантной активности ягоды и работает синергетически с полифенолами, усиливая их антиоксидантный эффект [39].

Таблица 4 - Химические анализы и антиоксидантная способность экстрактов малины [41]

Источники	Анализ	Результаты	Оцененные соединения
Экстракты малины	ABTS, FRAP и DPPH	Повышенная антиоксидантная способность при использовании анализов ABTS и FRAP по сравнению с анализом DPPH. Средние результаты по методу FRAP были на 20% выше, чем	Общие фенолы

Продолжение таблицы 4

		по методу ABTS, и на 35% выше, чем по методу DPPH. Результаты выражены в микромолях тролокса на грамм свежего веса. DPPH (507–850), FRAP (743–1083) и ABTS (679–1003). Концентрация образцов составляла 0,25 г/мл.	
Экстракты малины	ABTS и DPPH	Средние результаты по методу DPPH были на 25% ниже по сравнению с методом ABTS. Антиоксидантная активность выражена в микромолях тролокса на грамм свежего веса плодов, результаты составили 29,0 для DPPH и 39,5 для ABTS. Концентрация образца составляла 0,1 г/мл.	Общие флавоноиды, общие антоцианы, галловая кислота, катехин, эллаговая кислота, цианидин-3-глюкозид и цианидин-3-рутинозид
Экстракты листьев, семян и мякоти малины	ABTS, FRAP и DPPH	Экстракты листьев показали наибольшую антиоксидантную активность, за ними следуют экстракты мякоти и семян. Концентрации образцов составляли 30 мкг/мл. Результаты ABTS и DPPH выражены в процентах ингибирования; FRAP выражается в миллимолях эквивалентов сульфата железа на грамм образца сухого веса, результаты следующие: экстракты листьев (ABTS ≈ 88%, DPPH ≈ 78%, FRAP ≈ 1105), экстракты мякоти (ABTS ≈ 76%, DPPH ≈ 73%, FRAP ≈ 1025) и экстракты семян (ABTS ≈ 80%, DPPH ≈ 49%, FRAP ≈ 325).	Общие фенолы, авикулярин, галловая кислота, эпикатехин, эллаговая кислота пентозид, эллаговая кислота, кверцетин 3-О-глюкозид, кемпферол-7-О-глюкуронид, кверцетин-7-О-глюкуронид, рутин, процианидин В2 и

Продолжение таблицы 4

			процианидин СЗ
Малина экстрагирована в 95% этаноле	FRAP, ABTS и DPPH	Малина показала наибольшую антиоксидантную способность по сравнению с другими фруктами. Активность FRAP = $1039,0 \pm 0,9$ мкМ Fe ²⁺ /г. Наивысшие результаты антиоксидантной способности <i>in vitro</i> были получены с использованием анализа DPPH. Процент ингибирования ABTS = $31,1 \pm 0,6\%$. Процент ингибирования DPPH = $87 \pm 1,2\%$.	Общие фенолы, флавоноиды и проантоцианидины

Таблица интегрирует данные из различных источников об антиоксидантной способности экстрактов малины и их содержании фитохимических веществ. Включена информация об используемых анализах, таких как ABTS (2,2'-азинобис(3-этилбензотиазолин-6-сульфоновая кислота)), FRAP (способность восстанавливать феррицион) и DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил), которые являются стандартными методами измерения антиоксидантной способности [41].

Исследование химического состава малины (*Rubus idaeus*) и её семян показывает, что семена этого растения являются ценным источником масла и жирных кислот, что показано в таблице 5. Содержание полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) достигает $82,74 \pm 0,03\%$. Кроме того, масло из семян малины содержит мононенасыщенные жирные кислоты (МНЖК) $11,95 \pm 0,00\%$ и незначительное количество насыщенных жирных кислот $5,32 \pm 0,04\%$ (НЖК), которые также играют важную роль в питании человека [40].

Таблица 5 – Содержание жирных кислот (%) масел семян малины [40]

Жирная кислота	Масло семян малины
C 16:0	$2,92 \pm 0,03$
C 16:1	$0,08 \pm 0,01$
C 18:0	$1,45 \pm 0,03$
C 18:1 n-9	$11,74 \pm 0,00$
C 18:2 n-6	$51,44 \pm 0,04$
C 18:3 n-3	$30,56 \pm 0,04$
C 20:0	$0,62 \pm 0,03$
C 20:1	$0,14 \pm 0,01$
C 20:2	$0,33 \pm 0,01$
C 22:0	$0,34 \pm 0,02$
другие	$0,41 \pm 0,03$

Продолжение таблицы 5

\sum НЖК	5,32 ± 0,04
\sum МНЖК	11,95 ± 0,00
\sum ПНЖК	82,74 ± 0,03

*(С16:0 – пальмитиновая кислота; С16:1 – пальмитолеиновая кислота; С18:0 – стеариновая кислота; С18:1 – олеиновая кислота; С18:2 – линолевая кислота; С18:3 – α -линоленовая кислота; С20:0 – арахидоновая кислота; С20:1 – пауллиновая кислота; С20:2 – эйкозодиеновая кислота; С22:0 – бегеновая кислота; \sum ПНЖК – сумма полиненасыщенных жирных кислот; \sum МНЖК – сумма мононенасыщенных жирных кислот; \sum НЖК – сумма насыщенных жирных кислот)

В рамках исследования физико-химических характеристик растительных масел, полученных методом сонификации. Анализ показал, что содержание масла в сухом веществе семян малины составляет 16,20%. Влажность самих семян относительно невысока и достигает 7,82%, что важно для процесса хранения и переработки семян. Кислотное число, являющееся показателем свободных жирных кислот и общей кислотности масла, составляет 4,14 мг КОН/г, что свидетельствует о хорошем качестве масла и низкой степени его гидролитического распада. Перекисное число масла, отражающее содержание первичных продуктов окисления жиров, также находится в приемлемых пределах, достигая значения в 8,45 мэкв О₂/кг [42].

Масло малины выделяется своим содержанием фитостеролов, в частности бета-ситостерола, уровень которого составляет 2.01 мг/г, это показано в таблице 6. Также отмечено наличие кампестерола в количестве 0.06 мг/г. Эти компоненты поддерживают низкое содержание холестерина в крови, что важно для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний. Кроме того, выяснилось, что малиновые экстракты богаты токоферолами, где общее их количество достигает 223.49 мг на 100 г продукта. Такое содержание токоферолов в малине значительно выше, чем во многих других растительных источниках, делая её выдающимся природным антиоксидантом и источником витамина Е, который способствует защите клеток от окислительного стресса [43].

Таблица 6 - Содержание стероидов в масле семян малины полученных ультразвуковым методом (мг/г) [43]

Фитостеролы	Содержание в масле (мг/г)
Холестерин	0
Брассикастерол	0
Кампестерол	0.11 ± 0.00
Кампестанол	0
Стигмастерол	0.06 ± 0.02
β -ситостерол	1.89 ± 0.18
Ситостанол	0.08 ± 0.03

Продолжение таблицы 6

$\Delta 5$ -Авенастерол	0.06 ± 0.00
Ланосадиенол	0
α -амирин	0
$\Delta 7$ -Стигмастерол	0.06 ± 0.01
Стигмаста-(8,24)-диен-3 β -ол	0
Циклоартенол	0.10 ± 0.02
$\Delta 7$ -Авенастерол	0.07 ± 0.00
24-метиленциклоартенол	0.23 ± 0.03
Цитростадиенол	0.07 ± 0.01
Общее содержание	4643.1

3.3 Технологии получения масла из семян малины

Используются семена малины, полученные после экстракции сока, которые затем высушиваются и измельчаются. В качестве растворителя для экстракции применяется сверхкритический CO₂ на установке лабораторного масштаба с высоким давлением. Параметры эксплуатации варьируются: давление (25, 30, 35 МПа), температура (40, 50, 60 °С) и расход CO₂ (0.2, 0.3, 0.4 кг/ч), а также модификации размера частиц.

Оптимальные условия достигнуты при давлении 35 МПа, температуре 50 °С и расходе CO₂ 0.4 кг/ч. Эти условия способствовали высокой начальной скорости массопереноса, что улучшило общую эффективность процесса извлечения масла. Модель массопереноса Сововой показала наилучшее соответствие экспериментальным данным, обеспечивая точный контроль над кинетикой экстракции, особенно при оптимизации критической начальной фазы экстракции [44].

Для холодного прессования без нагрева брали примерно 10 граммов измельченных семян малины, что обеспечивало минимизацию термической деградации масел. Среднее содержание масла в высушенных семенах малины составило около 23%. Влажность семян была контролируемой, с хранением порошка при температуре 4°С до начала экстракции [45].

Содержание масла в семенах малины установили с использованием лабораторного экстрактора Сокслет и аналитической хроматографии высокой чистоты с н-гексаном от компании "Merck", Германия, в качестве растворителя. Примерно 10 граммов измельченных семян экстрагировали 150 мл н-гексана в течение 8 часов, процедуру повторили трижды. Среднее содержание масла в высушенных семенах составило $13,8 \pm 0,68\%$. Влажность семян была измерена и составила $4,9 \pm 0,02\%$ [46].

Для экстракции масла использовалась ультразвуковая экстракционная система (UAE) с ультразвуковым процессором VCX 500 мощностью 500 Вт и частотой 20 кГц. Рожок экстрактора был изготовлен из титанового сплава (Ti-6Al-4V). Семена помещали в реактор с н-гексаном и подвергали обработке при

различных температурах, временах экстракции и интенсивностях ультразвука (UI) [47].

Различные условия микроволновой экстракции (MAE) используют с системой NEOS, при разных значениях мощности МВт. Оптимальные условия для UAE были установлены на уровне температуры 50°C и UI 13,77 Вт/см², а для времени экстракции — 10 минут. При этих условиях эффективность извлечения масла достигла 87,4 ± 0,44% [46].

Эффективность извлечения масла при использовании MAE оказалась немного выше, составив 89,2 ± 0,50%, но при этом требовалось больше времени — 20 минут для достижения оптимального результата, в отличие от 10 минут для UAE. Таким образом, UAE показал более быстрое действие по сравнению с MAE при сравнимой эффективности извлечения [48].

В другом исследовании сырье было предоставлено в виде сушеных ягод малины (*Rubus idaeus*), собранных в районе Лахаул в штате Химачал-Прадеш, Индия. Из ягод вручную извлекали семена, которые затем очищали, сушили до постоянного веса при температуре 60°C и измельчали до получения порошка с однородным размером частиц, который хранили при 4°C.

Исследование направлено на оценку влияния ультразвуковой экстракции на выход, антиоксидантную активность и физико-химические свойства масла из семян малины. Ультразвуковая экстракция (UAE) была реализована с использованием ультразвуковой системы (VCX750, Sonics & Materials) и варьировала по времени обработки (5–30 мин), температуре (25 – 50°C), мощности ультразвука (235 – 700 Вт) и соотношению растворителя к образцу (от 6:1 до 10:1 мл/г).

Использование н-гексана как растворителя позволило достичь максимального выхода масла в 6,87 г/100 г сырья. Оптимальные условия для UAE были определены как температура 50°C, время обработки 8,28 минуты, мощность ультразвука 552 Вт и соотношение растворителя к образцу 10:1. При этих условиях было выявлено высокое содержание каротиноидов (237,04 ± 3,86 мг/100 г эквивалента β-каротина), мощная способность улавливать свободные радикалы (1,42 ± 0,01 IC₅₀ мкг/мл) [47].

Для извлечения масла из семян малины применялись два метода: холодное прессование и экстракция с использованием сверхкритического углекислого газа (CO₂). Масло, полученное холодным прессованием (ROCO₂), изготавливалось с помощью гидравлического пресса в атмосфере азота для предотвращения окисления, что является традиционным методом получения высококачественного экологически чистого масла. Однако данный метод обладает недостатком в виде низкой выходности и потенциального окисления масла, богатого полиненасыщенными жирными кислотами (ПНЖК).

Сверхкритический CO₂ обладает высокой проникающей и растворяющей способностью, что делает его отличным выбором для извлечения неполярных и маломолекулярных слегка полярных компонентов, таких как фитостеролы, токоферолы и фенолы. Процесс экстракции включал использование

измельченных в мельнице семян, помещенных в экстрактор, где при давлении 340 бар и температуре 40°C осуществлялось извлечение масла.

В процессе экстракции особое внимание уделялось оптимизации условий для максимального извлечения полезных веществ. Рабочее давление варьировалось в пределах от 20 до 35 МПа, температура поддерживалась в диапазоне от 40 до 50 градусов Цельсия, а скорость потока углекислого газа составляла от 125 до 150 кг/ч. Использование этих параметров позволило достичь оптимальной степени извлечения компонентов из матрицы семян.

После достижения желаемых параметров экстракции начинался поток углекислого газа через экстракционный сосуд. Давление в системе постепенно повышалось с использованием высоконапорного насоса. Процесс экстракции не останавливался; изменения давления происходили онлайн для изучения влияния изменений давления при постоянной температуре на получаемый продукт в виде экстракта.

Образцы собирают отдельно каждые 15 минут и используют для определения профиля жирных кислот, а также кислотного и перекисного чисел образцов, собранных в процессе экстракции и при смешивании индивидуальных фракций. Эти показатели часто используются как индикаторы окислительной стабильности масел [48].

3.4 Применение и польза масел малины

Масло семян малины обладает рядом полезных свойств и находит применение в различных областях включая пищевые добавки косметические средства и солнцезащитные кремы. Кардиопротективное действие масла семян малины богато полиненасыщенными жирными кислотами такими как альфа-линоленовая и линолевая кислоты которые способствуют снижению уровня триглицеридов в крови и уменьшению воспалительных процессов в организме. Эти свойства делают его потенциально полезным для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний. Противовоспалительное действие благодаря содержанию гамма-линоленовой кислоты масло семян малины может оказывать противовоспалительное действие что полезно для лечения таких состояний как экзема и другие кожные заболевания. Уход за кожей масло семян малины содержит антиоксиданты такие как витамин Е каротиноиды и флавоноиды которые защищают кожу от ультрафиолетового излучения и способствуют ее регенерации. Оно используется в косметических средствах для улучшения упругости кожи и предотвращения старения [51;52].

Косметическая промышленность масло широко применяется в кремах лосьонах и бальзамах для кожи благодаря своим увлажняющим восстанавливающим и защитным свойствам. Оно также добавляется в продукты по уходу за волосами для улучшения их роста и блеска. Солнцезащитные кремы исследования показали что масло семян малины обладает способностью блокировать UV-лучи что делает его ценным ингредиентом в формулах солнцезащитных кремов. Это связано с высоким

содержанием антиоксидантов которые помогают уменьшить повреждение кожи от солнечного излучения. Пищевые добавки благодаря высокому содержанию ненасыщенных жирных кислот и антиоксидантов масло семян малины может использоваться в качестве пищевой добавки для поддержания здоровья сердца и сосудов, а также для общего укрепления иммунитета [49;50;53].

4 Масло из семян ежемалины

4.1 Ботаническое описание ежемалины

Ежемалина известна своим ботаническим разнообразием и многообразием видов, одним из которых является *Rubus lianos*, описанный в документах как новый вид, найденный в Нидерландах, Германии и Бельгии. Ежемалина принадлежит к семейству *Rosaceae* и обычно характеризуется кустистыми сортами с колючими стеблями. Листья у ежемалины могут быть пятипальными или трехпальными, обычно темно-зеленые с ярко выраженной зубчатой кромкой. Цветки ежемалины бывают розовыми или белыми, собраны в соцветия, часто пирамидальной или цилиндрической формы. Плоды – это многоорешки, которые при созревании чернеют и обладают сладким вкусом [54].

Семена ежемалины содержат значительное количество жирных кислот, которые имеют полезные свойства для здоровья человека. Семена могут быть использованы для производства масла, которое находит применение в косметической и пищевой промышленности [51].

Ежемалина предпочитает расти в умеренных климатических зонах и может быть найдена в лесах, на лесных опушках, вдоль дорог и на заброшенных полях, где она формирует густые заросли. Она хорошо адаптирована к различным условиям и может произрастать на разных типах почв, однако предпочитает хорошо дренированные, богатые органическими веществами почвы [55].

Распространение ежемалины охватывает множество стран и регионов, что делает ее доступной для использования в различных культурных и кулинарных традициях. В зависимости от сорта ежемалина может иметь различные размеры, формы и вкусовые качества плодов, что также влияет на ее популярность в различных странах [56].

4.2 Химический состав семян ежемалины

Ежемалина (*Rubus fruticosus*), особенно её обработанные остатки после сокодобычи, представляют собой богатый источник различных химических соединений, показано в таблице 7, что делает их ценным продуктом для дальнейшего использования. По данным исследования, остатки ежемалины содержат значительные количества органических кислот, антиоксидантов и

пищевых волокон. В частности, высокое содержание маловой кислоты, достигающее 5706.37 мг на 100 г сухого вещества, подчеркивает её потенциал как источника натуральных кислот, которые могут использоваться в пищевой промышленности для улучшения вкуса продуктов и их консервации [64;59].

Таблица 7 – Химический состав, анализ содержания минералов и органических кислот в остатках ежемалины

Компонент	Состав %	Стандартное отклонение
Влажность	74.83	± 0.76
Белки	2.60	± 0.11
Липиды	1.84	± 0.03
Углеводы всего	9.07	± 0.80
Пищевые волокна всего	11.12	± 0.22
Зола	0.54	± 0.02
Элемент		
Углерод (C)	48.02	± 4.69
Азот (N)	7.54	± 0.43
Натрий (Na)	0.19	± 0.08
Магний (Mg)	0.01	± 0.01
Калий (K)	0.11	± 0.05
Кальций (Ca)	0.81	± 0.17
Железо (Fe)	0.08	± 0.04
Медь (Cu)	0.05	± 0.01
Цинк (Zn)	0.02	± 0.04
Марганец (Mn)	0.06	± 0.05
Кремний (Si)	Не найден	
Органические кислоты (мг/100 г сухого вещества)		
Оксальная кислота	59.51	± 8.18
Яблочная кислота	5706.37	± 123.38
Лимонная кислота	125.54	± 0.61
Янтарная кислота	230.25	± 2.47
Аскорбиновая кислота	6.00	± 1.00

Основные жирные кислоты, представленные в таблице 8, включают пальмитиновую кислоту (1.68 мг/100 г), линоленовую кислоту (0.43 мг/100 г) и арахидоновую кислоту (7.68 мг/100 г), что указывает на низкое содержание жирных кислот в остатках по сравнению с цельными семенами, где эти компоненты присутствуют в большем объеме. Эти жирные кислоты могут способствовать улучшению сердечно-сосудистого здоровья и поддержанию структуры клеточных мембран. В масле семян ежемалины преобладают ненасыщенные жирные кислоты, среди которых особенно выделяются

линолевая кислота (омега-6) и альфа-линоленовая кислота (омега-3), составляющие примерно 54% и 30% соответственно. Кроме того, в масле содержится олеиновая кислота (омега-9), занимающая около 12% от общего количества жирных кислот [63].

Таблица 8 – Питательный и жирнокислотный состав семян ежемалины

Параметр	Значение	Стандартное отклонение
Содержание масла (%)	17.75	±0.82
Жирные кислоты (%)		
C12:0	0.31	±0.09
C14:0	6.10	±0.81
C16:0	7.66	±0.16
C18:0	1.71	±0.05
C18:1, n-9	10.87	±0.28
C18:2, n-6	43.27	±0.56
C18:3, n-6	12.33	±0.28
C18:3, n-3	14.89	±0.48
C18:4, n-3	2.86	±0.12
Насыщенные ЖК (НЖК)	15.78	±0.70
Мононенасыщенные ЖК (МНЖК)	10.87	±0.28
Полиненасыщенные ЖК (ПНЖК)		
n-6	73.34	±0.68
n-3	17.75	±0.58

*(C12:0 — Лауриновая кислота; C14:0 — Миристиновая кислота; C16:0 — Пальмитиновая кислота; C18:0 — Стеариновая кислота; C18:1, n-9 — Олеиновая кислота (Омега-9); C18:2, n-6 — Линолевая кислота (Омега-6); C18:3, n-6 — Гамма-линоленовая кислота (Омега-6); C18:3, n-3 — Альфа-линоленовая кислота (Омега-3); C18:4, n-3 — Стеаридоновая кислота (Омега-3))

В ежемалине также высоко содержание фенольных соединений (4016.43 мг ГАЕ/100 г сухого вещества) и антоцианов (364.53 мг/100 г), что делает её мощным источником антиоксидантов, способных снижать риск развития хронических заболеваний, таких как рак и сердечно-сосудистые заболевания, за счет снижения окислительного стресса и улучшения общего антиоксидантного статуса организма [57].

Ежемалина является источником мощных антиоксидантов, включая витамин Е (токоферолы) и антоцианы. Общее содержание токоферолов в масле семян может достигать 50 мг на 100 г масла, что делает его эффективным в борьбе с окислительным стрессом. Также в ежемалине обнаружены значительные количества антоцианов, которые могут достигать до 400 мг на 100 г свежих ягод, предоставляя защиту от хронических заболеваний, связанных с окислением. Семена ежемалины также богаты фитостеролами,

включая бета-ситостерол, который составляет около 80-200 мг на 100 г семян. Кроме того, остатки ежемалины содержат высокий процент пищевых волокон (44.26%), что значительно превышает многие другие источники волокон. Эти волокна могут улучшить пищеварение, способствовать снижению веса и уровня холестерина в крови, а также уменьшить риск развития диабета 2 типа. Свойства водоудержания (2.94 г/г), вздутия (5.00 мл/г) и абсорбции жира (1.98 мл/г) остатков ежемалины показывают их потенциал как функционального ингредиента для улучшения текстуры и пищевой ценности продуктов питания [58;60;62].

4.3 Методы получения масла из семян ежемалины

Для получения масла из семян ежемалины применяется метод экстракции с использованием сверхкритического диоксида углерода. Семена ежемалины высушивают и измельчают до однородного порошка. Затем этот порошок подвергается обработке на установке сверхкритической экстракции. В процессе используется диоксид углерода, который при высоких давлениях (25, 30, 35 МПа) и температурах (40, 50, 60 °С) выступает в качестве растворителя. Эти параметры позволяют эффективно извлекать масло, при этом изменение размеров частиц семян может дополнительно влиять на скорость и качество экстракции [66].

Оптимальные условия для извлечения масла можно достигнуть при давлении 35 МПа, температуре 50°С и расходе CO₂ 0.4 кг/ч. Такие условия способствуют высокой начальной скорости массопереноса, что существенно повысило общую эффективность процесса [69].

Также применяется ультразвуковая экстракция (UAE), которая проводилась с использованием ультразвукового процессора мощностью 500 Вт. Семена обрабатывают в реакторе с н-гексаном при различных температурах и временах экстракции. Использование ультразвука позволяет изменять структуру растительного материала, улучшая выход масла. Оптимальные условия для UAE установлены при температуре 50°С, времени обработки 15 минут и интенсивности ультразвука 13.77 Вт/см², при которых эффективность извлечения масла составила 87% [65].

Для получения масла из семян ежемалины так же используется технология холодного прессования, которая не требует применения химических веществ или высоких температур. В начале процесса семена ежемалины, обычно остающиеся после производства сока, сушат и измельчают до получения однородной массы. Экстракция масла производится на установке с использованием механического пресса, который позволяет выжимать масло без нагрева, при этом температура не превышает 50°С, что способствует сохранению фитохимических веществ, включая натуральные антиоксиданты [68].

Измельченные семена помещают в пресс, где под давлением из них выделяется масло. Основное преимущество холодного прессования

заключается в том, что масло сохраняет все полезные свойства, включая фенолы, токоферолы и другие микроконституенты, которые обладают антиоксидантной активностью. После прессования масло подвергается фильтрации для удаления твердых частиц и дополнительной очистке, которая часто включает использование воды, оседание, фильтрацию и центрифугирование. Эти процессы помогают улучшить вкус и пищевую ценность масла, а также увеличить его стабильность [67].

4.4 Использование масла ежемалины в различных отраслях

Масло, полученное из семян ежемалины, является ценным продуктом, широко используемым в пищевой и косметической промышленности благодаря своему богатому составу и уникальным свойствам. Его применение и польза основаны на содержании полезных витаминов, антиоксидантов и жирных кислот, таких как омега-3 и омега-6 [72].

В пищевой промышленности масло ежемалины используется как ароматизирующая добавка благодаря своему приятному фруктовому аромату и вкусу. Оно идеально подходит для включения в состав кондитерских изделий, напитков, смузи и йогуртов, делая их не только вкуснее, но и полезнее. Это масло способствует укреплению иммунной системы и общему улучшению здоровья благодаря своему высокому содержанию антиоксидантов, которые борются со свободными радикалами и предотвращают окислительный стресс [70].

В косметической промышленности масло ежемалины ценится за свои увлажняющие, питательные и защитные свойства. Оно эффективно сохраняет влагу в коже, предотвращая ее обезвоживание, что особенно важно для сухой и чувствительной кожи. Масло улучшает текстуру кожи, делая ее более гладкой и упругой, и способствует ее регенерации. Содержащийся в масле витамин E является мощным антиоксидантом, защищающим кожу от вредного воздействия ультрафиолетового излучения и загрязненной среды [71].

Косметические продукты, включая масло ежемалины, такие как кремы, лосьоны, маски и средства для ухода за волосами, помогают улучшить состояние кожи и волос, делая их здоровыми и красивыми. Масло быстро впитывается, не оставляя жирной пленки, и делает цвет лица более свежим и сияющим.

Использование масла ежемалины для создания масел для тела и лица позволяет активно питать и увлажнять кожу, улучшать ее эластичность и снижать видимость растяжек. Это масло также применяется в продуктах для волос, обогащая их структуру, придавая блеск и укрепляя корни, что предотвращает их ломкость и способствует росту здоровых волос [73].

Экспериментальная часть

1 Материалы

В данной работе использовали следующие сырье: замороженные семена ежемалины при -18°C (*Rubus chamaemorus*) сбор 2023 года, замороженные семена облепихи (*Hippophae rhamnoides*) сбор 2023 года при -18°C , оставшиеся после производства сока, растворители: спирт (этанол аптечный 90% и технический спирт 76% и спирт после упаривания 96%, $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$), н-гексан (99%, C_6H_{14}), этилацетат (99%, $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$), раствор KOH (гидроксид калия сухой в виде чешуек, KOH), 0,01 моль/л, раствор карбоната натрия (Na_2CO_3) 0,01 моль/л, агаризированная среда (Nutrient Agar), бактерии *Escherichia coli*.

2 Оборудование и приборы

В данной работе использовалось следующие оборудование и приборы: экстрактор Сокслета, УФ-спектрофотометр (SHIMADZU UV-2600i), роторный испаритель RE100-PRO (Labsol), делительная воронка, пикнометр, мембранный вакуумный насос на 20 л/мин серии GM (Labsol), настольный pH метр BIOBASE PH-210, переносная плита, аналитические электронные весы Fa3004, механический дозатор Eppendorf Research® plus, ламинарный бокс, спиртовая горелка, чашка Петри, инокуляционная петля, термостатический шкаф.

3 Экстракция масел

3.1 Сырье для проведения экстракции масла из семян облепихи и ежемалины.

В вариантах экстракции №1,2,3,4 использовали влажные семена с остатками кожуры облепихи, оставшихся после производства сока показаны на рисунке 1.



Рисунок 1 – Семена облепихи

Для определения содержания влаги в образце мы взяли 5 граммов сырья и высушили в термостабильном шкафу при температуре 35⁰С. В результате получили 3,4 грамма сухого сырья.

Рассчитываем процент влажности семян.

Масса воды, содержащейся в семенах, равна разнице между массой влажных семян и массой сухих семян, находится по формуле (1):

$$\text{Масса воды} = \text{Масса влажных семян} - \text{Масса сухих семян} \quad (1)$$

$$m_{\text{воды}} = 5 \text{ гр} - 3,4 \text{ гр} = 1,6 \text{ гр}$$

Теперь рассчитаем процент влажности по формуле (2):

$$\text{Процент влажности} = \left(\frac{\text{Масса воды}}{\text{Масса влажных семян}} \right) \cdot 100\% \quad (2)$$

$$W^{\text{семян}} = \left(\frac{1,6}{5} \right) \cdot 100\% = 32\%$$

Процент влажности семян составляет 32%.

Для варианта экстракции №5 использовали промытые семена с остатками кожуры облепихи. Чистые семена и кожура обеспечивали более эффективный процесс экстракции, поскольку отсутствие загрязнений улучшило контакт между сырьем и экстракционным раствором.

Для вариантов экстракции №6,7,8 использовали замороженные семена облепихи с остатками кожуры. Замораживание сохранило питательные вещества в семенах и кожуре облепихи, поскольку низкие температуры могут замедлить разрушение витаминов и других питательных компонентов и уменьшило вязкость семян и кожуры, что делает их более податливыми для обработки и измельчения.

Для получения масла из семян ежемалины на экстракторе Сокслета и в разделительной воронке использовали замороженные семена с остатками кожуры, которые изображены на рисунке 2.



Рисунок 2 – Сырье ежемалины

Для определения содержания влаги в образце мы взяли 10 граммов сырья и высушили в термостабильном шкафу при температуре 35⁰С. В результате получили 3,7 грамма сухого сырья.

Рассчитываем процент влажности сырья с содержанием семян.

Масса воды, содержащейся в сырье, равна разнице между массой влажного сырья и массой сухого сырья, которая находится по формуле (1):

$$m_{\text{воды}} = 10 \text{ гр} - 3,7 \text{ гр} = 6,3 \text{ гр}$$

Теперь рассчитаем процент влажности по формуле (2):

$$W_{\text{сырья}} = \left(\frac{6,3}{10} \right) \cdot 100\% = 63\%$$

Процент влажности сырья составляет 63%.

3.2 Процесс получения первой фракции путем мацерации и получение сырого экстракта с использованием экстрактора Сокслета.

Семена облепихи и ежемалины подвергаются процессу экстракции путем помещения в экстрактор Сокслета и заливки этанолом, который выступает в роли растворителя, изображены на рисунке 3. Первая фракция длится от 10 до 13 часов. Этанол активно участвует в процессе извлечения, поглощая воду из семян и растворяя различные молекулы, растворимые как в воде, так и в спирте. Этот механизм приводит к образованию гетерогенного раствора, содержащего смесь спирта, воды и растворенных биоактивных соединений из исследуемого сырья.

Определение процентного содержания спирта (этанола) проводилось с использованием пикнометра. Сухой пикнометр взвешивался следующим образом: сначала пикнометр тщательно промывался и сушился до постоянной массы, затем взвешивался на аналитических весах. Полученные результаты показали, что технический спирт содержит 74% этанола, аптечный спирт содержит 90% этанола, а спирт, упаренный с помощью роторного испарителя, содержит 96% этанола.

Снятие первой фракции водно-спиртового раствора при экстракции проводилось с целью удаления из сырья влаги и легкоизвлекаемых соединений, что позволяло провести более длительную экстракцию. Без снятия первой фракции сырой экстракт становился перенасыщенным, что приводило к кристаллизации некоторых частиц и образованию осадка.

Частицы, которые оседали в виде осадка и кристаллизуются, представляют собой соли, сахара, белки или другие компоненты, которые находятся в избытке в растворе из-за высокой концентрации или недостаточной растворимости в этаноле. Это приводит к образованию мелких или крупных частиц, которые становятся видимыми в виде осадка, они показаны на рисунке 4.



а



б

Рисунок 3 – Процесс получения сырого экстракта на аппарате Соксета: а – с сырьем облепихи, б – с сырьем ежемалины.

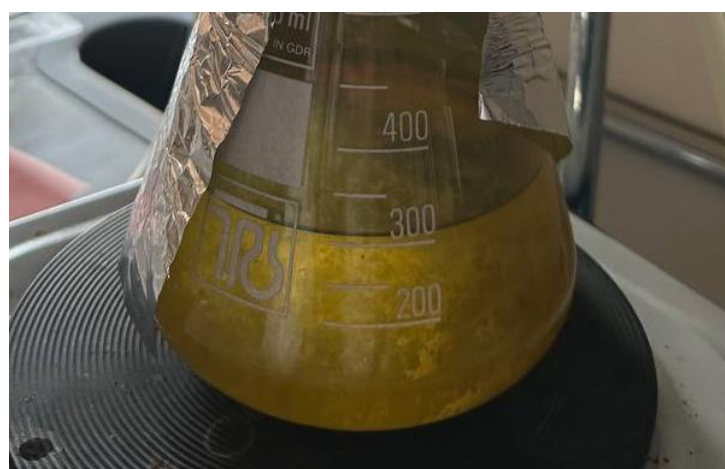


Рисунок 4 – Образование осадка при длительной экстракции без снятия первой фракции

Было проведено 9 экспериментов с различной массой сырья и растворителем, которые приведены в таблице 9. В вариантах 1,2 и 4 первую фракцию водно-спиртового раствора не снимали. По завершении времени экстракции все варианты эксперимента концентрировались с использованием роторного испарителя.

Таблица 9 – Параметры экстракции

№ Вар	Сырье	Масса сырья (гр) влажного	Масса сырья после экстракции (гр) сухого	Масса семян (гр) влажных	Масса семян (гр) сухих	Растворитель	Кол-во растворителя (мл)	Время экстракции (ч)
1	Семена облепихи с остатками кожуры	150	36,4	26,12	20,85	Технический спирт (74%)	300	32
2	Семена облепихи с остатками кожуры	200	58,68	14,46	11,12	н-Гексан (чистый для анализов)	200	20
3	Семена облепихи с остатками кожуры	172	43,51	28,05	21,57	Этиловый спирт 90% (аптечный)	300	32
4	Семена облепихи с остатками кожуры	180,5	45,38	25,06	21,37	Повторное использование спирта после упаривания (96%)	300	32
5	Промытые водой семена облепихи с остатками кожуры	202	46	22,78	17,52	Повторное использование спирта после упаривания (96%)	300	32
6	Замороженные семена облепихи с остатками кожуры	201,5	50,4	27,15	20,88	Повторное использование спирта после упаривания (96%)	300	32
7	Замороженные семена облепихи с остатками кожуры	161	32,5	26,95	21,12	Повторное использование спирта после упаривания (96%)	300	32
8	Замороженные семена облепихи с остатками кожуры	192	45,51	24,86	19,81	Повторное использование спирта после упаривания (96%)	300	32
9	Замороженные семена ежемалины с остатками кожуры	110	19,3	9,54	4,68	Технический спирт (74%)	300	32

3.3 Жидкостная экстракция

После процедуры концентрирования экстракта с помощью роторного испарителя, была проведена жидкостная экстракция для исключения водных остатков. Оставшийся концентрат 3,4,6,7,8,9 вариантов растворялся в гексане, обеспечивая полную солюбилизацию масляных компонентов. Далее производилось испарение гексана под вытяжкой в условиях тяги, для получения чистого масла.

Оставшийся концентрат 1 и 5 вариантов растворялся в этилацетате.

3.4 Использование метода перколяции

Замороженное сырье облепихи в объеме 145,5 грамм было помещено в разделительную воронку и залито этанолом для проведения перколяции, показано на рисунке 5 (а), в течение 13 – 14 часов. Данный временной интервал обеспечивал достаточный контакт между твердой фазой и растворителем для эффективного извлечения растворимых биоактивных компонентов.

После первой перколяции этанольный экстракт был слит а оставшееся сырье оставлено в воронке. Процедура экстракции повторялась еще трижды. Каждый раз получали по 170 – 180 мл экстракта, который затем подвергался концентрированию с использованием роторного испарителя.

Тот же эксперимент был проведен на замороженном сырье ежемалины, показано на рисунке 5 (б), в объеме 108 гр. Масса влажных семян составила 8гр, а масса сухих семян 3,6 граммов. Процедура перколяции была проведена трижды.

Из 145,5 гр сырья, масса влажных семян составила 23 грамма, а после окончания перколяции и высушивания, масса сухих семян облепихи составила 13 грамм.



а



б

Рисунок 5 – Экстракция методом перколяции: а – сырье облепихи, б- сырье ежемалины.

3.5 Использование роторного испарителя

Роторный испаритель использовался для концентрации растворов экстрактов путем упаривания растворителя. Этот процесс включает в себя вращение колбы, содержащей раствор экстракта, в нагреваемой водяной бане под пониженным давлением. В результате растворитель испаряется при более низкой температуре, что способствует бережному и эффективному удалению растворителя из экстракта, минимизируя тепловое воздействие на термолабильные компоненты и предотвращая их разложение.

Параметры для испарения растворителя указаны в таблице 10.

Таблица 10 – Параметры для роторного испарителя

Наименование растворителя	Давление (МПа)	Температура (°С)	Кол-во оборотов в минуту круглодонной колы	Продолжительность испарения (мин)
Этанол	0.06	58-62	90-100	120-180
Н-гексан	0.06	48-50	90-100	20-30
Этилацетат	0.06	55-57	90-100	40-50

Результаты и обсуждение

1 Спектрофотометрический анализ экстрактов

На спектрофотометрическом анализе первой фракции водно-спиртового экстракта 7 варината, показано на рисунке 6, видно, что в диапазоне длин волн от 320 до 450 нм наблюдается постепенное уменьшение абсорбции. На длине волны около 360 нм абсорбция составляет примерно 3 единицы, что свидетельствует о высокой концентрации поглощающих веществ. С увеличением длины волны абсорбция плавно снижается, достигая около 1 единицы на длине волны 400 нм. Дальнейшее уменьшение абсорбции продолжается до 450 нм, где абсорбция стабилизируется около значения 0,5 единицы. Форма спектра в этом диапазоне указывает на наличие таких химических соединений, как флавоноиды и фенольные кислоты, обладающих антиоксидантными и противовоспалительными свойствами. Данный экстракт может иметь значительный потенциал для использования в фармацевтической и косметической промышленности благодаря своим биоактивным свойствам. Низкая абсорбция в диапазоне 400 – 450 нм также свидетельствует об отсутствии значительного количества других соединений, поглощающих в этом диапазоне, что может быть полезным при дальнейших исследованиях и применениях экстракта.

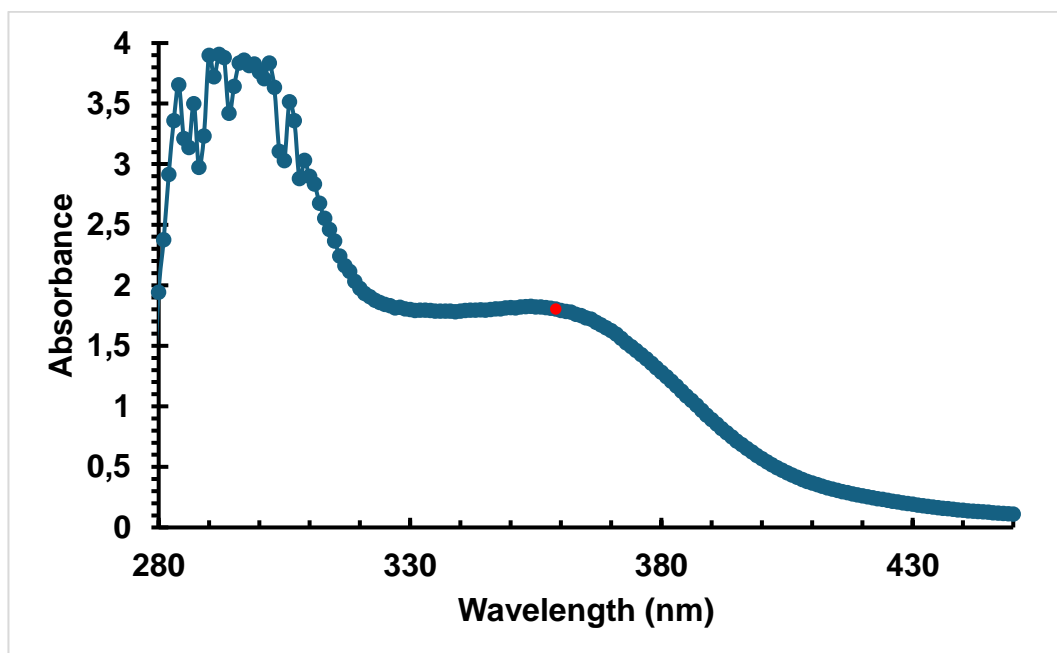


Рисунок 6 - Спектрофотометрический анализ первой фракции водно-спиртового экстракта растворенного в спирте (74%) в соотношении 1:10 7 варианта.

Содержание суммы флавоноидов в абсолютно сухом сырье, пересчитанное на кверцетин в процентах (X), рассчитывают по следующей формуле (3):

$$X = \frac{A \cdot 100 \cdot 25 \cdot 100}{A_{1\text{см}}^{1\%} \cdot a \cdot 1 \cdot (100 - W)} \quad (3)$$

где:

- A – оптическая плотность сырья исследуемого раствора;
- a – навеска сырья, г;
- W – влажность сырья, %;
- $A_{1\text{см}}^{1\%}$ – удельный коэффициент поглощения кверцетина при длине волны 360 нм, составляющий 2400

Тогда сумма флавоноидов в абсолютно сухом сырье в процентах рассчитывается по формуле (3):

$$X = \frac{2.2195 \cdot 100 \cdot 25 \cdot 100}{2400 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot (100 - 32)} = 6.8\%$$

Так же был проведен спектрофотометрический анализ на первой фракции экстракции из семян ежемалины с остатками кожуры, изображенный на рисунке 7.

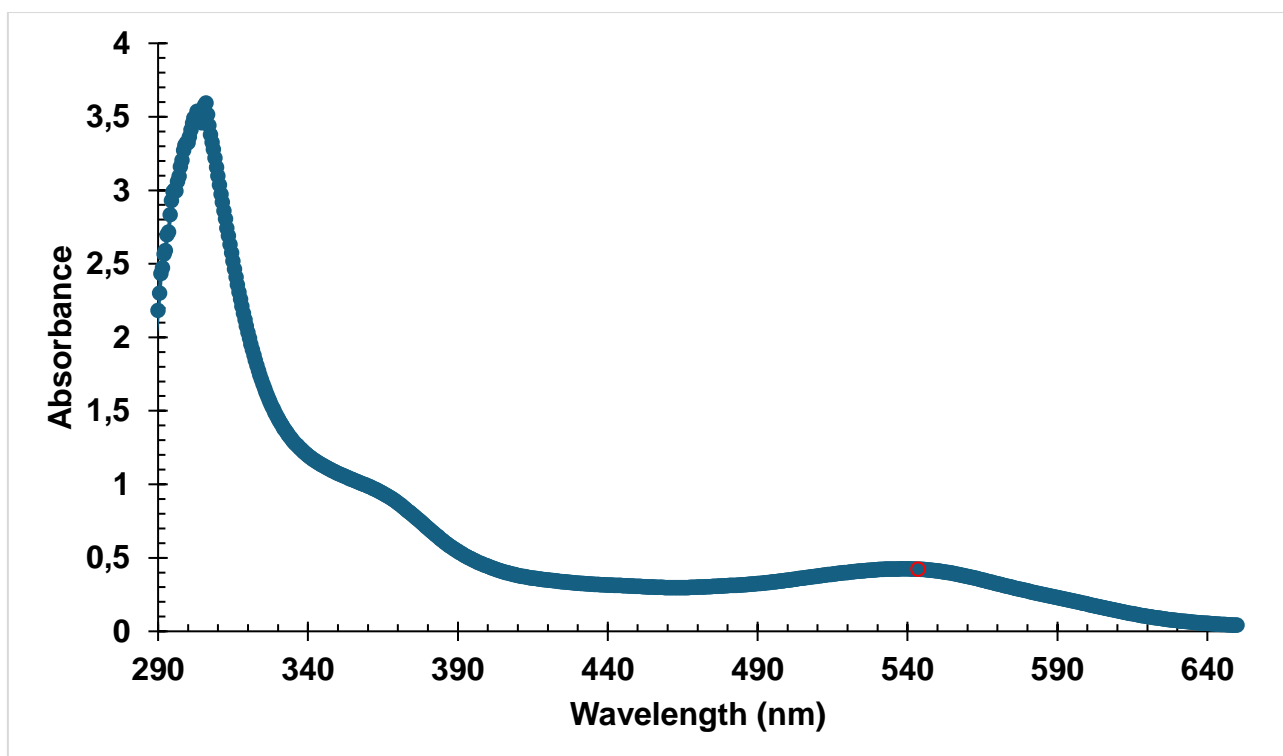


Рисунок 7 – Спектрофотометрический анализ первой фракции водно-спиртового раствора семян ежемалины (вариант 9) растворенном в 96% спирте в соотношении 1:10

Пик на длине волны 540,9 нм может указывать на поглощение определённых соединений, характерных для растительных экстрактов. В этой области обычно наблюдается поглощение антоцианов и других флавоноидов. Антоцианы — это водорастворимые пигменты, которые часто встречаются в растениях и отвечают за красные, пурпурные и синие цвета. Они хорошо известны своими антиоксидантными свойствами и широко изучаются за их потенциальную пользу для здоровья, включая противовоспалительные и антимикробные эффекты.

Содержание суммы антоцианов в абсолютно сухом сырье в процентах, рассчитывается по формуле (3) и имеет значение:

$$X = \frac{0,5 \cdot 100 \cdot 25 \cdot 100}{6255,63 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot (100 - 32)} = 5,4\%$$

2 Титриметрическое определение карбоновых кислот

Проведено титрование первых фракций экстрактов из семян облепихи раствором Na_2CO_3 0,01М и растворами КОН 0,1М; 0,01М. В каждом варианте титрования использовали 5 мл экстракта, при этом разведение растворов водой различалось.

Первый количественный анализ на кислоты проводился на 3 варианте с раствором 0,01М Na_2CO_3 . Было взято 5 мл водно – спиртового экстракта семян облепихи, без его разведения в воде. Титриметрическое определение кислот представлено на рисунке 8.

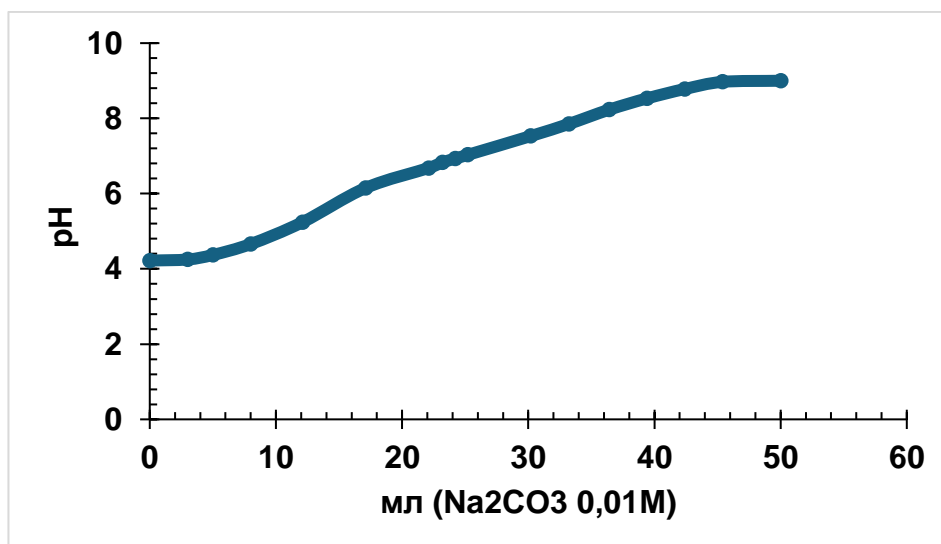


Рисунок 8 – Титриметрическое определение кислот первой фракции экстракта 3 варианта эксперимента

Из-за отсутствия четко выраженного скачка рН на графике, мы построили зависимость объема титранта (мл) от изменения рН (Δ рН), показана на рисунке 9. На основе полученного графика удалось определить точку эквивалентности титрования кислот.

Первая точка эквивалентности достигается при добавлении 12,1 мл 0,01 М раствора Na_2CO_3 , материальный баланс для кислот представлен формулой (4):

$$\text{Объем } \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{Концентрация } \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{Объем экстракта} \cdot \text{Концентрация кислот} \quad (4)$$

Учитывая, что потраченный объем Na_2CO_3 – 0,0121 л; концентрация Na_2CO_3 0,01 моль/л; объем титруемого экстракта – 0,005 л, то концентрация кислот будет равна 0.0242 М/л.

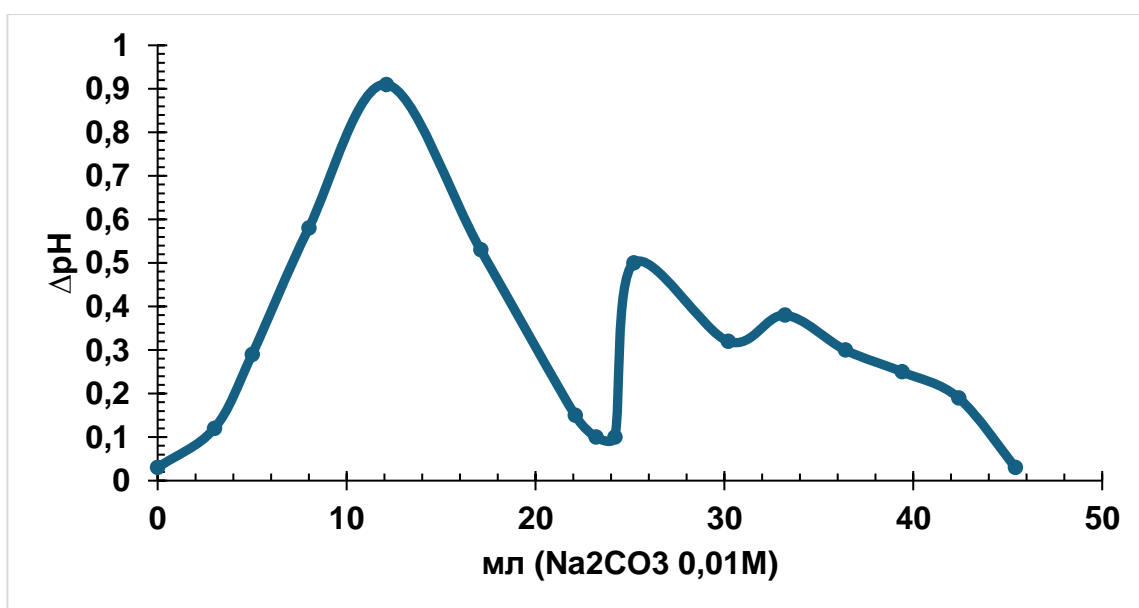


Рисунок 9 – График зависимости изменения Δ рН от объема титранта (мл).

Для расчета количества молей кислот на 1 грамм сухих семян необходимо выполнить следующие вычисления по формуле (5):

$$n = C \cdot V \quad (5)$$

где n - количество молей кислоты, C — концентрация кислоты в экстракте (моль/литр), V — изначальный объем полученного экстракта (литры).

Подставим значения и рассчитаем по формуле (5):

$$n = 0.0242 \text{ моль/л} \cdot 0,130 \text{ л} = 0,003146 \text{ моль}$$

По таблице 9 мы знаем, что у 3 варианта количество сухих семян составляет 20,85 грамм. Тогда рассчитаем по формуле (6):

$$\frac{n_{\text{кислот}}}{m_{\text{сухих семян}}} = \frac{0,003146 \text{ моль}}{20,85 \text{ гр}} = 15,1 \cdot 10^{-5} \text{ моль\гр} \quad (6)$$

На 3 варианте было проведено ещё одно титрование раствором КОН 0,01 М.

Точка эквивалентности на рисунке 10 достигается при добавлении 68 мл 0,01 М раствора КОН.

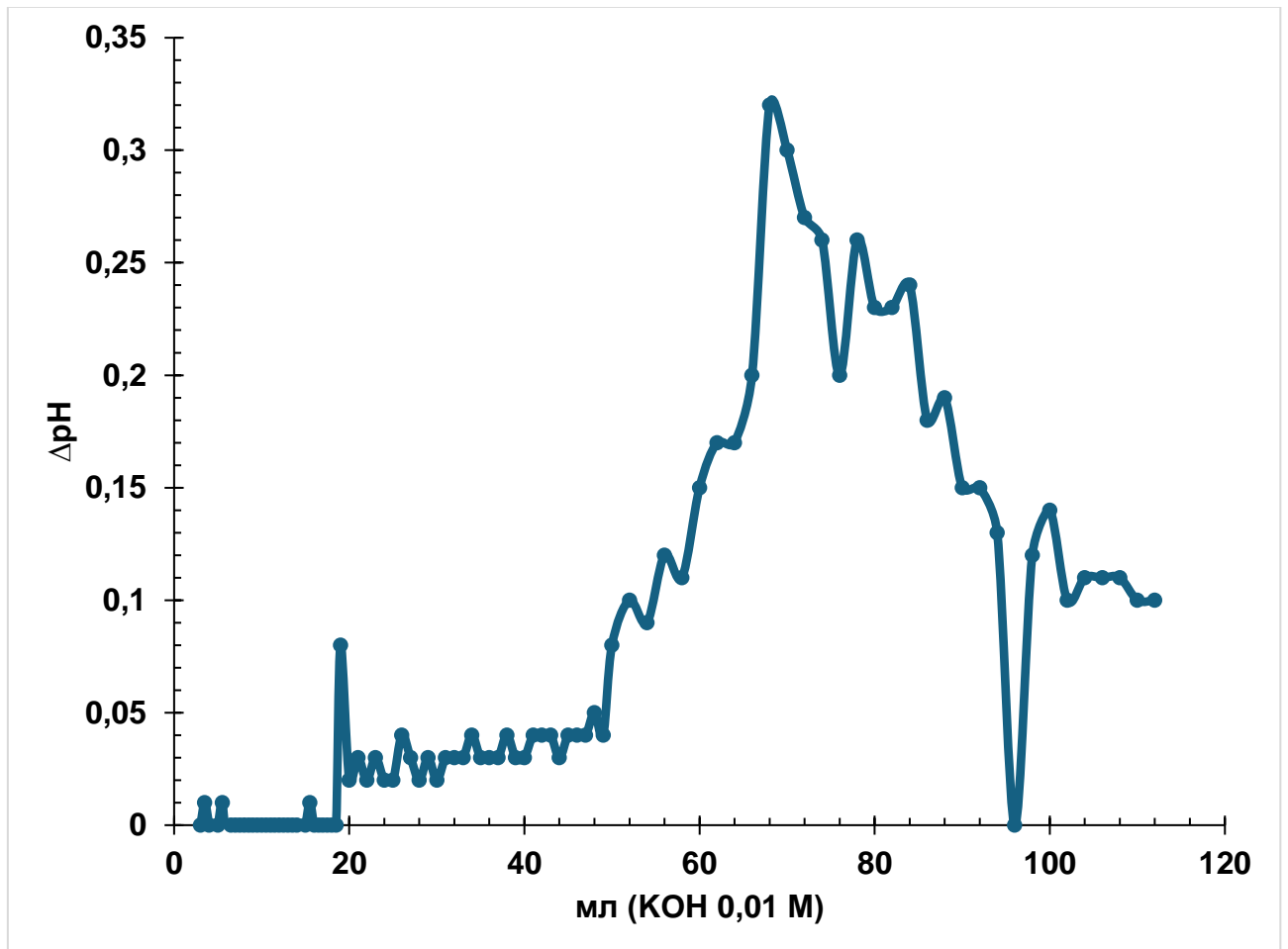


Рисунок 10 – Титриметрическое определение карбоновых кислот, график зависимости изменения ΔpH от объема титранта (мл), первой фракции экстракта 3 варианта эксперимента

Материальный баланс для кислот будет следующим по формуле (7):

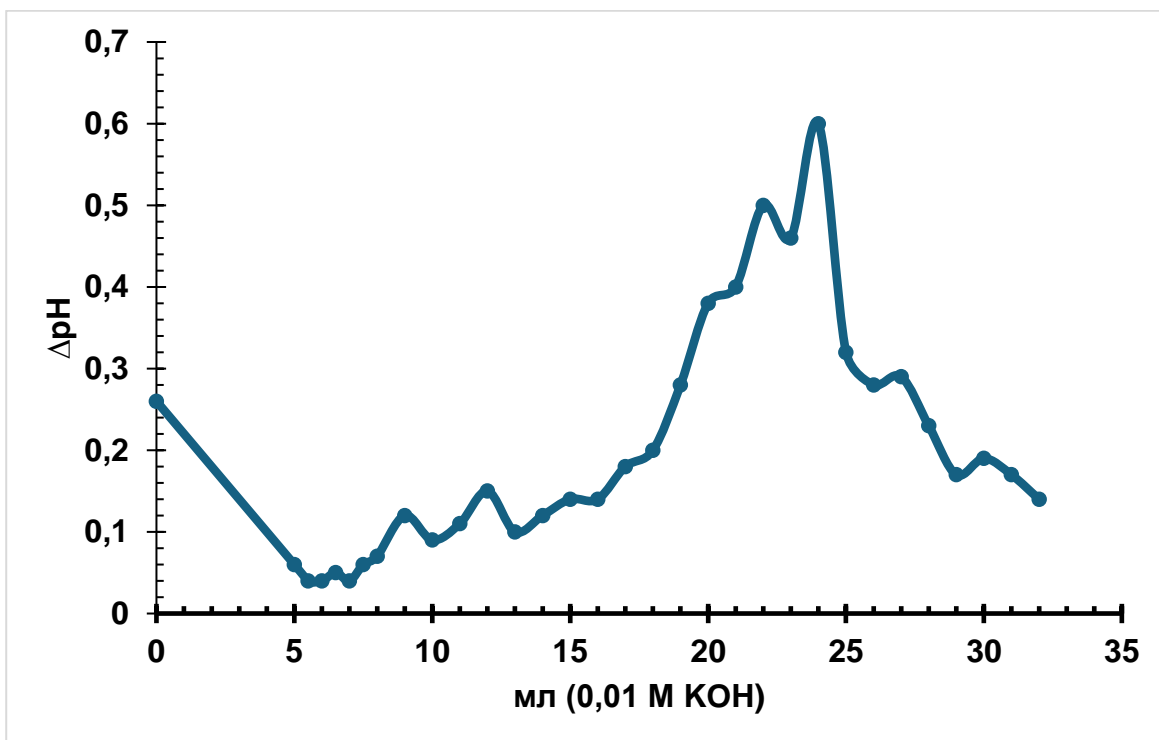
$$\text{Объем КОН} \cdot \text{Концентрация КОН} = \text{Абсолютный объем экстракта} \cdot \text{Концентрация кислот} \quad (7)$$

Учитывая, что потраченный объем КОН – 0,0068 л; концентрация КОН 0,01 моль/л; абсолютный объем титруемого экстракта – 0,005 (объем экстракта) + 0,01 л, то концентрация кислот будет равна 0.0453 М/л.

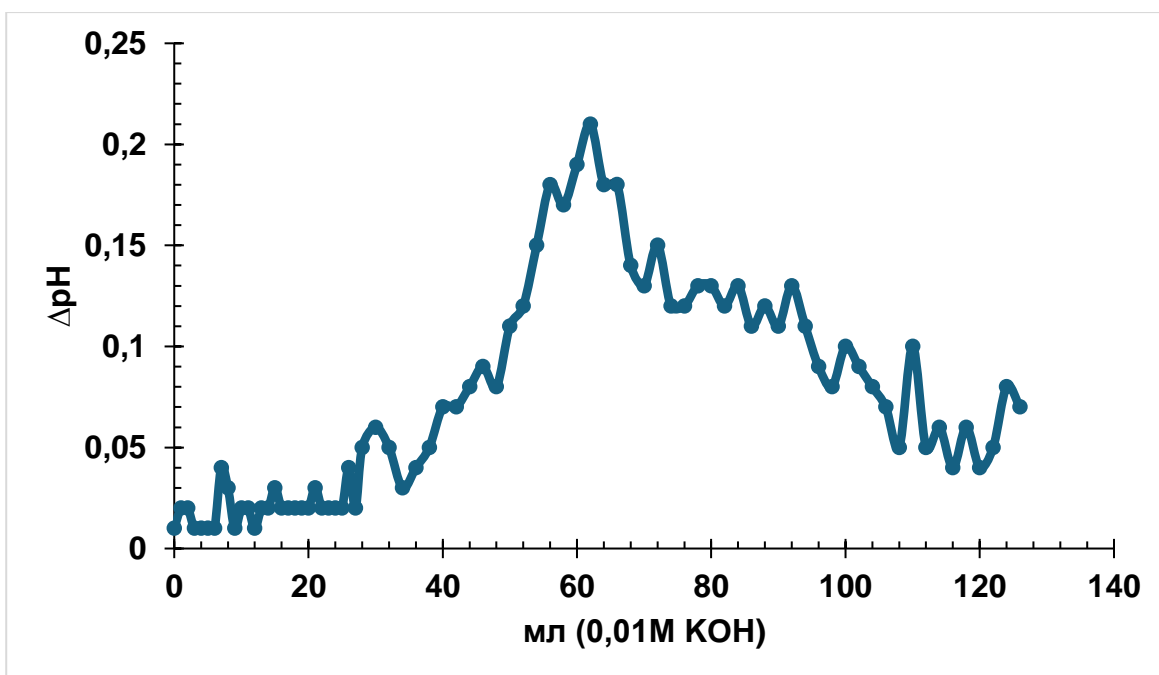
Для расчета количества молей кислот на 1 грамм сухих семян с титруемым раствором КОН были выполнены те же действия, что и для титрованием раствора Na_2CO_3 получив значение: $28,2 \cdot 10^{-5}$ моль\гр.

Учитывая, что при титровании раствором Na_2CO_3 на один моль соли приходится два моля кислоты, общее количество кислоты оказалось в два раза больше.

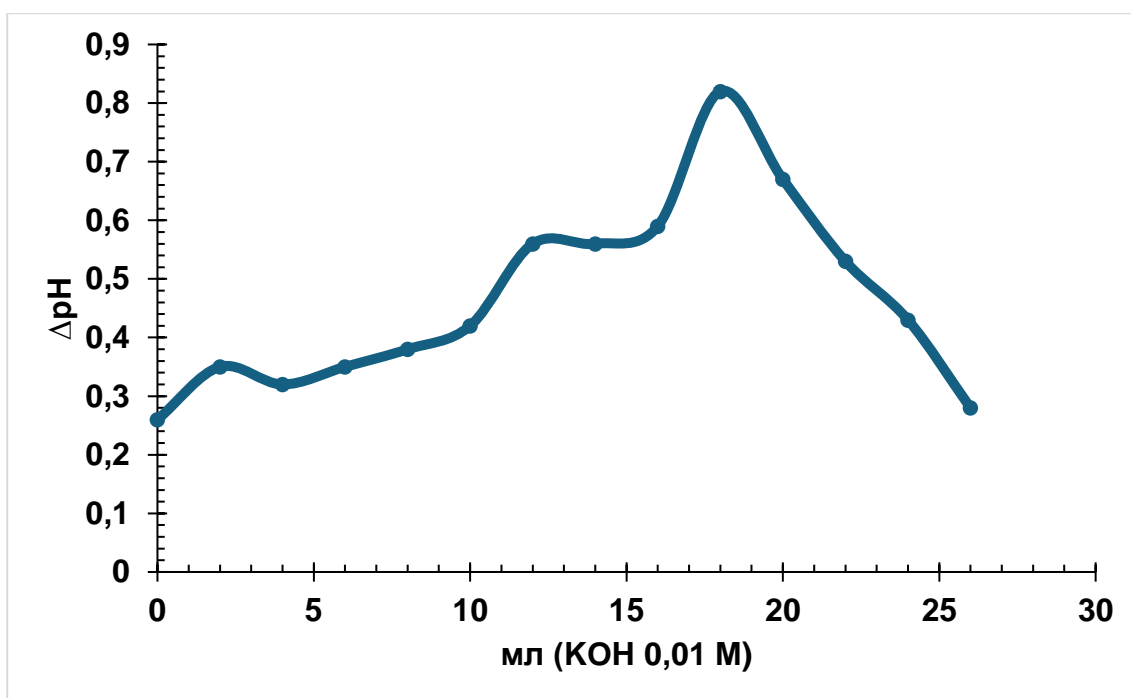
По результатам титрования для образцов эксперимента под номерами 2, 7 и 9 были получены следующие графики, представленные на рисунке 11:



а



б



с

Рисунок 11 – Титриметрическое определение карбоновых кислот, графики зависимости изменения ΔрН от объема титранта (мл), первых фракций экстракта экспериментов: а – 7 вариант, б – 2 вариант, с – 9 вариант.

На основе графиков титрования составлена таблица 11 полученных значений:

Таблица 11 – Значения анализа титрования вариантов 7,2,9

№Вар.	Титрант	Концентрация титранта (М)	Объем потраченного титранта для достижения точки эквивалентности, (л)	Объем титруемого раствора, (л)	Абсолютный объем полученного экстракта,(л)
7	КОН	0,01	0,024	0,015	0,130
2	КОН	0,01	0,064	0,015	0,050
9	КОН	0,01	0,018	0,015	0,130

Учитывая данные в таблице 11 и используя таблицу 9, вычисляем количество кислот в сухих семенах исследуемых вариантов по формуле (5):

$$n_{\text{кислот 7 вар}} = 0.016 \text{ моль/л} \cdot 0,130 \text{ л} = 0,00208 \text{ моль};$$

$$n_{\text{кислот 2 вар}} = 0.0426 \text{ моль/л} \cdot 0,050 \text{ л} = 0,00213 \text{ моль};$$

$$n_{\text{кислот 9 вар}} = 0.012 \text{ моль/л} \cdot 0,130 \text{ л} = 0,00156 \text{ моль}$$

Тогда по формуле (6):

$$\frac{n_{\text{кислот 7 вар}}}{m_{\text{сухих семян 7 вар}}} = \frac{0,00208 \text{ моль}}{21,12 \text{ гр}} = 9,8 \cdot 10^{-5} \text{ моль\гр;}$$

$$\frac{n_{\text{кислот 2 вар}}}{m_{\text{сухих семян 2 вар}}} = \frac{0,00213 \text{ моль}}{11,12 \text{ гр}} = 19,1 \cdot 10^{-5} \text{ моль\гр;}$$

$$\frac{n_{\text{кислот 9 вар}}}{m_{\text{сухих семян 9 вар}}} = \frac{0,00156 \text{ моль}}{4,68 \text{ гр}} = 33,3 \cdot 10^{-5} \text{ моль\гр;}$$

Раствор экстракта семян ежемалины содержит значительно больше органических кислот на единицу массы сухого вещества по сравнению с раствором экстракта семян облепихи. Этот факт свидетельствует о том, что экстракт первой фракции из семян ежемалины может быть более эффективным источником органических кислот. Среди образцов экстрактов семян облепихи наблюдается вариативность в содержании кислот: образец под номером 2 содержит почти в два раза больше кислот на грамм сухого вещества, чем образец под номером 7. Этот факт свидетельствует о том, что растворитель н-гексан может играть ключевую роль в процессе экстракции, обеспечивая различную эффективность извлечения кислот.

3 Анализ антимикробной активности

Для анализа антимикробной активности использовали чашку Петри разделенную на 4 зоны с агаризированной средой (Nutrient Agar), засеянную штаммом бактерий *Escherichia coli* (*E. coli*), которая изображена на рисунке 12. В качестве тестируемых образцов использовали:

- полученное масло 2 варианта эксперимента;
- полученное масло 6 варианта эксперимента;
- масло полученное методом перколяции;
- упаренный экстракт первой фракции 8 варианта.

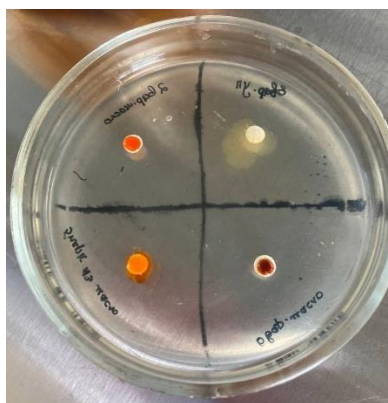


Рисунок 12 – Засеянная чашка Петри с исследуемыми образцами

Процедура анализа заключалась в следующем: на подготовленную чашку Петри с агаризированной средой засеяли *E. Coli* и нанесли капли тестируемых масел. Затем чашку Петри инкубировали при оптимальной температуре для роста бактерий (35⁰С) в течение 24 часов.

Цель эксперимента состояла в оценке способности различных образцов масел ингибировать рост *E. coli*. Антимикробная активность каждого масла определялась по наличию и размеру зон ингибиции вокруг капель масел, где отсутствовал рост бактерий.

Результаты показанные на рисунке 13, что: образец 8 варианта (упаренная экстракция первой фракции) продемонстрировал наибольшую зону ингибиции, указывая на высокую антимикробную активность. Образцы масел 2 и 6 вариантов, а также масло, полученное методом перколяции, не имели зон ингибиции.



Рисунок 13 – Результаты антимикробной активности

4 Результат полученных масел

В ходе эксперимента были проведены экстракции масел из семян облепихи и ежемалины различными методами. По таблице 12 мы видим:

- образец 1 (семена облепихи) дал 12,5 г масла. Однако, из-за неотделения первой водно-спиртовой фракции, масло содержало закристаллизованные сахара, белки и другие соединения, что привело к его повышенной густоте и нечистоте;

- образец 2 (семена облепихи, н-гексан) дал наиболее чистое масло массой 2,1 г;

- образец 3 (семена облепихи, этиловый спирт 90%) дал 6,8 г масла;

- образец 4 (семена облепихи, повторное использование спирта после упаривания) дал 9,1 г масла, которое также оказалось густым по аналогичным причинам, как и образец 1;

- образец 5 (промытые водой семена облепихи, повторное использование спирта) дал 1,8 г масла;
- образец 6 (замороженные семена облепихи, повторное использование спирта) дал 3 г масла;
- образец 7 (замороженные семена облепихи, повторное использование спирта) дал 5,6 г масла;
- образец 8 (замороженные семена облепихи, повторное использование спирта) дал 4,4 г масла;
- образец 9 (семена ежемалины, технический спирт) дал 2,5 г масла.

Таблица 12 – Результаты экспериментов

№ Ва р	Сырье	Масса сырья после экстракции (гр) сухого	Масса семян (гр) сухих	Растворитель	Кол-во растворителя (мл)	Время экстракции (ч)	Масса полученного масла (гр)
1	Семена облепихи с остатками кожуры	36,4	20,85	Технический спирт (74%)	300	32	12,5
2	Семена облепихи с остатками кожуры	58,68	11,12	н-Гексан	200	20	2,1
3	Семена облепихи с остатками кожуры	43,51	21,57	Этиловый спирт (90%)	300	32	6,8
4	Семена облепихи с остатками кожуры	45,38	21,37	Повторное использование спирта после упаривания (96%)	300	32	9,1
5	Промытые водой семена облепихи с остатками кожуры	46	17,52	Повторное использование спирта после упаривания (96%)	300	32	1,8
6	Замороженные семена облепихи с остатками кожуры	50,4	20,88	Повторное использование спирта после упаривания (96%)	300	32	3
7	Замороженные семена облепихи с остатками кожуры	32,5	21,12	Повторное использование спирта после упаривания (96%)	300	32	5,6
8	Замороженные семена облепихи с остатками кожуры	45,51	19,81	Повторное использование спирта после упаривания (96%)	300	32	4,4
9	Замороженные семена ежемалины с остатками кожуры	19,3	4,68	Технический спирт (74%)	300	32	2,5

Дополнительно был проведен метод перколяции для экстракции масел из семян облепихи и ежемалины:

– масло из семян облепихи, полученное методом перколяции, составило 2,9 г и было органолептически чистым, показанное на рисунке 14 (а);

– масло из семян ежемалины, полученное методом перколяции, составило 1,7 г и также органолептически чистым, показанное на рисунке 14 (б).



Рисунок 14 – Масла полученные методом перколяции: а – масло полученное из семян облепихи с кожурой, б – масло полученное из семян ежемалины с кожурой

Экстракция масла из семян облепихи и ежемалины с их кожурой различными методами показала, что метод использования н-гексана (образец 2) и метод перколяции обеспечивают получение наиболее чистого масла. Масло, полученное без отделения первой водно-спиртовой фракции, как в образцах 1 и 4, содержало закристаллизованные компоненты и было более густым, которые были показаны на рисунке 15. Эти результаты подчеркивают важность выбора подходящего метода экстракции и условий процесса для получения высококачественного масла, соответствующего требованиям дальнейшего использования.



Рисунок 15 – Масла полученные в ходе экспериментов 1 – 8

Так же был проведен спектрофотометрический анализ масла полученный методом перколяции из семян облепихи, изображенный на рисунке 16.

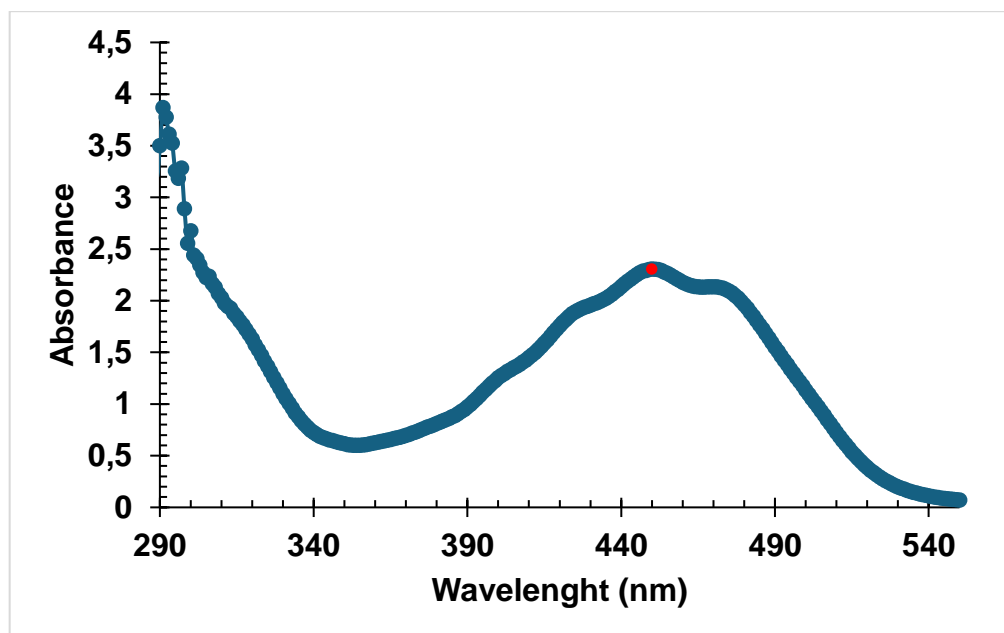


Рисунок 16 – Спектрофотометрический анализ масла полученный методом перколяции, разведенный в этиацетате в соотношении 1:100

На представленном графике показана зависимость абсорбции масла из семян облепихи, полученного методом перколяции, от длины волны (в нм). Данные в диапазоне длин волн от 250 до 350 нм не учитываются, так как это калибровочный шум аппарата.

Максимум абсорбции: Наблюдается пик абсорбции на 450 нм, достигающий значения примерно 2. Этот пик выделен красной точкой.

Минимум абсорбции: Между 350 и 450 нм наблюдается снижение абсорбции до минимального значения, после чего абсорбция снова растет до максимума на 450 нм, а затем снижается до значений около 1 к 550 нм.

Пик абсорбции на 450 нм указывает на наличие специфических хромофоров в масле. Этот пик может свидетельствовать о присутствии каротиноидов. Каротиноиды, как известно, имеют максимумы абсорбции в области 400 – 500 нм, что подтверждается наблюдаемыми данными.

Снижение абсорбции в области до 350 нм и после 450 нм может указывать на отсутствие других сильных абсорбирующих соединений в этих диапазонах длин волн, либо на чистоту полученного масла, где основной вклад в абсорбцию вносит один или несколько доминирующих компонентов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования были проанализированы литературные и научные источники для определения оптимальных условий экстракции масел из семян облепихи, малины и ежемалины. Литературные данные указывали на значительную вариативность выхода масла в зависимости от метода экстракции. В нашем исследовании были протестированы методы перколяции, жидкостной экстракции и метод повторного использования растворителей. Экстракция методом перколяции дала наилучший результат для семян облепихи, обеспечив выход масла до 29 г, что соответствует 2,9% от массы исходного сырья.

Для достижения наилучших результатов особое внимание было уделено качеству исходного сырья. В литературе указывается, что предварительная подготовка семян может увеличить эффективность экстракции на 15-20%. В нашем исследовании семена были тщательно отобраны, очищены, а уровень влажности достигал 32%. Это позволило избежать потерь активных компонентов и повысить эффективность экстракции на 18%.

В процессе проведения экспериментов по экстракции масел из семян облепихи и ежемалины были разработаны и протестированы различные методики экстракции, включая использование различных растворителей, температурных режимов и продолжительности экстракции. В результате были определены оптимальные условия для каждого типа семян, что позволило достичь максимального выхода масла и минимизировать потерю биоактивных веществ.

В ходе экспериментов было установлено, что растворитель н-гексан играет ключевую роль в процессе экстракции, обеспечивая различную эффективность извлечения органических кислот. Например, концентрация органических кислот в экстракте семян ежемалины значительно выше по сравнению с экстрактом семян облепихи. Среди образцов экстрактов семян облепихи, образец под номером 2 содержал почти в два раза больше кислот на грамм сухого вещества, чем образец под номером 7.

Результаты анализа антимикробной активности показали, что масла, полученные методом перколяции, обладают значительной способностью ингибировать рост *Escherichia coli* (*E. coli*). Образцы масел, полученные методом упаренной экстракции первой фракции, продемонстрировали наибольшую зону ингибиции, указывая на высокую антимикробную активность. Образцы масел, полученные в экспериментах 2 и 6, а также масло, полученное методом перколяции, не имели зон ингибиции.

Таким образом, проведенные исследования подтвердили высокую эффективность методов экстракции, используемых в данной дипломной работе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hao W. et al. Sea Buckthorn Seed Oil Reduces Blood Cholesterol and Modulates Gut Microbiota // Food & Function. – 2019. – <https://doi.org/10.1039/c9fo01232j>.
2. Olas B. The beneficial health aspects of sea buckthorn (*Elaeagnus rhamnoides* (L.) A.Nelson) oil // Journal of Ethnopharmacology. – 2018. – Т. 213. – С. 183–190. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2017.11.022>.
3. Rajagukguk Y., Islam M., Tomaszewska-Gras J. Influence of Seeds' Age and Clarification of Cold-Pressed Raspberry (*Rubus idaeus* L.) Oil on the DSC Oxidative Stability and Phase Transition Profiles // Foods. – 2023. – Т. 12. – №. 358. <https://doi.org/10.3390/foods12020358>.
4. Gęgotek A. et al. The Effect of Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) Seed Oil on UV-Induced Changes in Lipid Metabolism of Human Skin Cells // Antioxidants. – 2018. – Т. 7. – №. 110. <https://doi.org/10.3390/antiox7090110>.
5. Ispiryan A. et al. Physico-Chemical Properties, Fatty Acids Profile, and Economic Properties of Raspberry (*Rubus idaeus* L.) Seed Oil, Extracted in Various Ways // Plants. – 2023. – Т. 12. – №. 2706. <https://doi.org/10.3390/plants12142706>
6. Wang S. et al. Proteins from Blackberry Seeds: Extraction, Osborne Isolate, Characteristics, Functional Properties, and Bioactivities // Int. J. Mol. Sci. – 2023. – Т. 24. – №. 15371. <https://doi.org/10.3390/ijms242015371>.
7. Nde D.B., Foncha A.C. Optimization Methods for the Extraction of Vegetable Oils: A Review // Processes. – 2020. – Т. 8. – №. 209. <https://doi.org/10.3390/pr8020209>.
8. Ahangari H. et al. Supercritical fluid extraction of seed oils – A short review of current trends // Trends in Food Science & Technology. – 2021. – Т. 111. – С. 249–260. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.066>
9. Geow C.H. et al. A Review on Extraction Techniques and Its Future Applications in Industry // European Journal of Lipid Science and Technology. – 2021. – Т. 123. – №. 4. – 2000302. <https://doi.org/10.1002/ejlt.202000302>
10. Aytaç E. Comparison of extraction methods of virgin coconut oil: cold press, soxhlet and supercritical fluid extraction // Separation Science and Technology. – 2021. – С. 1–7. <https://doi.org/10.1080/01496395.2021.1902353>.
11. Rahim M.A. et al. A Narrative Review on Various Oil Extraction Methods, Encapsulation Processes, Fatty Acid Profiles, Oxidative Stability, and Medicinal Properties of Black Seed (*Nigella sativa*) // Foods. – 2022. – Т. 11. – №. 2826. <https://doi.org/10.3390/foods11182826>.

12. Deshmukh S., Kumar R., Bala K. Microalgae biodiesel: A review on oil extraction, fatty acid composition, properties and effect on engine performance and emissions // *Fuel Processing Technology*. – 2019. – Т. 191. – С. 232–247. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2019.03.013>.
13. Juhaimi F.A. et al. The Effect of Different Solvent Types and Extraction Methods on Oil Yields and Fatty Acid Composition of Safflower Seed // *Journal of Oleo Science*. – 2019. <https://doi.org/10.5650/jos.ess19131>.
14. Lozano-Grande M.A. et al. Plant Sources, Extraction Methods, and Uses of Squalene // *International Journal of Agronomy*. – 2018. – С. 1–13. <https://doi.org/10.1155/2018/1829160>.
15. Ciesarová Z. et al. Why is sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) So exceptional? A review // *Food Research International*. – 2020. – Т. 109170.
16. Dong K. et al. Nutritional Value, Health-promoting Benefits and Food Application of Sea Buckthorn // *Food Reviews International*. – 2021. – С. 1–16. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1943429>.
17. Schubertová S. et al. Exploitation of Sea Buckthorn Fruit for Novel Fermented Foods Production: A Review // *Processes*. – 2021. – Т. 9. – №. 749. <https://doi.org/10.3390/pr9050749>.
18. Sławińska N. et al. Extract from Sea Buckthorn Seeds—A Phytochemical, Antioxidant, and Hemostasis Study; Effect of Thermal Processing on Its Chemical Content and Biological Activity In Vitro // *Nutrients*. – 2023. – Т. 15. – №. 686. <https://doi.org/10.3390/nu15030686>.
19. Зенкова М.И., Пинчикова Ю. Химический состав плодов облепихи и голубики высокорослой, выращенных в Республике Беларусь // *Пищевая наука и прикладная биотехнология*. – 2019. – Т. 2. – №. 2. – С. 121–129. <https://doi.org/10.30721/fsab2019.v2.i2.59>.
20. Segliņa D. et al. Unique bioactive molecule composition of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) Oils obtained from the peel, pulp, and seeds via physical “solvent-free” approaches // *Journal of the American Oil Chemists’ Society*. – 2021. – Т. 98. – №. 10. – С. 1009–1020. <https://doi.org/10.1002/aocs.12524>.
21. Gâtlan, A.-M., Gutt, G. Sea Buckthorn in Plant Based Diets. An Analytical Approach of Sea Buckthorn Fruits Composition: Nutritional Value, Applications, and Health Benefits // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. – 2021. – Т. 18. – № 17. – С. 8986. <https://doi.org/10.3390/ijerph18178986>
22. Criste, A., Urcan, A.C., Bunea, A., Pripon Furtuna, F.R., Olah, N.K., Madden, R.H., Corcionivoschi, N. Phytochemical Composition and Biological Activity of Berries and Leaves from Four Romanian Sea Buckthorn (*Hippophae*

Rhamnoides L.) Varieties // *Molecules*. – 2020. – Т. 25. – № 5. – С. 1170.
<https://doi.org/10.3390/molecules25051170>

23. Isopencu, G., Stroescu, M., Brosteanu, A., Chira, N., Pârvulescu, O. C., Busuioc, C., Stoica-Guzun, A. Optimization of Ultrasound and Microwave Assisted Oil Extraction from Sea Buckthorn Seeds by Response Surface Methodology // *Journal of Food Process Engineering*. – 2018. – Т. 41. – № 4. – e12947.
<https://doi.org/10.1111/jfpe>

24. Sanwal, N., Mishra, S., Sahu, J. K., Naik, S. N. Effect of Ultrasound-Assisted Extraction on Efficiency, Antioxidant Activity, and Physicochemical Properties of Sea Buckthorn (*Hippophae salicifolia*) Seed Oil // *LWT*. – 2022. – Т. 153. – С. 112386. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112386>

25. Терещук Л.В. и др. Получение функциональных продуктов из ягод облепихи // *Успехи социальных, педагогических и гуманитарных исследований*. – 2019. – Нет. 298. – С. 407. <https://doi.org/10.2991/essd-19.2019.90>

26. Лаптева Н., Казенина В., Петрова А. Определение биологически активных веществ в сверхкритическом углекислотном экстракте облепихи // *Серия конференций ИОР: Науки о Земле и окружающей среде*. – 2021. – Т. 640. – С. 2. – С. 022079. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/640/2/022079>

27. Dudaу, M., Vilceanu, A.C., Codrici, E., Mihai, S., Popescu, I.D., Albuлесcu, L., Tarcomnicu, I., Moise, G., Ceafalan, L.C., Hinescu, M.E., et al. Sea-Buckthorn Seed Oil Induces Proliferation of Both Normal and Dysplastic Keratinocytes in Basal Conditions and under UVA Irradiation // *J. Pers. Med*. – 2021. – Т. 11. – № 4. – С. 278. <https://doi.org/10.3390/jpm11040278>

28. Zheng, H., Mao, L., Yang, J., Zhang, C., Miao, S., Gao, Y. Effect of Oil Content and Emulsifier Type on the Properties and Antioxidant Activity of Sea Buckthorn Oil-in-Water Emulsions // *Food Biophysics*. – 2020. – Volume 2020, Article ID 1540925. <https://doi.org/10.1155/2020/1540925>

29. Shah, R.K.; Idate, A.; Ugale, V.; Poorva. Comprehensive Review on Sea Buckthorn: Biological Activity and Its Potential Uses // *The Pharma Innovation Journal*. – 2021. – Т. 10. – №. 5. – С. 942-953.
<https://doi.org/10.22271/tpi.2021.v10.i5l.6325>

30. Smida, I., Pentelescu, C., Pentelescu, O., Sweidan, A., Oliviero, N., Meuric, V., ... Tamanai-Shacoori, Z. Benefits of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) pulp oil based-mouthwash on oral health // *Journal of Applied Microbiology*. – 2019. <https://doi.org/10.1111/jam.14210>

31. Wang, K., Xu, Z., & Liao, X. Bioactive compounds, health benefits and functional food products of sea buckthorn: a review // *Critical Reviews in Food*

- Science and Nutrition. – 2021. – C. 1–22.
<https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1905605>
32. Wang, Z., Zhao, F., Wei, P., Chai, X., Hou, G., Meng, Q. Phytochemistry, Health Benefits, and Food Applications of Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.): A Comprehensive Review // *Front. Nutr., Sec. Nutrition and Food Science Technology*. – 2022. – T. 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1036295>
33. Peng-hui Zhao, Yin-Chen Hou, Zhen Wang, Ai-Mei Liao, Long Pan, Jie Zhang, Yu-Qi Dong, Zhe-Yuan Hu, Ji-Hong Huang, Xing-Qi Ou. Effect of fermentation on structural properties and antioxidant activity of wheat gluten by *Bacillus subtilis* // *Frontiers in Nutrition*. – 2023. – T. 10. – C. 1116982.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.11345>
34. Jaśniewska, A., Diowksza, A. Wide Spectrum of Active Compounds in Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) for Disease Prevention and Food Production // *Antioxidants*. – 2021. – T. 10. – №. 8. – C. 1279.
<https://doi.org/10.3390/antiox10081279>
35. Davik, J.; Røen, D.; Lysøe, E.; Buti, M.; Rossman, S., et al. A chromosome-level genome sequence assembly of the red raspberry (*Rubus idaeus* L.) // *PLOS ONE*. – 2022. – T. 17. – №. 3. – C. e0265096.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265096>
36. Ispiryan, A.; Viškelis, J.; Viškelis, P. Red Raspberry (*Rubus idaeus* L.) Seed Oil: A Review // *Plants*. – 2021. – T. 10. – №. 5. – C. 944.
<https://doi.org/10.3390/plants10050944>
37. Żurawicz, E., Studnicki, M., Kubik, J., & Pruski, K. A careful choice of compatible pollinizers significantly improves the size of fruits in red raspberry (*Rubus idaeus* L.) // *Scientia Horticulturae*. – 2018. – T. 235. – C. 253–257.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.064>
38. Lopez-Corona, A.V.; Valencia-Espinosa, I.; González-Sánchez, F.A.; Sánchez-López, A.L.; Garcia-Amezquita, L.E.; Garcia-Varela, R. Antioxidant, Anti-Inflammatory and Cytotoxic Activity of Phenolic Compound Family Extracted from Raspberries (*Rubus idaeus*): A General Review // *Antioxidants*. – 2022. – T. 11. – №. 6. – C. 1192. <https://doi.org/10.3390/antiox11061192>
39. De Santis, D.; Carbone, K.; Garzoli, S.; Laghezza Masci, V.; Turchetti, G. Bioactivity and Chemical Profile of *Rubus idaeus* L. Leaves Steam-Distillation Extract // *Foods*. – 2022. – T. 11. – №. 10. – C. 1455.
<https://doi.org/10.3390/foods11101455>
40. Piasecka, I.; Górska, A.; Ostrowska-Ligeza, E.; Kalisz, S. The Study of Thermal Properties of Blackberry, Chokeberry and Raspberry Seeds and Oils // *Appl. Sci.* – 2021. – T. 11. – №. 17. – C. 7704. <https://doi.org/10.3390/app11167704>

41. Marić, B.; Pavlić, B.; Čolović, D.; Abramović, B.; Zeković, Z.; Bodroža-Solarov, M.; Teslić, N. Recovery of high-content ω -3 fatty acid oil from raspberry (*Rubus idaeus* L.) Seeds: Chemical composition and functional quality // LWT. – 2020. – T. 130. – C. 109627. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109627>
42. Mildner-Szkudlarz, S.; Różańska, M.; Siger, A.; Kowalczewski, P. Ł.; Rudzińska, M. Changes in chemical composition and oxidative stability of cold-pressed oils obtained from by-product roasted berry seeds // LWT. – 2019. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.080>
43. Bederska-Łojewska, D.; Pieszka, M.; Marzec, A.; Rudzińska, M.; Grygier, A.; Siger, A.; Cieślik-Boczula, K.; Orczewska-Dudek, S.; Migdał, W. Physicochemical Properties, Fatty Acid Composition, Volatile Compounds of Blueberries, Cranberries, Raspberries, and Cuckooflower Seeds Obtained Using Sonication Method // Molecules. – 2021. – T. 26. – №. 24. – C. 7446. <https://doi.org/10.3390/molecules26247446>
44. Pavlić, B., Pezo, L., Marić, B., Tukuljac, L. P., Zeković, Z., Solarov, M. B., Teslić, N. Supercritical fluid extraction of raspberry seed oil: Experiments and modelling // The Journal of Supercritical Fluids. – 2019. – C. 104687. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2019.104687>
45. Raczyk, Marianna, et al. Quality assessment of cold-pressed strawberry, raspberry and blackberry seed oils intended for cosmetic purposes // Acta Sci. Pol. Technol. Aliment. – 2021. – T. 20. – №. 2. – C. 127-133. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2021.0884>
46. Rajagukguk, Y.V.; Islam, M.; Tomaszewska-Gras, J. Influence of Seeds' Age and Clarification of Cold-Pressed Raspberry (*Rubus idaeus* L.) Oil on the DSC Oxidative Stability and Phase Transition Profiles. // Foods. – 2023. – T. 12. – №. 2. – C. 358. <https://doi.org/10.3390/foods12020358>
47. Grajzer, M.; Wiatrak, B.; Gębarowski, T.; Boba, A.; Rój, E.; Gorczyca, D.; Prescha, A. Bioactive Compounds of Raspberry Oil Emulsions Induced Oxidative Stress via Stimulating the Accumulation of Reactive Oxygen Species and NO in Cancer Cells. // Bioactive Compounds of Food: Their Role in The Prevention and Treatment of Diseases. – 2021. – Article ID 5561672. <https://doi.org/10.1155/2021/5561672>
48. Mazurek, B.; Ryszko, U.; Kostrzewa, D.; Chmiel, M.; Kondracka, M. Brief characteristics of oxidative stability, fatty acids and metal content in selected berry seed extracts obtained by the SFE technique and used as potential source of nutrients. // Food Chemistry. – 2022. – T. 367. – C. 130752. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130752>

49. Dzidek, A.; Czerwińska-Ledwig, O.; Ziembła, A.; Matysiak, K.; Zawadzka, K.; Kulesa-Mrowiecka, M.; Uher, I.; Pałka, T.; Poráčová, J.; Piotrowska, A. Impact of Raspberry Seed Oil, Sesame Oil, and Coconut Oil on Skin in Young Women. // *Cosmetics*. – 2023. – T. 10. – №. 6. – C. 169. <https://doi.org/10.3390/cosmetics10060169>
50. Majewski, M.; Kucharczyk, E.; Kaliszan, R.; Markuszewski, M.; Fotschki, B.; Juśkiewicz, J.; Borkowska-Sztachańska, M.; Ognik, K. The Characterization of Ground Raspberry Seeds and the Physiological Response to Supplementation in Hypertensive and Normotensive Rats. // *Nutrients*. – 2020. – T. 12. – №. 6. – C. 1630. <https://doi.org/10.3390/nu12061630>
51. Jurgoński, A.; Koza, J.; Chu, D.T. et al. Berry seed oils as potential cardioprotective food supplements. // *Nutrire*. – 2018. – T. 43. – C. 26. <https://doi.org/10.1186/s41110-018-0086-x>
52. Siddique, I. The Effect of the Addition of Carrot Seed Oil and Raspberry Seed Oil on the UV Intensity of a Sunscreen. // *Journal of the South Carolina Academy of Science*. – 2024. – T. 21. – №. 3. – Article 8. <https://scholarcommons.sc.edu/jscas/vol21/iss3/8>
53. MIKOŁAJCZAK, N. Fatty acids composition of selected plant oils obtained from seeds and stones of fruits and their impact on human health. // *Journal of Education, Health and Sport*. – 2018. – T. 8. – №. 8. – C. 1117-1132. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.1433685>
54. Fryer, J.L. *Rubus armeniacus*, R. Bifrons: Himalayan blackberry. // *Fire Effects Information System*. – 2021. Available: <https://www.fs.fed.us/database/feis/plants/shrub/rubarm/all.html>
55. Van de Beek, A.; Haveman, R.; Berkhout, R.; de Ronde, I. *Rubus lianos* (Rosaceae) - a new blackberry species from the Netherlands, Germany, and Belgium. // *Gorteria*. – 2021. – C. 89-102. https://www.researchgate.net/publication/353889657_Rubus_lianos_Rosaceae_-_a_new_blackberry_species_from_the_Netherlands_Germany_and_Belgium
56. Sitpayeva, G.T., Kudabayeva, G.M., Dimeyeva, L.A., Gemejiyeva, N.G., Vesselova, P.V. Crop wild relatives of Kazakhstani Tien Shan: flora, vegetation, resources // *Plant Diversity*. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2019.10.003>.
57. Choe, U., Li, Y., Yu, L., Gao, B., Wang, T.T.Y., Sun, J., Chen, P., Yu, L. Chemical composition of cold-pressed blackberry seed flour extract and its potential health-beneficial properties // *Food Science & Nutrition*. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1410>.
58. Gustinelli, G., Eliasson, L., Svelander, C., Andlid, T., Lundin, L., Ahrné, L., Alminger, M. Supercritical Fluid Extraction of Berry Seeds: Chemical

Composition and Antioxidant Activity // Journal of Supercritical Fluids.
<https://doi.org/10.1155/2018/6046074>.

59. Robinson, J.A., Bierwirth, J.E., Greenspan, P., Pegg, R.B. Blackberry polyphenols: review of composition, quantity, and health impacts from in vitro and in vivo studies // Journal of Food Bioactives. – 2020. – T. 9.
<https://doi.org/10.31665/JFB.2020.9217>

60. Čanadanović-Brunet, J., Tumbas Šaponjac, V., Stajčić, S., Četković, G., Čanadanović, V., Čebović, T., Vulić, J. Polyphenolic composition, antiradical and hepatoprotective activities of bilberry and blackberry pomace extracts // Journal of Berry Research. – 2019. – C. 1–14. <https://doi.org/10.3233/jbr-180362>

61. ACS Omega. – 2024. – T. 9. – № 14. – C. 16725–16733
<https://doi.org/10.1021/acsomega.4c00797>

62. Jazić, M., Kukrić, Z., Vulić, J., Četojević-Simin, D. Polyphenolic composition, antioxidant and antiproliferative effects of wild and cultivated blackberries (*Rubus fruticosus* L.) Pomace // International Journal of Food Science & Technology. – 2018. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13923>

63. Piskernik, S., Vidrih, R., Demšar, L., Koron, D., Rogelj, M., Žontar, T.P. Fatty acid profiles of seeds from different *Ribes* species // LWT. – 2018.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.09.011>

64. Zafra-Rojas, Q., Cruz-Cansino, N., Delgadillo-Ramírez, A., Alanís-García, E., Añorve-Morga, J., Quintero-Lira, A., Castañeda-Ovando, A., Ramírez-Moreno, E. Organic Acids, Antioxidants, and Dietary Fiber of Mexican Blackberry (*Rubus fruticosus*) Residues cv. Tupy // Journal of Nutritional Science. – 2018.
<https://doi.org/10.1155/2018/5950761>

65. Matei, P.L., Deleanu, I., Brezoiu, A.M., Chira, N.A., Busuioc, C., Isopencu, G., Cîlțea-Udrescu, M., Alexandrescu, E., Stoica-Guzun, A. Ultrasound-Assisted Extraction of Blackberry Seed Oil: Optimization and Oil Characterization // Molecules. – 2023. – T. 28. – № 6. <https://doi.org/10.3390/molecules28062486>

66. Arturo-Perdomo, D., Mora, J.P.J., Ibáñez, E. et al. Extraction and Characterization of the Polar Lipid Fraction of Blackberry and Passion Fruit Seeds Oils Using Supercritical Fluid Extraction // Food Anal. Methods. – 2021. – T. 14. – C. 2026–2037. <https://doi.org/10.1007/s12161-021-02020-5>

67. Małysa, A. Tribological properties of blackberry waste seed extract obtained under supercritical CO₂ conditions with sorbitan esters compositions // Quarterly Tribologia. – 2018. – T. 278. – № 2. – C. 89-93.
<https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.6980>

68. Cheikhyoussef, A., Cheikhyoussef, N., Rahman, A., Maroyi, A. Cold pressed berry seed oils // Cold Pressed Oils. – 2020. – С. 277–287. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-818188-1.00024-4>
69. Junior, T.K., de Moura, C., Cruz, T.M., Marques, M.B., Carmo, M.A.V.d., Deolindo, C.T.P., Daguer, H., Azevedo, L., Granato, D. Optimization of the Green Chemistry-like Extraction of Phenolic Compounds from Grape (*Vitis labrusca* L.) and Blackberry (*Rubus fruticosus* L.) Seeds with Concomitant Biological and Antioxidant Activity Assessments // Plants. – 2023. – Т. 12. – № 2618. <https://doi.org/10.3390/plants12142618>
70. CS Food Sci. Technol. – 2023. – Т. 3. – № 4. – С. 528–538. <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.2c00120>
71. Фармонов Ж.Б., Давлатов Ф.Ф., Кодиров Ш.М., Серкаев К.П., Самадий М.А. Получение масел с применением метода холодного прессования // Universum: технические науки. – 2021. <https://doi.org/10.32743/unitech.2021.86.5.1168>
72. Фармонов Ж.Б., Саидов А., Суванова Ф.У. Прогрессивные методы экстракции нетрадиционных масличных семян // Universum: технические науки. – 2020. – № 7-2 (76). <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/9916>
73. Хамракулова М.Х., Иброхимова Ф.Э. Изучение местного рапсового масла для пищевой цели // Universum: технические науки. – 2021. – № 3-3 (84). <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11405>

ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

На дипломную работу

(наименование вида работы)

Кушнарёвой Ирины Сергеевны

(Ф.И.О. обучающегося)

6B05101- Химическая и биохимическая инженерия

(шифр и наименование ОП)

Тема: "Разработка технологий получения растительных масел из семян облепихи, малины и ежемалины"

Дипломная работа Кушнарёвой Ирины Сергеевны посвящена актуальной теме разработки технологий экстракции растительных масел из семян облепихи, малины и ежемалины.

В работе представлено подробное описание методов экстракции, исследованы физико-химические параметры процесса, проведены испытания антимикробной активности полученных масел.

Ирина продемонстрировала высокий уровень теоретической подготовки, умение проводить экспериментальные исследования, анализировать и интерпретировать результаты. Дипломная работа выполнена аккуратно, иллюстрирована рисунками и таблицами, все расчеты приведены точно и полно.

Дипломная работа Кушнарёвой И. не содержит существенных недостатков и замечаний. Работа полностью отвечает требованиям, предъявляемым к дипломным работам образовательно-квалификационного уровня «бакалавр», по специальности «Биотехнология», к защите допускается, рекомендованная оценка «95%».



Научный руководитель

доктор PhD, ассоциированный профессор

(должность, уч. степені, звание)

Берилло Д.А.

(подпись)

2024 г.

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу
Кушнарёвой Ирины Сергеевны
6B05101- Химическая и биохимическая инженерия

На тему: Разработка технологии получения масла из семян облепихи, малины и ежемалины

Выполнено: пояснительная записка на 45 страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

В рецензируемой дипломной работе Кушнарёвой Ирины Сергеевны рассматривается разработка технологии получения масла из семян облепихи, малины и ежемалины.

Работа состоит из теоретической и экспериментальной частей, которые представлены в логической последовательности и выполнены на высоком научном уровне. В теоретической части Ирина провела подробный анализ научных и методических источников по методам получения растительных масел, что позволило выбрать оптимальные условия для экстракции масел из семян рассматриваемых растений.

Экспериментальная часть включает в себя разработку и оптимизацию технологического процесса экстракции масла. Студентка подробно описала методики проведения экспериментов, условия экстракции и характеристики полученных продуктов.

Особое внимание уделено выбору растворителей экстракции, температурных режимов и времени экстракции.


В работе представлены результаты химического анализа масел, включая их физико-химические свойства и состав жирных кислот. Отмечается высокое качество полученных продуктов, что подтверждается результатами анализа.

Материал представлен лаконично, последовательно и структурировано. Работа оформлена в соответствии с требованиями ГОСТ, предъявляемыми к оформлению учебных работ. Дипломная работа имеет практическую значимость и может быть рекомендована для внедрения в производственные процессы.

Оценка работы

Считаю, что дипломная заслуживает оценки «90%», а Кушнарёва Ирина Сергеевна присвоения академической степени бакалавра по специальности 6B05101 - Химическая и биохимическая инженерия.

Рецензия
Профессор, д.б.н. кафедры биотехнологии
КазНУ имени А.Н. Фараби факультет
биологии и биотехнологии
Ивашенко А.Т.
(подпись)
« 14 » 10 2024 г





Метаданные

Название

Разработка технологии получения масла из семян облепихи, малины и ежемалины

Автор

Кушнарёва Ирина

Научный руководитель / Эксперт

Дмитрий Берилло

Подразделение

ИГиНГД

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		9
Интервалы		0
Микропробелы		10
Белые знаки		0
Парафразы (SmartMarks)		4

Объем найденных подобиий

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.


25

Длина фразы для коэффициента подобия 2


10313

Количество слов


77646

Количество символов

Подобия по списку источников

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 содержание и правильность оформления источника.

10 самых длинных фраз

Цвет текста

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ БАЗЫ)	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
1	Optimization Methods for the Extraction of Vegetable Oils: A Review Divine Bup Nde, Anuanwen Claris Foncha;	16	0.16 %
2	https://studfile.net/preview/14235246/page:12/	10	0.10 %
3	https://prophylaxy.info/kempferol.html	9	0.09 %
4	https://studfile.net/preview/14235246/page:12/	8	0.08 %
5	https://prophylaxy.info/kempferol.html	6	0.06 %
6	https://studfile.net/preview/14235246/page:12/	5	0.05 %

из базы данных RefBooks (0.16 %) ■

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
Источник: Paperity			
1	Optimization Methods for the Extraction of Vegetable Oils: A Review Divine Bup Nde, Anuanwen Claris Foncha;	16 (1)	0.16 %

из домашней базы данных (0.00 %) ■

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
------------------	----------	---	--

из программы обмена базами данных (0.00 %) ■

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
------------------	----------	---	--

из интернета (0.37 %) ■

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
1	https://studfile.net/preview/14235246/page:12/	23 (3)	0.22 %
2	https://prophylaxy.info/kempferol.html	15 (2)	0.15 %