

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
Учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Высшая медико-биологическая школа
Кафедра «Пищевые и биотехнологии»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент _____

«__» _____ 2018г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой, д.т.н., профессор

_____ И.Ю. Потороко

«__» _____ 2018г.

**Выделение биологически активных веществ
из растительной биомассы
свеклы столовой (*Beta vulgaris* L.) и крапивы двудомной (*Urtica dioica*)**

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮуРГУ-19.04.01.2018.775 ПЗ ВКР**

Нормоконтроль

к.т.н., доцент

_____ Н.В. Попова

«__» _____ 2018г.

Руководитель ВКР

д.т.н., профессор

_____ И.Ю. Потороко

«__» _____ 2018г.

Автор ВКР

студент группы МБ-205

_____ М.А. Меркулова

«__» _____ 2018г.

Челябинск 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ОБЗОР МЕТОДОВ ЭКСТРАКЦИИ БАВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ.....	8
1.1 Мацерация, ремацерация.....	10
1.2 Перколяция, реперколяция.....	11
1.3 Противоточное и циркуляционное экстрагирование	12
1.4 Турбоэкстракция. Экстракция в роторно-пульсационном аппарате	16
1.5 Экстракция с применением электрических разрядов. Электродиализ и электроплазмолиз	16
1.6 Акустический метод экстрагирования.....	18
1.7 Экстрагирование сжиженными газами	20
1.8 СВЧ – экстракция.....	21
2 СОСТАВ БАВ В РАСТИТЕЛЬНОЙ БИОМАССЕ РАЗНОЙ ПРИРОДЫ.....	23
2.1 Понятие о БАВ. Классификация БАВ, содержащихся в растительном сырье	23
2.2 БАВ в корнеплодах свеклы столовой (<i>Beta vulgaris</i> L.)	26
2.3 БАВ крапивы двудомной (<i>Urtica dioica</i>)	39
3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	50
3.1. Экстрагирование БАВ из растительной биомассы свеклы столовой (<i>Beta vulgaris</i> L.)	51
3.1.1 Определение массовой доли влаги.....	51
3.1.2 Определение содержания экстрактивных веществ	52
3.1.3 Определение содержания сухих веществ	53
3.1.4 Определение антиоксидантной активности	54
3.1.5 Определение содержания беталаинов.....	55
3.2 Экстрагирование БАВ из растительной биомассы крапивы двудомной (<i>Urtica dioica</i>).....	60
3.2.1 Определение содержания экстрактивных и дубильных веществ	61
3.2.2 Определение содержания аскорбиновой кислоты.....	64
3.2.3 Определение антиоксидантных и сухих веществ	65
3.3 Анализ ассортимента фармацевтической продукции с использованием <i>Urtica dioica</i>	67

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	70
ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ.....	71
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	72

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время растительное сырье широко применяется в различных отраслях биотехнологии. Особенно перспективным их использование является для пищевого и фармацевтического направлений. Чаще всего для выделения биологически-активных веществ (БАВ) из растений используются традиционные способы малой эффективности. С развитием науки становится возможным поиск все более результативных методов в технологиях извлечения из растительной биомассы необходимых веществ и соединений. По сравнению с традиционными, такие методы обработки растительного сырья могут не только повысить эффективность экстракции, но и сократить ее продолжительность, а также обеспечить энергоэффективность и ресурсосбережение. Немаловажно, что все эти изменения позволят снизить себестоимость конечного продукта.

Рынок растительных экстрактов достаточно насыщен. С учетом стратегических направлений развития биотехнологий в РФ предполагается обеспечение надежности потребителя в части их безопасности и функциональности. Становится необходимым поиск наиболее эффективных и качественных способов получения продукции из растительного сырья.

Объектом исследования данной работы является растительная биомасса *Beta vulgaris* и *Urtica dioica*.

Предмет исследования – количество биологически-активных веществ в экстрактах, полученных различными способами.

Целью работы является поиск наиболее эффективного метода экстрагирования биологически-активных веществ из растительного сырья на примере *Beta vulgaris* и *Urtica dioica*.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- рассмотреть существующие методы экстракции биологически-активных веществ;
- проанализировать имеющиеся данные о содержании биологически-активных веществ в биомассе *Beta vulgaris* и *Urtica dioica*;

- провести анализ аптечных сетей на наличие препаратов, в состав которых входит *Urtica dioica*;
- провести экстрагирование растительной биомассы исследуемого сырья различными методами;
- определить экспериментальным путем содержание биологически-активных веществ в полученных экстрактах;
- путем анализа полученных данных выявить наиболее эффективный метод экстракции.

1 ОБЗОР МЕТОДОВ ЭКСТРАКЦИИ БАВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Экстракция – это массообменный процесс, когда в качестве растворителя применяется жидкость (экстрагент), способная максимально эффективно извлекать биологически-активные компоненты [12].

В процессе экстрагирования выделяют три основных этапа:

1. Пропитывание сырья экстрагентом или капиллярная пропитка. Через поры, микротрещины, межклеточные ходы экстрагент проходит внутрь растительной клетки, где частично поглощается внутриклеточными структурами, что вызывает набухание. В тоже время происходит вытеснение воздуха из растительной клетки, увеличивая площадь контакта экстрагента и сырья.

2. Образование первичного сока. Происходит растворение компонентов клетки, в результате действия на них вещества-экстрагента, образуя концентрированный раствор.

3. Массообмен. Путем диффузии происходит переход растворенных веществ из растительной клетки в экстрагент. Диффузия происходит до достижения состояния динамического равновесия внутри и снаружи растительной клетки [12, 62, 46].

На результативность экстракции как правило оказывают влияние следующие факторы:

- величина частиц сырья. Из частиц меньшего размера происходит более полное извлечение экстрагируемых веществ;
- температура экстрагирования. Необходимо учитывать температуру максимального извлечения и разрушения веществ;
- время экстрагирования. Выбор оптимальной продолжительности процесса позволит избежать разрушения или изменения формы необходимых веществ, а также обеспечит большую вероятность обнаружения их в конечном растворе;
- разность концентраций. Максимальный перепад концентраций увеличивает интенсивность диффузии;

- соотношения вещества и экстрагента [12, 46].

В настоящее время известно достаточно много способов экстрагирования. Среди них есть как традиционные, используемые на большинстве производств, так и перспективные методы.

Как видно из рисунка 1.1, традиционные методы в общем виде принято разделять на статические и динамические. При использовании статических методов однократно либо периодически заливают экстрагентом и настаивают в течение определенного времени. Динамические способы предполагают регулярную смену сырья или экстрагента [12, 33, 34, 46].

Среди статических и динамических методов также выделяют периодические и непрерывные способы. Периодическими называют способы, при которых одна или несколько порций сырья подаются в экстракционный аппарат через определенные промежутки времени. При непрерывных способах экстрагирования сырье подается в экстрактор постоянно [12, 46, 56].

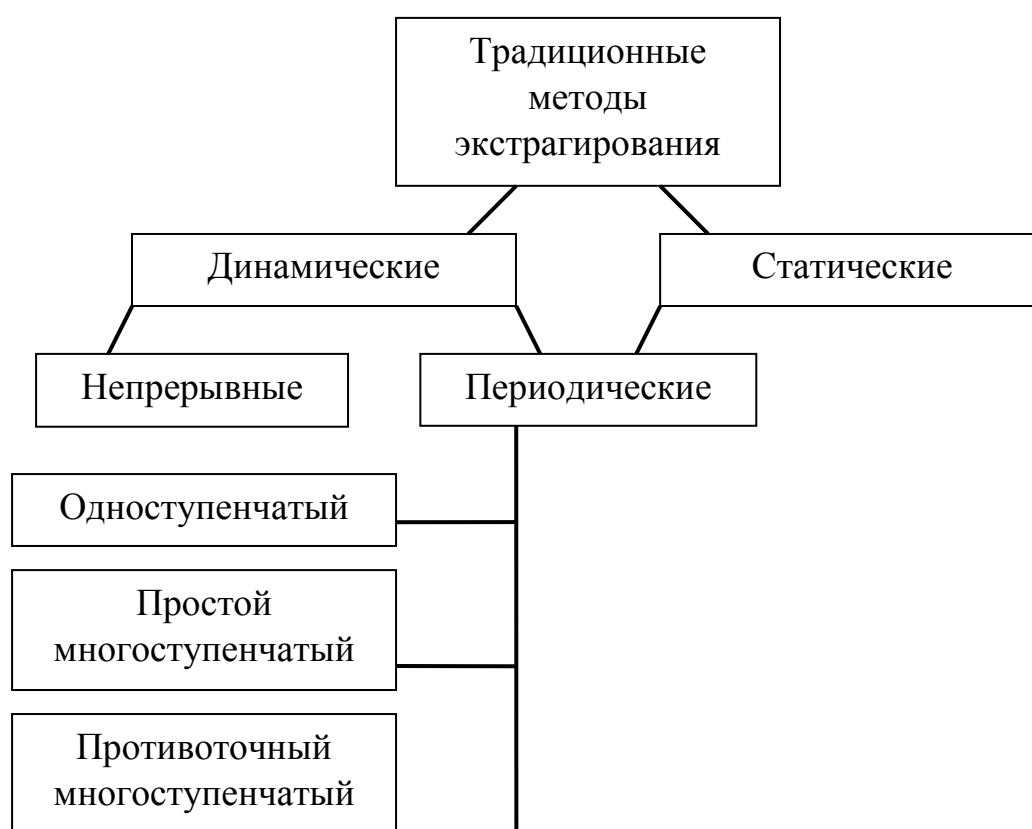


Рисунок 1.1 – Классификация методов экстрагирования

Также существует еще несколько классификаций. По возможности достижения равновесия методы экстрагирования делятся на равновесные и неравновесные, а по направления потока экстрагента и сырья на проточные и противоточные [12, 33, 38].

Помимо указанных типов классификации существует также фармацевтическая, согласно которой каждому из вышеописанных способов соответствует иное название. Согласно этой классификации выделяют такие методы как мацерация, ремацерация, перколяция, реперколяция, быстroteкущая реперколяция, непрерывное экстрагирование, циркуляция [46].

Таким образом, к статическим методам относятся мацерация и ремацерация, к динамическим – перколяция, реперколяция, быстroteкущая реперколяция, непрерывное экстрагирование, циркуляция [12, 46].

1.1 Мацерация, ремацерация

Наиболее простым и древним способом экстракции является мацерация, иначе настаивание. Сущность метода состоит в том, что сырье с экстрагентом выдерживаются и периодически перемешиваются в мацерационном баке на протяжении семи суток, затем производится отжим сырья и полученный экстракт используется по назначению. Существуют различные схемы мацерации, различающиеся соотношением сырья и экстрагента, а также продолжительностью процесса [12, 26, 56].

Данный метод привлекателен своей простотой и дешевизной, но является малоэффективным. Для увеличения эффективности экстрагирования его проводят с использованием перемешивающих устройств, во вращающихся емкостях либо при циркуляции растворителя.

Ремацерацией называют дробную мацерацию. От мацерации метод отличается тем, что полный объем экстракта делится на несколько равных частей, периодически сменяющих друг друга. Эта особенность способствует максимальному истощению сырья за более короткий промежуток времени. Продолжительность экстракции зависит от свойств используемого сырья [34,62].

Для повышения интенсивности метода используют многократное прессование сырья или циркуляцию экстрагента [34].

1.2 Перколяция, реперколяция

Процесс перколяции заключается в непрерывном прохождении растворителя сквозь слой сырья. Осуществляется в перколяторе, изображенном на рисунке 1.2.

Перколяция состоит из 3 последовательных этапов:

1. Замачивание. Производится в отдельной емкости. Необходимо для большей проницаемости экстрагента в сырье за счет его набухания. Длительность этапа составляет 4-5 ч.

2. Настаивание. Набухшее сырье переносится в перколятор, добавляется экстрагент. Длится 24 ч.

3. Перколяция. Через сырье медленно пропускается экстрагент, расход которого составляет $1/48$ от объема перколятора в час. Процесс считается завершенным при обесцвечивании стекающего перколята и израсходовании всего объема экстрагента [56].

Преимуществом метода является подвижность экстрагента, что увеличивает скорость диффузии.

Реперколяция, или многократная перколяция, предусматривает использование батареи перколяторов. Экстрагент из первого перколятора, насыщенный извлекаемыми веществами, используется для перколяции следующей порции сырья. В то же время уже истощенное сырье вновь заливается чистым экстрагентом. Готовый экстракт отбирают из последнего перколятора, где сырье наименее истощено [34, 56, 62].

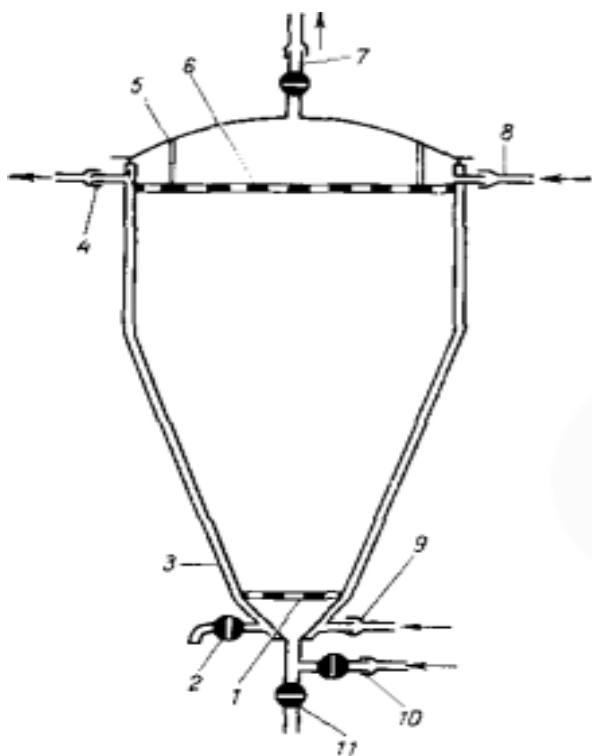


Рисунок 1.2 – Перколятор цилиндрический

1 – ложное дно; 2 – слив конденсата; 3 – паровая рубашка; 4 – вывод отработанного пара; 5 – фиксаторы верхнего диска; 6 – верхний перфорированный диск; 7 – выход паров экстрагента; 8 – подача экстрагента; 9 – подача пара в рубашку; 10 – подача острого пара; 11 – слив готовой продукции.

1.3 Противоточное и циркуляционное экстрагирование

Противоточное экстрагирование чаще всего используется в промышленных масштабах. Метод заключается в том, что сырье и экстрагент непрерывно движутся навстречу друг другу, что повышает разность концентрация и тем самым интенсифицирует процесс экстрагирования. Возможно использование различных типов экстракторов, таких как шнековый (рисунок 1.3), пружинно-лопастной (рисунок 1.4), дисковой (рисунок 1.5) [12, 32, 38].

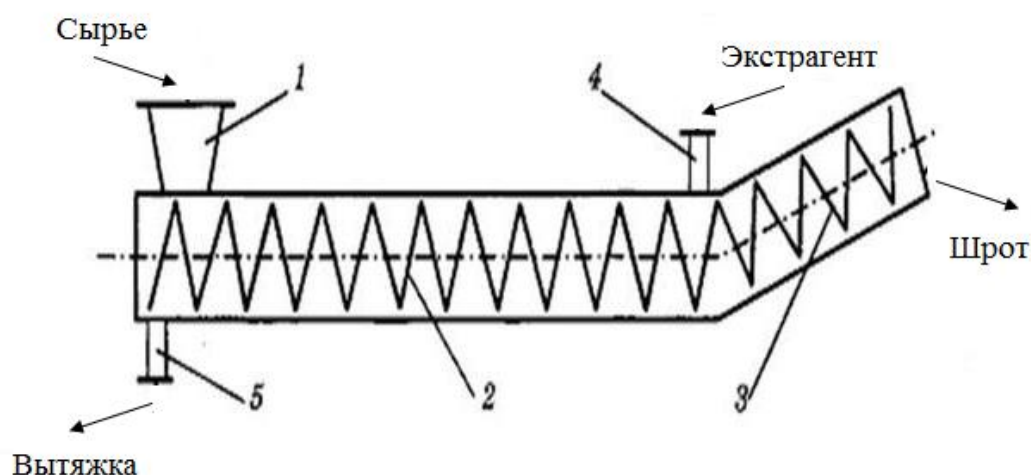


Рисунок 1.3 – Экстрактор горизонтальный шнековый

1 – загрузочный бункер; 2 – шнек; 3 – наклонный шнек; 4, 5 – патрубки.

В загрузочный бункер подается растительное сырьё. При помощи шнека сырьё движется по направлению к наклонному шнеку, очищается от экстрагента и образованный шрот удаляется. Через верхний патрубок навстречу сырью поступает экстрагент и движется к нижнему патрубку, истощая сырьё и образуя вытяжку [12, 38].

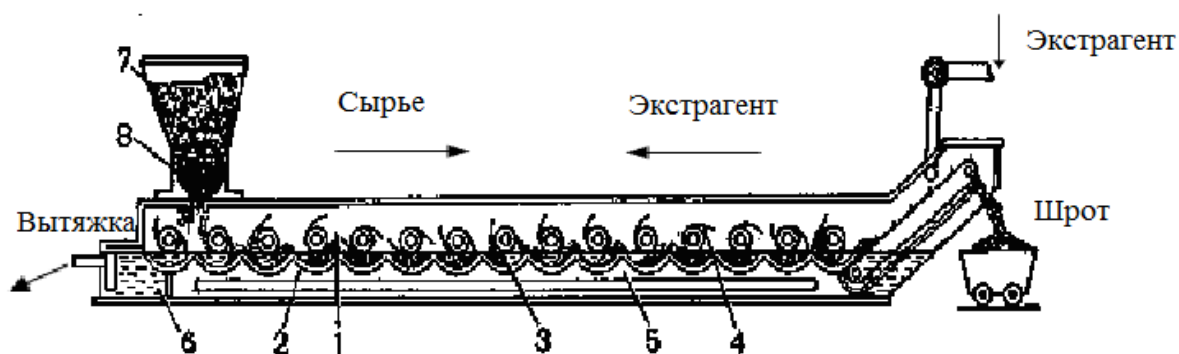


Рисунок 1.4 – Пружинно-лопастной экстрактор

1 – корпус; 2 – секции; 3 – барабан; 4 – пружинные лопасти; 5 – камера для обогрева; 6 – камера для сбора извлечения; 7 – бункер для ввода сырья; 8 – дозатор.

Измельченное сырье через бункер подается в первую секцию, там же находится экстрагент. Пружинные лопасти опускают сырье в экстрагент, прижимают его к стенке, таким образом частично отжимая и перебрасывают в следующую секцию. В последней секции на уже истощенное сырье поступает экстрагент, движущийся навстречу сырью и доходит до камеры сбора извлечений, откуда выводится уже готовая вытяжка [12, 38].

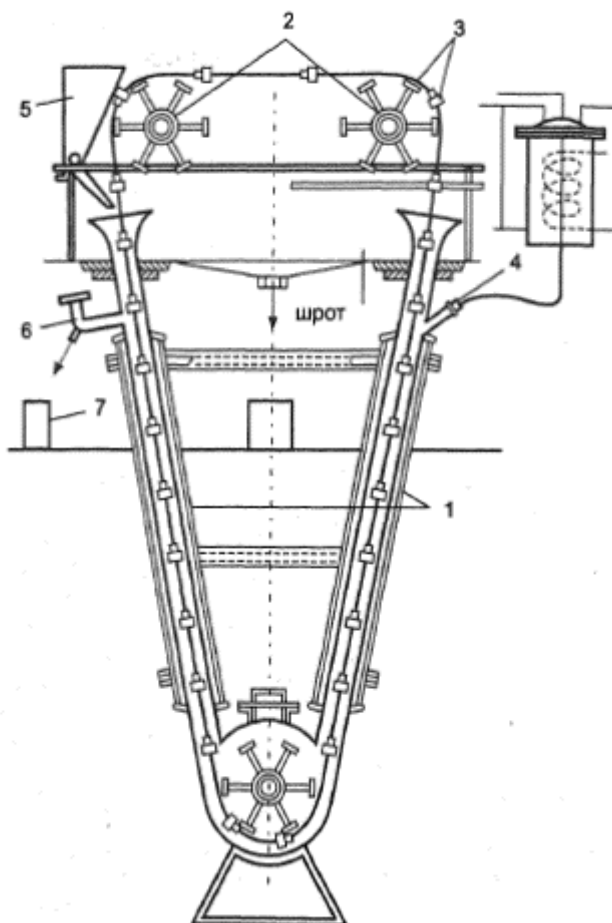


Рисунок 1.5 – Дискový экстрактор

1 – трубы; 2 – вращающиеся звездочки; 3 – трос с перфорированными дисками; 4 – патрубков для ввода экстрагента; 5- бункер; 6 – патрубков для вывода готового продукта; 7 – сборник.

Через патрубок в экстрактор подается экстрагент, трос и диски приводятся в действие и из бункера на них поступает сырье. Сырье проходит в нижнюю камеру, оттуда по трубе поднимается в корыто, а затем в сборник. В это же время через патрубок поступает экстрагент. Экстрагент насыщается, образуя вытяжку и

через патрубок для вывода готового продукта, снабженного фильтрующей сеткой, выводится из экстрактора [38, 56].

При циркуляционном экстрагировании используется замкнутый цикл, в котором экстрагент многократно истощает одну и ту же порцию сырья. Производится в аппарате Сокслета, либо в установках, действующих по его принципу [34].

Лабораторный экстрактор Сокслета, изображенный на рисунке 1, впервые был использован в 1879 г немецким агрохимиком Францем Риттером фон Сокслетом в ходе работы по извлечению молочного жира [6]. Преимущество его использования заключается в том, что в каждом цикле экстракции конденсированный растворитель полностью окружает помещенный в аппарат материал, таким образом продлевая время контакта экстрагента с сырьем.

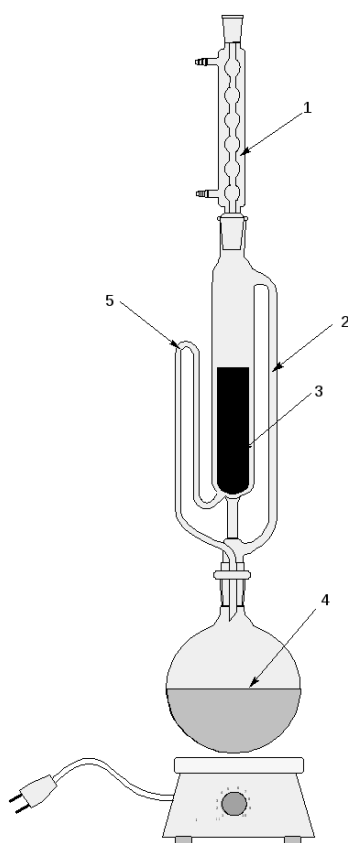


Рисунок 1.6 – Экстрактор Сокслета

1 – обратный холодильник; 2 – трубка для паров растворителя; 3 – экстрактор; 4 – колба; 5 – сифонная трубка.

Необходимое количество сырья помещается внутрь цилиндра экстрактора, в колбу наливается растворитель. Затем аппарат собирается в соответствии с рисунком 1.6 и ставится на нагревательную поверхность. В результате нагрева колбы растворитель кипит и его пары поднимаются по трубке, проходя через экстрактор в обратный холодильник, где происходит их конденсация. При прохождении через цилиндр, в котором находится сырье, пары растворителя вымывают из него извлекаемые компоненты, наполняя экстрактор. Через сифонную трубку конденсат снова попадает в колбу. Далее описанный цикл повторяется.

Вышеописанные методы имеют ряд недостатков, основным из которых является низкая эффективность при больших затратах. С целью интенсификации экстрагирования используются такие методы, как акустическая экстракция, экстракция в электромагнитном поле, в роторно-пульсационном аппарате, с применением электрических разрядов, электроплазмолиза, электродиализа, сжиженных газов.

1.4 Турбоэкстракция. Экстракция в роторно-пульсационном аппарате

Метод турбоэкстракции или вихревой экстракции заключается в использовании мешалок с острыми лопастями, которые обеспечивают одновременное перемешивание и измельчение сырья. Использование метода позволяет сократить время экстракции до нескольких минут. Недостатком данного способа является чрезмерное измельчение сырья, что затрудняет дальнейшую очистку вытяжки [26, 34, 61].

1.5 Экстракция с применением электрических разрядов. Электродиализ и электроплазмолиз

Для экстракции электрическими разрядами используется специальный экстрактор, изображенный на рисунке 1.7, в который помещают сырье и электроды. К электродам подаются электрические импульсы. В результате воздействия электрического тока ускоряется внутренняя диффузия веществ,

создается высокое импульсное давление, что приводит к интенсивному перемешиванию сырья и экстрагента и повышает интенсивность экстракции [34].

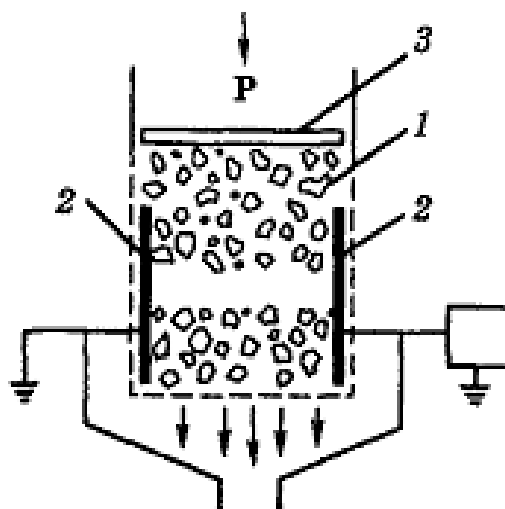


Рисунок 1.7 – Экстрактор с неподвижными электродами

1 – бак; 2 – электроды; 3 – подвижная крышка.

Электроплазмолиз – обработка сырья электрическим током низкой и высокой частоты, приводящая к плазмолизу протоплазмы. Сущность метода заключается в разрушающем воздействии тока на белково-липидные мембраны растительных тканей с сохранением целостности клеточных оболочек. Получаемые вытяжки в полной мере обогащены действующими веществами и содержат минимальное количество сопутствующих веществ. Электроплазмоллизатор с подвижными электродами-вальцами имеет два горизонтальных вальца-электрода, вращающихся навстречу друг другу, к которым подводится электрический ток напряжением 220 В. Растительный материал поступает в зазор между вальцами из бункера, экстракт собирается в приемник. Выход сока из растительного сырья увеличивается на 20 – 25 % по сравнению с использованием традиционных методов, а время экстракции составляет лишь доли секунды [26].

Сущность такого метода экстракции как электродиализ заключается в разности концентраций экстрагируемых веществ по обе стороны полупроницаемой оболочки клеток. Под действием электрического тока изменяются электрические потенциалы поверхности сырья, улучшается его смачиваемость, ускоряется движение ионов биологически активных веществ в

полости клеток и в капиллярах клеточных структур. В результате увеличивается коэффициент внутренней диффузии [26, 38].

Электродиализ осуществляют в аппарате из электронепроводящего материала (дерево, пластик), общий вид которого представлен на рисунке 1.8.

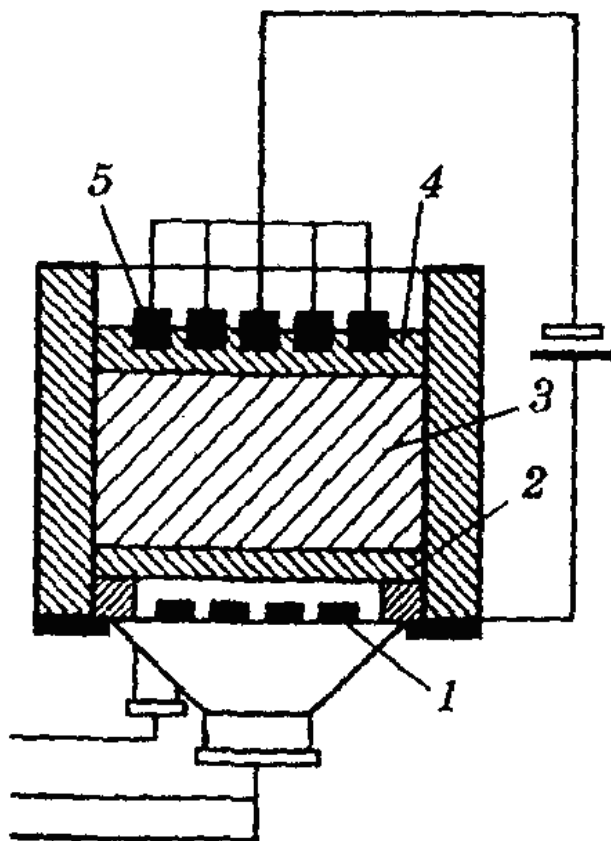


Рисунок 1.8 – Аппарат для электродиализа

1 – стальная перфорированная пластинка (катод); 2 – фильтрующий материал; 3 – сырье; 4 – крышка; 5 – графитовый анод.

1.6 Акустический метод экстрагирования

Популярным и перспективным акустическим методом является ультразвуковая обработка сырья. Ультразвуковыми называют волны с частотой от 16 – 20 Гц до 10^8 кГц. [48].

Для экстрагирования используются высокоэнергетические, высокоинтенсивные ультразвуковые волны, т.к. они способны усиливать межфазные процессы в 10 – 1000 раз, увеличивать выход необходимых продуктов

и придавать им дополнительные свойства. При помощи ультразвука становится возможным извлекать практически все продуцируемые растениями БАВ.

К числу факторов, способствующих интенсификации процесса экстрагирования, относятся: увеличение скорости обтекания; ускорение пропитки твердого тела жидкостью; увеличение коэффициента внутренней диффузии; кавитационный эффект, влияющий на структуру пористых тел и приводящий к появлению микротрещин; свойство звуковых и ультразвуковых колебаний предотвращать экстракцию пористых частиц твердыми инертными примесями. [4, 39, 55].

Кавитация – образование в жидкости пульсирующих пузырьков (каверн, полостей), заполненных паром, газом или их смесью. Кавитационные пузырьки образуются в ультразвуковой волне во время периодов разрежения, резко захлопываются после перехода в область с повышенным давлением, вызывают сильные гидродинамические возмущения в жидкости и интенсивное излучение акустических волн, что вызывает разрушение клеток твердых тел, взаимодействующих с жидкостью [48]. Таким образом увеличивается скорость и количество выхода БАВ в конечный раствор. В результате появляются сопутствующие эффекты кавитации, отраженные в схеме на рисунке 1.9.



Рисунок 1.9 – Эффекты кавитации

1.7 Экстрагирование сжиженными газами

Для экстракции используют такие вещества как бутан, бутанпропан, азот, аммиак, углекислота, фреоны, аргон и др. Сжижение происходит путем действия повышенного давления. Данные вещества имеют температуру кипения ниже комнатой, в результате чего не обнаруживаются в конечном экстракте. Схема экстракции изображена на рисунке 1.10 [26].

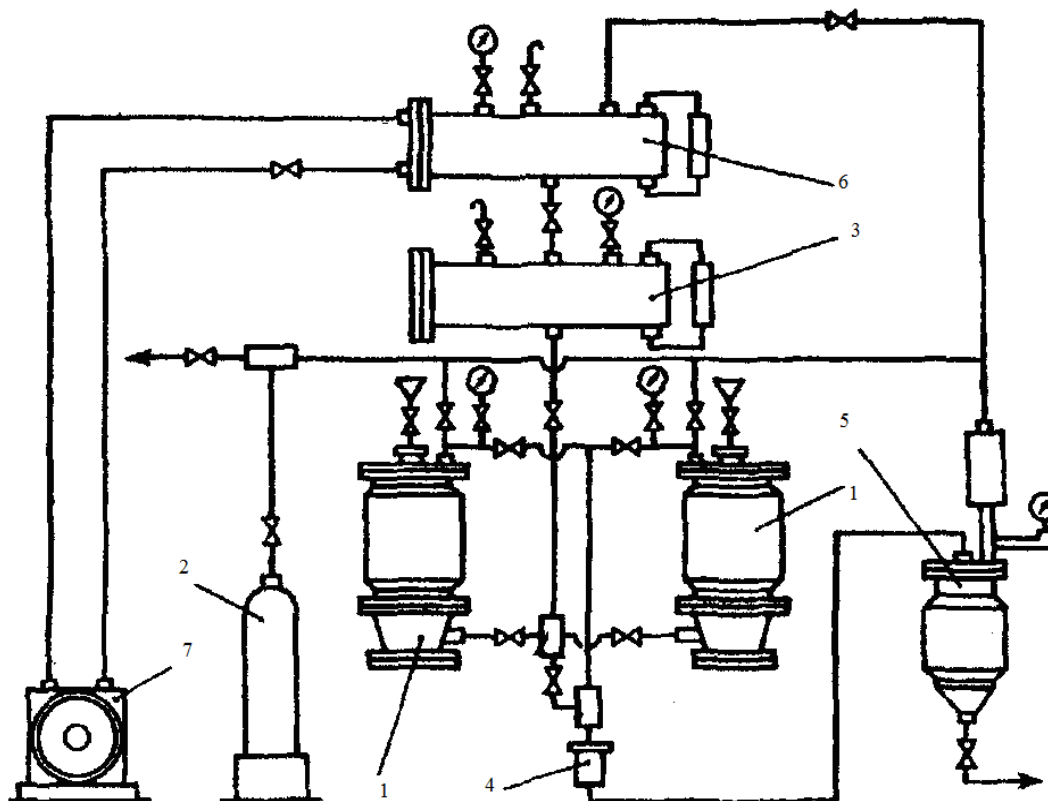


Рисунок 1.10 – Схема экстракции сжиженными газами

1 – экстракторы, 2 – баллон; 3 – напорная емкость; 4 – фильтр; 5 – испаритель; 6 – конденсатор; 7 – холодильный агрегат.

Сырье через штуцер загружается в экстрактор под вакуумом. Из баллона поступает газ, устанавливая равновесие давлений. После достижения равновесия в экстракторы из напорных емкостей поступает сжиженный газ-экстрагент. Экстрагент проходит через сырье, истощая его, фильтруется и поступает в испаритель, где происходит нагревание. Пары отделяются и переходят в конденсатор, охлаждаемый холодильным агрегатом. Растворитель конденсируется и возвращается в напорные емкости.

1.8 СВЧ – экстракция

Одним из эффективных и перспективных способов экстракции растительных материалов является микроволновая обработка в сверхвысокочастотном (СВЧ) поле, для чего используются специализированные экстракторы, один из которых изображен на рисунке 1.11. За СВЧ-излучение принимают участок

электромагнитного спектра с частотами колебаний от 30 МГц до 3000 ГГц, (длина волны от 10 м до 0,1 мм). Основным преимуществом СВЧ-экстракции перед традиционными способами экстрагирования является значительное сокращение времени экстракции (от нескольких секунд до нескольких минут) [30].



Рисунок 1.11 – СВЧ-экстрактор

В результате проведенного обзора можно сделать вывод о том, что существует множество методов экстракции БАВ из растительного сырья. Преимуществом традиционных методов является их четкая отработанная схема, однако по эффективности и производительности они уступают современным. Ввиду своей новизны большинство новых методик находятся на стадии разработки и испытаний и в промышленных производствах экстрактов все же применяются традиционные методы. С целью интенсификации разработаны и используются некоторые их вариации, что повышает производительность качество и производств.

2 СОСТАВ БАВ В РАСТИТЕЛЬНОЙ БИОМАССЕ РАЗНОЙ ПРИРОДЫ

2.1 Понятие о БАВ. Классификация БАВ, содержащихся в растительном сырье

Биологически-активные вещества (БАВ) – это химические соединения, которые ввиду своих определенных свойств каким-либо образом оказывают влияние на живой организм, совокупность его клеток или его функцию [17].

Растительные организмы являются источником БАВ, относящихся к различным группам. Растения синтезируют их под действием солнечной энергии из воды и неорганических веществ, поступающих из почвы и воздуха. Активные соединения могут находиться как во всем растении, так и лишь в его отдельных частях [66].

Существует несколько классификаций растительных БАВ:

1. По биологической активности. Является несовершенным принципом классификации, т.к. зачастую в одну группу объединены вещества, совершенно различные по молекулярной структуре (например, витамины и антибиотики).

2. По источникам природных соединений. Согласно данной классификации выделяют природные соединения растительного, животного и микробного происхождения. Каждая группа также подразделяется в соответствии с биологической классификацией.

3. Химическая. Разделение на классы и принцип их наименований основан на номенклатуре классической органической химии. Недостаток классификации заключается в том, что растительные соединения являются полифункциональными и она становится применима лишь к простым веществам.

4. Биохимическая. Является общепринятой классификацией, разделяющей вещества по путям их биосинтеза. Таким образом, различают вещества первичного метаболизма (белки, углеводы, аминокислоты и т.д.), необходимые для осуществления жизнедеятельности клетки, и вторичного метаболизма, не являющиеся строго необходимыми для протекания биохимических процессов и

зачастую образующиеся на основе первичных метаболитов (алкалоиды, терпеноиды и т.д). Внутри группы первичных метаболитов происходит деление на классы в соответствии с химическим строением и биологической функцией. Вторичные метаболиты, в свою очередь, подразделяются на классы, согласно ключевым соединениям их биосинтеза: шикиматный, мевалоновый, поликетидный. Встречаются смешанные типы, когда используется два пути [45].

Согласно биохимической классификации выделяют:

1. Первичные метаболиты:

- белки;
- липиды;
- углеводы;
- аминокислоты;
- нуклеиновые кислоты;
- витамины.

2. Вторичные метаболиты:

- фенольные соединения;
- изопреноиды;
- алкалоиды;
- гликозиды.

Белки – высокомолекулярные природные полимеры, мономерами которых являются аминокислоты. В зависимости от выполняемой функции делятся на ферменты, транспортные белки, пищевые и запасные белки, сократительные, двигательные, структурные, защитные и регуляторные белки [42].

Аминокислоты – первичные азотистые вещества растений, синтезируемые из минерального азота, поступающего из почвы [43].

К липидам относятся несколько групп веществ, различных по химическому составу, строению и функциям, но обладающих сходными физико-химическими свойствами. По химическому составу липиды делятся на простые, сложные и стероидные [43].

Углеводы – органические вещества, содержащие карбонильную группу и несколько гидроксильных групп. По составу и строению молекул углеводы разделяют на моносахариды, олигосахариды и полисахариды [43].

Нуклеиновые кислоты – это полимеры, мономерными звеньями которых являются нуклеотиды. Существует два различных типа нуклеиновых кислот – дезоксирибонуклеиновые кислоты и рибонуклеиновые кислоты [42].

Витамины – органические соединения различной химической природы, выполняющие важные биохимические и биологические функции в живых организмах. По физико-химическим свойствам делятся на водорастворимые и жирорастворимые [18].

Фенольные соединения – вещества ароматической природы, содержащие одну или более гидроксильную группу у бензольного кольца. Вещества с одной гидроксильной группой называются фенолами, с двумя и более – полифенолами. К фенольным соединениям относят антоцианы, катехины, танины, лигнин, и др. Используются как антиоксидантные, противогрибковые, антисептические средства. Встречаются в розмарине, кулинарных травах, красных, синих и фиолетовых пигментах фруктов и овощей, чае и красном вине. Издавна используются в качестве пищевых консервантов [60].

Алкалоиды – органические соединения, образующиеся при взаимодействии азота и кислоты, такой как яблочная, щавелевая, лимонная и др. Наиболее известны атропин, кофеин, эфедрин, кодеин и многие другие. В растениях содержатся в небольшом количестве в виде солей кислот. Экстрагируются, в основном, из семейства пасленовых и маковых. Являются сильнодействующими веществами, встречаются токсичные соединения. Используются в медицине в качестве возбуждающих, стимулирующих, успокаивающих средств. Также алкалоиды оказывают влияние на сердечно-сосудистую, мышечную и другие системы [60].

Изопреноиды – соединения, углеродный скелет которых построен из изопреновых фрагментов. Подразделяются на терпены, каротиноиды и стероиды.

Гликозиды – это обширная группа безазотистых соединений, состоящих из углевода и неуглеводного компонента (агликона). По пространственному строению моносахаридного остатка гликозиды разделяют на α - и β -гликозиды. По характеру гликозидной связи делятся на N-гликозиды, O-гликозиды, S-гликозиды, C-гликозиды [60].

2.2 БАВ в корнеплодах свеклы столовой (*Beta vulgaris* L.)

Царство – Растения (лат. Plantae)

Отдел – Покрытосемянные (лат. Angiosperms)

Класс – Двудольные (лат. Dicotyledones)

Порядок – Гвоздичноцветные (лат. Caryophyllales)

Семейство – Амарантовые (лат. Amaranthaceae)

Род – Свекла (лат. Beta)

Вид – Свекла столовая (лат. Beta vulgaris)

Beta vulgaris является двулетним травянистым растением с крупными листьями, мелкими цветками и мясистым корнеплодом. У дикорастущей формы корень тонкий, у культивируемой - корень мясистый, толстый. Стебель прямой, ветвистый, бороздчато-гребнистый, листья на нём попеременные, продолговатые или ланцетные; в пазухах верхних листьев появляются клубочки (по 2-3) мелких неярких сидячих цветков, образующих сложные и листовые колосья. Цветки обоеполые, состоящие из зелёного чашевидного пятилопастного околоцветника, из пяти тычинок, прикрепленных к мясистому кольцу, окружающему завязь и из пестика с полунижней одногнездой завязью и двумя рыльцами [27, 41].

Beta vulgaris представляет собой ценную овощную культуру. Состав корнеплодов представлен в таблице 2.1. Помимо основных компонентов, в свекле содержится немалое количество БАВ, таких как ферменты, аминокислоты, минеральные вещества, витамины, пигменты, органические кислоты, азотистые

соединения и др. Употребление свеклы в пищу способствует выведению из организма токсичных веществ, улучшает кровообращение, пищеварение и обмен веществ в целом, предотвращает авитаминоз, снижает риск появления злокачественных опухолей [11, 18, 41].

Таблица 2.1 – Биохимический состав свеклы (*Beta vulgaris*)

Вещество	Содержание
Вода, %	86,5
Белки, %	1,7
Сахароза, %	9,0
Клетчатка, %	0,9
Органические кислоты, %	0,1
Зола, мг/100г	1,0
Витамин С, мг/100г	10,0

Корнеплоды *Beta vulgaris* наиболее богаты углеводами. В таблице 2.2 приведены данные об углеводном составе свеклы [23].

Таблица 2.2 – Углеводный состав корнеплодов свеклы столовой (*Beta vulgaris*)

Показатель	Значение, %
Моносахариды	0,71
Дисахариды	9,24
Пектин	1,15
Протопектин	2,40
Целлюлоза	1,08
Гемицеллюлоза	0,76
Крахмал	0,12

На рисунке 2.1 можно увидеть основной углеводный компонент *Beta vulgaris* – сахарозу. Сахароза представляет собой дисахарид, построенный из остатков D-глюкопиранозы и D-фруктофуранозы, связанных гликозидной связью между гидроксильными группами при аномерных атомах углерода [60]. В растениях выполняет запасующую и транспортную функции. В промышленных производствах используется для получения сахара, благодаря способности карамелизоваться при температуре, превышающей температуру плавления, широко применяется в кондитерском производстве [42].

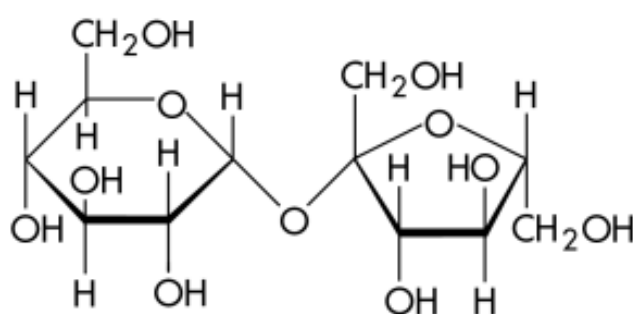


Рисунок 2.1 – Химическая формула сахарозы

Свекла относится к наиболее богатым пектиновыми веществами овощам. Химическая формула пектинов представлена на рисунке 2.2. Пектиновые вещества представляют собой высокомолекулярные гетерополисахариды, основным структурным компонентом которых является α -D-галактуроновая кислота. Растворяются в воде с образованием плотных гелей. В фармакологии являются компонентами кровоостанавливающих, антисептических средств, способствуют выведению из организма различных токсинов, а также обладают противоязвенным и противовоспалительным свойствами. Также пектины нашли широкое применение в пищевой промышленности, а именно в кондитерском производстве, хлебопечении, сыроварении [18, 25, 41].

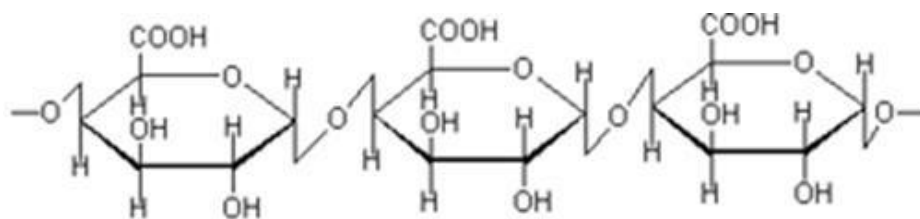


Рисунок 2.2 – Химическая формула пектина

Целлюлоза (клетчатка, рисунок 2.3) – наиболее распространенный растительный полисахарид. Является необходимым пищевым компонентом для человека, хотя не расщепляется в ЖКТ. Польза заключается в том, что клетчатка стимулирует работу кишечника, способствует выведению токсинов, холестерина и пр. [18, 59].

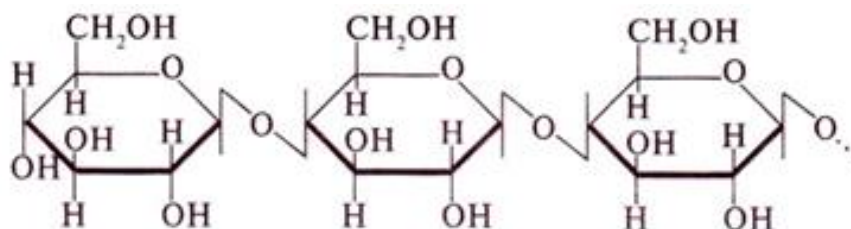


Рисунок 2.3 – Химическая формула клетчатки

В свекле, как и в других овощах, содержится небольшое количество белка. Но, в тоже время, овощные белки имеют высокий процент усвояемости человеком. По сравнению со многими другими корнеплодами, в составе *Beta vulgaris* аминокислотный состав более богат, а также высоко их процентное содержание. Содержание аминокислот в корнеплодах свеклы представлено в таблице 2.3 [41].

Таблица 2.3 – Аминокислотный состав корнеплодов столовой свеклы (*Beta vulgaris* L.)

Аминокислота	Содержание аминокислоты, % к общей доле белка
Аргинин	14,3
Аланин	6,8
Аспарагиновая кислота	9,0

Окончание таблицы 2.3

Аминокислота	Содержание аминокислоты, % к общей доле белка
Глутаминовая кислота	12,2
Тирозин	2,8
Цистин	1,1
Пролин	4,5
Гистидин	2,0
Глицин	4,7
Серин	4,5
Лейцин и изолейцин	13,0
Лизин	2,3
Триптофан	3,2
Фенилаланин	3,1
Метионин	2,5
Треонин	4,0
Валин	6,2

Как было указано выше, употребление свеклы в пищу способствует пищеварению. Это обусловлено наличием в ее составе ферментов – белков, катализирующих химические реакции, происходящие в живых организмах. *Beta vulgaris* содержит такие ферменты как амилаза, сахараза, рафиназа, липаза, тирозиназа, фенолаза, пероксидаза, каталаза. [35].

Одними из важнейших БАВ для организма человека являются витамины. Витамины не синтезируются в организме, но необходимы для его благополучного функционирования. Поэтому особенно важно получать их извне с пищей, употребляя овощные культуры и, в частности, свеклу. Витаминный состав *Beta vulgaris* представлен в таблице 2.4 [35].

Таблица 2.4 – Содержание витаминов в корнеплодах свеклы столовой (*Beta vulgaris* L.) и их суточная потребность

Витамин	Содержание, мг/100г	Суточная потребность, мг
С (аскорбиновая к-та)	10	70 – 75
А (ретинол)	0,01	1 – 2,5
В ₁ (тиамин)	0,02	2 – 3
В ₂ (рибофлавин)	0,04	1,8 – 2,6
В ₅ (пантотеновая к-та)	0,1	10 – 12
В ₆ (пиридоксин)	0,07	2 – 3
В ₉ (фолиевая кислота)	0,2	0,4
Н (биотин)	0,02	0,01
Р (рутин)	25	не установлена
РР (витамин В ₃ , никотиновая к-та)	0,2	17 – 28
U (метилметионин)	14,6	100 – 300

Как видно из таблицы 2.3, в корнеплодах *Beta vulgaris* наиболее высоко содержание витамина С (известного как антицинготный витамин), витамина Р и витамина U.

Молекула витамина С имеет два ассиметрических атома углерода и четыре оптических изомера. Биологической активностью обладает только L-аскорбиновая кислота, структурная формула которой представлена на рисунке 2.4. Образуется в растительных организмах из D-глюкозы по схеме, изображенной на рисунке 2.5 [16, 64].

Аскорбиновая кислота является важнейшим компонентом питания человека, так как выполняет следующие биохимические функции:

1. Является внеклеточным и внутриклеточным антиоксидантом за счет способности отдавать два атома водорода при реакциях обезвреживания свободных радикалов.
2. Участвует в реакциях гидроксилирования.
3. Принимает участие в обезвреживании токсинов, антибиотиков и прочих чужеродных агентов.
4. Способна предотвращать нитроаминовый канцерогенез [36, 64].

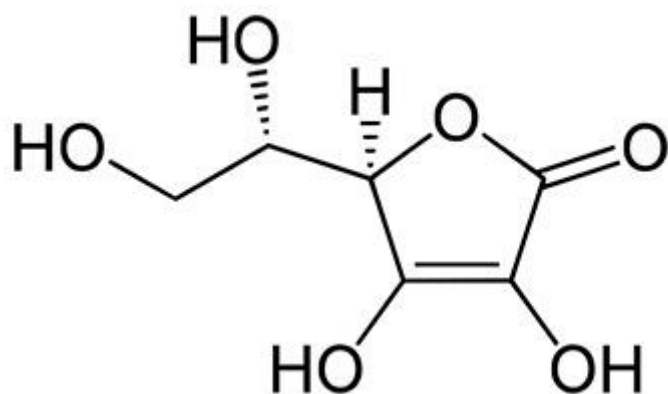


Рисунок 2.4 – L-аскорбиновая кислота

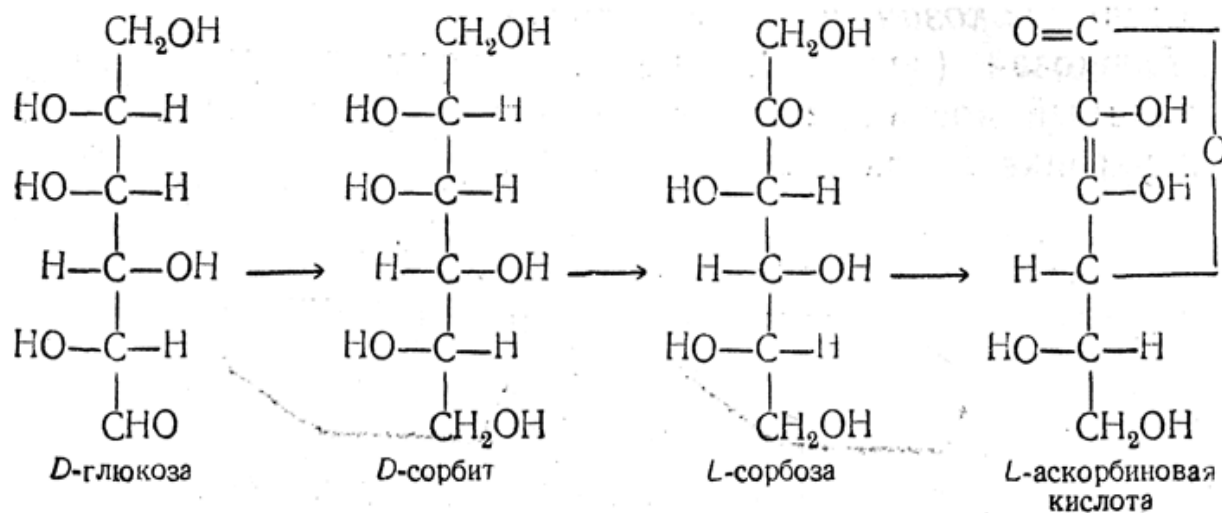


Рисунок 2.5 – Синтез L-аскорбиновой кислоты в растениях на примере D-глюкозы

Рутин, представленный на рисунке 2.6, обладает Р-витаминной активностью, а именно антиоксидантной. Также это витаминоподобное соединение оказывает

цитопротекторное действие, перехватывая свободные радикалы кислорода, а также ингибирует процесс ПОЛ (перекисного окисления липидов), связывая ионы металлов с переменной валентностью. Помимо всего прочего рутин оказывает капилляроукрепляющее действие и регулирует образование коллагена [36].

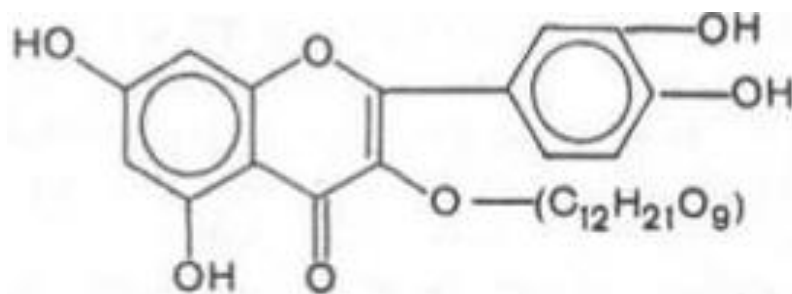


Рисунок 2.6 – Рутин

Витамин U является химическому строению (рисунок 2.7) представляет собой S-метилметионин. Для него установлено участие в синтезе метионина, креатина и холина [15].

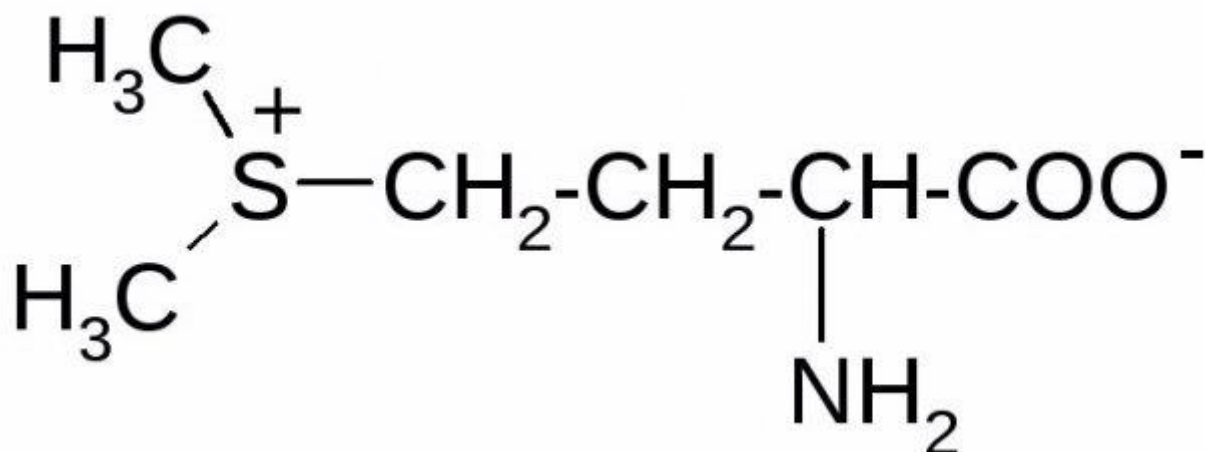


Рисунок 2.7 – Витамин U

Среди витаминов группы B наиболее высоко содержание в корнеплодах свеклы пантотеновой, никотиновой и фолиевой кислот.

Витамин B₅ (рисунок 2.8) широко распространен в растительных организмах. Представляет собой желтоватую, маслянистую, растворимую в воде жидкость. В дерматологии, ввиду эффективного всасывания кожными покровами, нашло

применение спиртовое производное пантотеновой кислоты – пантенол. В основном биохимическое значение витамина В₅ обусловлено функциями его коферментов, синтезируемых по схеме, изображенной на рисунке 2.9. Таким образом, фосфопантотен является активной субъединицей АПБ (ацетилпереносящего белка) синтазы жирных кислот, дефосфо-КоА является коферментом цитралазы и N-ацетилтрансферазы, КоА-SH принимает активное участие во многих метаболических процессах клетки [18, 40].

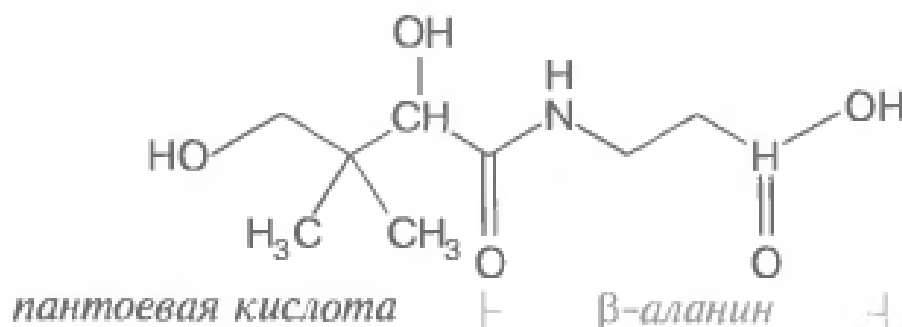


Рисунок 2.8 – Пантотеновая кислота (витамин В₅)

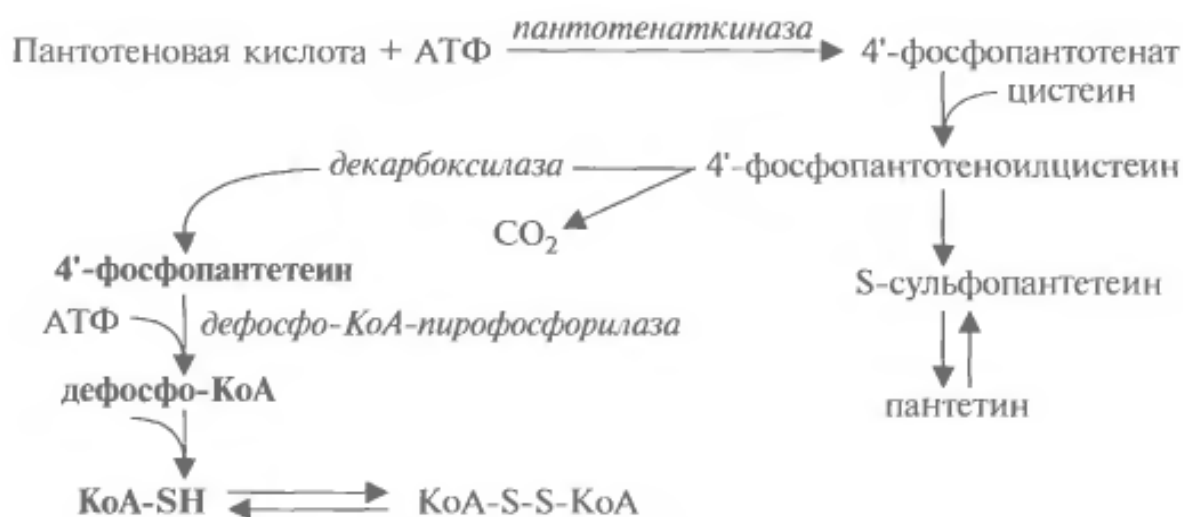


Рисунок 2.9 – Синтез коферментных форм пантотеновой кислоты

На рисунке 2.10 изображена химическая формула витамина РР (никотиновой кислоты, ниацина, антипелларгического фактора), представляющей собой пиридин-3-карбоновую кислоту, амидом которой является никотинамид,

изображенный на том же рисунке. Именно в виде никотинамида, включенного в состав коферментов НАД и НАДФ, витамин РР представлен в клетках и средах. Биологическая роль витамина РР обусловлена функциями его коферментов: участие в биологическом окислении липидов, углеводов, органических кислот, многих витаминов и других соединений в качестве кофермента, переносчика, субстрата, регулятора и донора водорода [18, 40].

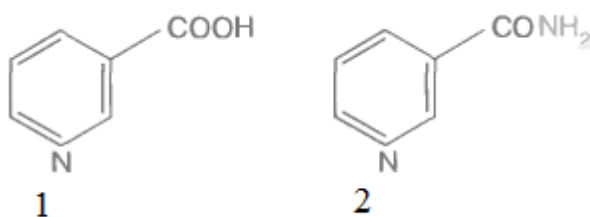


Рисунок 2.10 – Никотиновая кислота (1) и никотинамид (2)

Фолиевая кислота (витамин В₉) была выделена из зеленых листьев в 1941г (название от лат.folium – листья). Как видно из рисунка 2.11, витамин состоит из трех компонентов: гетероциклического остатка птеридина, парааминобензойной кислоты (ПАБК) и нескольких остатков глутаминовой кислоты [18].

Фолатные коферменты участвуют и биосинтезе пуриновых и пиримидиновых оснований, нуклеиновых кислот, аминокислот. Исключительно важна роль фолиевой кислоты в процессах роста и развития, пролиферации тканей, процессах кроветворения и эмбрионального развития.

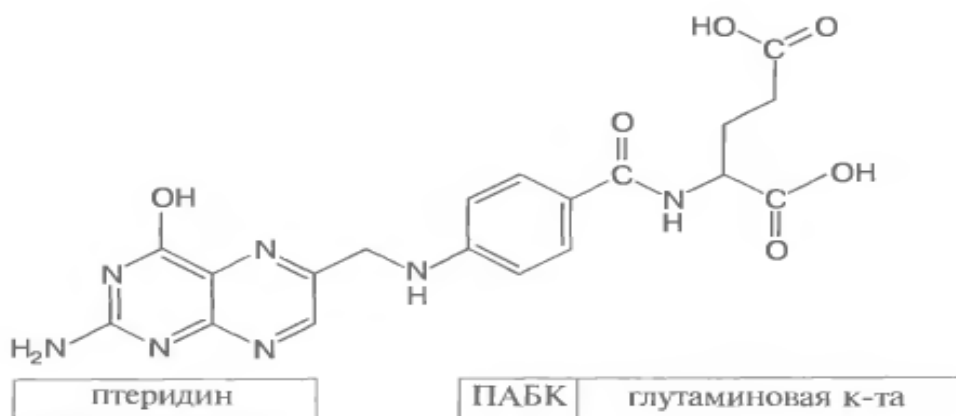


Рисунок 2.11 – Фолиевая кислота

Как мы можем увидеть из таблицы 2.3, наряду с витаминами, ценным компонентом свеклы являются минеральные вещества, а конкретно микроэлементы и макроэлементы. Эти вещества принимают участие во всех физиологических процессах.

Таблица 2.5 – Минеральный состав столовой свеклы (*Beta vulgaris L.*)

Минеральное вещество	Количество
Натрий, мг/100г	86
Калий, мг/100г	288
Кальций, мг/100г	37
Магний, мг/100г	22
Фосфор, мг/100г	43
Железо, мг/100г	1,4
Сера, мкг	7
Хлор, мкг	43
Бор, мкг	280
Йод, мкг	7
Кобальт, мкг	2
Марганец, мкг	660
Медь, мкг	140
Фтор, мкг	20
Хлор, мкг	20
Цинк, мкг	425

Уникальным компонентом свеклы можно считать беталаины. Впервые они были выделены именно из *Beta vulgaris*, содержанием беталаинов обусловлена ее красно-фиолетовая окраска, т.к эти вещества являются пигментами [51].

Беталаины, структурная формула которых изображена на рисунке 2.12 – это водорастворимые азотсодержащие пигменты, синтезирующиеся из тирозина и пролина в две структурные группы: красно-фиолетовые бетацианины и желтые бетаксантины. Встречаются исключительно в клетках растений [10, 44, 44].

Бетаин способствует усвоению белков, является источником холина, оказывает влияние на жировой обмен [17].

Бетацианины оказывают положительное влияние на кровеносную систему человека, а именно способны снижать кровяное давление, повышать прочность капилляров, снимать сосудистые спазмы [21]. Вариант схемы синтеза бетацианинов представлен на рисунке 2.13.

Интерес к выделению данных пигментов заключается в том, что они могут выступать природными пищевыми красителями, к тому же, обладая высокой антиоксидантной и противовоспалительной активностью. Помимо биологической активности, беталаины растворимы в воде, этиловом и метиловом спиртах и нерастворимы в других органических растворителях, а также устойчивы к азотной кислоте [5, 10, 51].

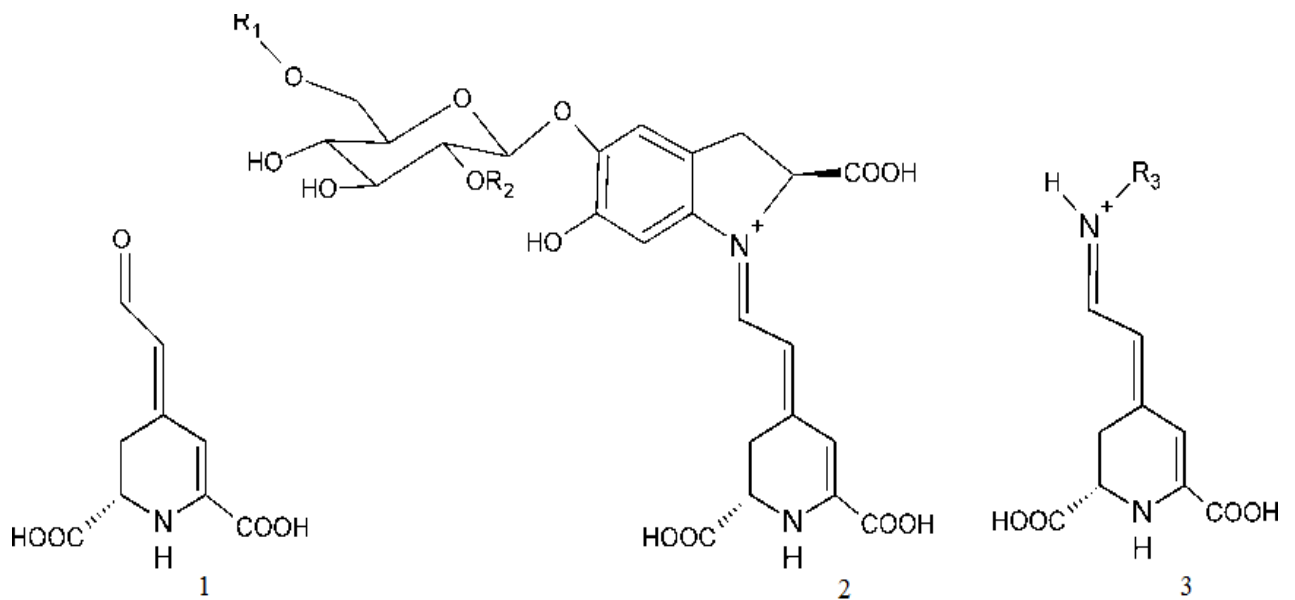


Рисунок 2.12 – Структурная формула беталаинов

1 – общая формула беталаиновой кислоты; 2 – бетацианин; 3 – бетаксантин.

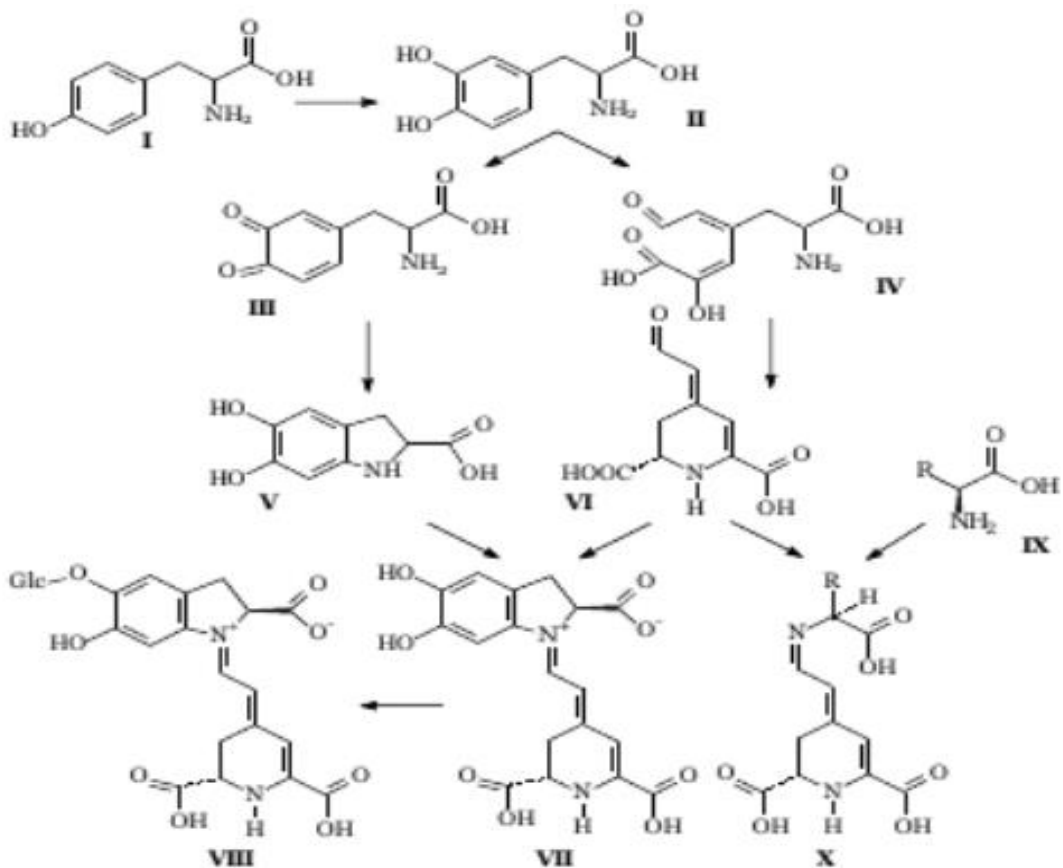


Рисунок 2.13 – Схема биосинтеза бетацианинов

2.3 БАВ крапивы двудомной (*Urtica dioica*)

Царство – Растения (лат. Plantae)

Отдел – Покрытосемянные (лат. Angiosperms)

Класс – Двудольные (лат. Dicotyledones)

Порядок – Розоцветные (лат. Rosales)

Семейство – Крапивные (лат. Urticaceae)

Род – Крапива (лат. *Urtica*)

Вид – *Urtica dioica* (лат. *U. Dioica*)

Urtica dioica – многолетнее травянистое растение. Подземные органы представлены ползучими корневищами с множеством придаточных корней. Стебель прямостоячий, четырехгранный, простой, покрыт жгучими волосками. Листья супротивные на длинных черешках, продолговато-яйцевидные, заостренные, при основании сердцевидные, по краю зубчатые или пильчатые, черешковые. Цветки зеленоватые, мелкие, однополые, собраны в колосовидные соцветия, расположенные в пазухах листьев. Период цветения: июнь – август. Плоды созревают в июле – октябре [27].

Urtica dioica издавна используется как ценное растительное лекарственное сырье (ЛРС). Сотни лет крапива применялась для лечения ревматизма, артрита, подагры, экземы, анемии, инфекций мочевых путей, сенной лихорадки и ранних стадий доброкачественной простатической гиперплазии [1].

Крапива входит как в зарубежные фармакопеи, так и в фармакопею нашей страны. Из таблицы 2.6 видно, что использование крапивы в лекарственных целях имеет широкое терапевтическое действие [19].

Таблица 2.6 – Терапевтическое действие Крапивы двудомной (*Urtica dioica*)

Орган растения	Лечебные свойства
Корень	Укрепляющее антигельминтное, жаропонижающее волосы, отхаркивающее,

Окончание таблицы 2.6

Орган растения	Лечебные свойства
Стебель	Жаропонижающее
Листья	Сосудосуживающее, гемопэтическое, гликолипидемическое, спазмомиметическое, утеротоническое, желчегонное, регенеративное, поливитаминное, гемостатическое, противовоспалительное, отхаркивающее, кровоостанавливающее, диуретическое, лактогенное, тонизирующее, жаропонижающее, укрепляющее волосы
Семена	Антигельминтное, жаропонижающее
Цветки	Диуретическое, отхаркивающее, жаропонижающее

Помимо лекарственных целей, крапива используется как пищевое и кормовое сырье, а также в качестве материала для изготовления бумаги, веревок, канатов, сетей, мешковины и для окрашивания тканей.

Наибольшей ценностью обладают листья *Urtica dioica*. Именно листья используются на фармацевтических производствах нашей страны и реализуются через аптечные сети. Однако в зарубежных странах изготавливаются лекарственные средства противоопухолевого действия из подземных частей крапивы.

Химический состав крапивы включает различные группы БАВ. Так, например, в листьях *Urtica dioica* содержатся витамины К, С, витамины группы В, фитонциды, белки, сахара, хлорофилл, кремниевая и муравьиная кислоты, макро- и микроэлементы (железо, ванадий, марганец, хром, медь, алюминий) и другие вещества [56, 58, 59]. Было подтверждено, что листья *Urtica dioica* содержат ряд биологически активных соединений, включая изорамнетин, кемпферол, кверцетин, каротин, ксантофилл и танины. Крапива имеет высокое содержание важных микроэлементов, таких как магний, кальций, кремний. Корни крапивы также ценятся в фитотерапии, т.к. содержат много полисахаридов, а именно глюкан, арабиногалактан и глюкогалактуронианы, а также стеринны, жирные кислоты, танины, церамиды, диоксид кремния, монотерпены, изоэктины и лигнаны [3, 7, 8, 9, 14].

Было проведено множество исследований химического состава *Urtica dioica*, в которых обобщены данные из литературных источников, а также представлены результаты собственных экспериментов и опытов.

В таблице 2.7 указаны данные о содержании БАВ в сырье *Urtica dioica* собранной в 1999 г в Красноярске и Боградском районе Хакасии в период цветения.

В аминокислотном составе травы крапивы преобладающими являются аспарагин, аспарагиновая кислота, глутаминовая кислота, аланин, треонин. [31].

Таблица 2.7 – БАВ сырья крапивы двудомной (*Urtica dioica*)

Показатель	Вегетативная часть	Корни
Влажность, %	8,70	7,20
Зольность, % а.с.с.	14,40	10,60
Легкогидролизуемые полисахариды, % а.с.с.	5,30	7,58
Клетчатка, % а.с.с.	27,70	33,90
Хлорофиллы А и В, мг%	24,08	10,80

Окончание таблицы 2.7

Показатель	Вегетативная часть	Корни
Каротин, мг%	0,50	0,48
Витамин С, мг%	2,83	2,67
Витамин К, мг%	4,00	0,47
Дубильные вещества, %	0,44	0,98
Флавоноиды, мг%	4,50	3,60
Витамин Р, мг%	24,50	5,30

При разработке методики количественного определения действующих веществ в листьях *Urtica dioica* было установлено, что они содержат: каротиноиды ($46,78 \pm 0,72$ мг/%), витамин К ($4,02 \pm 0,09$ мг/%), аскорбиновую кислоту ($257,32 \pm 1,02$ мг/%), аминокислоты ($0,65 \pm 0,02$ %), хлорофилл ($2,97 \pm 0,09$ %), флавоноиды ($1,22 \pm 0,02$ %), фенолоксиды ($1,57 \pm 0,003$ %) [29].

Хлорофилл является растительным пигментом, придающим клеткам растений зеленую окраску и участвующим в фотосинтезе. По химическому строению, представленного на рисунке 2.14, хлорофиллы – сложные эфиры дикарбоновой органической кислоты – хлорофиллина и двух остатков спиртов – фитола и метилового. Хлорофиллы обладают антибактериальным действием, также, ввиду сродства с гемоглобином, увеличивают качество и количество эритроцитов, способны оказывать антиоксидантное и противораковое действие [45].

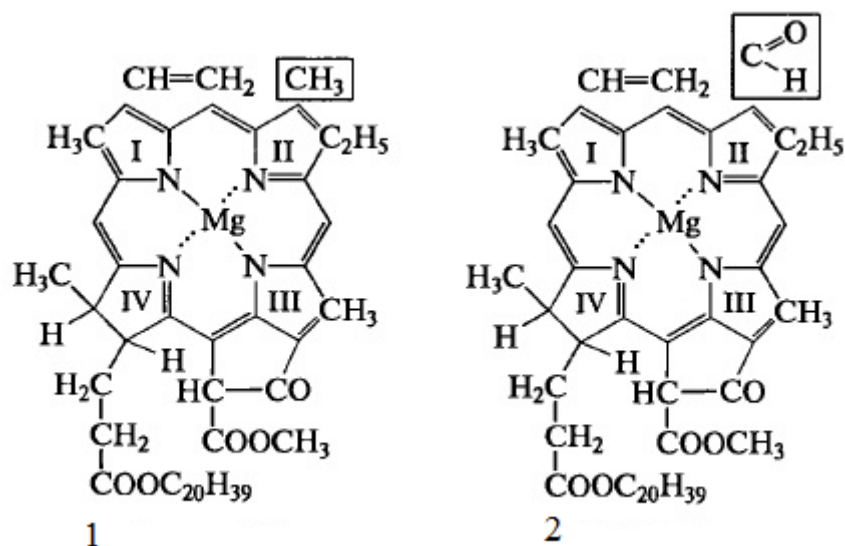
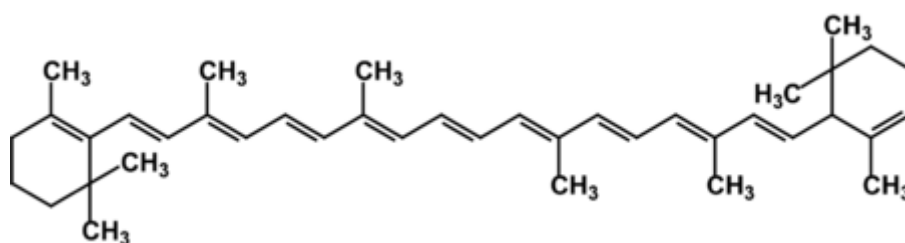


Рисунок 2.14 – Хлорофиллы

1 – хлорофилл а; 2 – хлорофилл в.

Каротиноиды относятся к тетратерпенам, представлены каротинами и ксантофиллами. Наибольшей биологической активностью обладает β -каротин, формула которого представлена на рисунке 2.15. При гидролитическом расщеплении β -каротина образуется две молекулы витамина А [18, 43].



2.15 – β -каротин

Наиболее часто крапива используется в качестве кровоостанавливающего средства. Указанное действие обусловлено наличием в ее составе витамина К (филлохинона), структурная формула которого указана на рисунке 2.16. Основное действие филлохинона – антигеморрагическое [36].

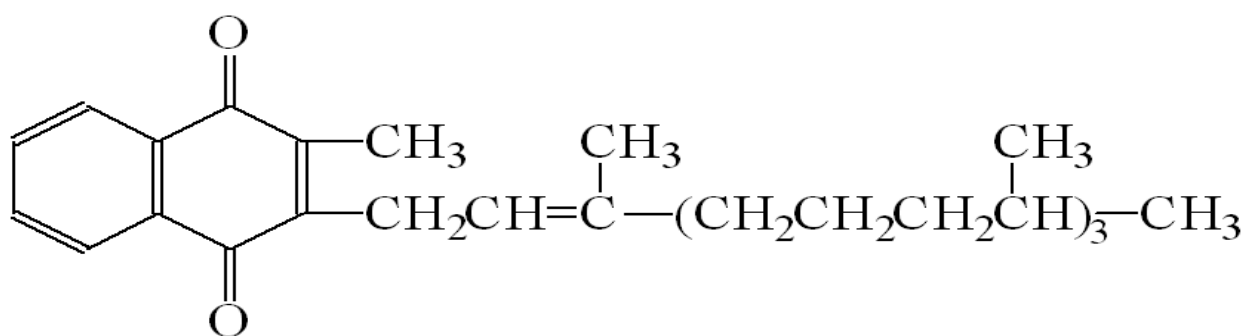


Рисунок 2.16 – Витамин К₁ (филлохинон)

Как видно из рисунка 2.17, витамин К участвует в карбоксилировании остатка глутамата в белках факторов свертывания, таких как протромбин и др., тем самым обуславливая нормальное свертывание крови [36].

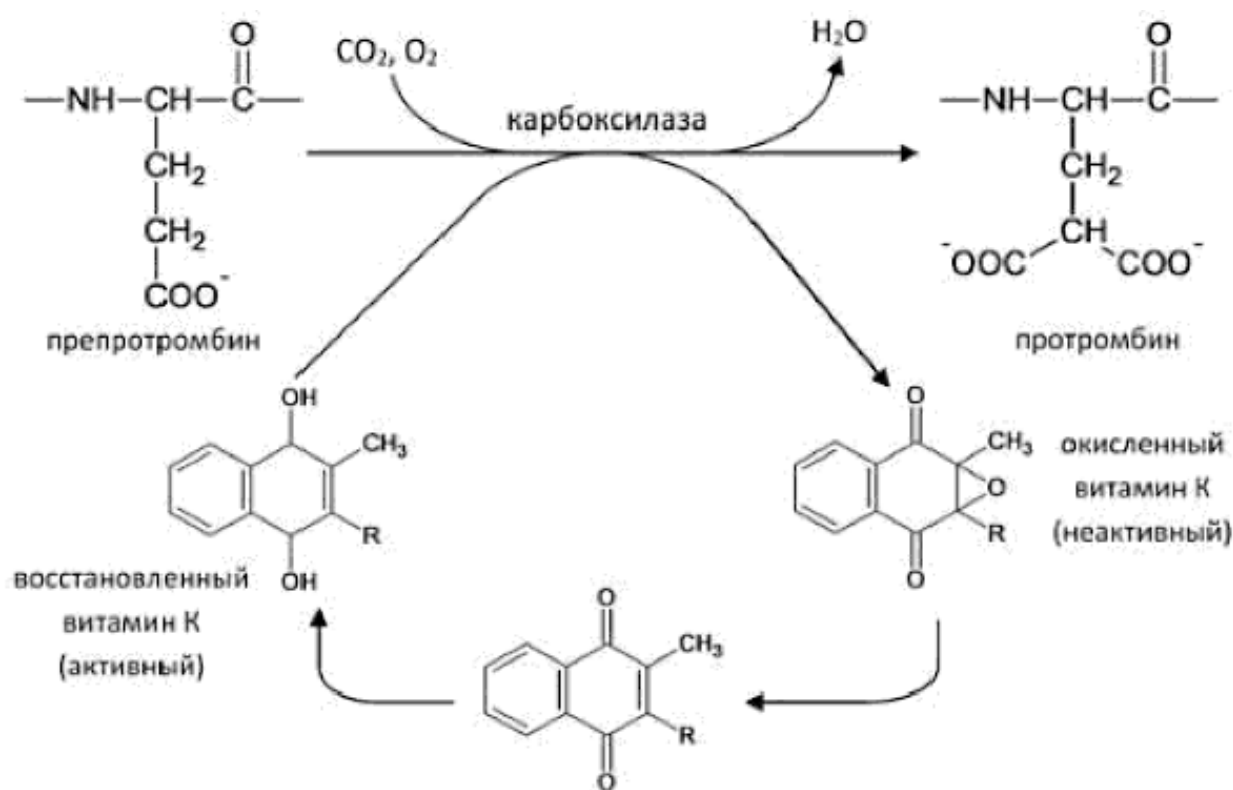


Рисунок 2.17 – Действие витамина К на примере синтеза протромбина

Крапива является источником фенольных соединений, которые широко распространены в растительных организмах и имеют высокую биологическую активность. Все они имеют в составе ароматическое ядро, в котором одно или несколько атомов водорода замещены на гидроксильные группы. Существует 3 группы фенольных соединений: оксibenзойные кислоты, оксикоричные кислоты

и кумарины. В результате взаимодействия простых фенольных соединений образуются их полимерные производные: лигнин, дубильные вещества, меланины [43, 52].

Препараты на основе фенольных соединений обладают противомикробным, тонизирующим, кровоостанавливающим, желчегонным и многими другими свойствами. Метод высокоэффективной жидкостной хроматографии позволяет определить количественное содержание фенолов в водном экстракте *Urtica dioica*, приведенное в таблице 2.8 [53]. Структурные формулы основных представителей изображены на рисунке 2.18.

Таблица 2.8 – Содержание фенольных соединений в листьях крапивы двудомной (*Urtica folia*)

Название вещества	Содержание, 10 ⁻² %
Галловая кислота	0,46
Гиперозид	0,34
Кверцетин	0,23
Кофейная кислота	1,03
Рутин	2,07
Хлорогеновая кислота	6,44
Эскулетин	74,48

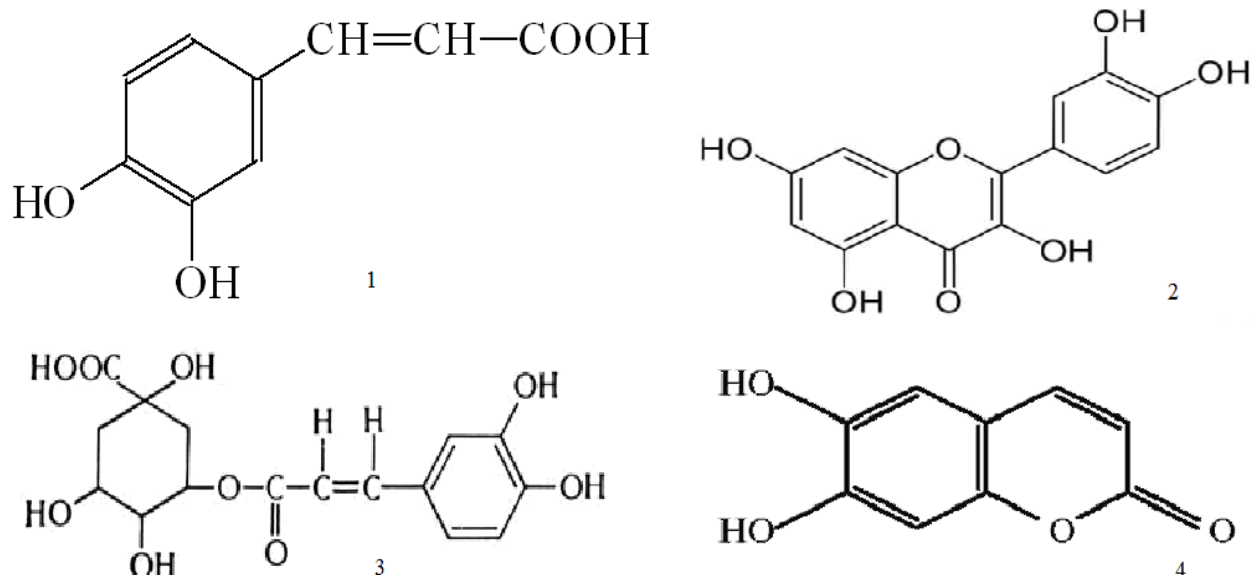


Рисунок 2.18 – Фенольные соединения крапивы двудомной (*Urtica dioica*)
 1 – кофейная кислота; 2 – кверцетин; 3 – хлорогеновая кислота; 4 – эскулетин.

Дубильные вещества – танины, в широком смысле получили такое название благодаря использованию при дублении кож, что возможно за счет их способности взаимодействовать с коллагеном, образуя прочную структуру. Но также к ним относятся низкомолекулярные соединения, имеющие вяжущий вкус, но не обладающие дубильными свойствами. Согласно К. Фрейдинбергу дубильные вещества разделяются на гидролизуемые и конденсированные. Гидролизуемые дубильные вещества в результате гидролиза распадаются на мономеры фенольной и нефенольной природы. В зависимости от фенольного компонента, гидролизуемые дубильные вещества делятся на галловые и эллаговые, дающие при кислотном гидролизе галловую и эллаговую кислоту соответственно (рисунок 2.19) [18, 43]. Дубильные вещества используются как вяжущее, противовоспалительное, антисептическое и кровоостанавливающее средство, а также используется при отравлениях тяжелыми металлами и некоторыми гликозидами [18].

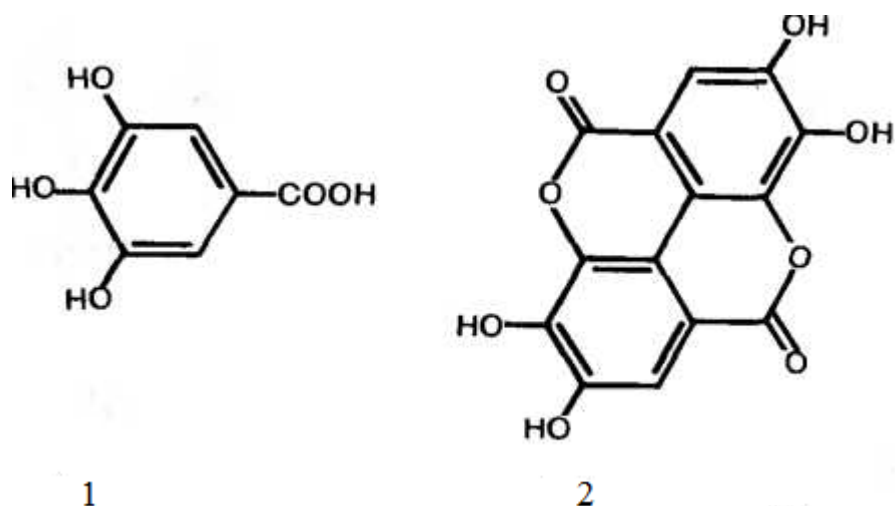


Рисунок 2.19 – Галловая (1) и эллаговая (2) кислоты

Наиболее изученным дубильным веществом является галлотанин, структурная формула которого изображена на рисунке 2.20. Именно галлотанин содержится в растительном сырье крапивы. Он представляет собой сложный эфир глюкозы и галловой кислоты.

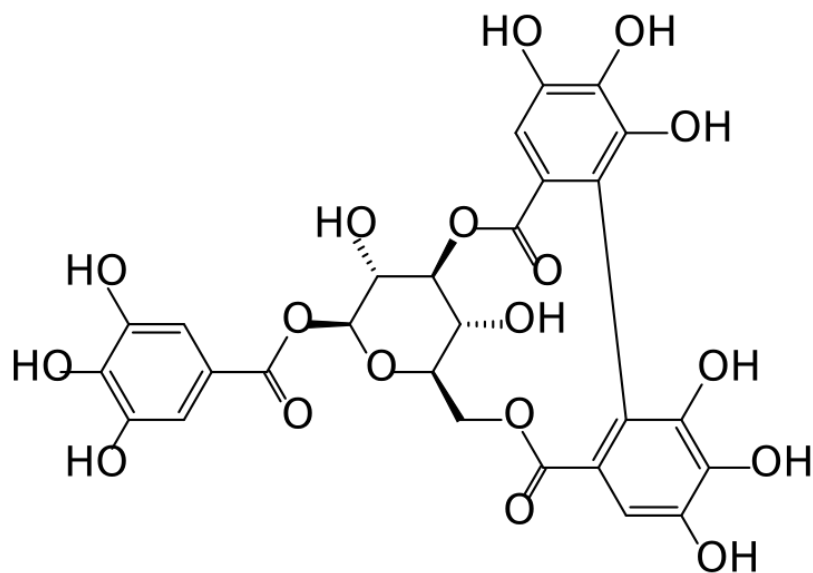


Рисунок 2.20 – Галлотани

Также в сырье крапивы обнаружены такие жирные кислоты, как насыщенная пальмитиновая, и ненасыщенные линолевая и линоленовая, формулы которых можно увидеть на рисунке 2.21. Особенно важными для человеческого организма

являются ненасыщенные жирные кислоты, т.к. они являются незаменимыми, т.е. должны обязательно поступать с пищей. Главной биологической функцией является способность снижать уровень холестерина [47, 49, 67].

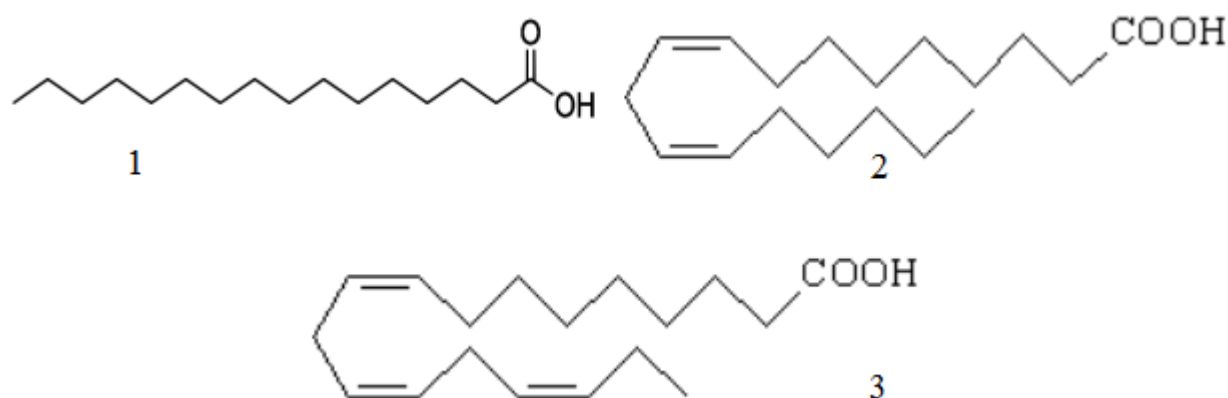


Рисунок 2.21 – Жирные кислоты в сырье крапивы двудомной (*Urtica dioica*)

1 – пальмитиновая кислота; 2 – линолевая кислота; 3 – линоленовая кислота.

С целью анализа микроэлементного состава листьев *Urtica dioica* было проведено исследование, в результате которого установлено содержание химических элементов в ее листьях [59]. Результаты указаны в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Содержание химических элементов в листьях *Urtica dioica* (*Urtica folia*)

Элемент	Содержание в листьях <i>Urtica dioica</i> , мг\кг
Железо	2,04
Медь	6,62
Цинк	48,71
Марганец	21,31
Фосфор	4700
Калий, %	40,03
Натрий	1333,30
Магний, %	7,41

Окончание таблицы 2.9

Элемент	Содержание в листьях <i>Urtica dioica</i> , мг\кг
Кальций, %	3,84

Экстрагирование БАВ из сырья крапивы традиционно проводится методом мацерации с использованием воды в качестве растворителя. Но, проанализировав методики экстрагирования, очевидно, что данный способ отличается малой эффективностью. С целью интенсификации экстрагирования проводятся различные исследования. Так ливанскими учеными было проведено исследование с целью сравнения методов экстракции БАВ из листьев *Urtica dioica* с применением различных растворителей. Экстрагирование проводилось методами мацерации, рефлюкса, циркуляцией в экстракторе Сокслета, а также обработкой ультразвуковыми и микроволнами. В качестве растворителей выступали вода, гексан, этанол, ацетон и дихлорметан. Полученные экстракты высушивались под действием давления и по остатку определялось количество экстрактивных веществ. Экспериментальным путем было доказано, что из традиционных методов наибольшей эффективностью отличается циркуляционное экстрагирование в аппарате Сокслета, но наибольшее количество БАВ было извлечено при помощи ультразвука и микроволн. Наилучшим экстрагентом был признан водно-спиртовой раствор [2].

В результате проведенного обзора литературы приведена классификация растительных БАВ. Установлено, что *Beta vulgaris* и *Urtica dioica* являются ценным растительным сырьем для пищевой и фармацевтической отрасли соответственно. Исследуемые растительные объекты имеют в своем составе большое количество представителей разнообразных групп БАВ, обладающих различными фармакологическими свойствами. Преимущество использования данного сырья дополняется высокой степенью его доступности. Также выявлено, что наибольшей лекарственной ценностью обладают *Urtica folia*.

3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Проводилось исследование следующих объектов:

- корнеплоды свеклы столовой (*Beta vulgaris* L.), произрастающая в пригороде г. Челябинск;
- листья крапивы двудомной (*Urtica dioica*), произрастающая в пригороде г. Челябинск;
- листья крапивы двудомной (*Urtica dioica*), реализуемые через аптечную сеть.

Выбор для исследования *Beta vulgaris* и *Urtica dioica* обусловлен высокой доступностью данных растений, а также широким спектром использования их в различных областях промышленности. Свекла в нашем регионе выращивается как в промышленных масштабах, так и на частных садоводческих участках. *Urtica dioica*, являясь ценным пищевым и лекарственным сырьем, встречается на территории России повсеместно как сорное растение. Оба растения относятся к одной жизненной форме травянистых растений, но к разным систематическим порядкам: Гвоздичноцветные и Розоцветные, что расширяет рамки исследования. К тому же, использование данных видов растительного сырья актуально и для пищевой, и для фармацевтической области биотехнологии.

Для каждого объекта проводилось экстрагирование с целью извлечения БАВ.

Для проведения экстракции использовался аппарат ультразвуковой технологический ВОЛНА-Л (частота ультразвуковых колебаний – $22 \pm 1,65$ кГц) и аппарат Сокслета.

У полученных экстрактов определялось содержание экстрактивных веществ, сухих веществ, антиоксидантных веществ.

В экстрактах, полученных из биомассы *Beta vulgaris*, также определялось количественное содержание беталаиновых пигментов.

В экстрактах крапивы проводилось определение содержания дубильных веществ и аскорбиновой кислоты.

3.1. Экстрагирование БАВ из растительной биомассы свеклы столовой (*Beta vulgaris* L.)

Для получения экстрактов использовались измельченные корнеплоды *Beta vulgaris*. В качестве растворителей выступали вода и водно-спиртовой раствор. Соотношение сырья и экстрагента 1:3. Экстрагирование проводилось при помощи нескольких режимов ультразвуковой обработки и с использованием аппарата Сокслета.

Таким образом, образцы экстрактов были получены следующими способами:

1. При мощности ультразвука 100 % в течение 5 минут. Растворитель – вода.
2. При мощности ультразвука 70 % в течение 5 минут. Растворитель – вода.
3. При мощности ультразвука 50 % в течение 10 минут. Растворитель – вода.
4. При мощности ультразвука 50 % в течение 5 минут. Растворитель – вода.
5. При мощности ультразвука 50 % в течение 10 минут. Растворитель – 50%-й водно-спиртовой раствор.
6. При кипении растворителя (воды) в течение 4 часов.

В качестве контрольного образца (№7) использовался экстракт, полученный при помощи перемешивающего устройства ЛАБ-ПУ-01. Экстрагирование проводилось в течение 1 ч при 45 °С.

3.1.1 Определение массовой доли влаги

Сущность метода заключается в высушивании навески при определенной температуре и вычислении потери массы по отношению к массе навески до высушивания.

Навеску сырья не более 3 г взвешивали с погрешностью не более 0,001 г в предварительно подготовленной бюксе.

Открытую бюксу, а также ее крышку помещали в сушильный шкаф, нагретый до температуры (120±2) °С. При внесении бюксы в шкаф температура в нем понижается, поэтому время высушивания отсчитывалось с того момента, когда температура достигнет 120 °С.

Длительность высушивания – 1 час.

По окончании высушивания бюксу с навеской неплотно прикрывали крышкой и помещали в эксикатор на 30 минут, а затем, плотно закрыв бюксу крышкой, взвешивали.

Расчёт влажности проводился согласно формуле 1.

$$X = \frac{(m_1 - m_2) \times 100}{m}, \quad (1)$$

где m_1 – масса бюксы с навеской до высушивания, г;

m_2 – масса бюксы с навеской после высушивания, г;

m – масса навески до высушивания, г.

В результате проведенного опыта и расчета установлено, что массовая доля влаги в сырье *Beta vulgaris* составила 87,3 %.

3.1.2 Определение содержания экстрактивных веществ

Для определения процента экстрактивных веществ были взяты две чистые сухие фарфоровые чашечки емкостью около 30 мл и точно взвешены на аналитических весах. В каждую чашечку наливалось по 25 мл экстракта. Далее они высушивались сперва на песочной бане до остатка менее чем 1мл жидкости. Затем они были перенесены в сушильный шкаф и выдерживались при 100 °С до постоянного веса. После охлаждались в эксикаторе и взвешивались на аналитических весах. По разности определялся вес экстракта, вычислялось среднее из двух определений и выражалось в процентах к весу навески.

После проведения вышеописанных этапов проводился расчет содержания экстрактивных веществ согласно формуле 2.

$$X = \frac{a \times V \times 100}{25 \times n \times (100 - \beta)}, \quad (2)$$

где X – процент экстрактивных веществ;

a – вес экстрактивных веществ;

V – объем экстрагента, используемого при обработке растительного сырья;

n – навеска растительного сырья;

β – влажность.

Полученные результаты занесены в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Экстрактивные вещества

№ образца экстракта	1	2	3	4	5	6	7
Экстрактивные вещества, %	48,5	45,6	49,8	46,3	92,3	50,4	35,5

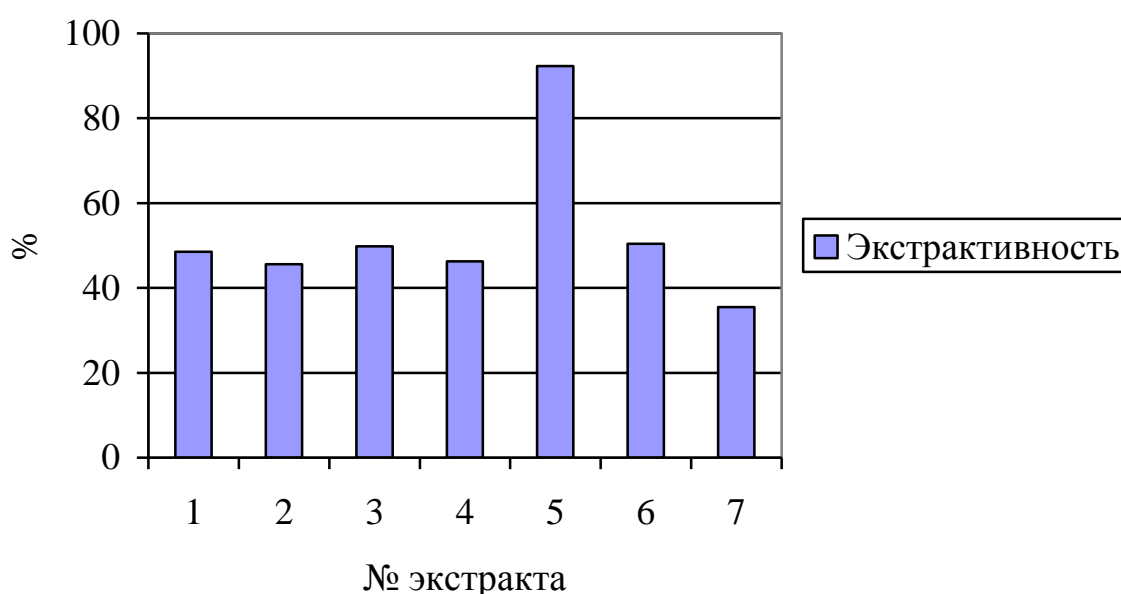


Рисунок 3.1 – Содержание экстрактивных веществ в экстрактах свеклы столовой (*Beta vulgaris* L.)

Из таблицы 3.2 следует, что наибольшей экстрактивностью обладает водно-спиртовой экстракт *Beta vulgaris*, полученный при воздействии ультразвука мощностью 50 % в течение 10 минут, что наглядно подтверждается на рисунке 3.1.

3.1.3 Определение содержания сухих веществ

Для определения содержания сухих веществ в экстрактах использовался рефрактометрический способ. Использовался рефрактометр ИРФ-454Б2М.

Экстракт тщательно перемешивался, при помощи стеклянной палочки на неподвижную призму рефрактометра, заранее откалиброванного по дистиллированной воде, наносилось 2 – 3 капли экстракта и сразу же накрывались подвижной призмой. Поле зрения освещалось надлежащим способом. Линия, разделяющая темное и светлое поле в окуляре, была подведена точно на перекрестье в окошке окуляра и считывают показатель преломления.

Полученные результаты указаны в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Содержание сухих веществ в экстрактах *Beta vulgaris* (*Beta vulgaris* L.)

№ образца экстракта	1	2	3	4	5	6	7
Содержание сухих веществ, %	1	1	2	1	15	2	0,8

3.1.4 Определение антиоксидантной активности

Определение количества антиоксидантных веществ в экстрактах проводилось методом кулонометрического титрования при использовании анализатора «Эксперт-006». Принцип работы анализатора основан на использовании закона Фарадея, согласно которому масса анализируемого вещества определяется количеством электричества, израсходованного на проведение реакции.

Анализатор регистрирует время электролиза и рассчитывает согласно закону Фарадея по формуле 3 количество воды, содержащейся во введенной в кулонометрическую ячейку пробе. Величина n прямо пропорциональна количеству электричества, проходящего через электролит:

$$n = \frac{M \times Q}{z \times F} = \frac{M \times \int I dt}{z \times F}, \quad (3)$$

где n – количество воды;

Q – количество электричества;

M – масса моля воды (18016), мг/моль;

I – сила тока, А;

z – количество электронов, переходящих в ходе электродной реакции;

F – константа Фарадея (96485,3415±0,0039), Кл/моль.

Результаты измерений представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Содержание антиоксидантных веществ в экстрактах свеклы столовой (*Beta vulgaris* L.)

№ образца экстракта	1	2	3	4	5	6	7
Содержание антиоксидантов, мг/мл	0,9	0,8	1,3	0,6	0,95	1,1	0,4

3.1.5 Определение содержания беталаинов

Для определения количественного содержания беталаиновых пигментов в образцах экстрактов корнеплодов *Beta vulgaris* использовался спектрофотометрический метод. Подготовка сырья и спектрофотометрия проводилась согласно схеме, изображенной на рисунке 3.2.



Рисунок 3.2 – Схема определения беталаиновых пигментов в сырье свеклы столовой (*Beta vulgaris* L.)

Центрифугирование проводилось на аппарате ОПН-8 с целью разделения остатков твердых частиц свекольного сырья и жидкой фазы.

Полученный фильтрат фотометрировали относительно экстрагента при помощи спектрофотометра СФ-56 в кварцевых кюветах при длине волн 400-700нм. Спектры экстрактов графически изображены на рисунке 3.3 и рисунке 3.4.

Далее суммарное содержание бетацианина (в пересчете на бетанин), α_1 (мг/г), определялось согласно формуле 4.

$$\alpha_1 = \frac{A(538\text{нм})}{\varepsilon_1(538\text{нм}) \times l} \times \frac{V \times M \times 1000}{1000 \times m}, \text{ мг/г} \quad (4)$$

где A – оптическая плотность раствора в максимуме абсорбции бетацианинов;

ε_1 – коэффициент молярного погашения;

l – длина оптического пути, см;

V – объем экстракта, мл;

M – молярная масса бетанина;

m – масса навески, г.

Для количественного определения бетаксантинов, a_2 (мг/г), в пересчете на вульгаксантин I, использовалась формула 5.

$$a_2 = \frac{A_1 - k \times A_2}{\varepsilon_2 \times l} \times \frac{V \times M \times 1000}{1000 \times m}, \text{ мг/г} \quad (5)$$

где A_1 – оптическая плотность раствора в максимуме абсорбции бетаксантинов при 493 нм;

A_2 – оптическая плотность раствора в максимуме абсорбции бетацианинов при 538 нм;

$k = \varepsilon_1(493)/\varepsilon_2(538)$ – коэффициент пересчета, принятый в данной работе 0,323

ε_2 – коэффициент молярного погашения;

l – длина оптического пути, см;

V – объем экстракта, мл;

M – молярная масса вульгаксантина I;

m – масса навески, г.

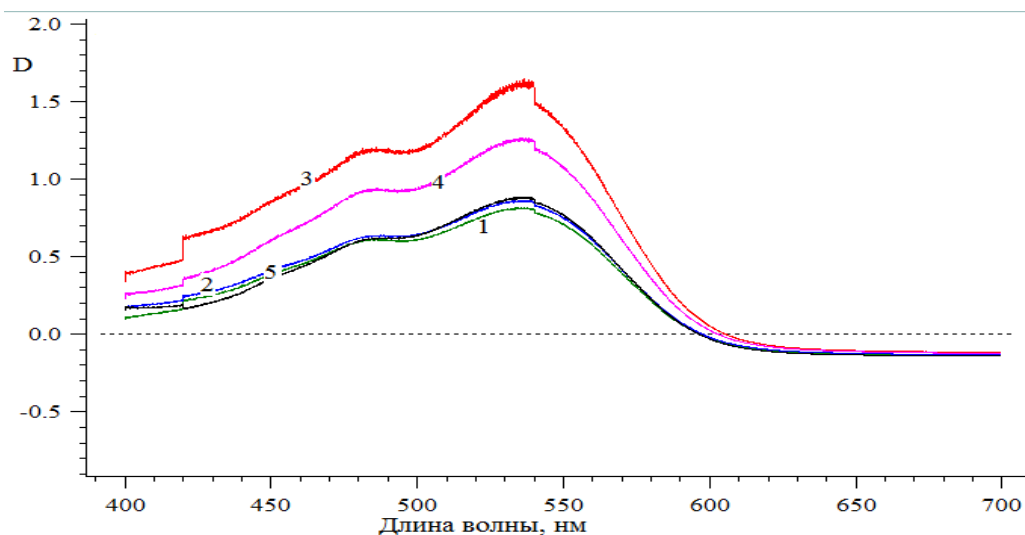


Рисунок 3.3 – Спектры ультразвуковых и контрольного экстрактов

1 – УЗ 100%, 5 мин; 2 – УЗ 70%, 5 мин; 3 – УЗ 50%, 10 мин; 4 – УЗ 50%, 5 мин;
5 – контроль

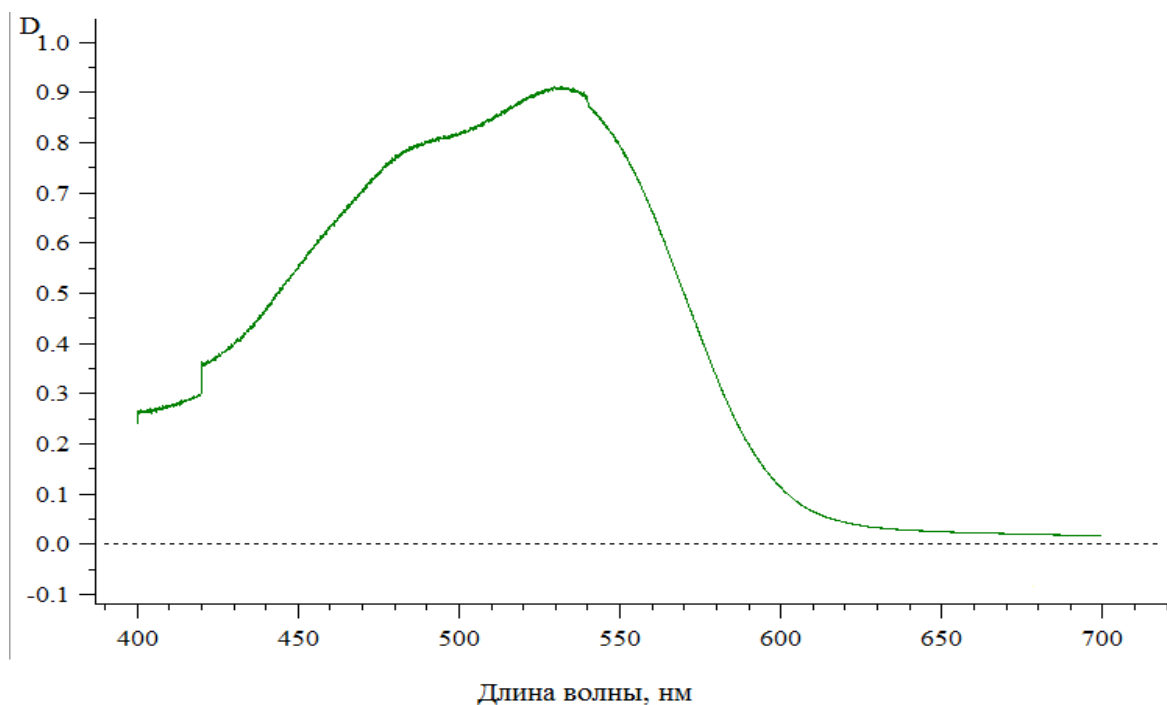


Рисунок 3.4 – Спектр экстракта по методу Сокслета

Данные, полученные при расчетах, занесены в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Содержание беталаиновых пигментов в экстрактах свеклы столовой (*Beta vulgaris* L.)

Вещество	№ образца						
	1	2	3	4	5	6	7
Бетанин, мг\г	1,1840	1,2522	2,3761	1,8361	2,8057	1,3129	1,2900
Вульгаксантин I, мг\г	0,6295	0,6554	1,2069	0,9633	2,6607	0,9510	0,6178

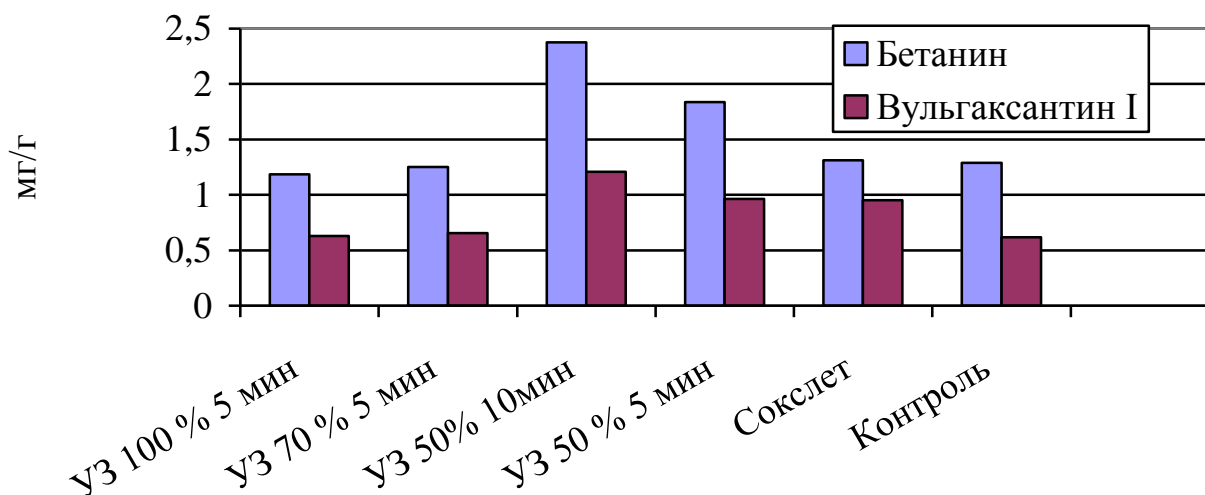


Рисунок 3.5 – Беталаины водных экстрактов

На рисунке 3.5 отчетливо видно, что наибольшее количество беталаиновых пигментов обнаружено в экстракте, полученном при использовании ультразвука мощностью 50 % в течение 10 минут.

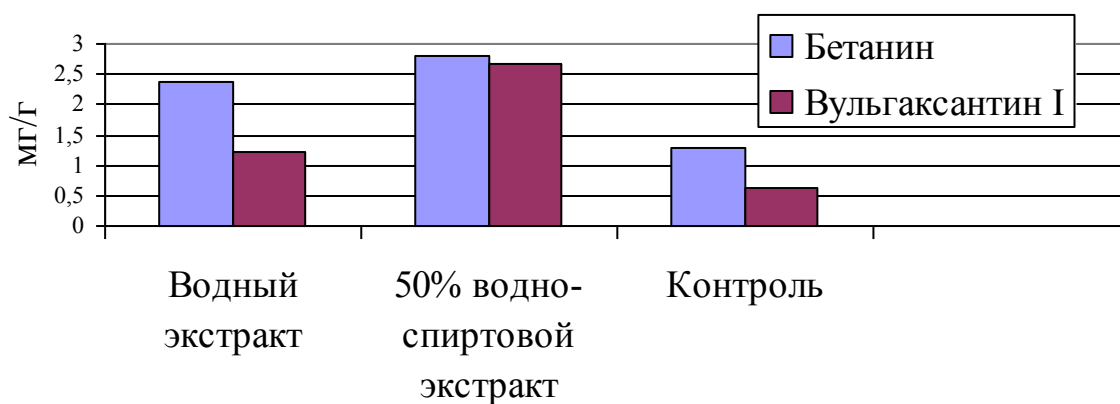


Рисунок 3.6 – Результаты водной и водно-спиртовой экстракции беталаинов ультразвуком

Из таб. 3.5 и рис. 3.5 и рис. 3.6 следует, что наиболее результативным из предложенных методов экстрагирования беталаинов *Beta vulgaris* является водно-спиртовая экстракция ультразвуком в течение 10мин при мощности 50 %.

Проанализировав все полученные данные можно сделать вывод, что наиболее полное извлечение БАВ из биомассы *Beta vulgaris* происходит путем экстракции ультразвуковым методом при мощности 50 % в течение 10 минут и использовании в качестве растворителя 50 %-го водно-спиртового раствора.

3.2 Экстрагирование БАВ из растительной биомассы крапивы двудомной (*Urtica dioica*)

Для исследования использовались высушенные естественным способом листья крапивы двудомной (*Urtica dioica*), собранной в пригороде Челябинска в 2017 г. Перед экстрагированием листья измельчались в ступке.

Также было проведено аналогичное экстрагирование из листьев крапивы двудомной (*Urtica folia*), реализуемых через аптечную сеть в виде фильтр-пакетов от торговой марки ФармаЦвет с целью сравнения используемого сырья с произрастающим в нашем регионе.

Экстрагирования проводилось ультразвуковым методом, используя различные режимы. В качестве контроля сырье запаривалось согласно инструкции, указанной на упаковке аптечного препарата крапивы: 4 фильтр-пакета (6 г) помещают в стеклянную или эмалированную посуду, заливают 200 мл (1 стакан) кипятка, накрывают и настаивают в течение 15 минут, периодически надавливая на пакетики ложкой, затем их отжимают. Объем полученного настоя доводят кипяченой водой до 200 мл.

Было получено 8 экстрактов, характеристики экстрагирования которых указаны в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Экстракты Крапивы двудомной (*Urtica dioica*)

№ п.п.	Используемое сырье	Способ экстракции
1	Дикорастущая крапива	УЗ 100 % 5 мин
2	Дикорастущая крапива	УЗ 50 % 5 мин
3	Дикорастущая крапива	УЗ 50 % 10 мин

Окончание таблицы 3.5

№ п.п.	Используемое сырье	Способ экстракции
4	Дикорастущая крапива	Запаривание по инструкции
5	Аптечный препарат	УЗ 100 % 5 мин
6	Аптечный препарат	УЗ 50 % 5 мин
7	Аптечный препарат	УЗ 50 % 10 мин
8	Аптечный препарат	Запаривание по инструкции

Для каждого типа растительного сырья определялась влажность методом высушивания при определенной температуре и вычислении потери массы (п. п. 3.1.1).

Влажность дикорастущей крапивы составила 0,1159 %, аптечной – 0,0943 %.

Далее в каждом экстракте определялось содержание дубильных и экстрактивных веществ, аскорбиновой кислоты, сухих веществ и антиоксидантов.

3.2.1 Определение содержания экстрактивных и дубильных веществ

Экстрактивность образцов крапивы определялась выпариванием жидкости, аналогично способу, используемому для свеклы (п.п. 3.1.2).

Содержание дубильных веществ в экстрактах определялось при помощи титрования. В большую фарфоровую чашу емкостью 1 л наливалось 750 мл дистиллированной воды, 10 мл экстракта крапивы и 25 мл сернокислого раствора индигокармина. Затем проводилось титрование раствором KMnO_4 до золотисто-желтого окрашивания.

Для того чтобы проверить, сколько перманганата идет на окисление танина параллельно ставился контрольный опыт. Вместо экстракта было взято 10 мл дистиллированной воды, 25 мл индигокармина, 750 мл дистиллированной воды и полученный раствор титровался KMnO_4 до золотисто-желтого окрашивания. По разности определялось, сколько мл раствора пошло на титрование дубильных веществ экстракта.

Процент дубильных веществ вычислялся по формуле 6.

$$X = \frac{A \times k \times 25 \times 0,004157 \times 100}{n \times (100 - \beta)}, \quad (6)$$

где А – число в мл перманганата, пошедшего на титрование экстрактом (за вычетом пошедшего на титрование воды и реактивов);

k – поправка перманганата до точно децинормального;

n – навеска;

0,004157 – коэффициент, соответствующий количеству г танина, окисленного 1 мл перманганата;

β – влажность.

Результаты обоих опытов можно увидеть в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Содержание дубильных веществ в экстрактах крапивы двудомной (*Urtica dioica*)

№ образца экстракта	Экстрактивные вещества, %	Дубильные вещества, %
1	30,3	2,4
2	22,2	1,4
3	19,8	1,0
4	25,2	1,8
5	22,1	1,0
6	19,7	0,8
7	18,2	0,9
8	16,5	0,8

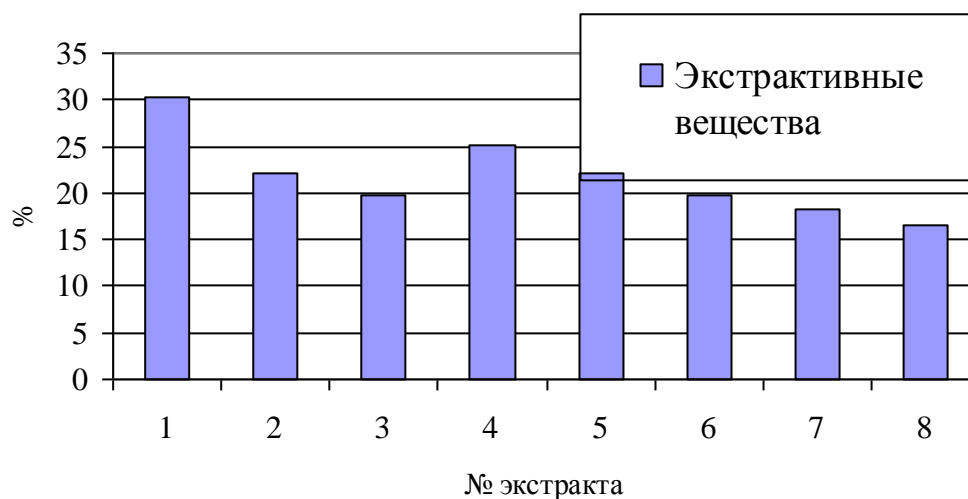


Рисунок 3.6 – Содержание экстрактивных веществ в экстрактах крапивы двудомной (*Urtica dioica*)

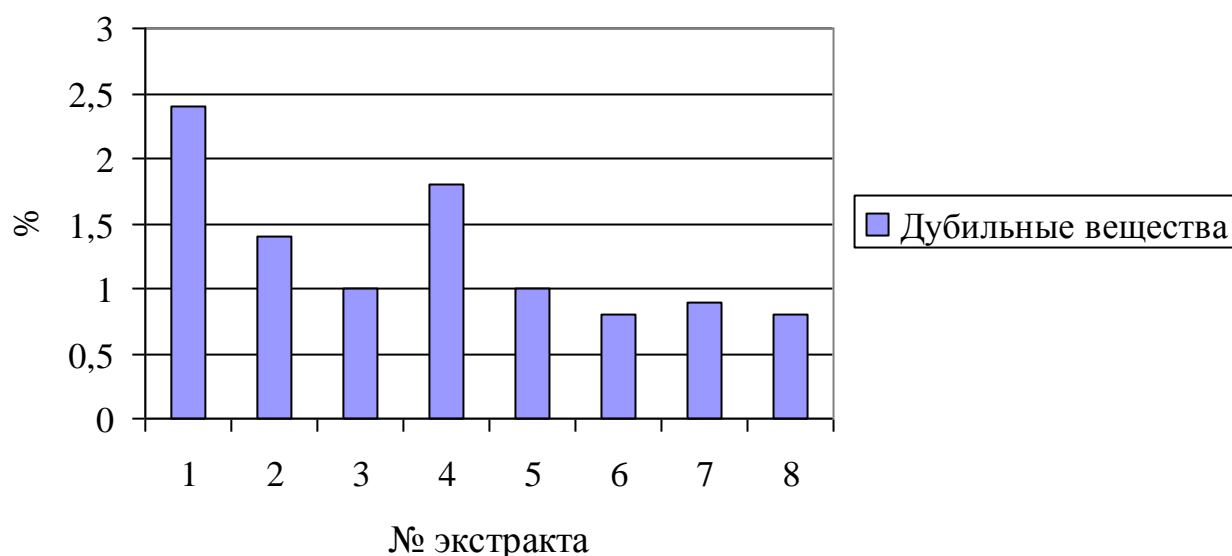


Рисунок 3.7 – Содержание дубильных веществ в экстрактах крапивы двудомной (*Urtica dioica*)

Как видно из рисунка 3.6 и рисунка 3.7, запаривание по инструкции на упаковке фильтр-пакетов *Urtica dioica* позволяет извлечь достаточно высокий процент экстрактивных и дубильных веществ, но экстракция ультразвуком при мощности 100 % в течение 5 минут все же является более результативной. Так же из данных рисунков мы можем увидеть, что концентрация экстрактивных и

дубильных веществ в экстрактах из дикорастущей крапивы преимущественно выше, чем в экстрактах из аптечного препарата.

3.2.2 Определение содержания аскорбиновой кислоты

Для определения содержания аскорбиновой кислоты отбиралось 20 мл экстракта и переносилось в мерную колбу емкостью 100 мл. Затем приливалось 20 мл 1 %-й серной кислоты. Полученный раствор доводился до метки щавелевой кислотой. В колбу для титрования отбиралось 5 мл. Титрование проводилось из микробюретки свежеприготовленным 0.001 М раствором 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия до появления слабо-розового окрашивания, устойчивого в течение 60 секунд. Содержание аскорбиновой кислоты вычисляют по формуле 7.

$$X = \frac{V \times T \times V_1 \times 100}{q \times V_2}, \quad (7)$$

где V – количество 2,6-дихлорфенолиндофенола, мл;

T – количество аскорбиновой кислоты, соответствующее 1 мл 2,6-дихлорфенолиндофенола, мл;

V₁ – объем вытяжки, приготовленной из навески вещества, мг;

100 – пересчет мг на 100 г продукта;

q – навеска анализируемого продукта;

V₂ – количество смеси, взятое на титрование.

Полученные цифровые значения представлены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Содержание аскорбиновой кислоты в экстрактах листьев крапивы двудомной (*Urtica dioica*)

№ образца экстракта	1	2	3	4	5	6	7	8
Аскорбиновая кислота, мг/100г	16,4	11,1	10,6	14,6	10,6	9,4	13,5	8,8

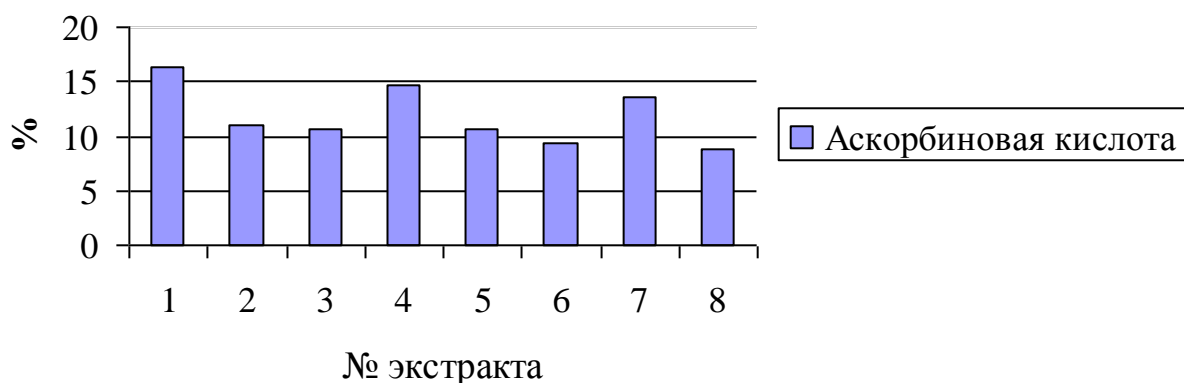


Рисунок 3.8 – Содержание аскорбиновой кислоты в экстрактах листьев крапивы двудомной (*Urtica dioica*)

Из рисунка 3.8 видно, что наибольшее содержание аскорбиновой кислоты обнаруживается в экстрактах, полученных при помощи ультразвукового экстрагирования при мощности 100 % в течение 5 минут

3.2.3 Определение антиоксидантных и сухих веществ

Содержание сухих и антиоксидантных веществ определялись при помощи рефрактометра и кулонометра соответственно по аналогии с методиками, изложенными в п.п. 3.1.4. Содержание сухих веществ во всех полученных экстрактах составило 1 %. Результаты измерений АОА экстрактов занесены в таблицу 3.9, а также представлены на рисунке 3.9, из которых следует, что наибольшее количество антиоксидантных веществ обнаружено в экстрактах №1 и №5.

Таблица 3.8 – Содержание антиоксидантных веществ в экстрактах крапивы двудомной (*Urtica dioica*)

№ образца экстракта	1	2	3	4	5	6	7	8
Антиоксидантные вещества, мг/мл	3,7	2,9	2,9	1,5	3,5	1,8	1,9	2,1

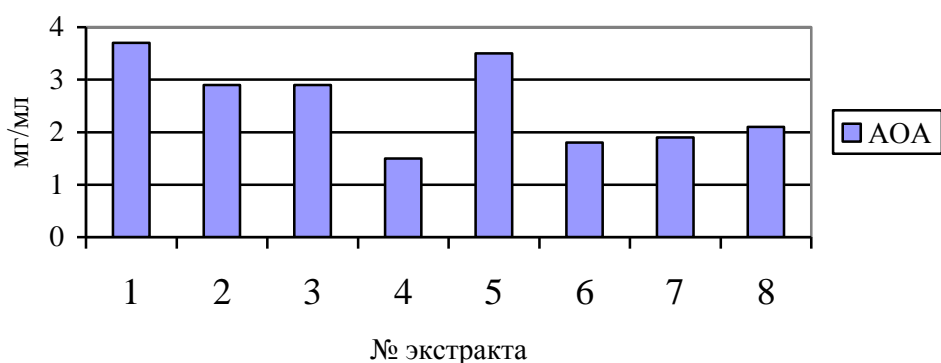


Рисунок 3.9 – Количество антиоксидантных веществ в экстрактах листьев крапивы двудомной (*Urtica dioica*)

На рисунке 3.10 представлено содержание всех исследуемых групп БАВ в экстрактах листьев дикорастущей крапивы. Отсюда видно, что наиболее насыщенным является экстракт №1, получаемый методом акустической экстракции с мощностью УЗ 100 % и временем экстрагирования 5 минут.

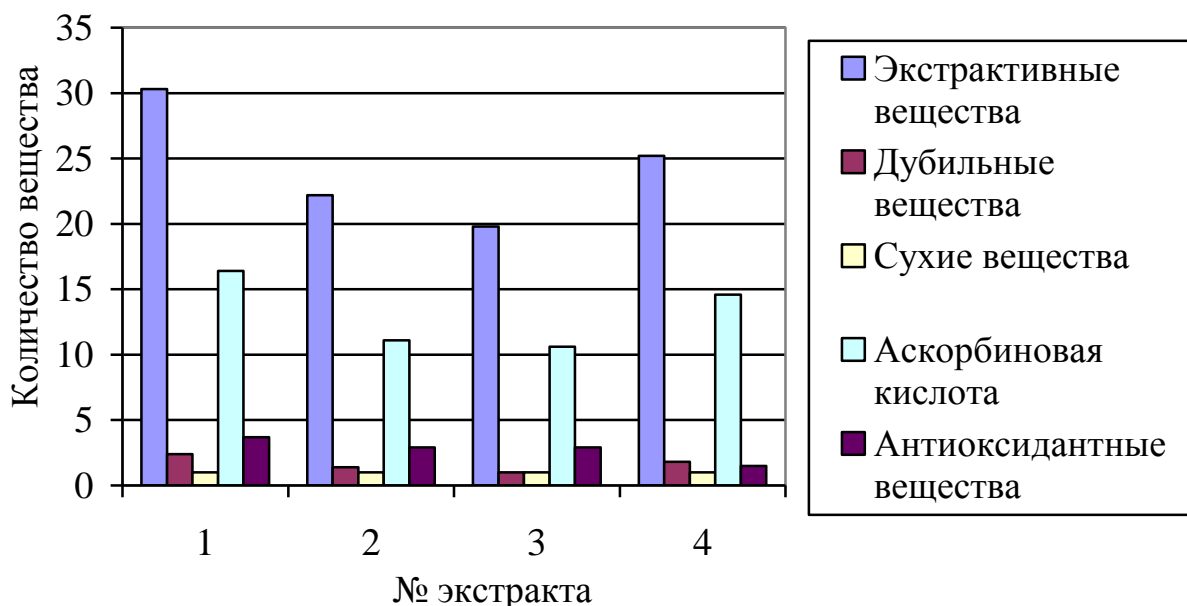


Рисунок 3.10 – Содержание БАВ в экстрактах листьев дикорастущей крапивы

Также на рисунке 3.11 представлено содержание БАВ в экстрактах листьев фармацевтического производства. Здесь мы видим, что наибольшим количеством БАВ обладает экстракт №5, полученный таким же способом, как и экстракт №1.

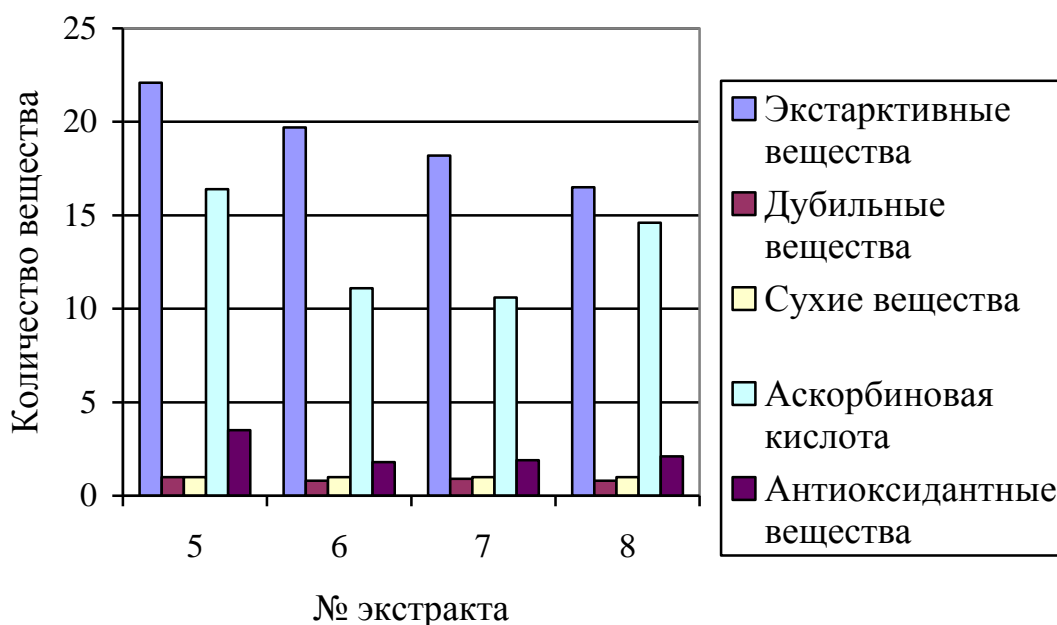


Рисунок 3.11 – Содержание БАВ в экстрактах фармакологического препарата *Urtica folia*

Таким образом, для экстрагирования БАВ из листьев крапивы двудомной наиболее эффективным из предложенных методов является ультразвуковая экстракция при мощности УЗ 100 % в течение 5 минут.

3.3 Анализ ассортимента фармацевтической продукции с использованием *Urtica dioica*

В нашей стране для изготовления лекарственных препаратов используются исключительно листья *Urtica dioica*. Однако зарубежные фармакопеи предусматривают изготовление лекарств с использованием корней и корневищ [14].

Листья *Urtica dioica* входят в состав различных фармацевтических препаратов благодаря своим разнообразным фармакологическим свойствам. Измельченные и

высушенные листья крапивы могут являться самостоятельным лекарственным препаратом в виде россыпи или фильтр-пакетов, а также могут входить в состав травяных сборов (желудочного, поливитаминного) и чаев. Наиболее распространены в нашем регионе препараты от компаний ФармаЦвет, ФитоФарт, Здоровье. Такие лекарственные формы используют для изготовления отваров путем запаривания и настаивания.

Также существуют препараты в жидкой форме. Экстракт крапивы является 70 %-ным спиртовым извлечением. Масло и сок получают путем отжима. Такие препараты могут приниматься как внутрь с целью коррекции обмена веществ, лечения кровотечений, или в качестве отхаркивающего средства, так и наружно как регенерирующее, укрепляющее и восстанавливающее средство.

Сухой экстракт листьев *Urtica dioica* входит в состав желчегонного препарата «Аллохол», применяемого при заболеваниях печени.

Препараты из крапивы противопоказаны людям с повышенной свертываемостью крови, гипертонической болезнью и атеросклерозом, а также их не следует применять при кровотечениях до установления генеза. Особая осторожность нужна при назначении крапивы больным с заболеванием почек.

Немаловажную роль крапива играет в изготовлении различных косметологических препаратов: шампуней, масел, бальзамов.

В европейских странах существуют противоопухолевые препараты «Простафортон» и «Базотон», в качестве сырья для изготовления которых применяются корневища и корни *Urtica dioica* [14].

Таким образом, листья *Urtica folia* является проверенным и эффективным ЛРС, используемым отечественными производителями. Также существует положительный опыт использования корней и корневищ крапивы для лечения аденомы предстательной железы и простатита, однако в нашей стране фармакопейная статья на использование данного вида растительного сырья отсутствует [13].

В результате проведения экстрагирования БАВ из растительной биомассы *Beta vulgaris* и *Urtica dioica* и определения их содержания в полученных экстрактах наиболее эффективным методом экстракции был признан ультразвуковой. Не удалось установить универсальный режим использования УЗ для экстрагирования БАВ из растительного сырья разной природы, но для каждого используемого сырья было установлено преимущество определенного режима.

Также при сравнении данных о содержании БАВ в наиболее насыщенных экстрактах дикорастущей крапивы и фармацевтического препарата мы видим, что в результате специфической обработки сырья для фармакологических целей снижается концентрация в нем полезных веществ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе были рассмотрены существующие способы экстрагирования БАВ из растительного сырья. Наряду с традиционными методами выделены и перспективные, использование которых находится на этапе внедрения в промышленное производство растительных экстрактов.

Для выбранных объектов исследования был проведен обзор биохимического состава, в результате которого была установлена неоспоримая лекарственная и пищевая ценность *Urtica dioica* и *Beta vulgaris* соответственно. Оба растения содержат значительное количество различных групп БАВ, основные компоненты и функции которых представлены в соответствующем разделе работы.

Была проведена экстракция БАВ из растительной биомассы *Beta vulgaris* и *Urtica dioica* с использованием нескольких методик. В полученных экстрактах определялись некоторые группы БАВ, и по их количественному содержанию для каждого сырья был выбран оптимальный метод экстрагирования, а именно:

1. Наиболее эффективным из предложенных способов экстракции БАВ из растительной биомассы *Beta vulgaris* является ультразвуковое экстрагирование 50 %-м водно-спиртовым раствором при мощности УЗ 50 % в течение 10 минут.

2. Наибольшее количество БАВ листьев *Urtica dioica* было экстрагировано путем ультразвуковой экстракции водой при мощности УЗ 100 % в течение 5 минут.

Был проведен анализ рынка препаратов, содержащих в своем составе *Urtica dioica*. Для препарата *Urtica folia* от компании ФармаЦвет был проведен анализ, аналогичный с анализом дикорастущей крапивы. В результате установлена меньшая степень экстракции БАВ из используемого для производства фитопрепарата сырья по сравнению со свежесобранной и высушенной крапивой при условии использования идентичных режимов.

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АОА – антиоксидантная активность

АПБ – ацетилпереносящий белок

БАВ – биологически-активные вещества

ЖКТ – желудочно-кишечный тракт

ЛРС – лекарственное растительное сырье

НАД – никотинамидадениндинуклеотид

НАДФ – никотинамидадениндинуклеотидфосфат

ПАБК – парааминобензойная кислота

ПОЛ – перекисное окисление липидов

РПА – роторно-пульсационный аппарат

СВЧ – сверхвысокие частоты

УЗ – ультразвук

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Admassu, S. Biologically Active Compounds of Plant Foods: Prospective Impact on Human Health and Dilemmas Associated with these Compounds (A Review) // *Eth.J.Sci & Technol.* – 2008. – №5(2). – P. 100 – 112
2. Bandar, H. Techniques for the Extraction of Bioactive Compounds from Lebanese *Urtica dioica* // *American Journal of Phytomedicine and Clinical Therapeutics.* – 2013. – №6.– P. 507 – 513
3. Bouchra, S. Determination Of Bioactive Molecules And Antioxidant Activity In Stinging Nettle (*Urtica Dioica*) // *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology.* – 2011. – №2. – P. 2753 – 2758.
4. Chemat, F. Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications. A Review // *Ultrason Sonochem.* – 2017. – №34.– P. 540 – 560.
5. Henriette, M.C. Betalains: properties, sources, applications, and stability // *International Journal of Food Science and Technology.* – 2009. – № 44. – P. 2365 – 2376.
6. Jensen, W The Origin of the Soxhlet Extractor // *J. Chem. Educ.* – 2007. – №84. – P. 1913 – 1914
7. Lukomska, A. Extract from the nettle seeds (*Urtica dioica* L.) decreases the synthesis of lypoxin A4 through inhibition of the development of fluoride-induced inflammation in THP1 monocytes, macrophages // *Research report Fluoride.* – 2017. – №50(4).– P. 455 – 467.
8. Mueen, A. *Urtica dioica* L. (Urticaceae): A Stinging Nettle // *Systematic Reviews in Pharmacy.* – 2014. – №5.–P. 6 – 8.
9. Romanyuk, B.P Widely used medicinal herbs and the raw material, which contain vitamins // *Проблеми екологічної та медичної генетики і клінічної імунології.* – 2010. – №3. – С. 30 – 68.
10. Skopinska, A. Spectrophotometric study on betanin photodegradation // *Natural Sciences.* – 2012. – №3. – P. 33 – 38.

11. Szekely, D. Distribution of antioxidant components in roots of different red beets (*Beta Vulgaris* L.) cultivars // *Acta Alimentaria*. – 2014. – № 43. – P. 164–171
12. Аксельруд, В.А. Экстрагирование / В.А. Аксельруд, В.М. Лысянский. – С-Пб.: Химия, 1974. – 256 с.
13. Балагозян, Э.А. Изучение диуретической активности густого экстракта из корневищ крапивы двудомной // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. – 2015. – №2. – С. 442-444.
14. Балагозян, Э.А. Содержание стеринов в сырье *Urtica dioica* // *Химия растительного сырья*. – 2016. – №1. – С. 56–60.
15. Березов, Т.Т. Биологическая химия: Учебник / Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Медицина, 1998. – 704 с.
16. Березовский, В.М. Химия витаминов / В.М. Березовский. – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 634 с.
17. Биохимия: учебник / под ред. Е. С. Северина . – 2 изд., испр. – М.: ГЭОТАР-МЕД, 2004. – 784 с.
18. Ботанико-фармакогностический словарь: Справ. пособие / под ред. К.Ф. Блиновой, Г.П. Яковлева. – М.: Высш. шк., 1990. – 235с.
19. Буданцев, А.Л. Дикорастущие полезные растения / А.Л. Буданцев, Е.Е. Лесиовская. – С-Пб.: СПХФА, 2001. – 663 с.
20. Буренин, В.И. Генетические ресурсы рода *Beta* L. (свекла) / В.И. Буренин. – С-Пб.: СПХФА, 2007. – 274 с.
21. Вихрук, Т.И. Сравнительная оценка содержания бетаина в красных свекольных красителях // *Хранение и переработка сельхозсырья*. – 2001. – № 1. – С. 36 – 37.
22. Гальперин, А.Ф. Лекарственные растения / А.Ф. Гальперин, Г.Н. Ладаев. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1990. – 542 с.
23. Гораш, Е.А. Исследование качества, безопасности и состава биологически активных веществ столовой свеклы // *Научный журнал КубГАУ*. – 2015. – №113. – С. 1 – 11

24. ГОСТ 24027.2-80. Сырье лекарственное растительное. Методы определения влажности, содержания золы, экстрактивных и дубильных веществ, эфирного масла. – Введ. 1981-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 10 с.
25. Донченко, Л.В. Пектин: основные свойства, производство и применение / Л.В. Донченко, Г.Г. Фирсов. – Москва: ДеЛиПринт, 2007. – 276 с.
26. Жматова, Г.В. Методы интенсификации технологических процессов экстрагирования биологически активных веществ из растительного сырья // Вестник ТГТУ. – 2005. – Т.11, № 3. – С. 701 – 707.
27. Журба, О.В. Лекарственные, ядовитые и вредные растения: Учеб. пособие / М.Я. Дмитриев, О.В. Журба. – М.:Колос, 2008. – 513 с.
28. Калинина, И.В. Результаты влияния кавитационных эффектов ультразвука на степень экстракции биологически активных веществ из растительного сырья // Аграрный вестник Урала. – 2017. – № 10(164). – С. 30 – 35
29. Коломиец, Н.Э. Стандартизация листьев *Urtica dioica* // Фармация. – 2011. – №6. – С. 22 – 24.
30. Коптелова, Е.Н. Интенсификация процесса выделения бетулина из бересты с использованием СВЧ-поля // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2012. – №5. – С. 54 – 60.
31. Копытько, Я. Ф. Применение, химический состав и стандартизация сырья и препаратов *Urtica* (обзор) // Химико-фармацевтический журнал. – 2011. – Т.45, №10. – С. 32 – 41.
32. Кох, Ж.А. Биологически активные вещества ягод *Ribes Rubrum* в поучении концентрированного экстракта // Дальневосточный аграрный вестник. – 2017. – №2(42). – С. 126 – 132
33. Краснюк, И.И. Фармацевтическая технология: технология лекарственных форм: учебник для студ. сред. проф. учеб. заведений / И. И. Краснюк, Г. В. Михайлова, Е.Т. Чижова; под ред. И. И. Краснюка и Г. В. Михайловой. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 464 с.

34. Леонова, М.В. Экстракционные методы изготовления лекарственных средств из растительного сырья: учебно-методическое пособие/ М.В. Леонова, Ю.Н. Климочкин. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2012. –118 с.
35. Литвинов, С.С. Научные основы современного овощеводства / С.С. Литвинов. – М.: ВНИИО, 2008. – 771с.
36. Лутфуллин, С.И. Витамины и витаминоподобные соединения в биохимии обмена веществ человека / С.И. Лутфуллин, Ю.А. Тюрин. – М: Дрофа. – 2018. – 83 с.
37. Марина Н.В. Продукты повышенной биологической ценности из нетрадиционного растительного сырья // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2010. – Т.12, №1(8). – С. 2079 – 2082.
38. Минина, С.А. Химия и технология фитопрепаратов / С.А. Минина, И.Е. Каухова. – М.: Издательский дом «ГЭОТАР-МЕД», 2004. – 560 с.
39. Мищенко, Е.В. Обзор использования ультразвукового экстрагирования компонентов из растительного сырья // Вестник ОрелГАУ. – 2015. – №2. – С. 51 – 60.
40. Морозкина, Т.С. Витамины: Краткое рук. для врачей и студентов мед., фармацевт. и биол. Специальностей / Т.С. Морозкина, А.Г. Мойсеенок. – Минск: ООО «Асар», 2002. – 112 с.
41. Научные основы здорового питания / под ред. В.А. Тутельян. – М.: Издательский дом «Панорама», 2010. – 816 с.
42. Нельсон, Д. Основы биохимии Ленинджера / Д. Нельсон, М. Кокс; пер. с англ. Т.П. Мосоловой, Е.М. Молочкиной, В.В. Белова; под ред. А.А. Богданова, С.Н. Кочеткова. – М.: Мир, 1985. – 367 с.
43. Новиков, Н.Н. Биохимия растений / Н.Н. Новиков. – М:Колос, 2012. – 680 с.
44. Основы биохимии вторичного обмена растений: Учеб.-метод. Пособие / под ред. Г. Г. Борисовой. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 128 с.

45. Племенков, В.В. Введение в химию природных соединений / В.В. Племенков. – Казань, 2001. – 376 с.
46. Пономарёв, В.Д. Экстрагирование лекарственного сырья / В.Д. Пономарев. – М.: Медицина, 1976. – 202 с.
47. Попов, А.И. Некоторые товароведческие показатели сырья *Urtica dioica* и крапивы коноплевидной // Техника и технология пищевых производств. – 2009. – №3. – С. 54 – 58.
48. Применение ультразвука высокой интенсивности в промышленности: курс лекций / В.Н. Хмелев, А.Н. Сливин, Р.В. Барсуков [и др.]. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2010. – 203 с.
49. Природные антиоксиданты. Содержание в пищевых продуктах и влияние их на здоровье и старение человека / Я.И. Яшин. – М.: Издательство «ТрансЛит», 2009. – 212 с.
50. Природные биологически активные вещества. Прикладная органическая химия / А.Т. Солдатенков [и др.]; под. ред. А.Т. Солдатенкова. – Ханой: издательство Знания, 2016. – 376 с.
51. Саенко, И.И. Бетацианины корнеплодов красной столовой свеклы // Научные ведомости. – 2012. – № 3 (122). – С. 194 – 200.
52. Синютина, С.Е. Экстракция флавоноидов из растительного сырья и изучение их антиоксидантных свойств / С.Е. Синютина, С.В. Романцова, В.Ю. Савельева // Вестник ТГУ. – 2011. – Т. 2, №1. – С. 345 – 347.
53. Сирбиладзе, К.К. Разработка технологии получения жидко гидрофильного экстракта листьев *Urtica dioica* / К.К. Сирбиладзе, В.Г. Хведелидзе // Новый университет. – 2014. – № 09(31). – С. 60 – 63.
54. Соколов, С.Я. Справочник по лекарственным растениям / С.Я. Соколов, И.П. Замотаев. – М.: Недра, 1987. – 512 с.
55. Судакова, Н.В. Использование ультразвука при получении экстрактов и настоев из растительного сырья // Современные научные исследования и инновации. – http://www.snauka.ru/issues/2013_2/.

56. Технология лекарственных форм /под ред. Л.А. Ивановой. – М.: Медицина, 1991. – 544 с.
57. Тринеева О.В. Определение органических кислот в листьях *Urtica dioica* // Вестник ВГУ. – 2013. – №2. – С. 215 – 219.
58. Тринеева, О.В. Исследование аминокислотного состава извлечения из растительных объектов // Химия растительного сырья. – 2015. – №2. – С. 141 – 148.
59. Тринеева, О.В. Исследование микроэлементного состава листьев *Urtica dioica* // Фармация. – 2015. – №22. – С. 169 – 174.
60. Тюкавкина, Н.А. Биоорганическая химия: Учебник для вузов / Н. А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков. – 4-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2005. – 542 с.
61. Фармацевтические и медико-биологические аспекты лекарств: учебник: в 2т. / под ред. И. М. Перцева, И. А. Зупанца. – Харьков: Изд-во НФАУ, 1999. –Т.2. – 464 с.
62. Халитова, Э.Ш. Исследование процесса извлечения экстрактивных веществ из растительного сырья // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всероссийской науч.-метод. конф. – Оренбург, 2015. – С. 1021 – 1025.
63. Халитова, Э.Ш. Нетрадиционные способы обработки плодоовощного сырья // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всероссийской науч.-практ. конф. – Оренбург, 2014. – С. 1309 – 1313.
64. Чупахина, Г.Н. Система аскорбиновой кислоты растений: монография / Г.Н. Чупахина. – Калининград, 1997. - 120 с.
65. Шарова, Е. И. Антиоксиданты растений: учеб. Пособие / Е.И. Шарова. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2016. – 140 с.
66. Штрыкова, В.В. Получение биологически активных веществ из растительного сырья: лабораторный практикум / В.В. Штрыкова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 36 с.

67. Яцюк, В.Я. Биологически активные вещества травы *Urtica dioica* / В.Я. Яцюк, Г.А. Чалый, О.В. Сошникова // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П.Павлова. – 2006. – №1. – С. 25–29.