

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КЕМЕРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

ГОЛОВАЧЕВА ЯНА СЕРГЕЕВНА

**НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОВОЛНОВОЙ
ЭКСТРАКЦИИ В СИСТЕМЕ «ТВЕРДОЕ ТЕЛО – ЖИДКОСТЬ»
В ТЕХНОЛОГИИ ВЫДЕРЖКИ ВИСКОВЫХ ДИСТИЛЛЯТОВ**

Специальность 4.3.3 – Пищевые системы

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
Бородулин Дмитрий Михайлович
доктор технических наук, профессор

Кемерово – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР	15
1.1 Теоретические положения процесса экстрагирования для системы «твердое тело – жидкость»	15
1.2 Роль процесса экстрагирования в производстве алкогольных напитков..	18
1.3 Методы интенсификации процесса экстрагирования на стадии выдержки дистиллятов при производстве алкогольных напитков	22
1.4 Состояние и перспективы развития технологического оборудования для проведения процесса экстрагирования	27
1.4.1 Экстрактор с мешалкой и фильтрующим элементом.....	29
1.4.2 Экстрактор периодического действия для извлечения целевых компонентов из дубовой щепы.....	30
1.4.3 Ультразвуковой экстрактор.....	32
1.4.4 Экстрактор периодического действия для извлечения целевых компонентов с рецикл-каналами	33
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 1	35
ГЛАВА 2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ	36
2.1 Описание лабораторно-экспериментального стенда для проведения исследований по совершенствованию процесса экстракции на стадии выдержки висковых дистиллятов	38
2.2 Описание устройства для интенсификации процесса экстракции целевых компонентов на стадии выдержки висковых дистиллятов	40
2.3 Описание способа интенсификации процесса экстракции целевых компонентов на стадии выдержки висковых дистиллятов	42
2.4 Описание материалов, применяемых в исследованиях	45

2.5 Описание методик определения показателей качества выдержанных висковых дистиллятов	49
2.5.1 Определение оптической плотности ВД спектрофотометрическим методом	50
2.5.2 Определение содержания полифенолов методом Еруманиса	51
2.5.3 Определение сухих веществ методом высушивания	52
2.5.4 Определение физико-химических показателей качества молодых и выдержанных висковых дистиллятов методом хроматографии	52
2.5.5 Определение органолептических характеристик выдержанных висковых дистиллятов	53
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 2	55
ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ	56
3.1 Исследование влияния механического перемешивания воды на стадии получения молодых висковых дистиллятов	56
3.2 Хроматографический анализ образцов молодых висковых дистиллятов при воздействии на них механического перемешивания	61
3.3 Исследование влияния механического перемешивания и сверхвысокочастотного излучения на висковый дистиллят с дубовой клепкой	67
3.3.1 Определение содержания полифенолов в выдержанных висковых дистиллятах, подвергавшихся воздействию механического перемешивания и сверхвысокочастотного излучения	69
3.3.2 Построение и анализ кинетических кривых содержания полифенолов в висковом дистилляте при воздействии на него механического перемешивания и сверхвысокочастотного излучения на стадии выдержки ..	80
3.3.3 Определение содержания сухих веществ в выдержанных висковых дистиллятах, подвергавшихся воздействию механического перемешивания и сверхвысокочастотного излучения	90

3.3.4 Построение и анализ кинетических кривых содержания сухих веществ в висковом дистилляте при воздействии на него механического перемешивания и сверхвысокочастотного излучения на стадии выдержки	96
3.5 Хроматографический анализ содержания летучих примесей в выдержанных висковых дистиллятах	111
3.5.1 Сравнительный хроматографический анализ содержания летучих примесей в образцах выдержанных висковых дистиллятов, без воздействия механического перемешивания и микроволнового излучения и с применением механического перемешивания и СВЧ-излучения.....	111
3.5.2 Хроматографический анализ содержания летучих примесей в образцах, выдержанных висковых дистиллятов с применением СВЧ-излучения	114
3.6 Определение органолептических показателей в образцах ВД, выдержанных с применением механического перемешивания и СВЧ-излучения.....	119
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 3	122
ГЛАВА 4. ПРОМЫШЛЕННАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ	124
4.1 Аппаратурное оформление процесса производства выдержанных висковых дистиллятов на ООО «БирЛайн»	124
4.2 Определение качественных показателей выдержанного вискового дистиллята, полученного на предприятии ООО «Бирлайн», методом хроматографии и сравнение их с показателями по ГОСТ Р 70225-2023 Виски российский	130
4.3 Прогноз экономической эффективности апробации предложенного способа процесса экстракции целевых компонентов из дубовой клепки на стадии выдержки висковых дистиллятов в производство.....	134
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 4	140
ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ	141

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	143
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	161
Приложение А	162
Приложение Б.....	166

**ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ, СИМВОЛОВ,
СОКРАЩЕНИЙ И ТЕРМИНОВ**

Б.с.	– безводный спирт
ВД	– висковый дистиллят
ВВД	– выдержанный висковый дистиллят
ООО	– общество с ограниченной ответственностью
СВЧ	– сверхвысокочастотное излучение
Сс	– концентрация спирта в дистилляте, % об.
n	– частота вращения, мин-1
t	– время, мин
Пф	– содержание полифенолов, мг/дм ³
Св	– содержание сухих веществ, г
D	– оптическая плотность, ед.
R ²	– величина достоверности аппроксимации
C _х	– кинетическая зависимость содержания полифенолов, мг/дм ³
T	– продолжительность процесса экстрагирования, сутки
C _{с.в.}	– кинетическая зависимость содержания сухих веществ, г

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы. В течение последнего десятилетия наблюдается насыщение мирового рынка алкогольной продукции многообразием видов дистиллятов, изготовленных из зернового сырья, таких как водка, виски, джин. Наибольшую долю потребительского предпочтения среди крепких алкогольных напитков данной категории занимает виски. Первые упоминания о данном напитке относятся к зарубежным странам – Шотландии и Ирландии, но по истечении почти пяти веков первенство по производству виски отдано Индии и Великобритании, помимо этих двух стран в лидерах также находятся Ирландия, Канада, США и Япония. Исторически сложилось, что в разных странах существуют свои технологические и дегустационные традиции относительно производства благородного напитка.

В России первые попытки производства виски были сделаны к концу 1940-х годов. История становления отечественного вискикурения переживала подъемы и спады, и к настоящему времени является одной из развивающихся областей пищевой промышленности [1; 42; 65]. При этом традиционно выбор покупателя склоняется в сторону зарубежной продукции, отличающейся устоявшейся технологической культурой производства. Однако, в современных условиях, доступ к ассортименту виски зарубежных производителей становится всё более ограниченным на фоне изменяющейся внешнеполитической обстановки. Помимо возникновения дефицита импортной алкогольной продукции в розничной торговле, перед отечественной пищевой промышленностью возникают проблемы, связанные с прекращением поставок импортного сырья, а также с ограничением возможности использования зарубежных технологий и оборудования для производства алкогольной продукции.

В этих условиях особую значимость приобретает задача импортозамещения в производстве алкогольных напитков, что предполагает разработку новых технологических решений и модернизацию производственных процессов.

Ключевым направлением подобного развития является совершенствование процесса экстракции, так как именно на стадии выдержки висковых дистиллятов происходит формирование комплекса соединений, определяющих органолептические свойства напитка. Интенсификация экстракционных процессов влияет на цвет, аромат и вкус виски, а также на его соответствие стандартам качества. В связи с этим предприятия, специализирующиеся на выпуске крепких алкогольных напитков, всё чаще проходят комплексное переоснащение как в технологическом, так и в техническом аспектах.

На качество виски влияет несколько факторов, в частности это применяемое сырьё и особенности его обработки, процесс выдержки (экстрагирования) молодых висковых дистиллятов (ВД) и их дальнейшее купажирование [53; 93]. При производстве виски и других крепких напитков в сырьевой основе используются злаковые культуры, например ячмень, пшеница или рожь. Важным фактором, определяющим свойства молодого дистиллята, является вода, используемая на различных стадиях производственного процесса. Также существенное влияние на вкусовые и ароматические характеристики оказывают дубовые бочки, в которых осуществляют процесс выдержки дистиллятов, что способствует формированию специфических органолептических свойств.

Анализируя классическую технологию изготовления виски, можно сказать, что время выдержки висковых дистиллятов начинается от трех лет и более, достигая восемнадцати и двадцатипятилетнего возраста, именно это становится основным фактором, влияющим на ценообразование при производстве этого вида продукции. Следовательно, особое внимание уделяется поиску новых решений относительно способов интенсификации процессов выдержки молодых ВД. Анализируя существующие примеры таких исследований, стоит сказать о воздействии кислорода, воздействии электромагнитным и акустическими полями, воздействии ультразвуком, а также о возможных примерах использования вышеперечисленных способов в тандеме для достижения наилучших результатов [10; 15].

Проанализировав отечественную и зарубежную литературу, следует отметить, что среди ученых, предпринимающих различные попытки в области повышения эффективности и интенсивности процесса созревания висковых дистиллятов, в течение десяти-двенадцати лет наблюдается тенденция применения так называемых «зеленых технологий». Особенностью данного направления является применение экологически безвредных процессов производства по отношению к самому продукту и окружающей среде [109; 104].

Одним из таких способов является воздействие на висковые дистилляты микроволнового нагрева на стадии их выдержки [51; 87; 110].

Совершенствование технологических процессов и адаптация используемого оборудования представляют собой важные направления в повышении эффективности производства алкогольных напитков. В особенности, значительное внимание должно быть уделено этапу подготовки воды, который является ключевым в технологической линии. Вода, как один из основных сырьевых источников при производстве напитков, оказывает существенное влияние на их качество. Ее химический состав, а также физико-химические свойства подвержены изменениям при воздействии различных факторов: температуры, давления и химических реагентов. Такие изменения, как отдельные, так и комплексные, могут существенно повлиять на динамику технологических процессов на всех стадиях производства [66; 90; 102].

В современных промышленных технологиях активно используется широкий спектр методов, направленных на интенсификацию процессов, что способствует повышению их эффективности. Одним из наиболее универсальных и эффективных инструментов является механическое перемешивание. Процесс механического воздействия приводит к изменению внутренней структуры материалов, что позволяет достичь более однородной консистенции, ускорить процессы и повысить выход экстрактивных веществ в конечном продукте. Кроме того, механическое перемешивание изменяет не только физические характеристики, такие как плотность и вязкость, но и способствует изменению химической активности материалов. Эти изменения оказывают важное влияние

на скорость протекания реакций, эффективность преобразования сырья и качество готового напитка [12; 14].

Изложенные выше аспекты подтверждают актуальность научных исследований, направленных на повышение эффективности и интенсификацию процессов дистилляции и экстракции, в частности при созревании висковых дистиллятов. Определение оптимальных технологических параметров позволит российским производителям получать выдержанные дистилляты стабильно высокого качества с улучшенными вкусоароматическими характеристиками, соответствующими мировым стандартам.

Степень разработанности темы исследования.

Область изучения технологии производства крепких алкогольных напитков (коньяк, виски и др.), процессов созревания и получения различных дистиллятов представлена в работах И.М. Абрамовой, А.В. Коростелева, Л.А. Оганесянца, Д.А. Казарцева, Х.Р. Сиюхова, А.Н. Острикова, Н.В. Шелеховой, И.В. Оселедцевой, С.В. Шахова, М.Э. Медриш, С.С. Морозовой, D. Pradal, K.C.A. Rezende, L. Albanese, M.H. Carlsen, T.S. Collins.

Исходя из вышесказанного, сформулирована цель диссертационной работы и задачи исследований.

Цель работы. Разработка новых технико-технологических решений, способствующих интенсификации процесса экстракции целевых компонентов из дубовой клепки в технологии выдержки висковых дистиллятов.

Задачи исследований:

1. Провести литературно-патентный поиск существующих экстракционных аппаратов и способов повышения интенсивности процесса созревания молодых дистиллятов при экстрагировании целевых компонентов из дубовой древесины для определения направления потенциальных исследований.

2. Разработать лабораторно-экспериментальный стенд, включающий устройство для проведения исследований процесса экстракции целевых компонентов из дубовой клепки.

3. Получить выдержанный висковый дистиллят с использованием дубовой клепки по классической технологии и исследовать его физико-химические свойства, согласно ГОСТ Р 70225-2023.

4. Определить рациональные технологические параметры сверхвысокочастотного излучения по предлагаемой технологии для получения выдержанных висковых дистиллятов, соответствующих показателям качества и органолептическим характеристикам согласно ГОСТ Р 70225-2023, критериям безопасности согласно ТР ТС 021/2011.

5. Исследовать кинетические закономерности обогащения молодых висковых дистиллятов экстрактивными веществами с учетом классической технологии и с применением сверхвысокочастотного воздействия на объект обогащения.

6. Провести сравнительный анализ физико-химических и органолептических характеристик выдержанных висковых дистиллятов, полученных по классической технологии и с применением сверхвысокочастотного излучения.

7. провести промышленные испытания с экономической оценкой разработанной технологии получения выдержанных висковых дистиллятов с применением сверхвысокочастотного излучения на этапе их созревания.

Научная новизна. Выявлен положительный эффект воздействия механического перемешивания и сверхвысокочастотного излучения в процессе выдержки вискового дистиллята на основные показатели его качества.

Установлены рациональные производственные условия для процесса экстракции целевых компонентов на стадии выдержки висковых дистиллятов (далее ВД) со следующими технологическими параметрами: концентрация спирта в дистилляте 60 % об., временем воздействия механического перемешивания 1 раз в 2 дня в течение 7 мин, частотой вращения мешалки 1500 мин⁻¹; воздействием сверхвысокочастотного (далее СВЧ) излучения микроволновой печи – периодичностью 1 раз в 2 дня на протяжении 1 мин при мощности 750 Вт.

Полученные значения количества экстрагируемых компонентов в выдержанных висковых дистиллятах (далее ВВД), подвергшихся воздействию механического перемешивания и СВЧ-излучению в среднем в два раза превышают аналогичные показатели контрольного образца, выдержанного по классической технологии. Показатели для образца ВД, подвергнутому механическому перемешиванию и СВЧ-излучению с концентрацией спирта в дистилляте 60 % об., равны: содержание сухих веществ $S_v = 0,203$ г, содержание полифенолов $P_f = 1843,3$ мг/дм³. Для контрольного образца с концентрацией спирта в дистилляте 60 % об., – $S_v = 0,121$ г, $P_f = 748$ мг/дм³.

Исследована кинетика процесса экстракции целевых компонентов из дубовой клепки в зависимости от времени созревания и количества экстрагируемых веществ (сухие вещества, полифенолы) в ВД, позволяющая при помощи математического моделирования рассчитать скорость экстракции.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость работы заключается в обосновании кинетических закономерностей спиртовой экстракции целевых компонентов из дубовой клепки на стадии выдержки ВД. Практическая значимость – разработка экстракционного аппарата и способа интенсификации процесса экстракции целевых компонентов на стадии выдержки ВД, который может применяться отечественными производителями для получения качественных висковых дистиллятов. Практическая часть работы состоит в определении рациональных параметров работы устройства для осуществления способа интенсификации процесса экстракции на стадии выдержки ВД, а также комплекса исследований, направленных на определение физико-химических и органолептических показателей качества висковых дистиллятов и их соответствие ГОСТ Р 70225-2023 и ТР ТС 021/2011. Проведены опытно-промышленные испытания способа производства виски с усовершенствованной стадией выдержки висковых дистиллятов в количестве 100 литров на ООО «Бирлайн» (акт промышленных испытаний № 1 от 23.11.2023). Прогнозируемый экономический эффект от производства

выдержанных висковых дистиллятов в объеме 600 литров в год составил 1 129 240 руб.

Методология и методы исследования. Методологическая концепция исследований включает формулирование исходной проблематики, системный анализ научно-технических источников и реализацию экспериментального подхода. Используемые методы ориентированы на определение рациональных технологических параметров экстракционного оборудования и разработку инновационных способов интенсификации стадии выдержки висковых дистиллятов путём воздействия на них механического перемешивания и СВЧ-излучения; построение и анализ кинетических кривых для определения скорости массопереноса в процессе экстрагирования, на основе применения регрессионного анализа. Показатели качества ВВД определяли согласно ГОСТ Р 70225-2023, соответствие критериям безопасности согласно ТР ТС 021/2011.

Положения, выносимые на защиту.

1. Результаты комплексных исследований процесса экстракции на стадии выдержки висковых дистиллятов по физико-химическим и органолептическим показателям качества висковых дистиллятов.

2. Промышленная апробация результатов исследования опытной партии выдержанных висковых дистиллятов.

3. Экстракционный аппарат и способ интенсификации процесса экстракции целевых компонентов из дубовой клепки на стадии выдержки висковых дистиллятов, подвергшихся сверхвысокочастотному излучению.

Соответствие темы диссертации паспорту научной специальности. Диссертационная работа соответствует п. п. 15, 19, 20, 21 и 23 паспорта специальности 4.3.3 Пищевые системы.

Степень достоверности и апробация результатов. Степень достоверности результатов данной работы подтверждается неоднократной повторностью измерений при выполнении экспериментальных исследований с применением лабораторного и опытно-промышленного оборудования.

Материалы диссертации обсуждены на Всероссийских студенческих научно-технических конференциях: «Пищевые инновации и биотехнологии» (Кемерово, 2024), «Пищевая технология и биотехнология» (Казань, 2021), «Безопасность и качество сельскохозяйственного сырья и продовольствия – 2025» (Москва, 2025); на Международных студенческих научно-технических конференциях: «Пищевая индустрия: инновационные процессы, продукты и технологии» (Москва, 2025), «Пищевая технология и биотехнология» (Кемерово, 2022); «Современный процесс в пищевом производстве и инновационная технология в обеспечении качественных показателей пищевой продукции» (Керчь, 2021); «Пищевая инновация и биотехнология» (Кемерово, 2021).

Публикации. По основным материалам исследований опубликовано 16 работ, в том числе 4 публикации в центральных изданиях, рекомендованных ВАК РФ (К1 и К2), 2 публикации в WoS / Scopus, 1 патент РФ, 1 раздел коллективной монографии.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, литературно-патентного обзора, глав с аппаратным обеспечением, исследовательской частью и промышленной реализацией. Также в работе представлены заключение и основные выводы. Диссертация состоит из 169 страниц, содержит 14 таблиц, 51 рисунок и 2 приложения.

ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР

Первая глава диссертационной работы посвящена теоретическим аспектам процесса экстрагирования и его роли в производстве крепких алкогольных напитков, требующих этапа выдержки. В данной главе осуществляется анализ существующих способов интенсификации экстракции, а также проводится обзор патентов на технологическое оборудование, используемое в процессе экстрагирования для системы «твердое тело – жидкость». Рассматриваются основные преимущества и недостатки различных технологий и аппаратов, направленных на оптимизацию и повышение эффективности экстракционного процесса.

1.1 Теоретические положения процесса экстрагирования для системы «твердое тело – жидкость»

Экстрагирование (от латинского «extrahere» – извлекаю) представляет собой физико-химический процесс, заключающийся в разделении многокомпонентных систем путем выборочного растворения целевых компонентов в подходящем растворителе. Данный метод широко применяют в различных отраслях промышленности и науки, включая химическую, биотехнологическую и фармацевтическую отрасли промышленности [7; 39].

Принцип экстрагирования (экстракции) базируется на различии растворимости компонентов смеси в двух несмешивающихся фазах, что обеспечивает селективный перенос вещества из одной фазы в другую [9; 119].

Теоретические основы экстракции включают в себя закон распределения Нернста, согласно которому равновесное соотношение концентраций вещества в двух фазах остается постоянным при неизменных условиях. Коэффициент распределения, определяемый как отношение концентрации вещества

в органической фазе к его концентрации в водной фазе, зависит от множества факторов, включая природу растворителя, температуру и кислотно-щелочной баланс среды. Для более точного описания процесса в многокомпонентных системах используют коэффициент разделения, который учитывает наличие различных форм растворенного вещества. Эффективность экстракции оценивается степенью извлечения, выражаемой в процентах, и рассчитывается на основе соотношения объемов фаз и коэффициента распределения.

Экстрагирование для системы «жидкость – жидкость» – наиболее распространенный вид экстракции, который применяется для разделения органических и неорганических соединений. В зависимости от условий процесса может осуществляться как однократная экстракция, так и многоступенчатая, позволяющая существенно повысить эффективность извлечения компонентов.

Экстрагирование для системы «твердое тело – жидкость» используется для выделения растворимых компонентов из твердых материалов, таких как лекарственное, растительное сырье или минералы. В данном случае возможно использование различных методов, включая мацерацию, перколяцию, экстракцию с применением сверхкритических флюидов. Мацерация представляет собой длительное настаивание твердого вещества в растворителе. Перколяция основана на непрерывном прохождении растворителя через твердый материал.

Экстрагирование для системы «газ – жидкость» применяется в процессах очистки газов и разделения летучих веществ, обеспечивая эффективное извлечение компонентов с высокой летучестью [7].

На эффективность экстракционного процесса оказывает влияние ряд факторов, среди которых ключевую роль занимает растворимость компонентов в выбранном растворителе, определяемая их полярностью и химической природой. Температурный режим способен значительно изменять коэффициенты распределения и вязкость фаз, влияя на скорость массообмена. Кислотно-щелочной баланс среды особенно важен при экстракции ионных соединений, так как он определяет степень их диссоциации и возможность перехода в органическую фазу. Дополнительное влияние оказывают интенсивность

перемешивания, способствующая увеличению площади контакта фаз, а также соотношение объемов растворителя и водной фазы, которое подбирается с целью минимизации потерь и повышения эффективности извлечения компонентов [9].

Рассмотрим подробнее процесс экстрагирования для системы «твердое тело – жидкость».

Экстрагирование представляет собой сложный многоступенчатый процесс, состоящий из нескольких последовательных этапов [82]:

- проникновение растворителя в твердую фазу: на начальной стадии экстрагент проникает в твердое вещество, преодолевая пористую структуру и клеточные оболочки, что позволяет ему достичь внутреннего содержимого клеток;
- растворение целевого компонента: на втором этапе происходит процесс растворения целевого вещества в клеточной матрице, что приводит к переходу экстрагируемых компонентов из твердой фазы в раствор;
- переход вещества в растворитель: на следующем этапе экстрагируемые компоненты, преодолевая клеточные барьеры, переходят в растворитель, что является ключевым моментом процесса извлечения веществ;
- молекулярная диффузия: в дальнейшем, из-за диффузионных процессов, на границе между твердой и жидкой фазой формируется неподвижный диффузионный слой, что приводит к активному переносу растворенных молекул в растворитель;
- равномерное распределение вещества: завершающим этапом является равномерное распределение экстрагируемых компонентов по объему растворителя, что происходит после преодоления сопротивления диффузионного слоя и завершает процесс экстрагирования.

Родоначальником представленной выше теории диффузионного экстрагирования является А.Г. Касаткин в 1961 г., последователями являются авторы Г.А. Аксельруд и В.М. Лысянский, которые в середине 1970-х годов продолжили исследовать теорию и описали ее в книге «Экстрагирование (система «твердое тело – жидкость»)» [7].

В основе предлагаемой теоретической модели лежит положение о том, что перенос целевых компонентов из твердой фазы в пределах порового пространства частиц осуществляется за счет механизма молекулярной диффузии.

Развитие данной концепции позволило обосновать применение базовых приемов интенсификации экстракционного процесса, к которым относятся повышение температурного уровня системы, регулирование продолжительности экстрагирования, изменение параметров твердой фазы, прежде всего гранулометрического состава частиц, а также рациональный выбор экстрагента с учетом его физико-химических характеристик, включая вязкость, и других сопутствующих факторов [44; 97].

В процессе проведения исследований было выявлено, что процесс экстрагирования без постороннего вмешательства является неэффективным и вялотекущим. Традиционные методы интенсификации процессов экстрагирования демонстрируют ограниченную эффективность, поскольку не обеспечивают полного извлечения целевых компонентов из твердой фазы, а также характеризуются высокими энергозатратами и длительностью технологического цикла [35; 50; 60].

На текущий момент времени происходит активное увеличение объемов производства и расширение ассортиментного ряда крепких алкогольных напитков, при изготовлении которых применяется процесс экстрагирования. Развитие этого процесса требует разработки инновационных методов интенсификации экстрагирования, а также создания новых технических решений и оборудования, что становится ключевым направлением для повышения производственной эффективности и улучшения качества готовой продукции.

1.2 Роль процесса экстрагирования в производстве алкогольных напитков

Экстрагирование является ключевым этапом технологического процесса производства крепких алкогольных напитков, так как именно оно обеспечивает

перенос вкусоароматических соединений из растительной или древесной матрицы в спиртовую основу, формируя тем самым характерные органолептические свойства готового продукта. В ассортименте алкогольной продукции процесс экстрагирования имеет особое значение для таких напитков, как коньяк, виски, ром, кальвадос и бренди. Данный процесс особенно важен при выдержке алкоголя в дубовых бочках, а также при настаивании спиртов на растительных компонентах, таких как пряности, травы, ягоды или фрукты.

Аромат и вкус, как качество напитков, зависят от многих факторов и далеко не самым важным является характеристика используемого сырья. К примеру, популярный, как сказано выше, крепкий алкогольный напиток виски приобретает вкусо-ароматические свойства на 70–80 % в процессе старения напитка, т. е. выдержки вискового дистиллята [46; 61].

Если мы рассматриваем классическую технологию данного напитка, то после прохождения этапов приготовления спирта-сырца, а именно брожения сусла, его перегонки и фильтрации, дальнейшим этапом является розлив полученных спиртов в дубовые бочки. В последнюю очередь, напиток начинает стареть и в этот период формируются те самые качества, а именно вкус, цвет и аромат, за счет того, что происходит экстрагирование целевых компонентов дуба под воздействием на него экстрагента, т. е. спирта-сырца.

Во время выдержки в бочках из древесины дуба происходит активный процесс экстрагирования биологически активных соединений, которые существенно влияют на вкус, аромат и цвет напитка [64; 88]. Этанол, обладая высокой экстрагирующей способностью, проникает в пористую структуру древесины и извлекает из нее лигнин, дубильные вещества, лактоны и фенольные соединения. В результате расщепления лигнина образуется ванилин, придающий напитку сладковатые сливочные ноты, а танины формируют его терпкость и структуру. Лактоны, в том числе β -метил- γ -окталактон, отвечают за выраженный древесно-кокосовый аромат, тогда как фурфурол и его производные обогащают напиток вкусовыми оттенками карамели и миндаля. Скорость и интенсивность экстрагирования зависят от множества факторов, включая

пористость древесины, степень ее обжига, температуру окружающей среды и продолжительность выдержки.

Контроль степени экстракции является важным аспектом на всех этапах производства, поскольку избыток танинов, эфирных масел или других биоактивных соединений может исказить вкусовой баланс напитка, сделав его излишне терпким или резким. Для достижения оптимального вкусового профиля применяется фильтрация, купажирование и дополнительное дозревание, что позволяет регулировать интенсивность экстрагированных компонентов.

Для того чтобы получить качественный продукт, используя классическую технологию приготовления виски, необходимо следовать определенным правилам, которые, в свою очередь, могут являться недостатком данного способа, по ряду причин. Одним из факторов, затрудняющих использование дубовых бочек в процессе выдержки дистиллятов, является их высокая стоимость, что приводит к удорожанию производства в целом. Кроме того, применение бочек требует строгого контроля температурно-влажностного режима, что усложняет технологический процесс. В связи с этим представляется целесообразным оптимизировать методику выдержки путем снижения технологической сложности и экономической нагрузки. Альтернативным решением может стать применение емкостей из стекла или эмалированного металла в сочетании с древесными компонентами дуба, полученными путем переработки, такими как дубовая щепа или клепка [4; 95]. Данный подход позволит сохранить ключевые органолептические характеристики продукта при одновременном снижении производственных затрат и упрощении технологического процесса.

Если возвращаться к классической технологии, то важнейшим фактором для качества напитка является выбор и дальнейшая подготовка резервуара для выдержки, т. е. дубовой бочки. Кинетика созревания дистиллята в значительной степени детерминирована геометрией контактирующей поверхности древесины дуба. Установлена обратная зависимость между линейными размерами бочки и продолжительностью стадии активной экстракции: уменьшение объема емкости приводит к интенсификации массообменных процессов между дистиллятом и

дубовой матрицей, сокращая временной интервал, необходимый для формирования целевых органолептических характеристик [6].

Важнейшим технологическим параметром, регулирующим качественный профиль выдержанного спирта, служит степень предварительной эксплуатации дубового материала (в формате бочек, клепки или технологической щепы). Данный показатель является ключевым для управления процессом массопередачи, поскольку непосредственно определяет остаточный потенциал древесины как источника экстрагируемых веществ [52].

Экспериментальные исследования десорбционной способности дубовой древесины при ее циклическом использовании выявили выраженную нелинейность процесса истощения. Наибольшая скорость перехода фенольных соединений, летучих кислот и лактонов в дистиллят (до 70 % от общего потенциала экстракции) регистрируется в течение первого цикла контакта. Последующие циклы характеризуются прогрессирующим снижением интенсивности массоотдачи, что обусловлено истощением легкодоступной части экстрагируемых компонентов в поверхностных слоях древесины. К четвертому циклу процесс экстрагирования значительно замедляется, снижаясь до уровня менее 10 %. Дальнейшее использование древесины (шестой – седьмой цикл) приводит к предельному истощению внутренней структуры дубовой бочки, достигающему более 90 % [63].

Процесс экстрагирования целевых компонентов в экстрагенте выполняет определяющую роль в технологии производства крепких алкогольных напитков. В ходе выдержки происходят сложные физико-химические преобразования, в результате которых формируется уникальный вкусоароматический профиль напитков, таких как виски, коньяк, бренди. Эти трансформации напрямую влияют на их органолептические свойства, а также на конечную потребительскую ценность продукта. Совершенствование технологий экстракции и разработка инновационных методов выдержки позволяют не только улучшить качество напитков, но и обеспечить их стабильность, а также поддержать высокую конкурентоспособность на рынке.

1.3 Методы интенсификации процесса экстрагирования на стадии выдержки дистиллятов при производстве алкогольных напитков

Перспективные методы интенсификации процесса экстрагирования в системе «твердое тело – жидкость» используются всё чаще. В своей основе они находят применение для того, чтобы сократить время созревания напитка, т. е. сокращение процесса выдержки дистиллятов, для таких напитков, как виски, коньяк и другие, изготавливающиеся на их основе [103; 109].

Рассмотрим некоторые из них более подробно.

Способ 1. Проведено исследование воздействия различных методов обработки дубовой древесины, таких как фильтрация зернового дистиллята через угольную колонку и обогащение кислородом, на интенсивность извлечения биологически-активных компонентов в ходе последующей выдержки дистиллята. Предложение данного способа заключается в позволении повышения органолептических и физико-химических показателей виски. Результат достигается использованием «платиновой фильтрации», которая позволяет изменять летучие и нелетучие соединения в их соотношении между друг другом, а также повышает экстрактивность ароматических компонентов.

Данный способ включает в себя следующие этапы: на первом этапе получение крепости 54–56 % об. посредством добавления воды, далее фильтрование его с использованием активированного угля, настаивание 20–24 суток с использованием дубовой щепы 20–30 г/л. Температура варьируется в зависимости от изменения суток: первые 5–7 суток – 40–45 °С, далее температуру снижают до 18–25 °С, также процесс настаивания сопровождается периодическим дозированием кислорода до концентрации от 5 до 8 мг/дм³. На следующем этапе происходит отделение щепы от дистиллята, снова добавление исправленной воды до соотношения 1:10–1:20, настаивание по времени до 2–3 суток с температурным режимом 25–30 °С и воздействием периодического помешивания 1–2 раза в сутки по 10–15 минут. После часть дистиллированной воды сливается, разбавление до нужной крепости,

при купажировании добавка красителя плюс охлаждение до температур от -10 до $+4$ °С, на последнем этапе – фильтрация и отдых 7–10 суток [75].

Способ 2. Данный способ подразумевает созревание при отдельной выдержке дистиллятов из различного сырья, в данном случае зернового и солодового дистиллятов плюс воздействием на них кислородом [78].

Технический результат – повышение качества готового продукта. Рассмотрим подробнее.

Начальная крепость дистиллята, полученного из солода – 70–75 % об., дистиллята, полученного из зерна – не более 94,8 % об., разбавляют оба до 62,5 % об. Далее они подвержены отдельной выдержке с температурой в 25–30 °С по времени 2–4 месяца. В течение этого времени каждый из дистиллятов обрабатывается кислородом в течение 10 минут с перерывом на 6 часов подряд, расход кислорода – 2,5–4 мг/дм³. Отдельная выдержка дистиллятов осуществляется на четыре эмалированные емкости, в них загружается дубовая клепка объемом 450–500 см²/дал. Потом происходит купажирование выдержанных дистиллятов: зерновой разбавляют солодовым на 20–50 %, до крепости 40–45% об. Затем отдых напитка, равный 10 суткам, и охлаждение при интервале температур от -10 до -18 °С около суток и последующая фильтрация с розливом.

Предложенный способ позволяет произвести виски с сокращением срока и сохранением высоких органолептических показателей.

Способ 3. Сущность этого способа заключается в применении нестандартной конструкции ёмкости для хранения спирта. Тара устроена так, что с внешней её стороны располагается полый дубовый цилиндр. В этот цилиндр можно размещать вставку из различных материалов, например, такие как плоды, ягоды, листья дуба, желуди или же дубовые почки. Вставка, контактируя с экстрагентом, придает напитку оригинальный аромат. Спустя определенное количество времени, напиток переливается в бутылку и подвергается естественному старению, ароматизации и очистке путем вакуумных отверстий, расположенных на внешней стороне бутылки [69].

Применение данного метода позволяет существенно улучшить органолептические характеристики напитка, сократить время выдержки и, в свою очередь, расширить ассортимент алкогольной продукции.

Способ 4. Исследования данного способа основаны на обработке дубовой древесины путём воздействия на нее ультразвука. Также отдельно был исследован водно-спиртовой раствор для настаивания напитка и воздействие на него озоном. Качество проводимого исследования проводилось с использованием фотоэлектрического колориметра. Воздействие ультразвука на извлечение компонентов из древесины оценивали по цветовой окрашиваемости напитка. В связи с полученными результатами были сделаны следующие выводы:

1) достигнуто сокращение времени при извлечении компонентов, за счет термообработки дубовой стружки плюс использования ультразвука;

2) повторное использование стружки для настаивания напитка дает определенно лучший результат по органолептическим показателям, нежели использование образцов свежей термообработанной древесины;

3) но есть и недостатки данного способа, заключающиеся в том, что воздействие озона свыше, чем 15 минут может привести к скоплению метанола, что негативно сказывается на качестве напитка и нарушает его соответствие нормативным показателям, также образуются примеси и сивушные фракции, которые в целом ухудшают напиток по всем характеристикам [73].

Способ 5. Метод применяется для обработки коньячных спиртов с добавлением дубовой клепки, при этом в процессе выдержки осуществляется воздействие электромагнитными полями низкой частоты в диапазоне 12–23 Гц на протяжении 20–60 минут [70].

Ключевыми преимуществами данного подхода являются существенное сокращение времени созревания и улучшение органолептических характеристик напитка. Эффект воздействия электромагнитных полей заключается в стимулировании процессов этерификации и разложения эфиров, что способствует более глубокому раскрытию вкусовых и ароматических качеств коньяка.

Способ 6. В этом способе ускорение процесса экстрагирования проводят путем воздействия на спирты с размещенной в них древесиной акустического поля.

Метод ускоренного созревания дистиллята основан на введении в его состав природных компонентов, таких как виноград или дубовая стружка. Виноградные листья перед добавлением сворачивают в рулоны диаметром от 10 до 20 мм и аналогичной длины, а размер дубовой стружки составляет 1–1,5 см. Продолжительность выдержки варьируется в диапазоне от трех дней до трех месяцев, в течение которых спиртовая основа и добавленные компоненты подвергаются акустическому воздействию с определенными параметрами. Частота ультразвуковых колебаний находится в диапазоне 55–200 кГц, при этом интенсивность вибрационного воздействия составляет от 2 до 40 Вт/см². Длительность одного периода акустической обработки варьируется от 10 до 20 минут, а количество периодов в течение всего срока выдержки составляет от одного до пяти. Для обеспечения оптимальных условий воздействия процесс осуществляется в газовой среде, сформированной смесью кислорода и гелия. Применение данного метода позволяет значительно ускорить процессы экстрагирования биологически активных и ароматических соединений из природных добавок в спиртовую основу. Это способствует интенсификации формирования вкусоароматического профиля напитка, обеспечивая его насыщенность и сложность за существенно сокращенный период выдержки [72].

Способ 7. Известен способ производства виски, при котором необходимо использование оборудования определенного характера, в данном случае это экстрактор с подводом кислорода в нижнюю часть аппарата. Введение воздушной смеси в экстрактор обеспечивает интенсивное и хаотичное перемешивание и насыщение кислородом дистиллята с добавленной в него дубовой клепкой по всему объему [74].

Осуществление способа заключается в получении молодого вискового дистиллята на основе классического способа производства виски. Далее дистиллят доводят до крепости равной 45 % об., наполняют им экстрактор и вводят в него дубовую клепку. На следующем этапе в экстрактор подается кислород,

концентрация которого 30–50 % об. Из нижней части экстрактора, воздушная смесь, подаваемая под давлением, быстро распределяется во всем объеме дистиллята и при этом хаотично перемешивает дубовую клепку и равномерно распределяет ее по всему экстрагенту. Параметры насыщения кислородом следующие: периодичность – 1 раз в 2–3 дня, время воздействия периодами – 1 год. После того, как процесс выдержки завершен, напиток готовят к дальнейшим процессам: фильтрации и розливу в тару.

Способ 8. Предложен способ производства виски, который предусматривает использование классической технологии для получения молодого вискового дистиллята. Дальнейшие стадии предполагают его разбавление до определенной спиртуозности, с последующей его выдержкой, фильтрацией и розливом в тару. Новая технология заключается в усовершенствованном способе процесса старения напитка. Она предусматривает использование сверхвысокочастотного излучения различной мощности для обработки дистиллята с введенной в него дубовой щепой. Микроволновое воздействие на твердые вещества оказывает диэлектрический нагрев, что, в свою очередь, разрушает мембраны клеток твердого вещества и способствуют ускорению процесса экстрагирования. Результатом вышеперечисленных действий является ускорения процесса созревания висковых дистиллятов в три раза, по отношению к стадии выдержки классического способа [77].

Осуществление способа заключается в получении молодого вискового дистиллята на основе классического способа производства виски. Далее дистиллят доводят до крепости равной 45 % об. В получившийся дистиллят добавляют дубовую щепу и с продолжительностью 1 год подвергают его воздействию сверхвысокочастотного излучения при определенной периодичности и выставленной мощностью 450–750 Вт. На следующих этапах происходит отделение дистиллята от древесины дуба, далее фильтрация и розлив.

В итоге, используя данный способ, можно достичь сокращения временных затрат на процесс выдержки в 3 раза, а также повысить общее качество виски и улучшить его органолептические характеристики.

Проанализировав существующие способы интенсификации процесса созревания дистиллятов, можно сделать вывод о том, что все они имеют преимущества по отношению к классическому способу настаивания напитков, так как значительно повышают интенсивность извлечения целевых компонентов из твердой фазы вещества и тем самым ускоряют процесс выдержки.

Но тем не менее большинство из вышеперечисленных способов не лишены недостатков, таких как сложности при воспроизведении их на практике. Например, использование специальной емкости для выдержки спиртов с размещением в ней отверстия для вставки материала, которая впоследствии служит потребительской тарой для готового продукта, является сложным в реализации и экономически невыгодным способом.

Использование ультразвука, электромагнитных полей и обработки озоном при минимальных ошибках, таких как нарушение регламента по времени, может привести к образованию недопустимого количества сивушных масел и метанола в экстракте, что нарушает допустимые нормы при изготовлении алкогольных напитков.

На основании проведенного анализа недостатков у существующих способов интенсификации процесса экстрагирования главной задачей исследования была выбрана разработка новых способов, которые позволят сократить временные затраты на созревание напитков, но при этом сохранят их должное качество и характеристики, соответствующие общепринятым нормам.

1.4 Состояние и перспективы развития технологического оборудования для проведения процесса экстрагирования

На современном этапе развития технологий ассортимент оборудования, применяемого в процессах экстрагирования, включает широкий спектр технических устройств. Однако непрерывное совершенствование методов производства

алкогольных и безалкогольных напитков обуславливает необходимость разработки новых экстракционных аппаратов, функционирующих в системе «твердое тело – жидкость». Экстракторы, как специализированные устройства для процесса экстракции, постоянно подвергаются модернизации и классифицируются в зависимости от множества факторов, включая конструктивные особенности, рабочие режимы и типы циркуляции [16; 19; 84; 86].

В зависимости от способа функционирования экстракционные установки подразделяются на периодические, полунепрерывные и непрерывные. В свою очередь, по направлению потоков жидкой и твердой фаз их делят на прямоточные и противоточные схемы.

Конструктивные особенности экстракторов играют ключевую роль в их классификации, где особо выделяются аппараты с колонно-камерной конструкцией корпуса. В зависимости от транспортного механизма экстракторы могут включать лопасти, ковши, цепные элементы, а также представлять собой ротационные или ленточные конструкции. Пространственная ориентация корпуса позволяет выделить горизонтальные, вертикальные и наклонные модификации [19; 99; 105].

Постоянное развитие экстракционных технологий приводит к появлению новых конструктивных решений, направленных на повышение эффективности процессов извлечения целевых компонентов, улучшение технологической гибкости и оптимизацию производственных параметров.

Существующие конструкции экстракторов и их многочисленные виды, говорят о большом разнообразии сырья, которое подвергается переработке в них.

Далее остановимся подробнее на некоторых конструкциях экстракторов для использования в системе «твердое тело – жидкость», и опишем их преимущества и недостатки.

1.4.1 Экстрактор с мешалкой и фильтрующим элементом

Рассматриваемое оборудование находит широкое применение в ряде отраслей промышленности, включая химическую и пищевую, а также используется в парфюмерной и медицинской практике [67].

Конструктивно аппарат выполнен в виде цилиндрического корпуса, снабженного термостатной рубашкой и системой патрубков для подвода и вывода рабочих сред. Во внутреннем объеме корпуса установлена приводная мешалка, оснащенная фильтрующим элементом, а также отбойные элементы, размещенные по периферии аппарата. Схема конструкции и основные узлы устройства представлены на Рисунке 1.1.

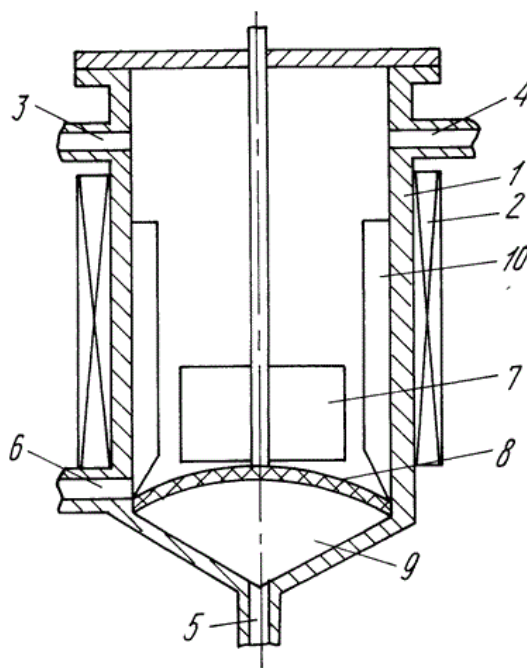


Рисунок 1.1 – Экстрактор с мешалкой и фильтрующим элементом:

1 – корпус; 2 – рубашка термостатирования; 3, 4 – технологические патрубки для подвода жидкой фазы; 5 – технологический патрубок для отвода экстракта; 6 – технологический патрубок для подвода твердой фазы; 7 – приводная лопастная мешалка; 8 – эллиптический фильтрующий элемент; 9 – камера для сбора экстракта; 10 – отбойники

Работа данного оборудования способствует повышению надежности эксплуатации за счет исключения закупоривания пор, а также благодаря компактным габаритам устройства. Однако существенным ограничением конструкции является недостаточная скорость вращения приводной мешалки, что приводит к ограниченной интенсивности процесса экстракции, не позволяя достичь оптимальной степени его интенсификации.

1.4.2 Экстрактор периодического действия для извлечения целевых компонентов из дубовой щепы

Данный экстрактор может быть использован пищевой, фармацевтической или биохимической промышленностью, его схема представлена Рисунком 1.2 [68].

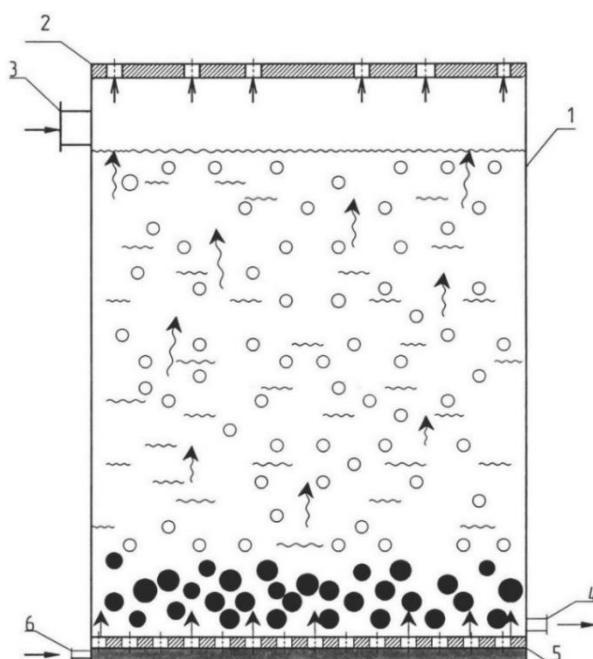


Рисунок 1.2 – Экстрактор периодического действия для извлечения целевых компонентов из дубовой щепы:

1 – цилиндрический корпус, 2 – перфорированная плоская крышка, 3 – патрубок подачи экстрагента, 4 – патрубок для выхода готового продукта, 5 – газораспределительное устройство, 6 – патрубок для подачи кислорода

Аппарат выполнен в виде совокупности следующих конструктивных элементов: цилиндрического корпуса и перфорированной крышки, характеризующейся наличием динамически перемещающихся отверстий. Верхняя и нижняя часть устройства оснащены патрубками функционального назначения. Через верхний патрубок осуществляется загрузка исходной смеси, включающей экстрагент и твердую фазу, тогда как нижний патрубок предназначен для отвода и выгрузки готового продукта – полученного напитка. Также нижняя часть экстрактора оснащена устройством, которое подает кислород. Равномерное распределение кислорода по аппарату способствует улучшению извлечения компонентов из твердой фазы вещества благодаря интенсивному и многократному перемешиванию смеси по всему объему устройства. Улучшение органолептических показателей обеспечивается протеканием окислительных превращений компонентов дубовой щепы под воздействием кислорода. В результате данных процессов происходит образование ароматических альдегидов, которые вносят существенный вклад в формирование характерных вкусоароматических свойств и уникального сенсорного профиля готового продукта.

Основной эффект работы данного аппарата заключается в повышении интенсивности экстракции целевых компонентов из твердой фазы в экстрагент и уменьшении металлоемкости устройства.

Работа экстрактора имеет следующий принцип: через патрубок 3, расположенный в верхней части экстрактора, подаются дубовая крошка и спирт. Затем, под давлением, кислород поступает через патрубок 6 в нижней части устройства, с регулировкой потока кислорода посредством газораспределительного устройства 5. По времени подача кислорода занимает несколько минут. Кислород, проходя через весь объем экстрактора запускает окислительные процессы в твердой части вещества и выводится из экстрактора посредством работы отверстий, расположенных на крышке 2, которые регулируются для вывода кислорода и сохранения летучих соединений спирта, предотвращающих их испарение.

1.4.3 Ультразвуковой экстрактор

Вид данного экстрактора используется в отраслях пищевой промышленности, и, в частности, винодельческой [71].

Схема конструкции ультразвукового экстрактора представлена на Рисунке 1.3.

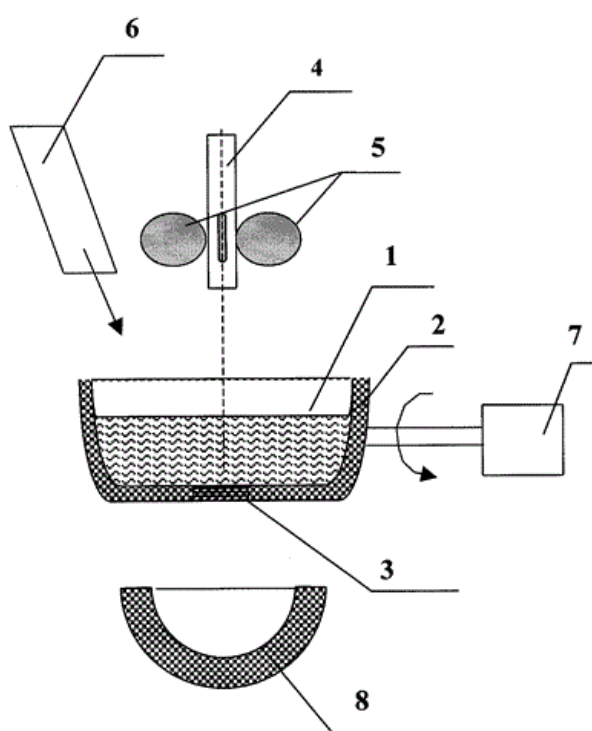


Рисунок 1.3 – Ультразвуковой экстрактор:

1 – камера для отстаивания; 2 – ультразвуковой излучатель; 3 – устройство для слива (сетчатое дно с крышкой); 4 – лопастная мешалка; 5 – лопасти мешалки; 6 – система подачи материала; 7 – устройство для разгрузки; 8 – коллектор (ванна) сбора рабочей жидкости.

(Механизм управления мешалкой и корпус устройства на рисунке не представлены)

Принцип действия данного оборудования заключается в следующем. Твёрдая фаза (дубовая стружка) и экстрагент (молодой дистиллят) загружаются

через устройство для загрузки 6 в камеру для отстаивания 1. Приводной механизм запускает работу лопастной мешалки 4 в камере 1, вращаясь мешалка приводит в работу лопасти 5. Ультразвуковой излучатель 2 запускается тогда, когда дубовая стружка равномерно распределена по всей камере для отстаивания 1. После определенного времени воздействия, приводной механизм отключается, лопастная мешалка 4 извлекается из камеры для отстаивания 1, происходит отключение излучателя ультразвука 2. Затем через устройство для слива 3 экстрагированная жидкость заполняет коллектор 8, а дубовая стружка остается на сетке, расположенной в устройстве для слива 3.

Недостатком данного оборудования и ему подобных является повышенное потребление энергии, а также воздействие ультразвукового излучения, которое является неблагоприятным для того, кто находится рядом с оборудованием.

1.4.4 Экстрактор периодического действия для извлечения целевых компонентов с рецикл-каналами

Экстрактор применяется в пищевой, биотехнологической и химической промышленности [72].

В данном устройстве, представленном на Рисунке 1.4, технический результат достигается за счет активного воздействия кислорода при помощи рецикл-каналов, расположенных на корпусе аппарата.

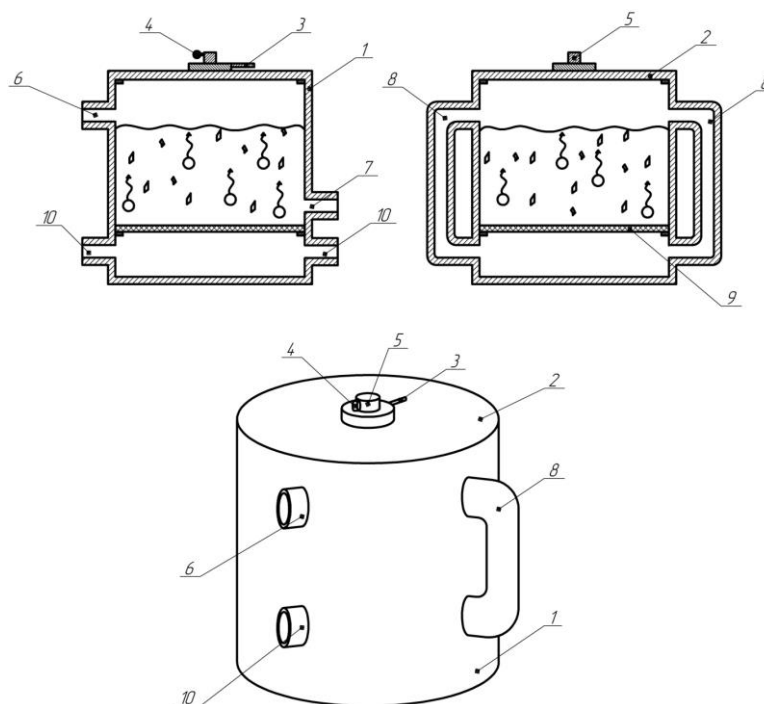


Рисунок 1.4 – Экстрактор периодического действия для извлечения целевых компонентов с рецикл-каналами:

1 – цилиндрический корпус; 2 – перфорированная плоская крышка; 3 – рукоятка; 4 – манометр;
5 – клапан; 6 и 7 – патрубки; 8 – рецикл-каналы; 9 – газораспределительное устройство;
10 – патрубок

Работа экстрактора осуществляется следующим образом: через патрубок 10 в газораспределительное устройство 9 подается кислород под давлением определенное время. Перемещение кислорода снизу вверх инициирует хаотичное распределение твердой фазы по объему экстрагента. Под действием давления кислород проходит через два рецикл-канала 8, вновь поступая в газораспределительное устройство. Такой процесс повышает интенсивность перемешивания твердой фазы, при этом значительно уменьшаются затраты кислорода. Крышка 2 предназначена для вывода излишнего кислорода, через регулируемые рукояткой 3 отверстия. После завершения процесса экстрагирования, через нижнюю часть корпуса 1 выводится насыщенный экстракт, посредством работы разгрузочного патрубка 7, остатки твердой фазы удаляются через крышку экстрактора 2.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 1

В Главе 1 диссертационной работы подробно рассмотрены основы процесса экстрагирования, проанализированы современные подходы к его интенсификации, а также проведен патентный обзор технологических решений, предназначенных для реализации экстракционных процессов. В результате анализа выявлены ключевые конструктивные и технологические особенности существующего оборудования, его преимущества и недостатки.

1. Исследование теоретических аспектов по теме экстрагирования позволило установить, что формирование вкусо-ароматического профиля крепких алкогольных напитков, таких как виски, коньяк и бренди, преимущественно (до 80 %) определяется процессами, протекающими на стадии созревания напитков. На данном этапе технологического цикла происходит активное взаимодействие дистиллята с дубовой древесиной в различных формах, включая бочки, щепу, клепку и стружку. Этот процесс обуславливает интенсивное экстрагирование биоактивных и ароматических соединений, влияющих на органолептические характеристики готового продукта.

2. Обзор существующих экстракционных аппаратов, функционирующих в системе «твердое тело – жидкость», а также методов повышения эффективности экстрагирования подтвердил целесообразность дальнейшего углубленного изучения данной темы. В частности, выявлена потребность в разработке инновационных технологических решений, способных существенно сократить временные затраты на выдержку алкогольных напитков при одновременном сохранении их традиционных вкусо-ароматических свойств и соответствии установленным стандартам качества.

ГЛАВА 2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Глава 2 включает в себя описание лабораторно-экспериментального стенда для проведения исследований по совершенствованию процесса экстракции на стадии выдержки висковых дистиллятов. Описание экстракционного аппарата и способа для совершенствования процесса экстракции с применением воздействия механического перемешивания и сверхвысокочастотного излучения. Также в главе представлено описание используемых в исследовании материалов и методов по определению качества физико-химических показателей при получении дистиллятов.

Общая схема проведения исследований в данной работе представлена на Рисунке 2.1.

Схема проведения исследований (Рисунок 2.1) включает в себя четыре основных этапа, представленные главами диссертационной работы. На первом этапе в Главе 1 провели литературно-патентный обзор данных по теме исследования.

На втором этапе выбрали объекты и методы исследования. Представленные в Главе 2 описание лабораторно-экспериментального стенда, конструкции экстракционного аппарата и способа интенсификации процесса экстракции целевых компонентов на стадии выдержки висковых дистиллятов, а также методов определения показателей качества выдержанных висковых дистиллятов.

Третий этап – исследовательская часть, представленная в Главе 3, разделен на три стадии:

- 1) получение молодых висковых дистиллятов;
- 2) выдержка висковых дистиллятов;
- 3) анализ физико-химических и органолептических показателей качества выдержанных висковых дистиллятов.

Определены ключевые показатели интенсификации процесса экстракции на стадии выдержки висковых дистиллятов и исследованы качественные

и количественные показатели выдержанных висковых дистиллятов совокупностью физико-химических и органолептических методов.

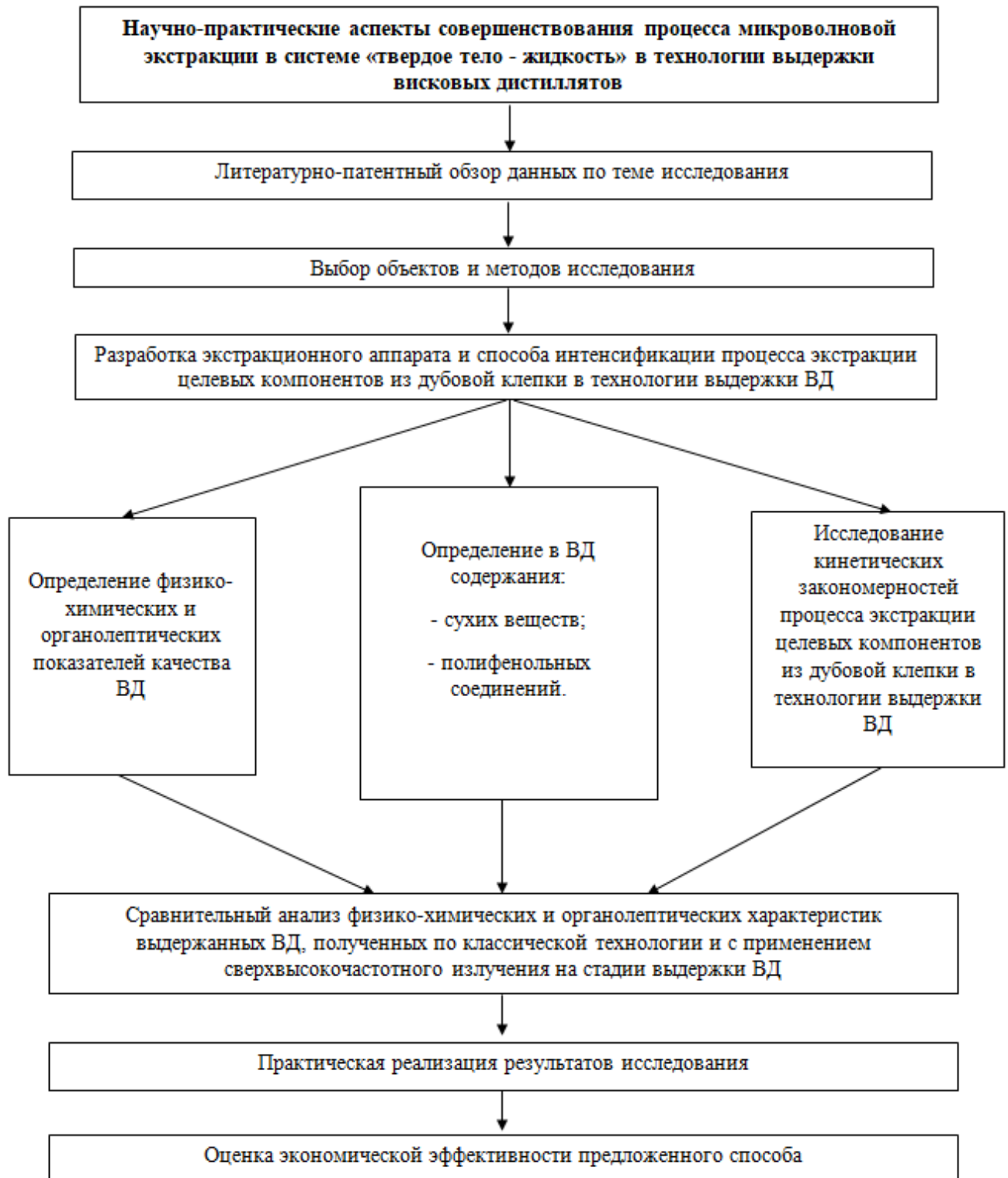


Рисунок 2.1 – Общая схема проведения исследований

В рамках проведенных исследований было изучено воздействие механического перемешивания и СВЧ-излучения на процессы обработки растительного сырья [25; 26; 43]. Результаты экспериментов показали, что использование данного метода значительно повышает эффективность технологических процессов. Это происходит за счет комбинации влияния двух методов воздействия. Этими методами являются механическое перемешивание и СВЧ-излучение.

Установлено, что микроволны воздействуют на диполи воды, вызывая диэлектрический нагрев, который разрушает клеточные мембраны дубовой клепки при минимальном повышении температуры, а механическое перемешивание влияет на изменение химического состава воды и ускоряет процесс экстракции, непосредственно воздействуя на систему «твердое тело – жидкость» в висковых дистиллятах, и размещенной в них дубовой клепкой.

Вышеперечисленные свойства делают СВЧ-обработку перспективной технологией для пищевой отрасли промышленности, связанной с переработкой растительного сырья [49; 62].

Четвертый этап включает в себя практическую реализацию результатов исследования путем проведения промышленных испытаний и оценку их экономической эффективности, представленные в Главе 4.

2.1 Описание лабораторно-экспериментального стенда для проведения исследований по совершенствованию процесса экстракции на стадии выдержки висковых дистиллятов

В рамках проведения исследований по совершенствованию процессов экстракции, а именно извлечению целевых компонентов дубовой клепки в ВД разработали лабораторно-экспериментальный стенд (Рисунок 2.2.) [21], который представляет собой совокупность аппаратов, предназначенных для

интенсификации процесса экстракции на стадии выдержки висковых дистиллятов путем совместного воздействия на них механического перемешивания и СВЧ-излучения.

Стенд включает в себя сусловарочный котел и аппарат для проведения дистилляции 1, устройство для интенсификации процесса экстракции целевых компонентов на стадии выдержки висковых дистиллятов, включающее микроволновую печь, с размещенной внутри механической мешалкой 3, фотоэлектрический колориметр (КФК-2, Россия) 4, анализатор влажности термогравиметрический (MS-70, Япония) 5.

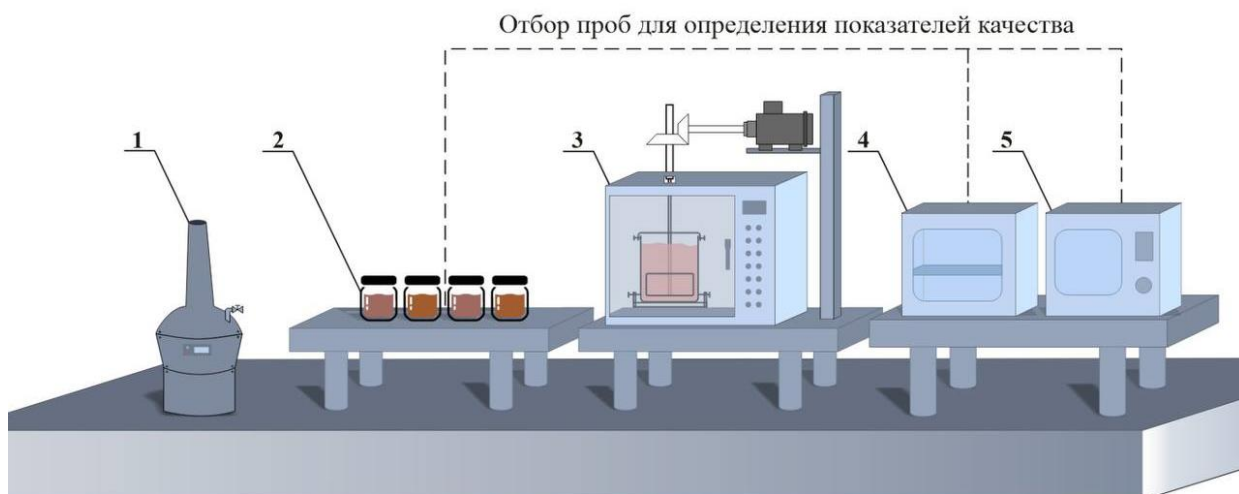


Рисунок 2.2 – Лабораторно-экспериментальный стенд:

- 1 – дистилляционный аппарат; 2 – образцы молодых висковых дистиллятов;
- 3 – устройство для интенсификации процесса экстракции целевых компонентов на стадии выдержки висковых дистиллятов, включающее микроволновую печь, с размещенной внутри механической мешалкой; 4 – колориметр фотоэлектрический концентрационный КФК-2;
- 5 – термогравиметрический анализатор влажности

Принцип работы лабораторно-исследовательского стенда заключается в следующем. В полученные молодые ВД добавляют дубовую клепку, далее на стадии выдержки осуществляется процесс экстрагирования в два этапа. На первом

этапе – предварительное перемешивание ВД с клепкой, для создания их хаотичного движения по всему объёму. На втором этапе продолжается процесс перемешивания ВД с клепкой с одновременным воздействием на них СВЧ-излучения. Далее проводится отбор образцов с целью определения физико-химических и органолептических характеристик продукта. Для анализа выдержанных ВД на содержание целевых компонентов из дубовой клепки используются фотоэлектрический калориметр и термогравиметрический анализатор влажности. Измерения и последующая оценка параметров продолжаются до момента достижения значений, соответствующих установленным нормативным требованиям. По завершении стадии выдержки висковый дистиллят проходит этап подготовки к фильтрации, после чего подвергается фильтрационной обработке и направляется на розлив в потребительскую тару.

2.2 Описание устройства для интенсификации процесса экстракции целевых компонентов на стадии выдержки висковых дистиллятов

На основании аналитического обзора существующих конструкций устройств для процесса экстракции, а также анализа их преимуществ и недостатков (Глава 1) произведена разработка устройства для интенсификации процесса экстракции целевых компонентов на стадии выдержки висковых дистиллятов на базе ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», (подана заявка на получение патента РФ).

Предлагаемое устройство для интенсификации процесса экстракции целевых компонентов на стадии выдержки ВД, состоящее из микроволновой печи, с рабочей камерой, в которую помещается ёмкость с герметичной крышкой для висковых дистиллятов, отличающееся тем, что внутри рабочей камеры в герметическую ёмкость помещена механическая мешалка приводящаяся в движение от электрического привода, для предварительного перемешивания ВД с

клеткой, и осуществления основного процесса экстракции, при котором продолжается процесс перемешивания ВД с клеткой с одновременным воздействием на них СВЧ-излучения.

На Рисунке 2.3 изображено устройство для интенсификации процесса экстракции целевых компонентов из дубовой клеточки на стадии выдержки висковых дистиллятов.

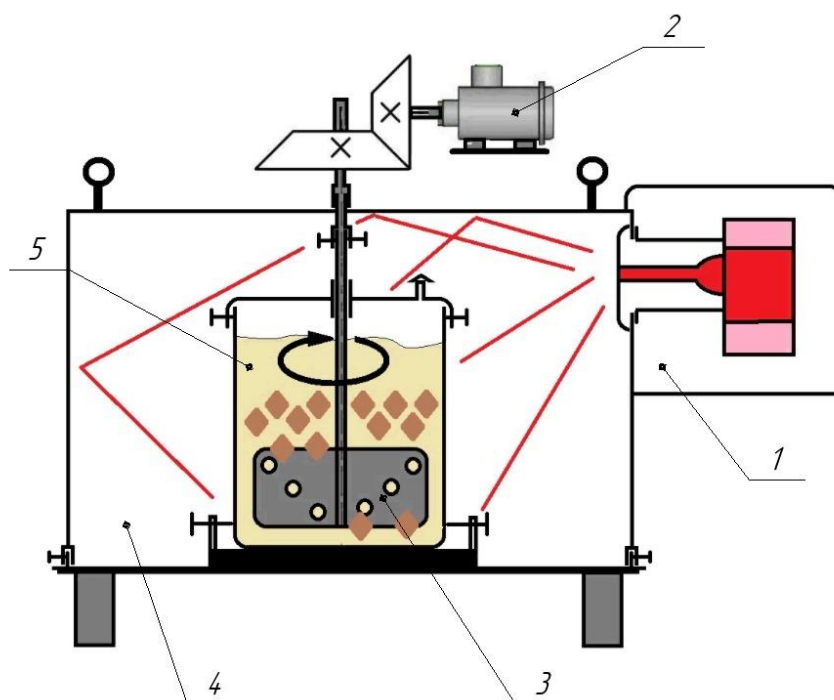


Рисунок 2.3 – Устройство для интенсификации процесса экстракции целевых компонентов из дубовой клеточки на стадии выдержки висковых дистиллятов:

1 – микроволновая печь; 2 – электрический привод; 3 – механическая мешалка; 4 – рабочая камера; 5 – емкость для висковых дистиллятов.

Устройство состоит из микроволновой печи 1, электрического привода 2, с конической шестерней, обеспечивающей передачу крутящего момента от внешнего вала привода к валу механической мешалки 3, сбоку от микроволновой печи находится рабочая камера 4, в которую помещается ёмкость 5 для висковых

дистиллятов с герметичной крышкой для обеспечения отсутствия контактирования взаимодействующих фаз с внешней средой.

Устройство работает следующим образом. Висковый молодой дистиллят, полученный по классической технологии вместе дубовой клепкой, помещают в ёмкость 5 закрытую герметичной крышкой. Далее ёмкость 5 располагают внутри рабочей камеры 4, в которой осуществляется процесс экстрагирования (выдержки) в два этапа. На первом этапе в ёмкости 5 осуществляется предварительное перемешивание ВД с клепкой механической мешалкой 3, для создания хаотичного движения по всему объёму. Её движение, обеспечивается через коническую передачу от электрического привода 2. На втором этапе продолжается процесс перемешивания ВД с клепкой с одновременным воздействием на них СВЧ-излучения от микроволновой печи 1.

По завершении всего процесса экстрагирования ёмкость 5 с выдержанным висковым дистиллятом извлекают из рабочей камеры 4, затем дистиллят отделяют от дубовой клепки, подготавливают к фильтрации и дальнейшему розливу в потребительскую тару.

В процессе выдержки ВД при их предварительной обработке механическим перемешиванием, с последующим дальнейшим совместным воздействием на них перемешиванием и СВЧ-излучением с определенными параметрами процесса экстрагирования (выдержки) ВД дают увеличение качественных показателей в 2,5 раза, при сокращении длительности процесса в 3 раза по отношению к классическому способу выдержки висковых дистиллятов.

2.3 Описание способа интенсификации процесса экстракции целевых компонентов на стадии выдержки висковых дистиллятов

На основании аналитического обзора существующих способов созревания висковых дистиллятов, а также анализа их преимуществ и недостатков (Глава 1)

произведена разработка нового способа интенсификации процесса экстракции целевых компонентов на стадии выдержки висковых дистиллятов на базе ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» (подана заявка на получение патента РФ).

Предлагаемый способ (Рисунок 2.3) предусматривает получение вискового молодого дистиллята, разбавление его дистиллированной водой, выдержку, фильтрацию и розлив виски, отличающийся тем, что выдержка висковых дистиллятов осуществляется в устройстве (Рисунок 2.3), представленном в пункте 2.2, в два этапа внутри рабочей камеры микроволновой печи. На первом этапе до воздействия микроволнового излучения осуществляется предварительное перемешивание ВД с клепкой в течение $2\div 4$ мин механической мешалкой с частотой вращения мешалки $1500\div 3000$ мин⁻¹. На втором этапе продолжается процесс перемешивания ВД с клепкой с одновременным воздействием на них СВЧ-излучения, мощностью от $450\div 750$ Вт, в течение $1\div 3$ мин.

Таким образом, длительность процесса выдержки ВД сокращается, а извлечение целевых компонентов увеличивается в три раза, по сравнению с классическим способом созревания виски.

Рассмотрим предлагаемый способ подробнее. На Рисунке 2.3 из п. 2.2 изображено устройство для интенсификации процесса экстракции целевых компонентов из дубовой клепки на стадии выдержки ВД.

Устройство состоит из микроволновой печи 1, электрического привода 2, с конической шестерней, обеспечивающей передачу крутящего момента от внешнего вала привода к валу механической мешалки 3, сбоку от микроволновой печи находится рабочая камера 4, в которую помещается ёмкость 5 для ВД с герметичной крышкой для обеспечения отсутствия контактирования взаимодействующих фаз с внешней средой.

Висковый молодой дистиллят, полученный по классической технологии, разбавляют дистиллированной водой до крепости $45\div 60$ % об., и помещают в ёмкость для ВД 5 вместе с дубовой клепкой. Затем в два этапа осуществляется их выдержка внутри рабочей камеры 4 микроволновой печи 1. На первом этапе до

воздействия СВЧ-излучения осуществляется предварительное перемешивание ВД с клепкой в течение 2÷4 мин механической мешалкой 3. Движение, которое происходит от электрического привода 2, с частотой вращения мешалки 3 в диапазоне 1500÷3000 мин⁻¹. На втором этапе продолжается процесс перемешивания ВД с клепкой с одновременным воздействием на них СВЧ-излучения, мощностью от 450 до 750 Вт, данный этап происходит в течение 1÷3 мин.

По завершении всего процесса созревания ВВД извлекают из рабочей камеры 4 микроволновой печи 1, затем отделяют его от дубовой клепки, подготавливают к фильтрации и дальнейшему розливу в потребительскую тару.

Рассмотрим подробнее несколько примеров.

1. В разбавленный до крепости 50 % об., висковый дистиллят добавляют дубовую клепку (размер клепки 10×10×10 мм) сильной степени обжарки в соотношении 10 г щепы на 1 дм³ раствора. Затем осуществляют его выдержку в течение 1 года.

Выдержка ВД осуществляется в два этапа внутри рабочей камеры 4 микроволновой печи 1. На первом этапе до воздействия микроволнового излучения осуществляется предварительное перемешивание ВД с клепкой в течение 2 мин механической мешалкой 3, движение, которой происходит от электрического привода 2, с частотой вращения мешалки 3 – 2000 мин⁻¹. На втором этапе продолжается процесс перемешивания ВД с клепкой с одновременным воздействием на них СВЧ-излучения, мощностью от 600 Вт, в течение 3 мин. Впоследствии, по истечении 1 года, ВВД подготавливают к фильтрации и последующему розливу в потребительскую тару.

2. В разбавленный до крепости 60 % об., ВД добавляют дубовую клепку (размер клепки 10×10×10 мм) сильной степени обжарки в соотношении 10 г щепы на 1 дм³ раствора. Затем осуществляют его выдержку в течение 1 года.

Выдержка ВД осуществляется в два этапа внутри рабочей камеры 4 микроволновой печи 1. На первом этапе до воздействия микроволнового излучения осуществляется предварительное перемешивание ВД с клепкой

в течение 3 мин механической мешалкой 3. Движение, которой происходит от электрического привода 2, с частотой вращения мешалки 3 в 1500 мин^{-1} . На втором этапе продолжается процесс перемешивания ВД с клепкой с одновременным воздействием на них СВЧ-излучения, мощностью от 750 Вт, в течение 1 мин. Впоследствии, по истечении 1 года, ВВД подготавливают к фильтрации и последующему розливу в потребительскую тару.

С представленными технологическими параметрами, в результате двухэтапной обработки ВД, в процессе его выдержки, увеличивается количество экстрагируемых веществ (сухих веществ и полифенолов) в 2,5 раза, при сокращении длительности процесса в 3 раза по отношению к классическому способу выдержки ВД.

2.4 Описание материалов, применяемых в исследованиях

Для проведения исследований по интенсификации процесса экстрагирования для системы «твердое тело – жидкость», был выбран в качестве экстрагента висковый дистиллят, соответствующий требованиям ГОСТ Р 70225-2023 «Виски российский, дистилляты зерновые и висковые российские. Общие технические условия». Образцы отбирались с следующим количеством объемной доли спирта равной 40 % об., 50 % об., 60 % об.

Сырьем для изготовления сусла был выбран ячменный светлый солод производства «Castle Maiting, Pilsen» (Beloeil, Belgium) и «Грейнрус-Курский Солод» (г. Курск, Россия) в соотношении 1:9.

Солод был измельчен при помощи двухвальцовой дробилки со следующими параметрами работы:

- частота оборотов дробилки составляет 120 мин^{-1} ;
- выход муки и мелкодисперсной крупы составляет 55 %.

Приготовление и сбраживание сусла производили при помощи универсальной установки, объем которой составляет 30 дм³. В данной установке процесс затирания и ферментации совмещен, и она состоит из следующих элементов: электрообогрев, мешалка, рубашка для водяного охлаждения [76].

Физико-химические показатели солода представлены в Таблице 2.1. Исследуемые образцы солода соответствовали требованиям стандарта [29].

Таблица 2.1 – Показатели солода ячменного светлого

Показатель	Солод	
	курский	бельгийский
Массовая доля:		
- влаги, %	4,9±0,2	4,5±0,2
- экстрактивных веществ, % СВ	81,0±1,8	80,2±1,8
- белка, %	10,9±0,2	11,2±0,2
Лабораторное сусло:		
- продолжительность осахаривания, мин	15±0,5	10±0,5
- кислотность, к. ед.	1,00±0,02	1,23±0,02
- цвет, ед. ЕВС	4,2±0,1	3,5±0,1
- вязкость, мПа·с	1,60±0,04	1,59±0,04

Процесс затирания зернового сырья был выполнен методом настаивания по следующей типовой технологии с выдерживанием пауз:

- соотношение воды и сырья – 1:3;
- начальная температура процесса затирания – 38–40 °С;
- первая белковая пауза: температура – 52 °С, время паузы – 30 мин;
- вторая мальтозная пауза: температура – 63 °С, время паузы – 60 мин;
- процесс осахаривания: температура – 70 °С, время паузы – 30 мин;

- нагрев до 72 °С и выдержка до полного осахаривания;
- йодная проба;
- нагрев до 76 °С для снижения вязкости и улучшения процесса фильтрации;
- охлаждение до начальной температуры брожения, равной 26 °С.

Для проведения этапа перегонки сброженного сусла был использован стенд, разработанный в лабораторных условиях на базе инженерингового центра «FOOD ENGINEERING» в ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет». Лабораторно-исследовательский стенд включает в себя универсальную установку для затирания и ферментации с рабочим объемом 30 дм³ [76], аламбик, дистилляционный аппарат прямоточный (ХД/3-3000), элемент с термоконтактами для нагрева Ariston на 3 кВт.

При проведении анализа на основные показатели качества сусла и солода были использованы стандартные методы, принятые в пивоварении [55; 57; 129]. Вязкость лабораторного сусла определяли с использованием капиллярного вискозиметра Оствальда, активную кислотность воды – потенциометрическим методом с помощью рН-метра рН-150МИ (ООО «Измерительная техника», г. Москва, Россия), массовую долю сухих веществ сусла и бражки – ареометрическим способом, крепость бражки – по относительной плотности дистиллята пикнометрическим методом.

В ходе перегонки контролировали мощность нагрева (высокоточным регулятором/стабилизатором ХД-РМЦ-3500), температуру (термометром автономным цифровым ТР-300), объемную долю спирта (ареометром-спиртомером АСП-3 с диапазоном значений 0–40 %, 40–70 %, 70–90 % и погрешностью измерения $\pm 0,5$ % об.).

По классической технологии производства виски, их выдержка проводится в дубовых бочках [5; 107]. Одним из факторов, затрудняющим использование дубовых бочек в процессе выдержки дистиллятов, является их высокая стоимость, что приводит к удорожанию производства в целом. Кроме того, применение бочек требует строгого контроля температурно-влажностного режима, что усложняет технологический процесс. В связи с этим представляется целесообразным

оптимизировать методику выдержки путем снижения технологической сложности и экономической нагрузки. Альтернативным решением может стать применение емкостей из стекла или эмалированного металла в сочетании с древесными компонентами дуба, полученными путем переработки, такими как дубовая щепка или клепка.

Материалом для такой клепки выступает древесина, отборного качества, которая может быть применима для бочек в виноделии. Перед использованием клепка проходит определенные стадии обработки: вымачивание, промывка, термическая обработка, сушка, обжиг, который бывает легким, средним или сильным [2; 114; 121].

Материалом для дальнейших исследований выбрана дубовая клепка французского дуба, представленная в виде кубиков дуба с равными гранями, прошедшая сильный обжиг, представленная на Рисунке 2.5.

Дубовые кубики представляют собой модифицированную форму дубовой клепки, отличающуюся улучшенными эстетическими характеристиками. Их применение целесообразно для ускоренной и высокоэффективной технологии производства виски, где важную роль играет высокая степень экстракции ароматических соединений.



Рисунок 2.4 – Термообработанная дубовая клепка сильного обжига

Технология настаивания на дубовой клепке, подвергнутой интенсивной термической обработке, представляет собой метод ускоренного формирования вкусо-ароматического профиля напитка, аналогично многолетней выдержке в дубовых бочках. За счет активного высвобождения фенольных соединений и ароматических компонентов данный метод обеспечивает глубокую структурную трансформацию напитка, способствуя формированию сложного букета и насыщенного древесного характера за существенно сокращенный временной период.

Дубовая клепка (кубики), применяемая в исследованиях, подверженные сильному обжигу обладают следующими характеристиками: цвет – насыщенно темно-коричневый, размер – одинаковый, 10×10×10 мм, запах – чуть горелый, частицы коры не содержатся.

2.5 Описание методик определения показателей качества выдержанных висковых дистиллятов

Для того чтобы дать качественную и количественную оценку процессу созревания висковых дистиллятов с усовершенствованной стадией выдержки, использовались следующие методы: спектрофотометрический метод, для определения оптической плотности; метод Еруманиса для определения содержания полифенолов; метод высушивания – определение сухих веществ и хроматографический и органолептический анализ – комплексное исследование многокомпонентной смеси для определения безопасности и качества готового продукта.

2.5.1 Определение оптической плотности ВД спектрофотометрическим методом

Оптическая плотность образцов определялась на основе анализа изменения их цвета, согласно нормативным документам по «ГОСТ 32080-2013. Изделия ликероводочные. Правила приемки и методы анализа» [33]. Определение оптической плотности проводили при использовании фотоэлектроколориметра КФК-2.

Применяемые материалы и характеристики работы оборудования:

- кюветы с толщиной слоя 10 мм;
- длина волны 540 нм.

Суть работы данного оборудования заключается в следующем:

- прохождение луча света через светофильтр;
- прохождение монохроматического света через кювету с раствором;
- электрический ток, преобразованный энергией световой волны, образуется благодаря свету, прошедшему через раствор и при попадании его на фотодиод;
- усиление сигнала определяет подачу на гальванометр, шкалы, находящиеся на нем, отображают коэффициент пропускания (%) сверху и значение оптической плотности образца внизу;
- измерение этих параметров происходит за счет потоков света, которые направлены на фотоприемник поочередно: полный – I_d , поток, прошедший через раствор – I_i ;
- показатель стрелки гальванометра определяется отклонением стрелки от нуля, при помощи ослабления светового потока. Таким образом оптическая плотность определяется путём измерения отклонения стрелки на гальванометре [27].

2.5.2 Определение содержания полифенолов методом Еруманиса

Полифенолы являются классом химических соединений, содержащихся в растительном сырье, в которых на одну молекулу вещества приходится более одной фенольной группы, а именно содержание фенольных кислот, лигнина, флавоноидов, дубильных веществ, стильбенов.

Извлечение полифенолов из древесины дуба определяется терпким, вяжущим вкусом получаемого напитка, а также добавляет ему антиоксидантных свойств.

Полифенольные вещества, а точнее их содержание определяли, используя метод Еруманиса [18], основанный на реакции фенольных веществ с солями трехвалентного железа в щелочной среде.

Суть работы данного метода заключается в следующем:

- определение трех проб реактивов: образец 1 (основной опыт), образец 2 (контроль № 1), образец 3 (контроль № 2);
- для всех трех образцов проводятся одинаковые манипуляции: введение в пробу, которая вмещает 25 см³, жидкости вводят испытуемый образец (10 см³), раствор карбоксиметилцеллюлозы (далее КМЦ – 8 см³), проводят перемешивание, далее вводят реагент железа (0,5 см³), снова перемешивание, введение аммиачного раствора (0,5 см³), вновь перемешивание, разбавление дистиллированной водой и перемешивание;
- затем проводят выдерживание в течение 10 мин и измеряют оптическую плотность, с длиной волны $\lambda = 600$ нм;
- на следующем этапе для трех образцов (мг/дм³) определяют содержание полифенолов Р по формуле (2.1):

$$P = [A - (B + C)] \times 820, \quad (2.1)$$

где А – оптическая плотность раствора в основном опыте;

В – оптическая плотность раствора в контроле № 1;

C – оптическая плотность раствора в контроле № 2;

820 – коэффициент пересчета на полифенолы, *const.*

2.5.3 Определение сухих веществ методом высушивания

Определение сухих веществ проводилось методом высушивания ВД с помощью термогравиметрического анализатора влажности MS-70.

Суть работы данного оборудования заключается в следующем:

- на аналитических весах взвешивается пустой бюкс, с точностью до 0,0001 г;
- далее бюкс взвешивается повторно с помещенным в него исследуемым продуктом;
- затем исследуемые образцы подвергаются сушке при температуре 90–95 °С, в течение двух часов;
- после высушивания бюкс охлаждается и определяется его масса;
- затем определяется относительное изменение массы образца, при точности до десятых;
- эти измерения для сухого остатка вычисляется по формуле: $CB = (MC / MB) \cdot 100 \%$, где MB – масса влажного образца, MC – масса высушенного образца [58].

2.5.4 Определение физико-химических показателей качества молодых и выдержанных висковых дистиллятов методом хроматографии

Хроматографический анализ молодых дистиллятов [54; 91] проводился в ФБУ «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Кемеровской области» (сертификат аккредитации № РОСС RU.0001.13AC13 от 19.11.2014) и хроматограммы выдержанных дистиллятов предоставил Алтайский орган инспекции федерального государственного бюджетного учреждения

«Федеральный центр охраны здоровья животных» (сертификат аккредитации № RA.RU.710271 от 22.05.2018). Испытания качественных показателей проводились на газовом хроматографе марки «Кристаллюкс-4000М» (ООО «НПФ «МЕТА-ХРОМ», г. Йошкар-Ола, Россия) с пламенно-ионизационным детектором (ПИД) в соответствии со стандартами: ГОСТ 32080-2013, ГОСТ 32930-2014, ГОСТ 30536-2013, ГОСТ Р 51823-2001. Условия хроматографирования: капиллярная хроматографическая колонка HP FAPR с внутренним диаметром капилляра 0,32 мм и длиной 50 м, толщиной пленки неподвижной фазы 0,5 мкм; предел детектирования не превышает $5 \cdot 10^{-12}$ г С/с; температура испарителя (инжектора) и детектора 200 °С; скорость потока (см³/мин): газа-носителя (азота) – 1,3, водорода – 20, воздуха – 200, объем пробы – 1 мм³.

2.5.5 Определение органолептических характеристик выдержанных висковых дистиллятов

Органолептический анализ спиртных напитков и этилового спирта из пищевого сырья проводится в соответствии с требованиями ГОСТ 33817-2016 [34] и направлен на установление соответствия продукции нормативным документам по совокупности сенсорных характеристик. В качестве основных показателей оценки рассматриваются прозрачность и цветовые оттенки, ароматический профиль, гармония вкуса и выраженность послевкусия, а также возможные дефекты; для изделий, насыщенных диоксидом углерода, дополнительно фиксируются свойства игристых спиртных напитков.

Исследования выполняются в специально оборудованных помещениях при нормированных условиях освещенности, температуры и влажности, исключающих влияние посторонних факторов. Для фиксации результатов используются стандартные дегустационные карты, обработка данных ведется по балльным шкалам: десятибалльной для спиртов и дистиллятов

и двадцатипятибалльной – для ликеро-водочной продукции. Среднее значение определяется арифметическим способом с исключением оценок, существенно отклоняющихся от общей выборки. Такой подход обеспечивает достоверность и воспроизводимость результатов органолептического анализа.

При визуальном анализе виски оценивается его прозрачность, вязкость и цветовая гамма. Цвет напитка обусловлен химическими процессами, происходящими в процессе выдержки. Интенсивность и оттенок цвета зависят от типа древесины, используемой при выдержке, а именно длительность контакта, а также возможного добавления карамельного красителя. Вязкость виски определяется также как и цвет напитка – визуально. Этот параметр коррелирует с содержанием спирта и экстрактивных веществ, влияющих на консистенцию напитка.

Ароматический профиль виски является ключевым аспектом его органолептики. Композиция аромата формируется благодаря сложному взаимодействию летучих соединений, включая эфирные масла, фенолы, альдегиды, кетоны и сложные эфиры. Ароматические ноты могут варьироваться от сладких (ваниль, мед, карамель) до фруктовых (яблоки, груши, цитрусовые) и древесных (дуб, кедр) [88].

Вкусовые характеристики виски определяются балансом сладких, кислых, горьких и пряных оттенков. Консистенция может быть маслянистой, шелковистой или, наоборот, легкой и водянистой, что зависит от содержания спиртовых фракций и взаимодействия компонентов напитка. В процессе выдержки висковых дистиллятов с дубовой древесиной, они насыщаются танинами, лактоном дуба и другими соединениями, которые придают ему округлость и глубину вкуса.

Послевкусие характеризуется продолжительностью вкусовых ощущений. Высококачественные образцы демонстрируют многослойность, сложенноструктурированность и продолжительность послевкусия, в котором могут преобладать сладкие, древесные, дымные или пряные ноты.

Таким образом, органолептический анализ виски является комплексной задачей, требующей как сенсорного опыта, так и знания химических процессов, на основании которых формируется вкусоароматический профиль напитка.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 2

В первом разделе Главы 2 диссертационного исследования представлено детализированное описание лабораторно-экспериментального стенда, экстракционного аппарата и способа позволяющего интенсифицировать процесс экстракции целевых компонентов на стадии выдержки висковых дистиллятов, разработанных на базе ФГБОУ ВО «КемГУ». Данные технико-технологические решения увеличили выход экстрагируемых веществ (сухие вещества и полифенолы) в ВВД в 2,5 раза, при сокращении длительности процесса в 3 раза по отношению к классическому способу выдержки.

Во втором разделе Главы 2 обоснован выбор материалов, задействованных в экспериментальных исследованиях, и подробно изложены методы оценки качественных характеристик висковых дистиллятов. Включены методы анализа физико-химических параметров, определение концентрации ключевых соединений, а также органолептическая оценка готового продукта.

ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

В Главе 3 диссертации приведены исследования по определению рациональных технико-технологических решений, приводящих к интенсификации процесса экстракции целевых компонентов из дубовой клепки на стадии выдержки висковых дистиллятов. Проанализированы результаты, полученные в процессе исследований.

3.1 Исследование влияния механического перемешивания воды на стадии получения молодых висковых дистиллятов

Как было сказано ранее, стадия выдержки висковых дистиллятов при производстве виски играет ключевую роль в формировании узнаваемых вкусоароматических свойств напитка [40; 46; 107]. Но ввиду того, что данный этап является самым продолжительным по времени в производстве, исследователи уделяют ему особое внимание и разрабатывают новые способы, позволяющие ускорить процессы, протекающие при выдержке висковых дистиллятов.

Оптимизация технологических режимов и модернизация оборудования, задействованного в производстве алкогольных напитков, возможны на различных этапах производственного процесса. Одной из значимых стадий, поддающихся усовершенствованию, является подготовка воды, которая выполняет ключевую роль в формировании качественных показателей готового продукта. Физико-химические свойства воды могут изменяться под воздействием различных внешних факторов, что, в свою очередь, влияет на скорость и характер протекания технологических процессов на всех этапах производства виски. Кроме того, изменения параметров воды может оказывать влияние на стабильность готового напитка, а также на его органолептические свойства [59; 111].

В современных производственных технологиях активно внедряются методы интенсификации, которые нацелены на значительное повышение эффективности процессов переработки сырья. Эти методы обеспечивают ускорение операций, улучшение выходов ключевых компонентов и качество конечного продукта, что делает их незаменимыми в различных отраслях промышленности.

Одним из ключевых способов интенсификации является механическое перемешивание. Этот процесс широко используется в таких областях, как пищевая промышленность, где он является важным инструментом для улучшения переработки сырья. Механическое перемешивание способствует более равномерному распределению компонентов, улучшению экстракции, растворению веществ и ускорению химических реакций, что непосредственно влияет на повышение производительности и экономичности процессов. В пищевой промышленности, в частности, такой подход позволяет добиться улучшения качества продуктов, их безопасности, а также оптимизации технологических параметров, что играет важную роль в создании высококачественной и конкурентоспособной продукции [100; 117].

Данный метод позволяет целенаправленно воздействовать на физико-химические характеристики компонентов, приводя к их структурным изменениям, улучшению растворимости и ускорения взаимодействий, что способствует повышению качества конечного продукта [89].

Совершенствование технологических процессов и адаптация используемого оборудования представляют собой важные направления в повышении эффективности производства алкогольных напитков. В особенности, значительное внимание должно быть уделено этапу подготовки воды, который является ключевым в технологической линии. Вода, как один из основных сырьевых источников при производстве напитков, оказывает существенное влияние на их качество. Ее химический состав, а также физико-химические свойства подвержены изменениям при воздействии различных факторов: температуры, давления и химических реагентов. Подобные изменения, как отдельные, так и комплексные, могут существенно повлиять на динамику

технологических процессов на всех стадиях производства. Например, в процессе экстракции, во время взаимодействия воды с дубовой клепкой, что может изменить конечные вкусовые и ароматические характеристики продукта [59; 111]. Более того, корректировка параметров воды может влиять на стабильность готового продукта, поскольку она влияет на химические реакции, проходящие во время ферментации и созревания. Влияние этих факторов важно учитывать, поскольку даже незначительные изменения в качестве воды могут привести к значительным вариациям в органолептических свойствах готового напитка, что непосредственно повлияет на его потребительскую ценность.

В современных промышленных технологиях активно используется широкий спектр методов, направленных на интенсификацию процессов, что способствует повышению их эффективности. Одним из наиболее универсальных и эффективных инструментов является механическое перемешивание. Этот метод находит широкое применение в различных секторах промышленности, в том числе в пищевом, для обработки различных видов сырья и материалов [100; 117]. Механическое воздействие оказывает комплексное влияние на их физические свойства, что способствует их улучшению [89]. Процесс механической активации приводит к изменению внутренней структуры материалов, что позволяет достичь более однородной консистенции, ускорить процессы и повысить выход экстрактивных веществ в конечном продукте. Кроме того, механическое воздействие изменяет не только физические характеристики, такие как плотность и вязкость, но и способствует изменению химической активности материалов. Эти изменения оказывают важное влияние на скорость протекания реакций, эффективность преобразования сырья и качество готового напитка, но следует обратить внимание, оно не должно изменяться в худшую сторону из-за производимых манипуляций над сырьем и материалами, участвующими в производстве напитка.

В первую очередь качество напитка определяется по органолептическим показателям, так как именно их характеристика влияет на вкус и аромат (букет) виски [116; 120]. Такие характеристики определяются наличием примесей,

которые образуются в процессах на каждой из стадий производства виски и переходят из сырья непосредственно в сам напиток.

Воздействие механическим перемешиванием на воду применяли на двух стадиях производства виски, а именно приготовление затора и разбавление молодого вискового дистиллята до необходимой крепости перед стадией выдержки. Отметим, что вода использовалась разная, на этапе затираания применяли водопроводную воду, на этапе разбавления вискового дистиллята использовали дистиллированную воду.

Молодой висковый дистиллят, полученный в лабораторных условиях (подробно описано в пункте 2.4 Главы 2), перед стадией выдержки был разбавлен умягченной водой путем ее дистилляции до крепости 50 % об. Далее контрольный образец – это молодой висковый дистиллят без механической обработки, опытный образец – молодой висковый дистиллят с применением на него механического воздействия.

На этапах затираания и ферментации определяется ряд факторов, которые оказывают воздействие на протекающие внутри процессы, один из таких факторов – это активная кислотность среды [36; 48; 81]. Механическое воздействие оказывает влияние на кислотно-щелочное равновесие водных сред, о чем говорится в ряде работ других исследователей [47; 130].

В Таблице 3.1 приведен pH воды до и после механической обработки.

Таблица 3.1 – Активная кислотность воды

Образец	Вода	
	водопроводная	дистиллированная
До обработки	7,17±0,20	6,20±0,20
После механического перемешивания	6,12±0,20	5,00±0,15

Воздействие интенсивного механического перемешивания оказывает влияние в виде смещения pH в слабокислую область во всех случаях (в среднем

на 1 ед.). Данное изменение среды впоследствии положительно отразится на дальнейших этапах затираания, ферментации сусла и показателях дистиллята.

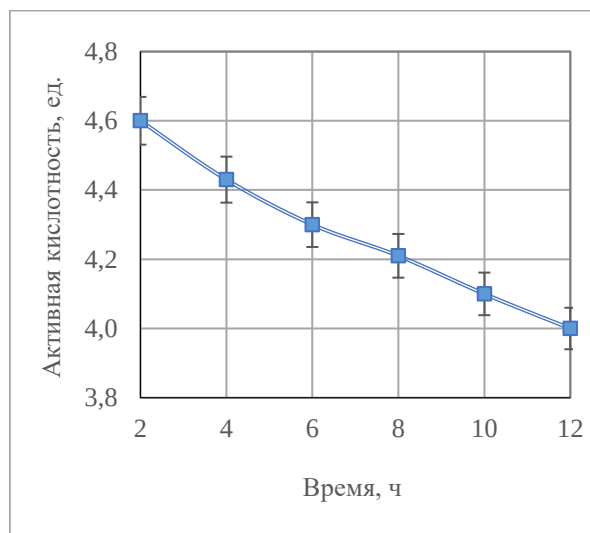


Рисунок 3.1 – Изменение рН дистиллированной воды после окончания механообработки с течением времени

В ходе проведенных исследований выявлена тенденция к снижению уровня рН дистиллированной воды после завершения механического перемешивания, что свидетельствует о наличии релаксационных процессов в системе [32; 124]. Как демонстрируют данные, представленные на Рисунке 3.1, кислотно-щелочной баланс воды продолжает изменяться в течение всего наблюдаемого периода (12 часов). При этом в начальной фазе релаксации (первые 4 часа) снижение рН происходит со средней скоростью 0,14 единиц в час, после чего наблюдается замедление процесса до 0,05 единиц в час. Такой характер изменения указывает на постепенную стабилизацию системы и достижения ею состояния термодинамического равновесия.

Данный эффект может объясняться несколькими физико-химическими механизмами. Во-первых, после прекращения механического воздействия

начинается процесс растворения углекислого газа из атмосферы, что приводит к образованию угольной кислоты и, как следствие, к снижению pH. Во-вторых, возможно наличие внутренних структурных изменений в жидкой фазе, вызванных перемешиванием, что приводит к постепенному изменению взаимодействий между молекулами воды и растворенными в ней газами. Кроме того, нельзя исключать влияние электростатических эффектов, возникающих в результате изменения молекулярной ориентации при механическом воздействии.

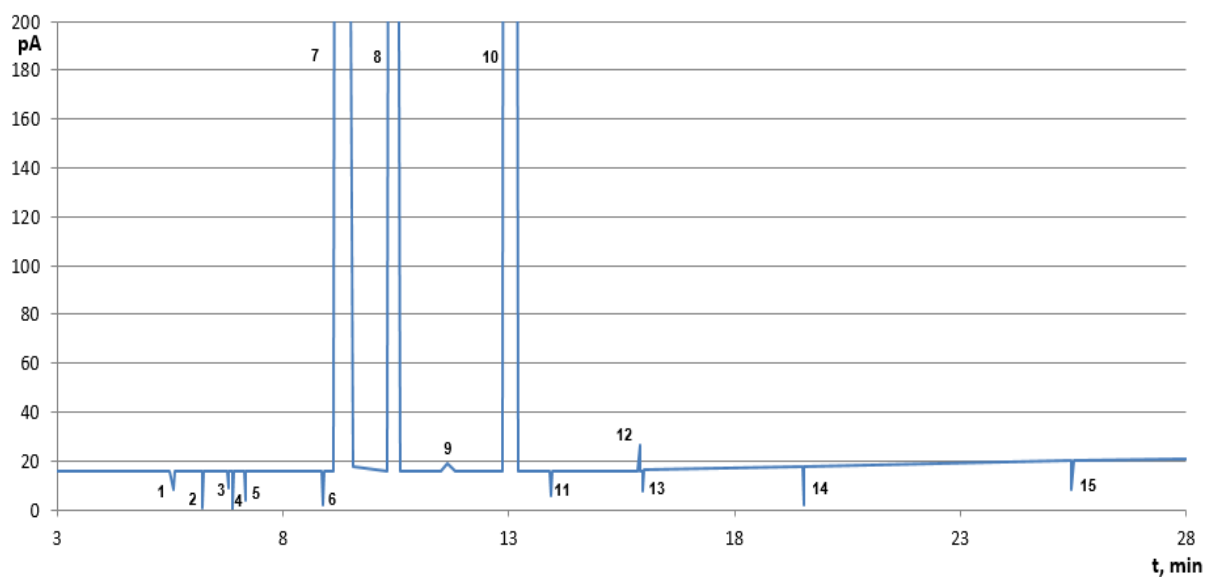
Дополнительно были проанализированы характеристики сусла и бражки (Таблица 3.2), что позволило выявить важные закономерности в изменении их состава. В частности, в опытных образцах увеличивается массовая доля экстракта на 4,8 %, а также рост концентрации этилового спирта на 3,0 % об. Эти изменения могут быть обусловлены усилением процессов ферментативного гидролиза и брожения, что, вероятно, связано с модификацией физико-химических свойств среды в результате механического воздействия.

Таблица 3.2 – Показатели сусла и бражки

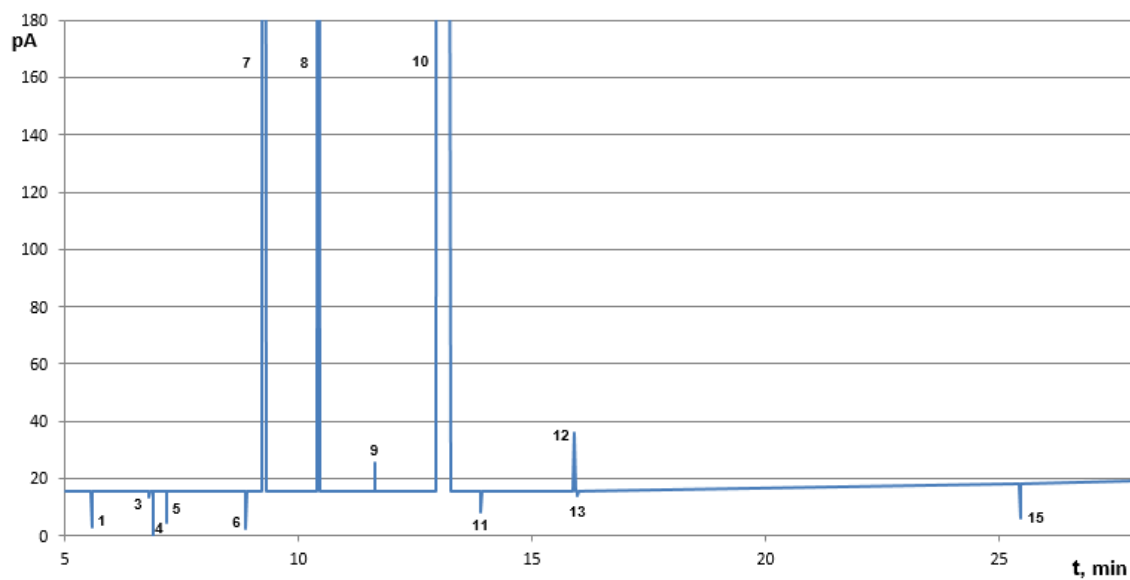
Показатель	Сусло		Бражка	
	К	О	К	О
Массовая доля сухих веществ, %	16,5±0,3	17,3±0,3	2,8±0,05	2,2±0,05
Объемная доля спирта, %	-	-	8,91±0,15	9,18±0,15

3.2 Хроматографический анализ образцов молодых висковых дистиллятов при воздействии на них механического перемешивания

Хроматограммы молодых ВД приведены на Рисунке 3.2, количественное содержание отдельных групп примесей на Рисунке 3.3.



а)



б)

Рисунок 3.2 – Хроматограммы молодого вискового дистиллята, изготовленного с использованием воды:

а) без обработки, б) после механического перемешивания.

Обозначения: 1 – ацетальдегид, 2 – ацетон, 3 – этилацетат, 4 – метанол, 5 – 2-пропанол, 6 – 2-бутанол, 7 – 1-пропанол, 8 – изобутанол, 9 – 1-бутанол, 10 – изоамилол, 11 – 1-пентанол, 12 – этилактат, 13 – гексанол, 14 – бензальдегид, 15 – фенилэтанол

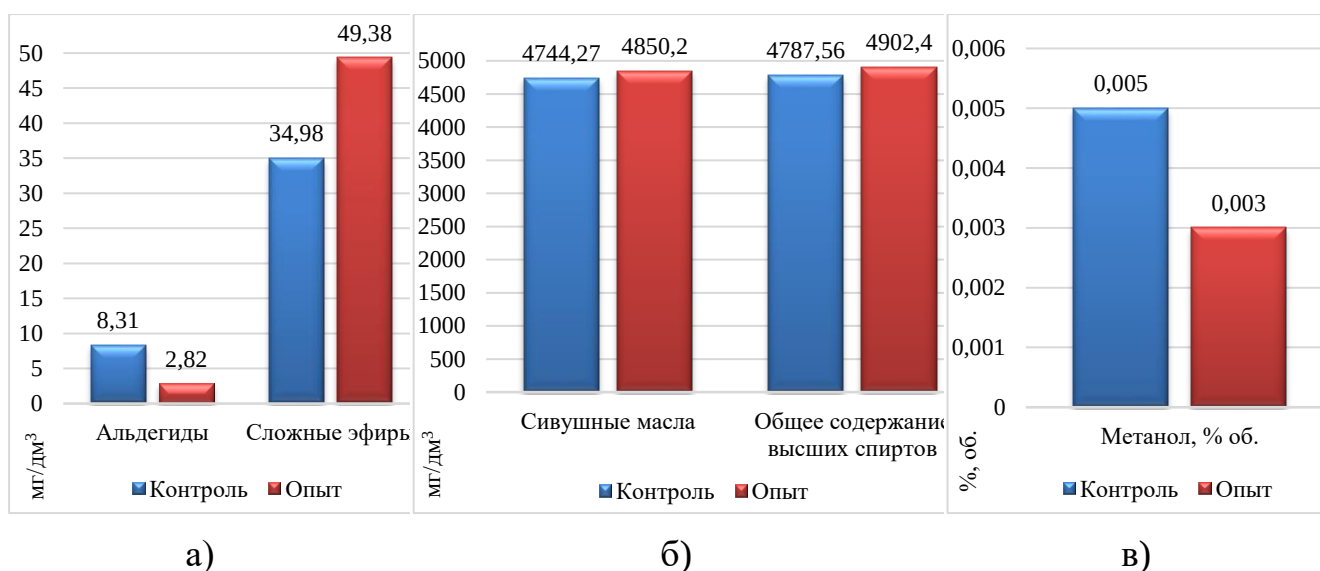


Рисунок 3.3 – Количественное содержание отдельных групп примесей

Из полученных данных, представленных на Рисунке 3.3, видно, что образцы опыт и контроль обладают наличием примесей в виде сивушных масел, данная характеристика подтверждает работы, выполненные другими авторами, изучающими состав веществ алкогольных напитков и их побочное влияние [84; 98; 126]. В общей сложности содержание примесей опытного образца незначительно отличается от контрольного, не подвергающегося механическому воздействию воды, но отдельные группы побочных веществ показывают существенное количественное изменение данных. Рассмотрим следующие показатели опытного образца по сравнению с контрольным:

- резкое снижение альдегидов (66 %);
- снижение метанола (40 %);
- возрастание концентрации сложных эфиров (41 %);
- увеличение количества высших спиртов в среднем на 2 %.

Стоит отметить, что наличие летучих примесей не превышает допустимых норм согласно государственным стандартам [31; 32]. Снижение метанола свидетельствует о безопасности дистиллята и также положительно сказывается

на дальнейших вкусоароматических показателях напитка, за счет высокого содержания сложных эфиров [37; 127].

Анализ состава примесей по качеству и количеству в исследуемых дистиллятах (Рисунок 3.4) позволяет определить их особенности.

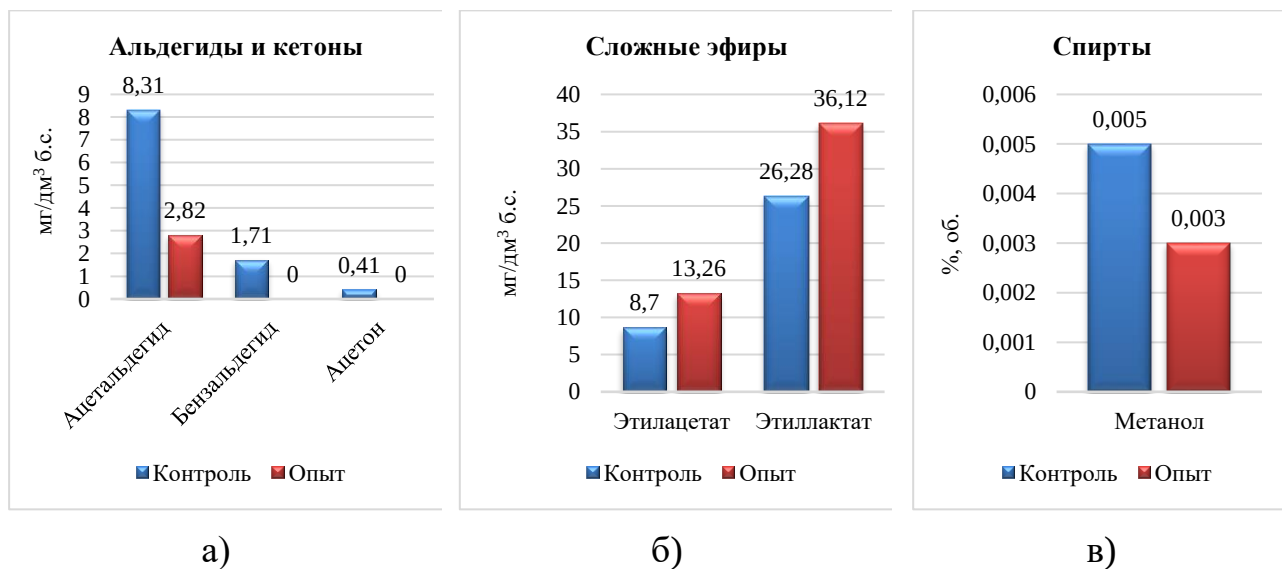


Рисунок 3.4 – Содержание летучих компонентов в дистилляте:

б. с. – безводный спирт, 0 – не обнаружено

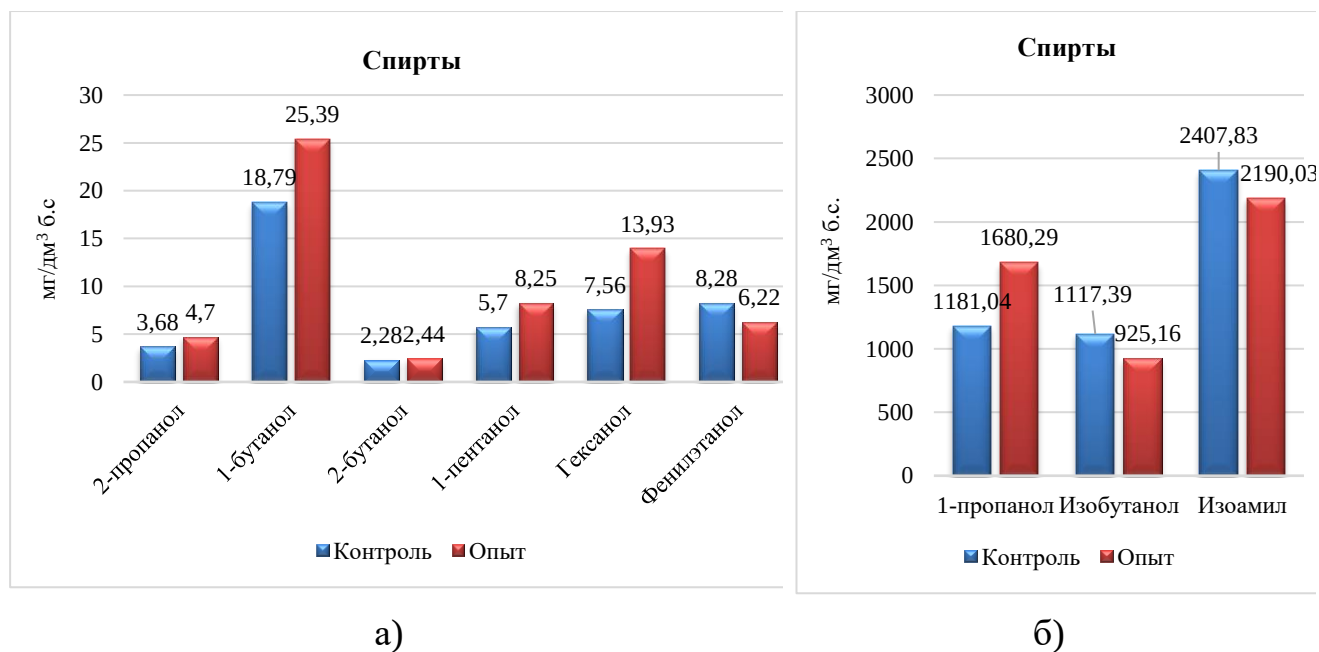


Рисунок 3.5 – Содержание летучих компонентов в дистилляте:

а и б – содержание спиртов в висковом дистилляте

б. с. – безводный спирт, 0 – не обнаружено

Опытный образец дистиллята подтверждает отсутствие ацетона и бензальдегида по сравнению с контрольным образцом. Разница в следующих показателях распределяется следующим образом (опыт к контрольному образцу):

- содержание ацетальдегида меньше в 3 раза;
- увеличения показателя этилацетата в 1,5 раза и этиллактата в 1,4 раза;
- увеличение высших спиртов (1-пропанол, 2-пропанол, 1-бутанол, 1-пентанол, гексанол) в среднем на 30–84 %;
- снижение изобутанола в 1,2 раза, фенилэтанола – в 1,3 раза.

Такое изменение в количественном составе отдельных групп летучих примесей может быть вызвано воздействием механического перемешивания на воду в опытном образце вискового дистиллята. Как было сказано ранее (Таблица 3.2), после механического воздействия на воду наблюдалось изменение кислотно-щелочного баланса воды в сторону кислой области. Такое изменение может быть вызвано распадом перекиси водорода, которая образуется за счет активного насыщения кислородом воды в момент ее перемешивания.

Изменение состава воды запускает биохимические и физико-химические процессы на этапах затираания и на стадии разбавления спирта-сырца дистиллированной водой, подвергающейся механическому воздействию. Эти процессы сказываются на показателях дрожжевой культуры, а также влияют на синтез вкусоароматических веществ [123; 129; 131].

Увеличение массовой доли сухих веществ в опытном образце сусла и крепости в зрелой бражке (Таблица 3.3) может свидетельствовать об оптимизации процессов на этапе затираания и ферментации сусла за счет применения воды, подвергающейся механическому активированию.

Присутствие кислорода в воде на стадии разбавления висковых дистиллятов, также оказывает положительное влияние на возникновение группы отдельных летучих примесей в получаемом напитке. Воздействие дополнительного кислорода способствует более активному окислению спиртов до альдегидов и, как следствие, образованию простых эфиров, что подтверждается уменьшением количества альдегидов и ростом сложных эфиров (Рисунок 3.4 и 3.5).

Далее рассмотрим, влияние летучих соединений на вкусоароматический профиль напитков:

- 1) ацетальдегид придает напитку привкус и запах незрелых, зеленых яблок;
- 2) бензальдегид – запах и привкус марципана или миндального масла;
- 3) этилацетат – цветочно-анисовый привкус и фруктовый аромат;
- 4) этиллактат – эфирный запах и привкус фруктов;
- 5) 1-пропанол и изобутанол – жгучий вкус и запах алкоголя;
- 6) изоамил придает винный запах изоамилового спирта;
- 7) гексанол – запах и привкус муки;
- 8) фенилэтанол придает напитку запах розы.

Если говорить о роли отдельных летучих соединений в образцах, то она неоднозначна относительно органолептики напитков [119; 131]. Данные соединения в большей части образуются на стадии ферментации солодового сусла, остальная часть приходится на процесс перегонки.

В совокупности группы примесей оказывают большее влияние на органолептику напитка, например:

- наличие альдегидов и кетонов свидетельствует о наличии неприятных незрелых тонов, или частично содержит тона орехов или цветов;
- наличие высших алифатических спиртов придает напиткам медовые, спелые фруктовые или смолистые оттенки;
- эфиры – фруктовые и подобные им тона.

Таким образом, при механическом воздействии на воду, впоследствии происходит увеличение количества сложных эфиров в дистилляте, что является положительным эффектом, потому что у готового напитка происходит смягчение и облагораживание вкусовых качеств.

Исходя из всего вышесказанного можно сделать вывод о том, что воздействие механической обработки на технологическую воду оказывает общее положительное влияние, а именно:

- происходит подкисление среды, сухие вещества увеличиваются на 5 % в сусле и на 3 % увеличивается доля спирта в бражке;
- дистилят опытного образца содержит меньше альдегидов в 3 раза, а метанола в 1,4 раза по отношению к контрольному образцу (без воздействия механического перемешивания);
- концентрация сложных эфиров возрастает на 44 %, что свидетельствует о положительном влиянии на органолептику виски.

3.3 Исследование влияния механического перемешивания и сверхвысокочастотного излучения на висковый дистилят с дубовой клепкой

На первом этапе исследования получили молодые ВД с концентрацией спирта (C_c) в них равной $C_c = 40$ % об, $C_c = 50$ % об, $C_c = 60$ % об. Затем литровые ёмкости заполнили данными дистиллятами и добавили в них дубовую клепку сильного обжига (10 г клепки на 1 дм³ раствора) с размером 10×10×10 мм, для осуществления процесса экстракции на стадии выдержки дистилятов.

Для оценки влияния механического перемешивания и сверхвысокочастотного излучения на характеристики выдержанных ВД образцы были разделены на четыре группы в зависимости от концентрации спирта и времени воздействия СВЧ-излучения. При этом следующие параметры были зафиксированы по результатам предыдущих исследований, а именно: число оборотов механической мешалки – 1500 мин⁻¹; время воздействия в течение 4÷7 мин (3 мин предварительного воздействия, далее совместное воздействие механического перемешивания и СВЧ-излучения в течение 1÷3 мин) с периодичностью один раз в два дня; мощность микроволновой печи 750 Вт. В качестве ключевого параметра также использовалась дубовая клепка сильного обжига.

Распределение образцов в зависимости от крепости дистилята и времени воздействия микроволн представлено в Таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Распределение образцов в ходе экспериментального исследования

Группа	Концентрация спирта в ВД (Сс), % об	Время воздействия СВЧИ на ВД, мин	Наименование образца
Первая группа	40	1	Образец 1-1
		2	Образец 1-2
		3	Образец 1-3
Вторая группа	50	1	Образец 2-1
		2	Образец 2-2
		3	Образец 2-3
Третья группа	60	1	Образец 3-1
		2	Образец 3-2
		3	Образец 3-3
Четвертая группа	40	Без воздействия	Образец 4-1
	50		Образец 4-2
	60		Образец 4-3

В данном эксперименте первые три группы образцов ВД подвергались воздействию механического перемешивания и СВЧ-излучения в экстракционном аппарате (Рисунок 2.3 в п. 2.2), с целью оценки его влияния на физико-химические и органолептические характеристики дистиллятов на стадии их выдержки. Образцы каждой группы подвергались механическому перемешиванию с указанными выше параметрами и микроволновой обработке длительностью воздействия 1, 2 и 3 мин, соответственно, с интервалом в 2 дня между каждым воздействием. Таким образом, процесс обработки был регулярным, что позволило наблюдать изменения, происходящие под влиянием систематического микроволнового воздействия в течение всей продолжительности исследования.

Для каждой из групп была выбрана определенная концентрация спирта в дистилляте, а именно 40 % об., 50 % об., и 60 % об., что позволило изучить, как

разная крепость дистиллята влияет на его качество при внешнем воздействии механического перемешивания и СВЧ-обработки. Использование различных временных интервалов воздействия (1, 2 и 3 мин) позволило оценить зависимость изменений органолептических и физико-химических характеристик висковых дистиллятов от длительности воздействия микроволнового излучения.

Четвертая группа, являющаяся контрольной, не подвергалась воздействию механического перемешивания и микроволн, и висковые дистилляты выдерживались согласно классической технологии производства виски, что позволило провести сравнительный анализ и оценку эффективности воздействия механического перемешивания и СВЧ-излучения на процесс созревания и качество дистиллятов.

Продолжительность эксперимента составила 365 дней, что обеспечило достаточный временной интервал для наблюдения изменений в свойствах дистиллятов и их органолептических характеристиках.

3.3.1 Определение содержания полифенолов в выдержанных висковых дистиллятах, подвергавшихся воздействию механического перемешивания и сверхвысокочастотного излучения

Для количественного анализа содержания полифенольных соединений в выдержанных висковых дистиллятах необходимо провести измерение оптической плотности (D) исследуемых образцов. Данный показатель характеризует степень светопоглощения и позволяет оценить измерения цветовых характеристик дистиллята в процессе его выдержки. В ходе эксперимента измерения значений D осуществлялись на фотоэлектроколориметре КФК-2, методика измерений более подробно описана в п. 2.4.1. Применялись кюветы, обеспечивающие толщину оптического слоя 10 мм, длина волны при этом составляла 540 нм, что соответствует области максимального поглощения полифенольных соединений в видимом спектре.

В качестве эталонного образца использовался очищенный ВД, не подвергавшийся дополнительной обработке механическим перемешиванием и СВЧ-излучения.

Для изучения динамики изменения оптической плотности измерения проводились на протяжении одного года с фиксированной периодичностью отбора проб – один раз в 28 дней. Это позволило проследить характерные закономерности формирования окраски и накопления окрашенных соединений ВД в условиях выдержки.

Особый интерес представляет влияние воздействия механического перемешивания и сверхвысокочастотного излучения на процесс экстракции фенольных соединений из дубовой клепки. Для оценки данного эффекта в работе представлены результаты изменений значений D в образцах вискового дистиллята, выдержанного с дубовой клепкой, под воздействием механического перемешивания и СВЧ-обработки. Эти данные систематизированы и приведены в Таблице 3.4, что позволяет провести детальный анализ и выявить возможные корреляционные зависимости между условиями выдержки и интенсивностью окрашивания вискового дистиллята.

Исходя из данных, представленных в Таблице 3.4, можно сделать вывод о том, что на каждом промежутке времени выдержки висковых дистиллятов значения оптической плотности возрастают.

В качестве примера, после 21 дня выдержки у «Образца 1-2» с содержанием спирта 40 % об., и двухминутным воздействием на него микроволн, оптическая плотность D составляла 0,041 единиц, а по истечении 258 суток 0,18 единиц. Максимальное значение D достигается в «Образце 3-1» с содержанием спирта 60 % и воздействием на него микроволн в течение одной минуты. При этом данный показатель изменился от 0,089 до 0,22 единицы, что говорит об увеличении показателя оптической плотности почти в 2,5 раза.

Воздействие механического перемешивания запускает процесс экстракции за счет хаотичного движения дубовой клепки в дистилляте, а сверхвысокочастотное излучение обеспечивает, нагрев висковых дистиллятов с

дубовой клепкой сильной обжарки, интенсифицируя при этом процесс отдачи цвета и извлечения целевых компонентов в ВД [13; 112; 115].

Далее, на основе полученных значений оптической плотности определили содержание полифенолов в выдержанных висковых дистиллятах, подвергавшихся воздействию механического перемешивания и СВЧ-излучения.

Таблица 3.4 – Значения оптической плотности висковых дистиллятов при воздействии на них механического перемешивания и сверхвысокочастотного излучения

Сс, % об.	t, (мин)	D, ед							
Продолжитель- ность выдержки, сут.		21	46	150	199	211	226	234	258
40	1	0,091 ±0,02	0,43 ±0,05	0,55 ±0,06	0,56 ±0,03	0,14 ±0,05	0,15 ±0,03	0,18 ±0,03	0,19 ±0,02
40	2	0,041 ±0,04	0,053 ±0,05	0,05 ±0,03	0,05 ±0,02	0,14 ±0,05	0,12 ±0,03	0,16 ±0,02	0,18 ±0,03
40	3	0,068 ±0,02	0,051 ±0,03	0,058 ±0,03	0,058 ±0,02	0,16 ±0,05	0,16 ±0,03	0,2 ±0,1	0,21 ±0,05
50	1	0,072 ±0,05	0,055 ±0,02	0,11 ±0,02	0,1 ±0,03	0,2 ±0,03	0,1 ±0,05	0,15 ±0,02	0,21 ±0,05
50	2	0,05 ±0,03	0,051 ±0,03	0,1 ±0,05	0,12 ±0,03	0,19 ±0,04	0,12 ±0,05	0,13 ±0,05	0,18 ±0,02
50	3	0,066 ±0,05	0,053 ±0,03	0,1 ±0,05	0,17 ±0,04	0,2 ±0,03	0,13 ±0,05	0,15 ±0,05	0,19 ±0,03
60	1	0,094 ±0,02	0,054 ±0,02	0,17 ±0,04	0,15 ±0,02	0,21 ±0,02	0,15 ±0,03	0,18 ±0,1	0,22 ±0,1
60	2	0,089 ±0,02	0,1 ±0,04	0,15 ±0,04	0,16 ±0,03	0,2 ±0,03	0,15 ±0,02	0,25 ±0,07	0,2 ±0,07
60	3	0,091 ±0,03	0,057 ±0,02	0,16 ±0,06	0,18 ±0,02	0,22 ±0,03	0,18 ±0,02	0,2 ±0,1	0,21 ±0,08

Полифенольные соединения представляют собой обширный класс биологически активных веществ, содержащих ароматические кольца с одной или несколькими гидроксильными группами. Их химическая структура обуславливает высокую реакционную способность, а также способность к комплексообразованию и окислительно-восстановительным процессам, что играет ключевую роль в формировании цветовых, вкусовых и ароматических характеристик выдержанных алкогольных напитков [28; 113].

Одной из наиболее значимых подгрупп полифенолов являются танины (дубильные вещества), которые представляют собой высокомолекулярные фенольные соединения природного происхождения. Эти вещества обладают высокой растворимостью в водно-спиртовых смесях, что обуславливает их активную экстракцию из древесины дуба при выдержке висковых дистиллятов. Процесс экстракции танинов связан с их диффузией из структуры дубовой клепки в окружающую спиртовую среду, где они вступают в реакции окисления, полимеризации и взаимодействия с другими компонентами напитка, формируя его уникальный состав.

Функциональная значимость танинов в технологии выдержки дистиллятов обусловлена их многогранным воздействием на органолептические свойства конечного продукта. В первую очередь они способствуют изменению цвета напитка за счет формирования окрашенных комплексов с продуктами окисления лигнина и других фенольных соединений. Кроме того, танины определяют вкусовой профиль дистиллята, придавая ему характерную терпкость, мягкость и структурированность. Взаимодействуя с летучими ароматическими соединениями, полифенолы также влияют на формирование сложного букета напитка, способствуя развитию древесных, ванильных, пряных и фруктовых оттенков.

Таким образом, исследование динамики накопления и трансформации полифенолов в процессе выдержки ВД является важным направлением в области технологии производства качественных спиртных напитков. Оптимизация условий экстракции этих соединений, а также изучение влияния различных факторов на их поведение в водно-спиртовой среде, позволяет целенаправленно

управлять процессами созревания дистиллятов и добиваться высоких потребительских характеристик готового продукта.

Итак, в течение одного года в исследуемых образцах ВД определялось содержание полифенольных веществ по методу Еруманиса, описанному в пункте 2.5.2.

Начало процесса экстракции на стадии выдержки висковых дистиллятов сопровождается изменением окраски водно-спиртового раствора и впоследствии формированием цвета получаемого напитка.

На первом этапе, в течение года, проведено исследование по определению содержания полифенолов в контрольных «Образцах 4-1, 4-2, 4-3» ВД с дубовой клепкой сильного обжига при отсутствии воздействия на них механического перемешивания и сверхвысокочастотного излучения. Полученные результаты представлены и на Рисунке 3.6.

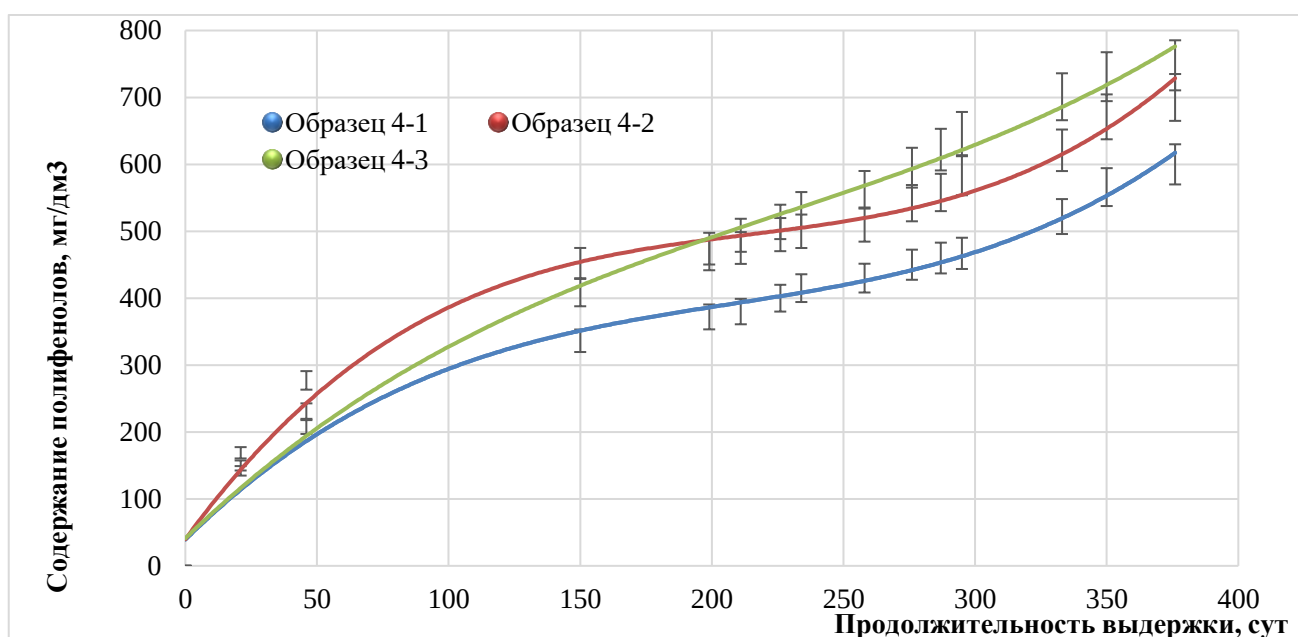


Рисунок 3.6 – Содержание полифенолов в контрольных образцах ВД в течение одного года созревания при отсутствии воздействия механического перемешивания и СВЧ-излучения на ВД

Из Рисунка 3.6 видно, что в контрольных образцах содержание полифенолов достигает максимального значения при 60 % об., концентрации спирта и составляет 748 мг/дм³, для «Образцов 4-1 и 4-2» с концентрацией спирта в 40 % об., и 50 % об., – 600 мг/дм³ и 700 мг/дм³ соответственно. По истечении года сохраняется общая тенденция роста содержания полифенолов для всех контрольных образцов, свидетельствуя о том, что процесс извлечения целевых компонентов не завершается и может продолжаться до 3-х лет и более, как при классическом способе созревания виски.

Полученные кривые (Рисунок 3.6) можно описать полиномами третьей степени, которые в достаточной степени точности отражают полученные результаты, о чем свидетельствует величина достоверности аппроксимации R^2 .

Для «Образца 4-1»:

$$y = 0,00003 \times x^3 - 0,0157 \times x^2 + 3,8693 \times x + 39,29. \quad R^2 = 0,987. \quad (1)$$

Для «Образца 4-2»:

$$y = 0,00004 \times x^3 - 0,023 \times x^2 + 5,4 \times x + 39,77. \quad R^2 = 0,986. \quad (2)$$

Для «Образца 4-3»:

$$y = 0,00002 \times x^3 - 0,0109 \times x^2 + 3,79 \times x + 41,17. \quad R^2 = 0,99. \quad (3)$$

На втором этапе, в течение года, проведено исследование по определению содержания полифенолов: в «Образцах 1-1, 1-2, 1-3» ВД с концентрацией спирта в них 40 % об.; «Образцах 2-1, 2-2, 2-3» ВД с концентрацией спирта в них 50 % об.; «Образцах 3-1, 3-2, 3-3» ВД с концентрацией спирта в них 60 % об., при воздействии механического перемешивания, с заданными ранее параметрами и сверхвысокочастотного излучения продолжительностью 1, 2 и 3 мин на каждый образец. Полученные результаты для «Образцов 1-1, 1-2, 1-3» представлены на Рисунке 3.7.

Содержание полифенолов в висковых дистиллятах в течение одного года, в «Образцах 1-1, 1-2, 1-3» достигает своего максимального значения и составляет 1326,7 мг/дм³, при воздействии механического перемешивания, с заданными

ранее параметрами и СВЧ-излучения в течение одной минуты и 916,76 мг/дм³, 975,96 мг/дм³ при обработке образцов ВД сверхвысокочастотным излучением в течение двух и трёх минут – соответственно.

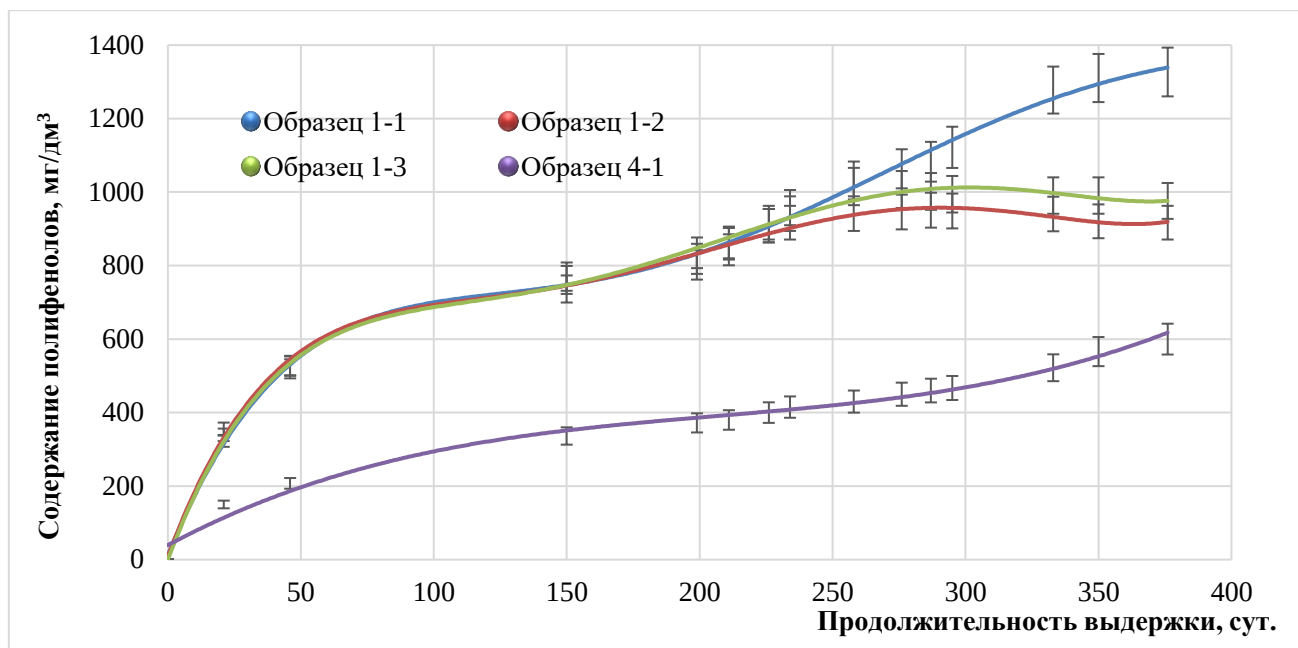


Рисунок 3.7 – Содержание полифенолов в «Образцах 1-1, 1-2, 1-3» ВД с дубовой клепкой сильного обжига в течение одного года созревания при воздействии на них механического перемешивания и СВЧ-излучения

Необходимо отметить, что «Образец 1-1» вискового дистиллята с концентрацией спирта 40 % об., подвергающийся воздействию СВЧ-излучения в течение 1 мин имеет наилучший результат относительно других образцов с той же концентрацией.

Полученные кривые (Рисунок 3.7) можно описать полиномами пятой степени, которые в достаточной степени точности отражают полученные результаты, о чем свидетельствует величина достоверности аппроксимации R^2 .

Для «Образцов 1-1, 1-2, 1-3»:

$$y = 10^{-9} \times x^5 - 20 \cdot 10^{-6} \times x^4 + 0,0008 \times x^3 - 0,177 \times x^2 + 17,86 \times x + 11,2. \quad R^2 = 0,99; \quad (4)$$

$$y = 30,9 \times x^5 - 30,6 \times x^4 + 0,0012 \times x^3 - 0,221 \times x^2 + 19,53 \times x + 8,43. \quad R^2 = 0,99; \quad (5)$$

$$y = 30,9 \times x^5 - 30,6 \times x^4 + 0,0012 \times x^3 - 0,218 \times x^2 + 19,41 \times x - 0,82. \quad R^2 = 0,99. \quad (6)$$

Сравнив полученные наивысшие показатели полифенолов в «Образцах 1-1 и 4-1» можно сделать следующий вывод. Максимальное количество полифенолов в «Образце 1-1» равное 1326,7 мг/дм³ практически в 1,5 раза превышает их в контрольном «Образце 4-1» ВД (748 мг/дм³), что свидетельствует о положительном влиянии механического перемешивания и микроволн на процесс созревания висковых дистиллятов.

Далее получили содержание полифенолов в «Образцах 2-1, 2-2, 2-3», численные значения которых представлены на Рисунке 3.8.

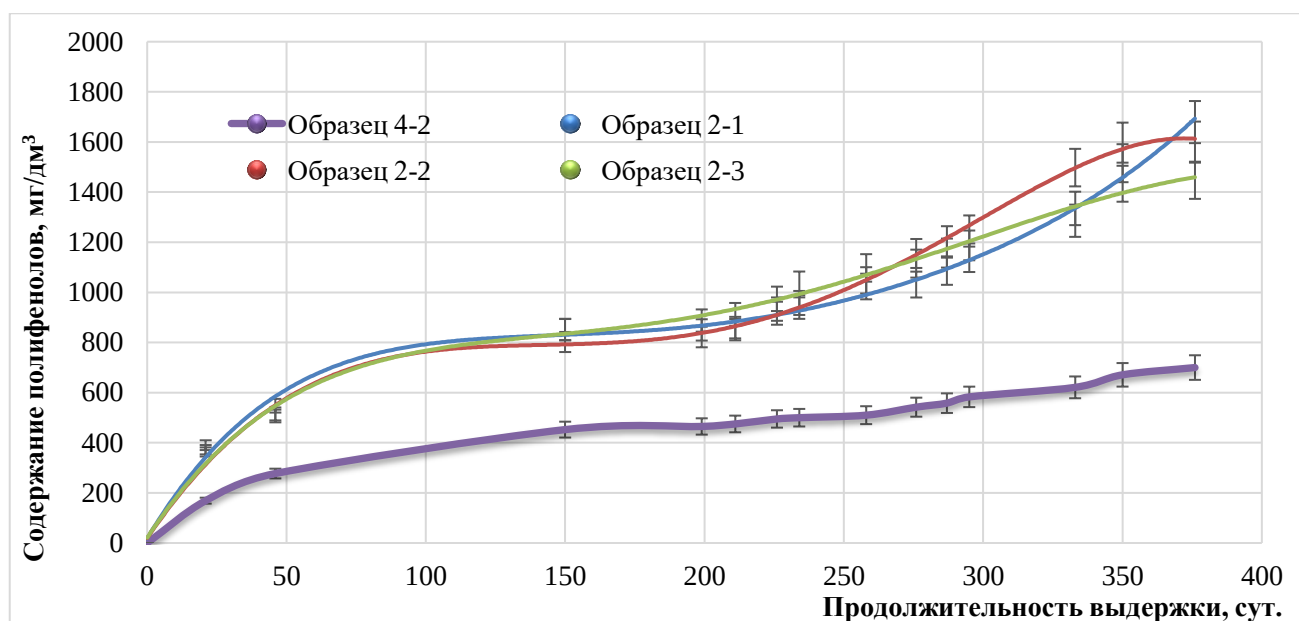


Рисунок 3.8 – Содержание полифенолов в «Образцах 2-1, 2-2, 2-3» ВД с дубовой клепкой сильного обжига в течение одного года созревания при воздействии на них механического перемешивания и СВЧ-излучения

Содержание полифенолов в висковых дистиллятах в течение одного года, в «Образцах 2-1, 2-2, 2-3» достигает своего максимального значения и составляет 1679,7 мг/дм³, при воздействии СВЧ-излучения в течение 1 мин и 1601,3 мг/дм³, 1445,3 мг/дм³ при обработке образцов ВД сверхвысокочастотным излучением в течение двух и трёх минут – соответственно.

Полученные кривые (Рисунок 3.8) описываются полиномами пятой степени, которые в достаточной степени точности отражают полученные результаты, о чем свидетельствует величина достоверности аппроксимации R^2 .

Для «Образцов 2-1, 2-2, 2-3»:

$$y = 10\cdot 9 \times x^5 - 10\cdot 6 \times x^4 + 0,0007 \times x^3 - 0,168 \times x^2 + 18,68 \times x + 17,83. \quad R^2 = 0,99; \quad (7)$$

$$y = -90\cdot 9 \times x^5 + 20\cdot 7 \times x^4 + 0,0003 \times x^3 - 0,119 \times x^2 + 16,39 \times x + 19,48. \quad R^2 = 0,99; \quad (8)$$

$$y = 50\cdot 9 \times x^5 - 90\cdot 6 \times x^4 + 0,0006 \times x^3 - 0,14 \times x^2 + 16,78 \times x + 21,42. \quad R^2 = 0,99. \quad (9)$$

Далее, сравнив полученные наилучшие показатели полифенолов в «Образцах 2-1 и 4-2» можно сделать следующий вывод. Максимальное количество полифенолов в «Образце 2-1» равное $1679,7 \text{ мг/дм}^3$ практически в 2,4 раза превышает их в контрольном «Образце 4-2» ВД (700 мг/дм^3), что так же свидетельствует о положительном влиянии механического перемешивания и микроволн, интенсифицирующих процесс созревания ВД.

Затем получили содержание полифенолов в «Образцах 3-1, 3-2, 3-3», численные значения которых представлены на Рисунке 3.9.

Содержание полифенолов в висковых дистиллятах в течение одного года, в «Образцах 3-1, 3-2, 3-3» достигает своего максимального значения и составляет $1843,3 \text{ мг/дм}^3$, при воздействии механического перемешивания, с заданными ранее параметрами и СВЧ-излучения в течение 1 мин и $1399,3 \text{ мг/дм}^3$, $1272,3 \text{ мг/дм}^3$ при обработке образцов ВД сверхвысокочастотным излучением в течение двух и трёх минут – соответственно.

Также необходимо отметить, что «Образец 3-1» вискового дистиллята с концентрацией спирта 60% об., подвергающийся воздействию механического перемешивания, с заданными ранее параметрами и СВЧ-излучения в течение 1 мин имеет наилучший результат относительно других образцов с той же концентрацией.

Полученные кривые (Рисунок 3.9) описываются полиномами пятой степени, которые в достаточной степени точности отражают полученные результаты, о чем свидетельствует величина достоверности аппроксимации R^2 .

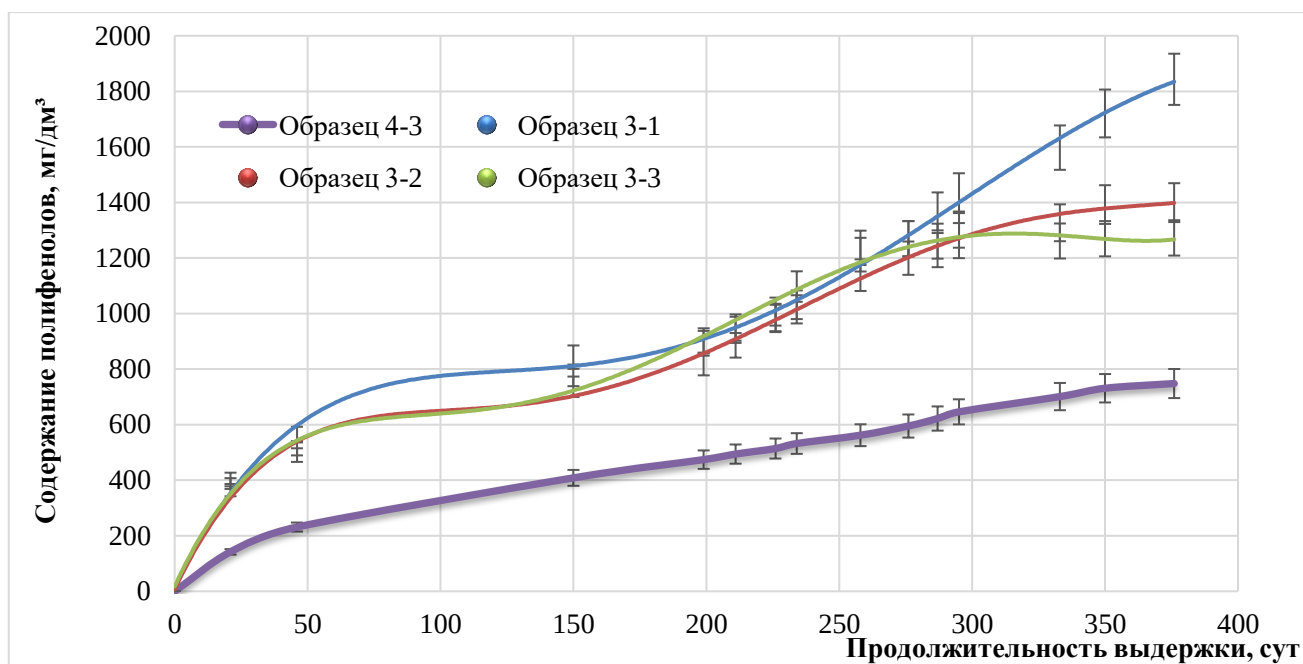


Рисунок 3.9 – Содержание полифенолов в «Образцах 3-1, 3-2, 3-3» ВД с дубовой клепкой сильного обжига в течение одного года созревания при воздействии на них механического перемешивания и СВЧ-излучения

Для «Образцов 3-1, 3-2, 3-3»:

$$y = 10^{-9} \times x^5 - 20 \cdot 10^{-6} \times x^4 + 0,0009 \times x^3 - 0,197 \times x^2 + 20,15 \times x + 10,04. \quad R^2 = 0,99; \quad (10)$$

$$y = 30 \cdot 10^{-9} \times x^5 - 30 \cdot 10^{-6} \times x^4 + 0,0014 \times x^3 - 0,244 \times x^2 + 20,25 \times x + 6,83. \quad R^2 = 0,99; \quad (11)$$

$$y = 40 \cdot 10^{-9} \times x^5 - 40 \cdot 10^{-6} \times x^4 + 0,0017 \times x^3 - 0,276 \times x^2 + 20,98 \times x + 17,3. \quad R^2 = 0,99. \quad (12)$$

Сравнив полученные наилучшие показатели полифенолов в «Образцах 3-1 и 4-3» можно сделать следующий вывод. Максимальное количество полифенолов в «Образце 3-1», равное 1843,3 мг/дм³ практически в 2,5 раза превышает их в контрольном «Образце 4-3» ВД (748 мг/дм³), что свидетельствует о положительном влиянии механического перемешивания и микроволн, интенсифицирующих процесс созревания висковых дистиллятов.

При сравнении значений полифенолов, определенных в течение года, во всех выдержанных образцах ВД, можно отметить, что их максимальные показатели наблюдались в «Образцах 1-1, 2-1 и 3-1» (1326,7, 1679,7 и 1843,3 мг/дм³),

подвергавшихся воздействию механического перемешивания, с заданными ранее параметрами и сверхвысокочастотного излучения в течение 1 минуты.

Данное исследование показало, что применение механического перемешивания, с заданными ранее параметрами и сверхвысокочастотного излучения в щадящих режимах в течение ограниченного временного промежутка оказывает положительное влияние на процесс извлечения биологически активных соединений, включая полифенолы, из дубовой клепки в висковые дистилляты. Подобное воздействие способствует ускорению экстракционных процессов, что обусловлено активацией молекулярного движения и повышением проницаемости структуры древесины.

Однако при увеличении длительности обработки интенсивность экстракции снижается, что выражается в значительном уменьшении концентрации полифенолов в конечном продукте. Анализ экспериментальных данных свидетельствует, что данный параметр варьируется в диапазоне от 200 до 600 мг/дм³ в зависимости от исходного содержания этилового спирта в дистиллятах. Это может быть связано с частичной деструкцией полифенольных соединений или изменением их химической структуры под воздействием электромагнитного излучения.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что для достижения оптимальных органолептических характеристик ВД целесообразно соблюдать следующие технологические параметры: содержание спирта не менее 60 % об., воздействие механического перемешивания, с заданными ранее параметрами и периодическое воздействие СВЧ-излучения на протяжении одной минуты с интервалом в два дня в течение 365 суток. Такой режим позволяет достичь баланса между интенсивностью экстракции и сохранением стабильности ценных биологически активных соединений, что способствует формированию богатого вкусового и ароматического профиля готового напитка.

Полноценное рассуждение на тему содержания полифенолов в выдержанных ВД, подвергавшихся СВЧ-излучению, представлено в ранее опубликованной автором работе [17].

3.3.2 Построение и анализ кинетических кривых содержания полифенолов в висковом дистилляте при воздействии на него механического перемешивания и сверхвысокочастотного излучения на стадии выдержки

Для определения скорости процесса экстрагирования целевых компонентов из дубовой клепки в дистиллят необходимо проведение исследования кинетических закономерностей спиртового экстрагирования биологически активных соединений из древесного сырья при воздействии на дистиллят механического перемешивания и сверхвысокочастотного излучения. Экспериментальные исследования кинетики экстрагирования биологически активных соединений из дубовой клепки при воздействии механического перемешивания и СВЧ-излучения показали кратную зависимость выхода целевого продукта от длительности импульса микроволнового поля [23]. В частности, по отношению к контрольному образцу ВД с концентрацией спирта 40 % об., рост экстрактивных веществ в нем увеличивается практически в 1,5 раза, что свидетельствует о положительном влиянии микроволн на исследуемый массообменный процесс.

Следует отметить, что массоперенос, как механизм, необходимо рассматривать с точки зрения функциональной зависимости скорости экстракции по отношению к степени насыщения экстрактивными веществами, полученной путем математического описания экспериментально полученных кинетических кривых, показывающих связь роста концентрации дистиллята от продолжительности выдержки. Это можно объяснить тем, что кривая скорости наглядно представляет все периоды экстрагирования. Причиной является отображение на оси абсцисс степени насыщения водно-спиртового раствора целевыми компонентами в процентном значении. Вместе с тем значение времени, при котором наивысшая концентрация полифенолов достигает рациональных значений, определяется через величину данной степени.

Поэтому становится возможным рациональное выявление способов по сокращению временных затрат на стадии выдержки ВД, который необходимо завершить по достижению в нем максимально возможной степени насыщения экстрактивных веществ при наиболее выгодных режимных параметрах массопереноса.

В качестве объекта исследования были выбраны ВД с концентрацией спирта 40, 50, и 60 % об., которые в процессе экстрагирования полифенолов из дубовой клепки сильного обжига дополнительно подвергались воздействию механического перемешивания с заданными ранее параметрами и импульсному воздействию сверхвысокочастотного излучения продолжительностью 1, 2 и 3 мин 1 раз в 2 дня. Продолжительность исследований составляла 365 дней.

Кинетическая зависимость содержания полифенолов в висковом дистилляте разной крепости C_x по истечении одного года при отсутствии воздействия на них механического перемешивания и сверхвысокочастотного излучения представлено на Рисунке 3.10.

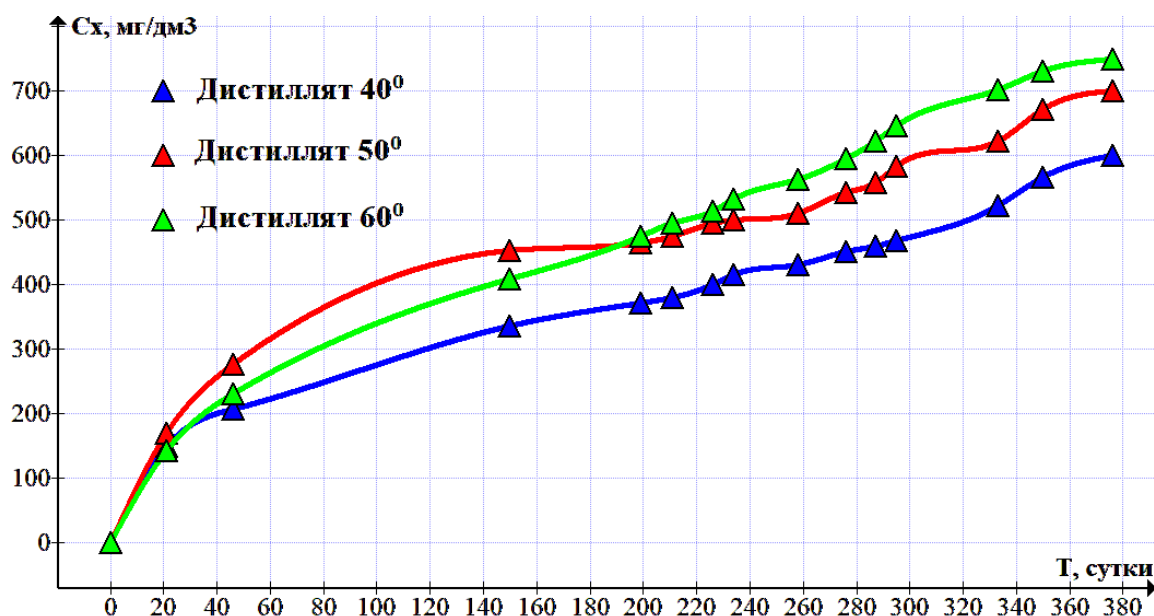


Рисунок 3.10 – Кинетическая зависимость содержания полифенолов в ВД по истечении одного года при отсутствии воздействия на них механического перемешивания и СВЧ-излучения

Содержание полифенолов в экстракте определялось по величине оптической плотности, замер которой в дистилляте осуществлялся на 21, 46, 150, 199, 211, 226, 234, 258, 276, 287, 295, 333, 350 и 376 день проведения эксперимента. Известно, что по величине оптической плотности полученного экстракта можно с достаточной для инженерных расчетов точностью вычислить в нем требуемую концентрацию экстрактивных веществ. Методика перевода значения оптической плотности в концентрацию полифенолов в висковом дистилляте подробно представлена в работах других авторов [17; 18].

Проведенные экспериментальные исследования по насыщению висковых дистиллятов полифенолами при воздействии на них механического перемешивания и СВЧ-излучения показали, что наилучшие результаты получались в варианте нахождения объекта в поле СВЧ не более 1 мин раз в 2 дня. В связи с чем на Рисунке 3.11 представлены кинетические кривые, отражающие содержание полифенолов в ВД разной крепости C_x по истечении одного года при воздействии на них сверхвысокочастотного излучения продолжительностью 1 минуты один раз в два дня.

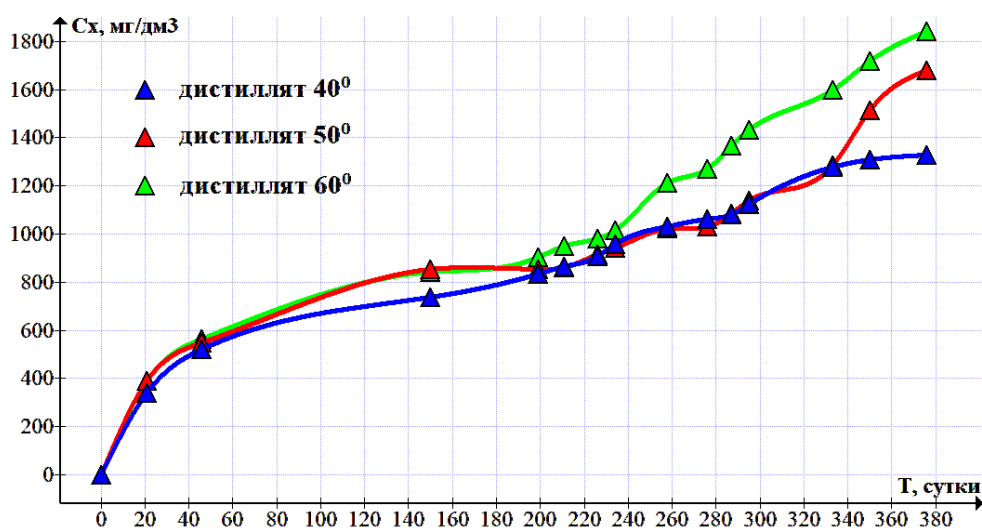


Рисунок 3.11 – Кинетическая зависимость содержания полифенолов в ВД по истечении одного года при воздействии на них механического перемешивания с заданными ранее параметрами и СВЧ-излучения в течении 1 мин раз в 2 дня

Представленные на Рисунке 3.11 кинетические кривые были аппроксимированы полиномом 4 степени для дистиллятов 40 % об.; 50 % об.; 60 % об. соответственно:

$$C_x = -5,122T^4 \cdot 10^{-7} + 0,00044T^3 - 0,125T^2 + 15,582T; \quad (13)$$

$$C_x = -3,093T^4 \cdot 10^{-7} + 0,000344T^3 - 0,118T^2 + 16,492T; \quad (14)$$

$$C_x = -6,626T^4 \cdot 10^{-7} + 0,000572T^3 - 0,1578T^2 + 18,442T. \quad (15)$$

На Рисунке 3.12 представлены аппроксимированные уравнениями 13, 14 и 15 кинетические зависимости содержания полифенолов в ВД по истечении одного года при воздействии на них механического перемешивания и СВЧ-излучения.

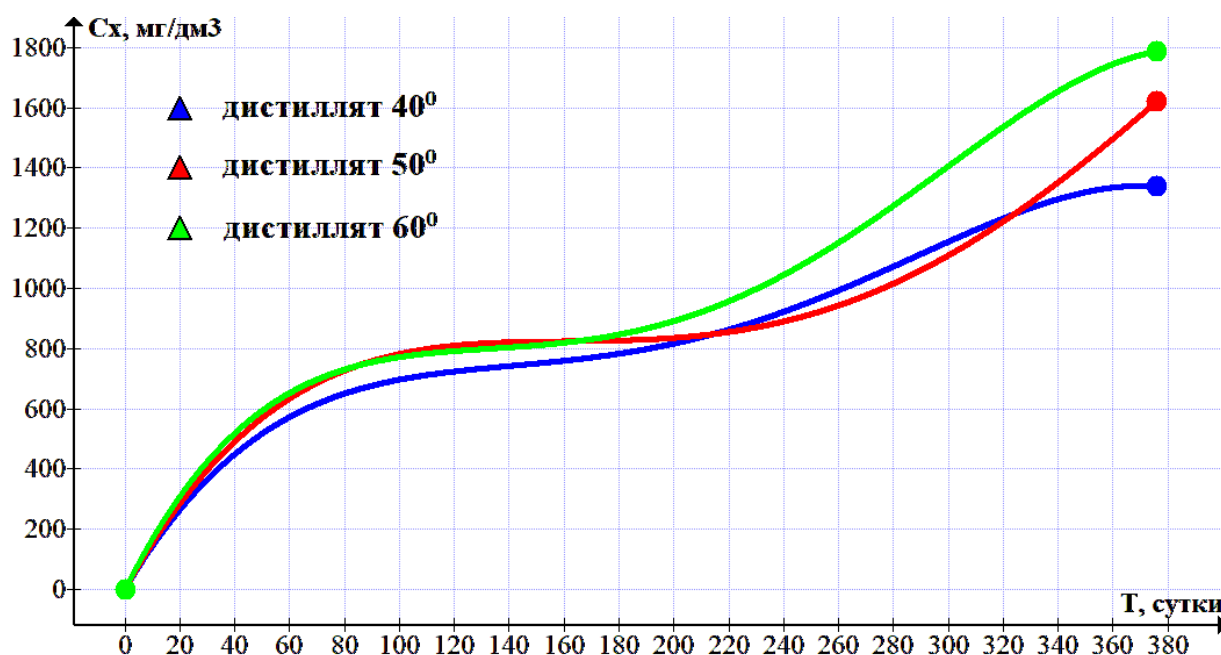


Рисунок 3.12 – Аппроксимированные кинетические зависимости содержания полифенолов в ВД по истечении одного года при воздействии на них механического перемешивания с заданными ранее параметрами и СВЧ-излучения в течение 1 мин раз в 2 дня

Если принять 1850 мг/дм^3 за 100 % извлечения полифенолов из дубовой клепки ВД, что является максимально возможным при условиях проводимого массопереноса под импульсным воздействием СВЧ-излучения, то можно получить кинетическую зависимость, позволяющую оценить процесс экстракции с точки зрения достижения максимально возможной степени насыщения исследуемым экстрагентом. На Рисунке 3.13 представлены кинетические зависимости степени насыщения n в ВД по истечении одного года при отсутствии воздействия на них механического перемешивания и СВЧ-излучения, а на Рисунке 3.14 кинетические зависимости степени насыщения n в ВД по истечении одного года при воздействии на них механического перемешивания с заданными ранее параметрами и СВЧ-излучения в течении 1 мин раз в 2 дня. Такая графическая интерпретация позволяет оценить кинетику экстрагирования с точки зрения достижения максимального результата за конкретно выбранный временной интервал, на который рассчитывают практические работники, имеющие цель получить требуемое удельное количество экстрактивных веществ в дистилляте, за минимально возможное время.

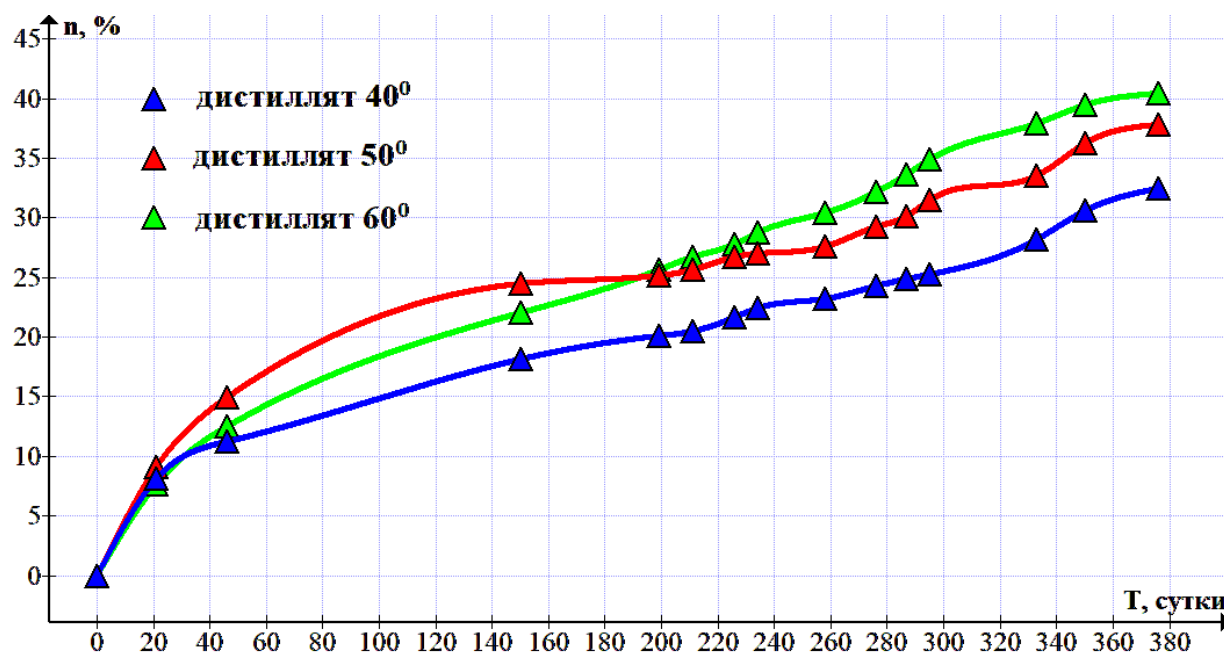


Рисунок 3.13 – Кинетическая зависимость степени насыщения полифенолами ВД по истечении одного года при отсутствии воздействия на них механического перемешивания и СВЧ-излучения

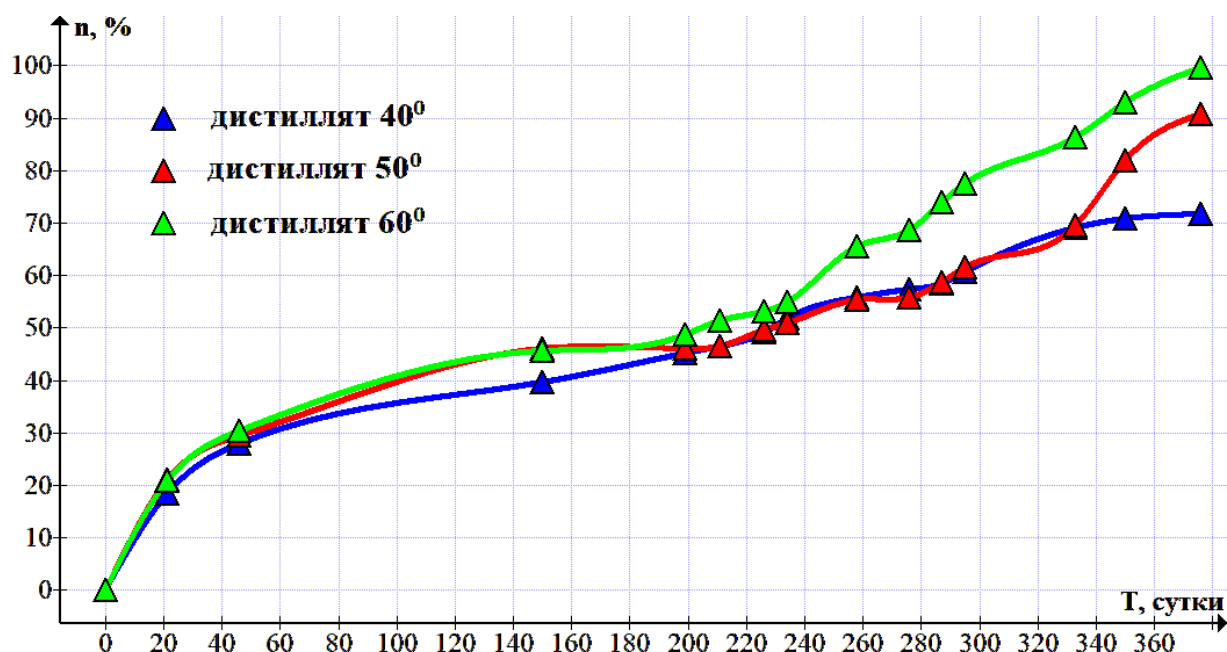


Рисунок 3.14 – Кинетическая зависимость степени насыщения полифенолами ВД по истечении одного года при воздействии на них механического перемешивания с заданными ранее параметрами и СВЧ-излучения в течение 1 мин раз в 2 дня

Представленные на Рисунке 3.14 кинетические кривые были аппроксимированы полиномом 6 степени для дистиллятов – 40 % об.; 50 % об.; 60 % об., соответственно:

$$n = -8,224T^6 \cdot 10^{-13} + 1,0198T^5 \cdot 10^{-9} - 5,0529T^4 \cdot 10^{-7} + 0,00013T^3 - 0,0167T^2 + 1,1606T; \quad (16)$$

$$n = -4,664T^6 \cdot 10^{-13} + 6,0558T^5 \cdot 10^{-10} - 3,1323T^4 \cdot 10^{-7} + 8,5669T^3 \cdot 10^{-5} - 0,0131T^2 + 1,1213T; \quad (17)$$

$$n = 4,642T^6 \cdot 10^{-13} - 4,8285T^5 \cdot 10^{-10} + 1,4630T^4 \cdot 10^{-7} + 1,3573T^3 \cdot 10^{-6} - 0,0067T^2 + 0,9852T. \quad (18)$$

На Рисунке 3.15 представлены аппроксимированные уравнениями 16, 17

и 18 кинетические зависимости степени насыщения висковым дистиллятом по истечении одного года при воздействии на них механического перемешивания и сверхвысокочастотного излучения.

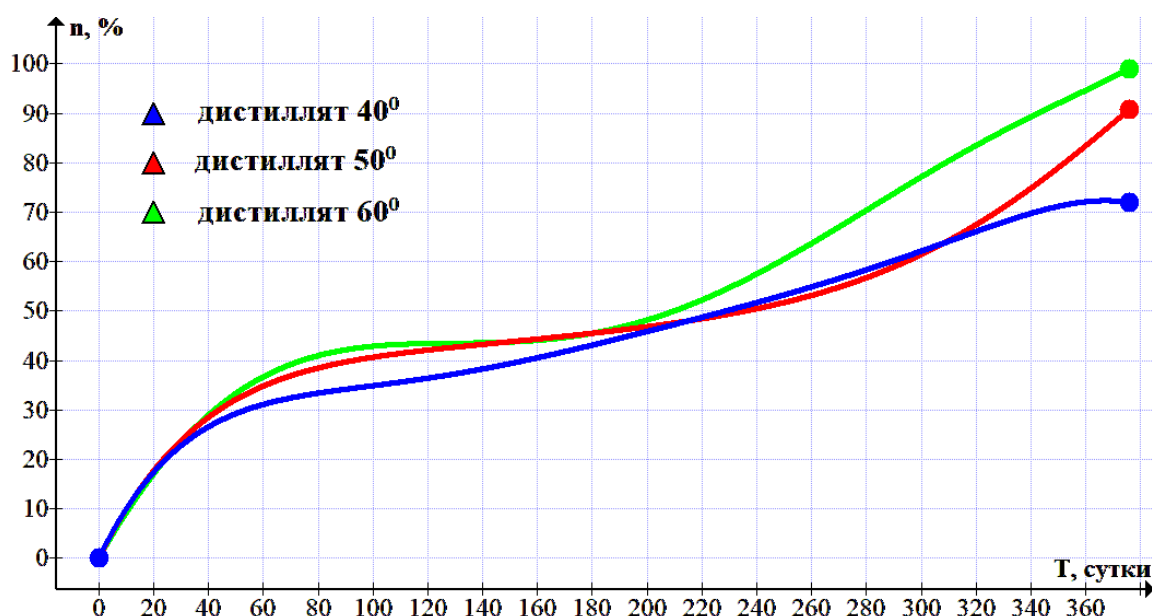


Рисунок 3.15 – Аппроксимированные кинетические зависимости степени насыщения полифенолов ВД по истечении одного года при воздействии на них механического перемешивания с заданными ранее параметрами и СВЧ-излучения в течение 1 мин раз в 2 дня

Взяв производную $\frac{dC_x}{dT} = f(T)$ для первых трех уравнений, можно получить зависимость скорости экстракции от продолжительности массообменного процесса. Ниже представлены полученные зависимости, отражающие скорость изменения содержания полифенолов в висковом дистилляте разной крепости C_x по истечении одного года при воздействии на них механического перемешивания с заданными ранее параметрами и сверхвысокочастотного излучения продолжительностью около 1 минуты один раз в два дня.

Зависимости $\frac{dC_x}{dT} = f(T)$ для дистиллятов – 40 % об.; 50 % об.; 60 % об., соответственно:

$$\frac{dC_x}{dT} = -20,488T^3 \cdot 10^{-7} + 0,00132T^2 - 0,25T + 15,582; \quad (19)$$

$$\frac{dC_x}{dT} = -12,372T^3 \cdot 10^{-7} + 0,00102T^2 - 0,236T + 16,492; \quad (20)$$

$$\frac{dC_x}{dT} = -26,504T^3 \cdot 10^{-7} + 0,00174T^2 - 0,316T + 18,442. \quad (21)$$

На Рисунке 3.16 представлена графическая интерпретация кривых скорости экстракции от продолжительности массообменного процесса, описанных уравнениями 19, 20 и 21.

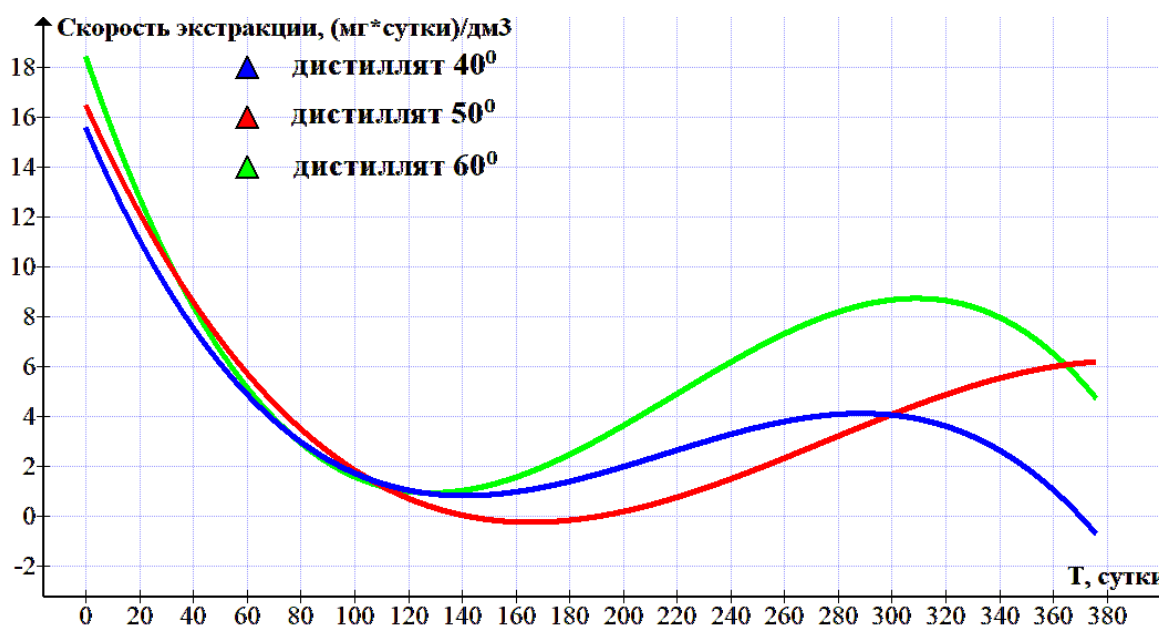


Рисунок 3.16 – Зависимости $\frac{dC_x}{dT} = f(T)$ для висковых дистиллятов крепостью – 40 % об.; 50 % об.; 60 % об.

Из полученных кривых скорости экстракции, графически представленных на Рисунке 3.16, можно проследить наличие трех характерных участков

проведения массообменного процесса, которые для лучшей наглядности и корректного анализа лучше всего иметь в координатах $\frac{dC_x}{dT} \sim n$. Данную графическую конфигурацию получить можно, используя зависимости 19, 20 и 21, а также 16, 17 и 18, так как все они в качестве аргумента имеют одну и ту же величину – продолжительность процесса T . Выбрав аргумент в виде конкретной величины для него, можно рассчитать значения как $\frac{dC_x}{dT}$, так и для n , далее построить искомую зависимость.

На Рисунке 3.17 представлена графическая зависимость $\frac{dC_x}{dT} \sim n$ для вискового дистиллята 60 % об., которая была аппроксимирована полиномом 6 степени, результат аппроксимации также можно увидеть в Рисунке 3.17.



Рисунок 3.17 – Расчетная и аппроксимированная зависимости $\frac{dC_x}{dT} = f(n)$ для висковых дистиллятов крепостью 60 % об.

Ниже представлен результат аппроксимации расчетной зависимости $\frac{dC_x}{dT} = f(n)$ для дистиллята 60 % об.:

$$\frac{dC_x}{dT} = 8,7921n^6 \cdot 10^{-10} - 1,9792n^5 \cdot 10^{-7} + 1,0439n^4 \cdot 10^{-5} + \\ + 0,00038n^3 - 0,03554n^2 + 0,1771n + 18,3682. \quad (22)$$

Результат проведенного анализа кривых, представленных на Рисунке 3.17, можно описать следующими тезисами:

первый участок на кривой в диапазоне $0 \% < n < 45 \%$, указывающий на падение скорости экстракции связан со снижением количества экстрактивных веществ на поверхности дубовой клепки, пополнение которой из внутренних слоев твердой фазы затруднен наличием сопротивления, причиной которого являются: проникновение экстрагента внутрь тела по имеющимся в нем порам; необходимость переходить в раствор целевых веществ в условиях малых объемов капилляра, что приводит к быстрому насыщению малых объемов экстрагента, и, следовательно, замедлению массопереноса;

второй участок на кривой в диапазоне $45 \% < n < 75 \%$, указывающий на возобновление роста скорости экстракции, по причине снижения сопротивления переноса экстрактивных веществ ввиду полного смачивания дубовой клепки и, соответственно, смены в капиллярных объемах насыщенного раствора на обедненный раствор. Вследствие этого переход в ядро экстрагента целевых компонентов, тем более под воздействием импульсного СВЧ-излучения, происходит более интенсивно;

третий участок на кривой в диапазоне $75 \% < n < 100 \%$, указывающий на падение скорости экстракции, что связано с прекращением выхода экстрактивных веществ, наличие которых было изначально ограничено биологическим составом используемой дубовой клепки.

Следует отметить, что построение подобных зависимостей $\frac{dC_x}{dT} = f(n)$ для дистиллятов 40 % об., и 50 % об., будет показывать такую же картину массопереноса, при этом, пониженная крепость дистиллята не позволяет извлечь необходимое количество экстрактивных веществ за выделенный временной промежуток, что наглядно можно оценить из графиков, представленных

на Рисунках 3.16 и 3.17. Однако, если проанализировать кривую, характеризующую экстрагент крепостью 50 % об., представленную на Рисунке 3.16, можно увидеть некое отсутствие на ней третьего участка, что очевидно указывает на потенциальную возможность дистиллята для дальнейшего проведения его выдержки, но тогда продолжительность процесса также будет расти, что не будет соответствовать заявленным целям исследования, а именно сокращению времени на достижение необходимого результата, т. е. достижение максимального извлечения полифенольных компонентов при минимальной продолжительности процесса выдержки ВД.

Таким образом, проведенные исследования позволили выявить пути рационального сокращения продолжительности исследуемого процесса выдержки ВД, который резонно завершить при достижении в нем максимально возможной степени насыщения экстрактивных веществ при наиболее выгодных режимных параметрах массопереноса.

3.3.3 Определение содержания сухих веществ в выдержанных висковых дистиллятах, подвергавшихся воздействию механического перемешивания и сверхвысокочастотного излучения

Содержание сухих экстрактивных веществ в образцах висковых дистиллятов по истечении года выдержки определяли методом высушивания, описанном в п. 2.5.3.

На первом этапе, в течение года, проводилось исследование по определению содержания сухих веществ в контрольных «Образцах 4-1, 4-2, 4-3» ВД с дубовой клепкой сильного обжига при отсутствии воздействия на них механического перемешивания и сверхвысокочастотного излучения. Результаты полученных значений сухих веществ в ВД представлены на Рисунке 3.18.

Из Рисунка 3.18 видно, что в контрольных образцах содержание сухих веществ достигает своего максимального значения при 60 % об., концентрации спирта и составляет 0,121 г, для «Образцов 4-1 и 4-2» с концентрацией спирта в 40 % об. – 0,092 г, 50 % об. – 0,094 г. По истечении года сохраняется общая тенденция роста сухих веществ для всех контрольных образцов, свидетельствуя о том, что процесс извлечения целевых компонентов не завершается и может продолжаться до 3-х лет и более, как при классическом способе производства виски.

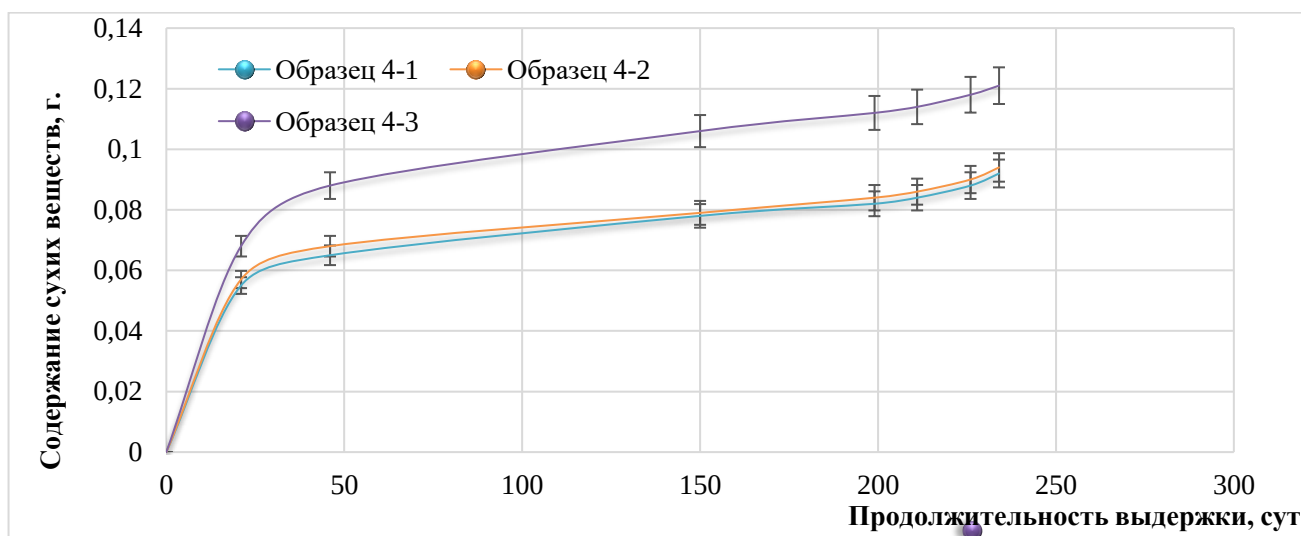


Рисунок 3.18 – Содержание сухих веществ в контрольных образцах ВД в течение одного года созревания при классической технологии выдержки виски

На втором этапе, в течение года, проводилось исследование по определению сухих веществ в: «Образцах 1-1, 1-2, 1-3» ВД с концентрацией спирта в них 40 % об.; «Образцах 2-1, 2-2, 2-3» ВД с концентрацией спирта в них 50 % об.; «Образцах 3-1, 3-2, 3-3» ВД с концентрацией спирта в них 60 % об., при воздействии на них механического перемешивания с заданными ранее параметрами и сверхвысокочастотного излучения продолжительностью 1, 2 и 3 минуты на каждый образец. Полученные результаты для «Образцов 1-1, 1-2, 1-3» на Рисунках 3.19, 3.20, 3.21.

Анализ зависимостей, приведенных на Рисунке 3.19, позволяет установить, что для всех исследуемых образцов, подвергнутых совместному воздействию механического перемешивания и СВЧ-излучения, в начальный период продолжительностью до 30 суток фиксируется интенсивное накопление сухих веществ. В дальнейшем, на протяжении следующих 110 суток, процесс характеризуется устойчивым и практически равномерным извлечением экстрагируемых компонентов. После преодоления экстрагируемыми веществами сопротивления диффузного слоя наблюдается очередной этап увеличения содержания сухих веществ в ВД, приходящийся на интервал от 150 до 250 суток. По достижении примерно 230 суток концентрационные показатели сухих веществ начинают постепенно стабилизироваться, что свидетельствует о близком к завершению характере процесса и позволяет рассматривать данный момент как рациональный срок прекращения экстрагирования.

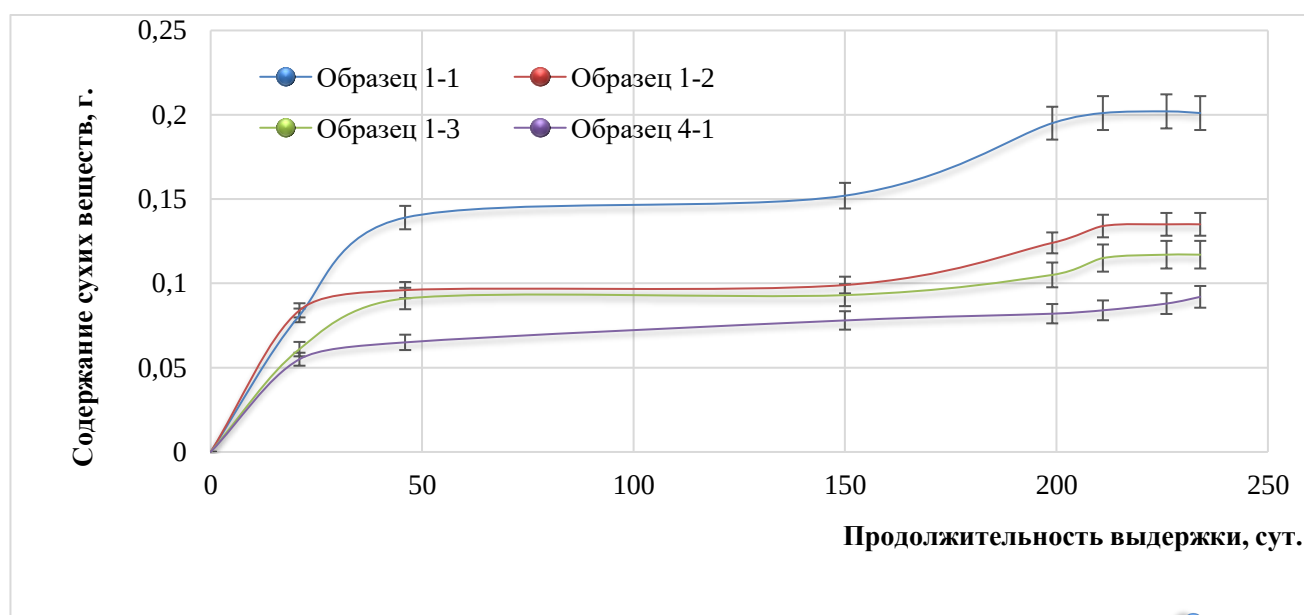


Рисунок 3.19 – Содержание сухих веществ в «Образцах 1-1, 1-2, 1-3» ВД с дубовой клепкой сильного обжига в течение одного года созревания при воздействии на них механического перемешивания и СВЧ-излучения

Из Рисунка 3.19 видно, что содержание сухих веществ в ВД, по истечении 250 суток, в «Образцах 1-1, 1-2, 1-3» достигает своего максимального значения

и составляет 0,201 г. При воздействии механического перемешивания с заданными ранее параметрами и СВЧ-излучения в течение 1 мин; 0,135 г, 0,117 г – при обработке образцов ВД СВЧ-излучением в течение 2 и 3 мин соответственно.

Сравнив полученные наивысшие показатели по сухим веществам в «Образцах 1-1 и 4-1», можно сделать следующий вывод. Максимальное количество сухих веществ в «Образце 1-1» составляет 0,201 г, что практически в 2,2 раза превышает их в контрольном «Образце 4-1» ВД (0,092 г). Это свидетельствует о положительном влиянии механического перемешивания и микроволн на процесс созревания ВД.

Далее получили содержание сухих веществ в «Образцах 2-1, 2-2, 2-3», численные значения которых представлены Рисунке 3.20.

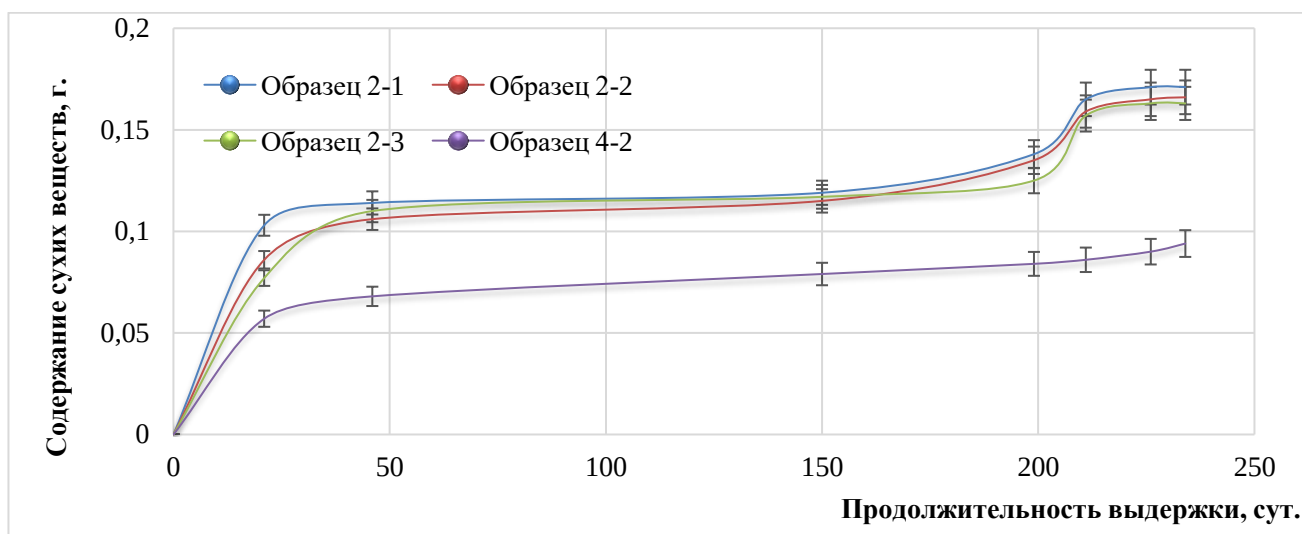


Рисунок 3.20 – Содержание сухих веществ в «Образцах 2-1, 2-2, 2-3» ВД с дубовой клепкой сильного обжига в течение одного года созревания при воздействии на них механического перемешивания и СВЧ-излучения

Содержание сухих веществ в ВД по истечении 250 дней (Рисунок 3.20) в «Образцах 2-1, 2-2, 2-3» достигает своего максимального значения и составляет:

0,171 г – при воздействии механического перемешивания с заданными ранее параметрами и СВЧ-излучения в течение одной минуты; 0,166 г – при обработке образцов ВД СВЧ-излучения в течение 2 мин; 0,163 г – при обработке образцов ВД СВЧ-излучением в течение 3 мин.

Сравнив полученные наивысшие показатели по сухим веществам в «Образцах 2-1 и 4-2», можно сделать следующий вывод. Максимальное количество сухих веществ в «Образце 2-1» составляет 0,171 г, что практически в 1,82 раза превышает их в контрольном «Образце 4-2» ВД (0,094 г). Это свидетельствует о положительном влиянии механического перемешивания и микроволн на процесс созревания ВД.

Далее определили сухие вещества в «Образцах 3-1, 3-2, 3-3», численные значения которых представлены Рисунке 3.21.

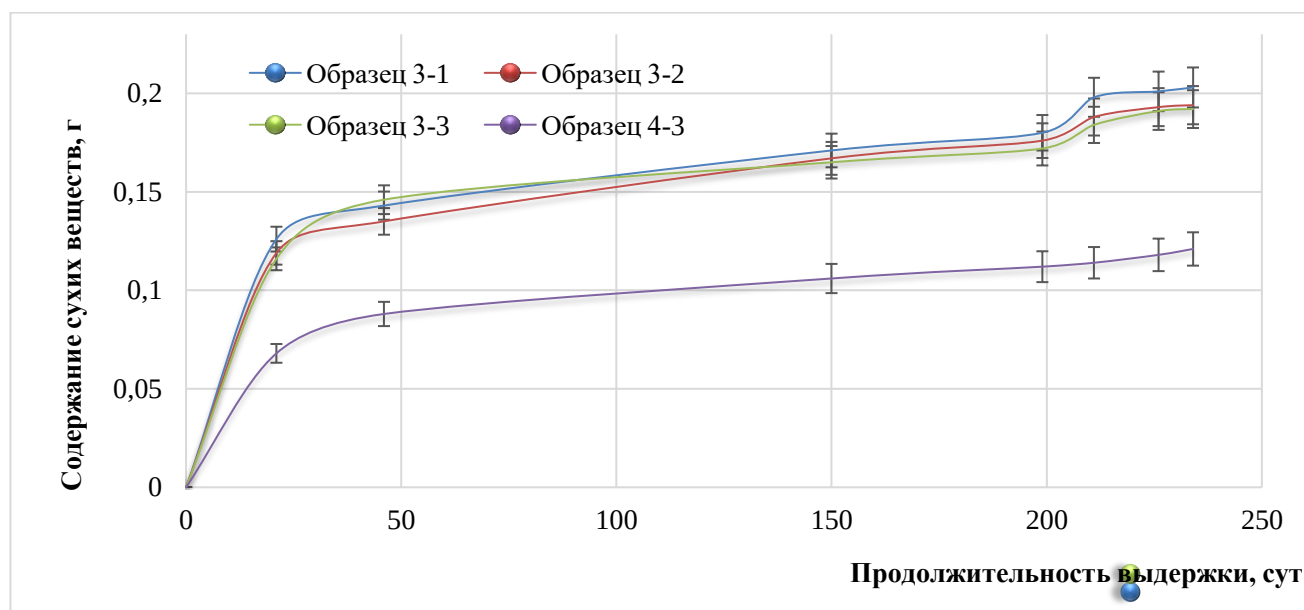


Рисунок 3.21 – Содержание сухих веществ в «Образцах 3-1, 3-2, 3-3» ВД с дубовой клепкой сильного обжига в течение одного года созревания при воздействии на них механического перемешивания и СВЧ-излучения

Содержание сухих веществ в ВД в течение одного года в «Образцах 3-1, 3-2, 3-3» достигает своего максимального значения и составляет: 0,203 г –

при воздействии механического перемешивания с заданными ранее параметрами и СВЧ-излучения в течение 1 мин; 0,194 г – при обработке образцов ВД СВЧ-излучением в течение 2 мин; 0,192 г – при обработке образцов ВД СВЧ-излучением в течение 3 мин.

Сравнив полученные наилучшие показатели сухих веществ в «Образцах 3-1 и 4-3» (Рисунок 3.21), можно сделать следующий вывод. Максимальное содержание сухих веществ в «Образце 3-1» равно 0,203 г, что практически в 1,67 раз превышает их в контрольном «Образце 4-3» ВД (0,121 г). Данный результат свидетельствует о положительном влиянии механического перемешивания и микроволн, интенсифицирующих процесс созревания ВД.

Проведенные исследования показывают, что воздействие механического перемешивания и СВЧ-излучения на ВД в процессе выдержки оказывает значительное влияние на концентрацию экстрактивных веществ, в частности на содержание сухих веществ. Однако, как показано в ходе эксперимента, увеличение времени воздействия СВЧ производит двойственный эффект.

Первоначально мягкое воздействие СВЧ-излучения способствует активному извлечению полифенолов и других растворимых веществ, что способствует ускорению процессов старения и улучшению качества дистиллята. Это, в свою очередь, ведет к увеличению концентрации сухих веществ, что благоприятно отражается на вкусе, цвете и аромате напитка. Однако при более длительном воздействии излучения наблюдается значительное снижение уровня сухих веществ в образцах. Количество экстрактивных компонентов уменьшается до значений в диапазоне от 0,9 г до 0,12 г, что зависит от концентрации спирта в дистилляте.

Такое снижение концентрации сухих веществ может быть объяснено несколькими факторами. Во-первых, длительное воздействие СВЧ-излучения может приводить к разрушению или изменению структуры фенольных соединений, что снижает их способность к экстракции из древесины. Во-вторых, длительное воздействие излучения может способствовать усилению процессов

окисления, что приводит к разрушению полифенольных соединений, ответственных за формирование органолептических характеристик.

На основе полученных данных можно сделать вывод о том, что оптимальное влияние СВЧ-излучения на ВД в процессе их выдержки заключается в соблюдении четко ограниченного времени воздействия. Применение СВЧ-обработки в течение 1 мин 1 раз в 2 дня в течение 250 дней с сохранением концентрации спирта не ниже 60 % об. позволяет эффективно извлекать целевые вещества, одновременно снижая потерю экстрактивных соединений. Выполнение этих условий способствует максимальному сохранению концентрации сухих веществ, что улучшает органолептические свойства дистиллята.

Таким образом, метод воздействия механического перемешивания и СВЧ-излучения в сравнении с традиционными подходами к выдержке дистиллятов позволяет существенно сократить время созревания напитка без потери качества, что открывает новые возможности для оптимизации производственных процессов в производстве крепких алкогольных напитков.

Полноценное рассуждение на тему содержания сухих веществ в выдержанных ВД, подвергавшихся СВЧ-излучению, представлено в ранее опубликованной автором работе [17].

3.3.4 Построение и анализ кинетических кривых содержания сухих веществ в висковом дистилляте при воздействии на него механического перемешивания и сверхвысокочастотного излучения на стадии выдержки

Как и было сказано ранее в п. 3.2.3, проведение исследования кинетических закономерностей необходимо для определения скорости процесса экстрагирования, используя еще один показатель содержания сухих веществ

в висковом дистилляте при воздействии на него механического перемешивания и сверхвысокочастотного излучения.

На первой стадии массообменного процесса необходимо накопить в дистилляте достаточное количество как полифенольных соединений – до уровня 1800...2000 мг/дм³, так и сухих веществ, близких к значениям 0,2 г – 0,25 г. На данной стадии с высокой вероятностью происходит определение цвета, аромата и вкуса готового напитка.

Исследованы кинетические закономерности экстрагирования водоспирторастворимых сухих веществ из древесного сырья при импульсном воздействии на дистиллят СВЧ-излучения. Экспериментальные исследования кинетики экстрагирования целевых компонентов из дубовой клепки с применением механического перемешивания с заданными ранее параметрами и СВЧ-излучения показали ее эффективность, которая выражалась в увеличении выхода целевых веществ, в зависимости от продолжительности импульса микроволнового поля. В частности, по отношению к контрольному образцу ВД с концентрацией спирта 60 % об., рост экстрактивных веществ в нем увеличивается со значения 0,121 г до величины 0,202 г, что свидетельствует о положительном влиянии микроволн на исследуемый массообменный процесс.

Известно, что массоперенос, как механизм, необходимо рассматривать с точки зрения функциональной зависимости скорости экстракции по отношению к степени насыщения экстрактивными веществами, полученной путем математического описания экспериментально полученных кинетических кривых, показывающих связь роста концентрации сухих веществ в дистилляте от времени выдержки. Это можно объяснить тем, что кривая скорости наглядно представляет все периоды экстрагирования. Причиной является отображение на оси абсцисс степени насыщения водно-спиртового раствора целевыми компонентами, т. е. концентрация сухих веществ в нем, при этом время достижения рациональной конечной концентрации сухих веществ в дистилляте можно определить уже опосредованно через величину этой концентрации. Вместе с тем значение времени, при котором наивысшая концентрация

сухих веществ достигает рациональных значений, определяется через величину данной степени.

Поэтому становится возможным рациональное выявление способов по сокращению временных затрат на стадии выдержки ВД, который необходимо завершить по достижении в нем максимально возможной степени насыщения экстрактивных веществ при наиболее выгодных режимных параметрах массопереноса.

Также, как и в пункте 3.2.3, в качестве объекта исследования были выбраны ВД с концентрацией спиртов – 40 % об., 50 % об. и 60 % об., которые в процессе экстрагирования водо-спирторастворимых веществ из дубовой клепки сильного обжига дополнительно подвергались воздействию механического перемешивания с заданными ранее параметрами и импульсному воздействию СВЧ-излучения продолжительностью 1, 2 и 3 мин 1 раз в 2 дня. Продолжительность исследований составляла 234 дня, такой период времени был выбран в связи с тем, что извлечение сухих веществ из дубовой клепки в дистиллят после 230 суток вышло, на так называемое, плато и сохраняло показатели по выходу сухих веществ до 280 суток, после которых отбор проб был завершен.

Содержание сухих веществ в экстракте определялось на 21, 46, 150, 199, 211, 226 и 234 день проведения эксперимента. Подробное описание методики определения концентрации сухих веществ в изучаемых ВД представлено в ранее опубликованных другими авторами данного исследования материалах [13; 58].

На первом этапе исследований проводилась серия экспериментов, которая велась при отсутствии воздействия на ВД механического перемешивания и СВЧ-излучения, в итоге получены данные для построения трех графических зависимостей между содержанием сухих веществ в спиртовом экстракте $C_{с.в.}(г)$, имеющим разную крепость, и продолжительностью процесса. Полученный результат представлен ниже на Рисунке 3.22.

Представленные на Рисунке 3.22 кривые экстракции были аппроксимированы полиномом 4-й степени:

дистиллят крепостью 40 % об.

$$C_{с.в.} = -2,184 \cdot 10^{-10}T^4 + 1,383 \cdot 10^{-7}T^3 - 2,987 \cdot 10^{-5}T^2 + 0,0026T + 0,00349; \quad (23)$$

дистиллят крепостью 50 % об.

$$C_{с.в.} = -2,438 \cdot 10^{-10}T^4 + 1,522 \cdot 10^{-7}T^3 - 3,234 \cdot 10^{-5}T^2 + 0,0027T + 0,00344; \quad (24)$$

дистиллят крепостью 60 % об.

$$C_{с.в.} = -2,913 \cdot 10^{-10}T^4 + 1,813 \cdot 10^{-7}T^3 - 3,894 \cdot 10^{-5}T^2 + 0,0034T + 0,00327. \quad (25)$$

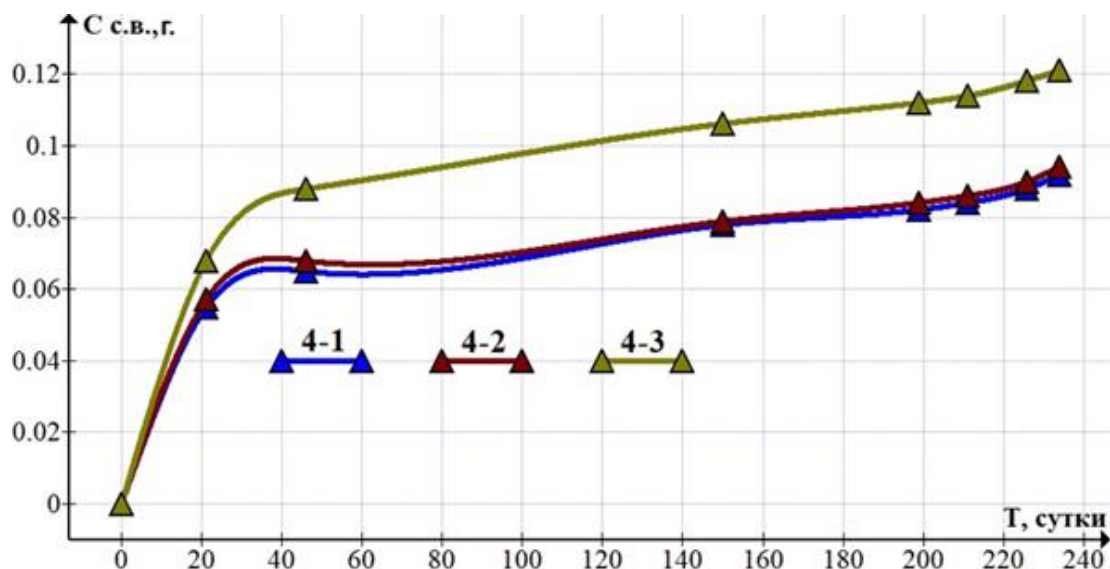


Рисунок 3.22 – Кривые зависимости содержания сухих веществ в ВД по истечении 234-х суток при отсутствии воздействия на них механического перемешивания и СВЧ-излучения:

4-1 – дистиллят крепостью 40 % об.; 4-2 – дистиллят крепостью 50 % об.;
4-3 – дистиллят крепостью 60 % об.

На Рисунке 3.23 представлена графическая интерпретация аппроксимации кривых экстракции сухих веществ в ВД при отсутствии воздействия на него

механического перемешивания и СВЧ-излучения, описанная уравнениями 23, 24 и 25.

Анализ кривых экстракции, представленных на Рисунках 3.22 и 3.23, показывает, что за фиксированный период мацерации лучше всего насыщается сухими веществами дистиллят, имеющий крепость 60 % об., а дистилляты с содержанием спирта в 40 % об. и 50% об. имеют схожие экстрактивные характеристики. Однако, ориентируясь на информацию, взятую из публикаций в открытом доступе и специальной литературы, связанной с описанием рынка выпускаемых сортов виски [5; 42] и на проведенный анализ полученных из этих источников сведений, можно сделать вывод, что в большинстве сортов виски содержится от 40 до 50 % об., в связи с чем в дистилляте, имеющем концентрацию спирта 60 % об., придется ее понизить до нормируемых показателей. Очевидно, что данная процедура повлияет на снижение в этом водно-спиртовом экстракте значения концентрации сухих веществ до уровня дистиллятов, имеющих изначально нормируемую крепость, что нивелирует полученный эффект.

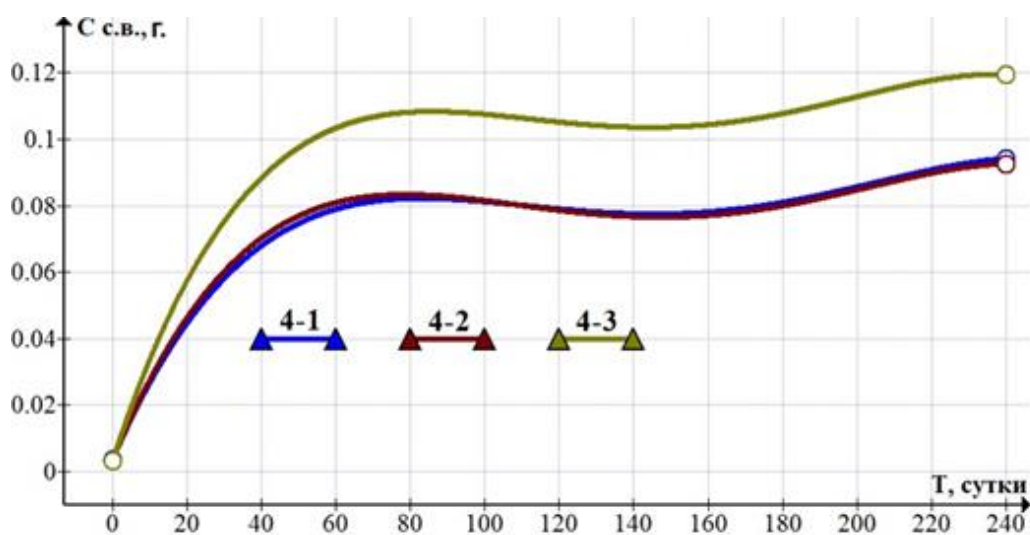


Рисунок 3.23 – Аппроксимированные зависимости содержания сухих веществ в ВД по истечении 234-х суток при отсутствии воздействия на них механического перемешивания и СВЧ-излучения:

4-1 – дистиллят крепостью 40 % об.; 4-2 – дистиллят крепостью 50 % об.;
4-3 – дистиллят крепостью 60 % об.

Таким образом, проведенные постановочные эксперименты показывают: во-первых, что априори ожидаемо, содержание сухих веществ в дистилляте не достигло значений в 0,20 г – 0,25 г, что дает необходимую полноту напитку, поэтому продолжительность выдержки должна быть более длительной, а во-вторых, для дальнейших исследований, связанных с достижением заданной концентрации сухих веществ в дистилляте за меньшую продолжительность массопереноса (234 дня), необходимо в качестве экстрагента использовать те же три варианта ВД, имеющих концентрацию спиртов – 40, 50 и 60 % об., которые в процессе экстрагирования водо-спирторастворимых веществ из дубовой клепки сильного обжига, согласно плану проведения дальнейших исследований, уже дополнительно подвергаются воздействию механического перемешивания с заданными ранее параметрами и импульсному воздействию СВЧ-излучения продолжительностью 1, 2 и 3 мин 1 раз в 2 дня.

На втором этапе исследований проводилась серия экспериментов, которая велась при воздействии на ВД механического перемешивания с заданными ранее параметрами и СВЧ-излучения продолжительностью 1, 2 и 3 мин 1 раз в 2 дня, имеющие различную концентрацию спиртов. В итоге получены данные для построения ряда графических зависимостей между содержанием сухих веществ в спиртовом экстракте $C_{с.в.}(г)$, имеющим разную крепость, и продолжительностью процесса. Полученный результат представлен на Рисунках 3.24, 3.25 и 3.26.

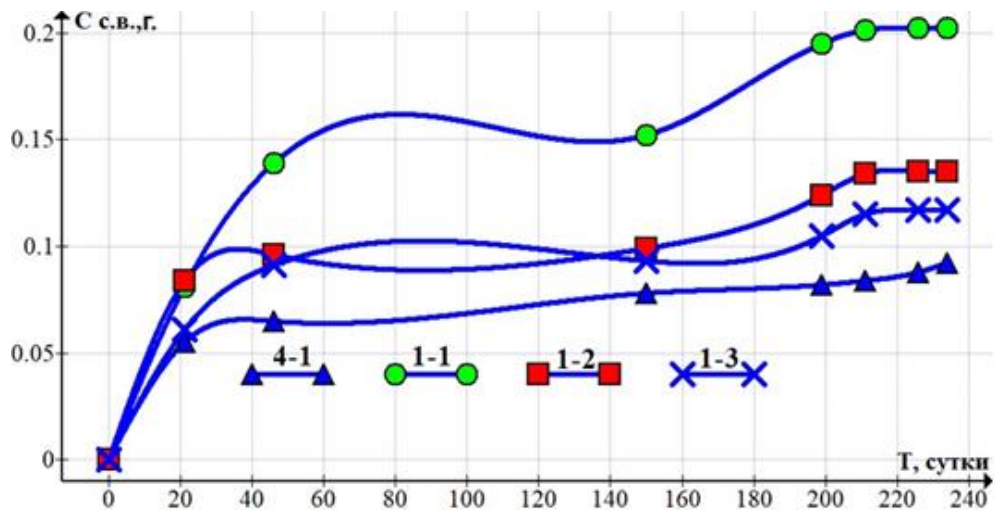


Рисунок 3.24 – Кривые зависимости содержания сухих веществ в ВД крепостью 40 % об. по истечении 234-х суток при воздействии на него механического перемешивания и СВЧ-излучения:

4-1 – дистиллят контрольный; 1-1 – воздействие СВЧ 1 мин/2 дня;

1-2 – воздействие СВЧ 2 мин/2 дня; 1-3 – воздействие СВЧ 3 мин/2 дня

Анализ полученных кривых экстрагирования, представленных на Рисунках 3.24, 3.25 и 3.26, показывает, что наилучший результат получается в варианте проведения процесса выдержки ВД при условии содержания спирта в дистилляте 40 % об. и воздействии на него механического перемешивания с заданными ранее параметрами и СВЧ-излучения продолжительностью 1 мин 1 раз в 2 дня ($C_{с.в.} = 0,202$ г).

Хорошим вариантом можно считать проведение массообменного процесса при условии содержания спирта в дистилляте 60 % об., и воздействии на него механического перемешивания с заданными ранее параметрами и СВЧ-излучения продолжительностью 1 мин 1 раз в 2 дня ($C_{с.в.} = 0,203$ г).

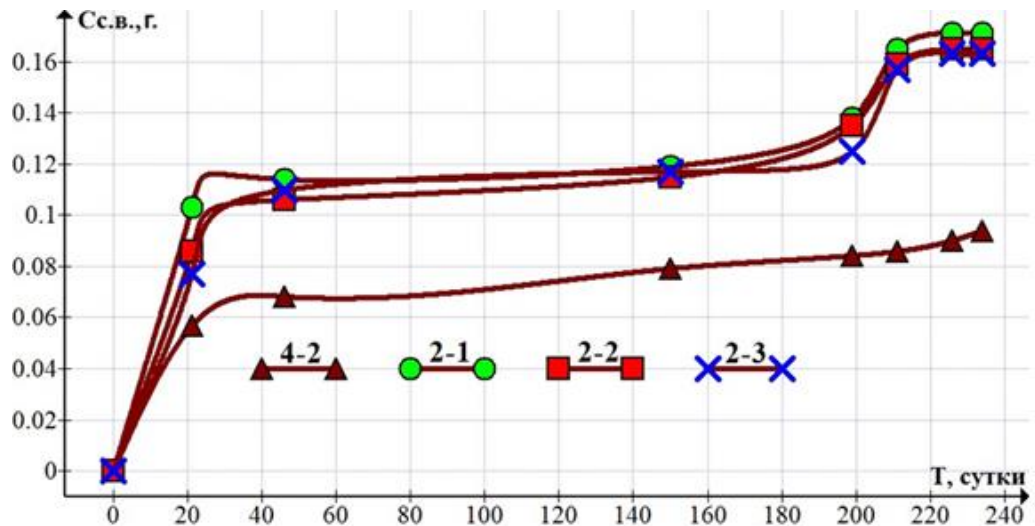


Рисунок 3.25 – Кривые зависимости содержания сухих веществ в ВД крепостью 50 % об. по истечении 234-х суток при воздействии на него механического перемешивания и СВЧ-излучения:

4-2 – дистиллят контрольный; 2-1 – воздействие СВЧ 1 мин/2 дня;
2-2 – воздействие СВЧ 2 мин/2 дня; 2-3 – воздействие СВЧ 3 мин/2 дня

Удовлетворительные результаты получаются в двух вариантах проведения процесса выдержки ВД:

1) содержание спирта в дистилляте 60 % об., воздействие на него механического перемешивания с заданными ранее параметрами и СВЧ-излучения продолжительностью 2 мин 1 раз в 2 дня ($C_{с.в.} = 0,194$ г);

2) содержание спирта в дистилляте 60 % об., воздействие на него механического перемешивания с заданными ранее параметрами и СВЧ-излучения продолжительностью 3 мин 1 раз в 2 дня ($C_{с.в.} = 0,192$ г).

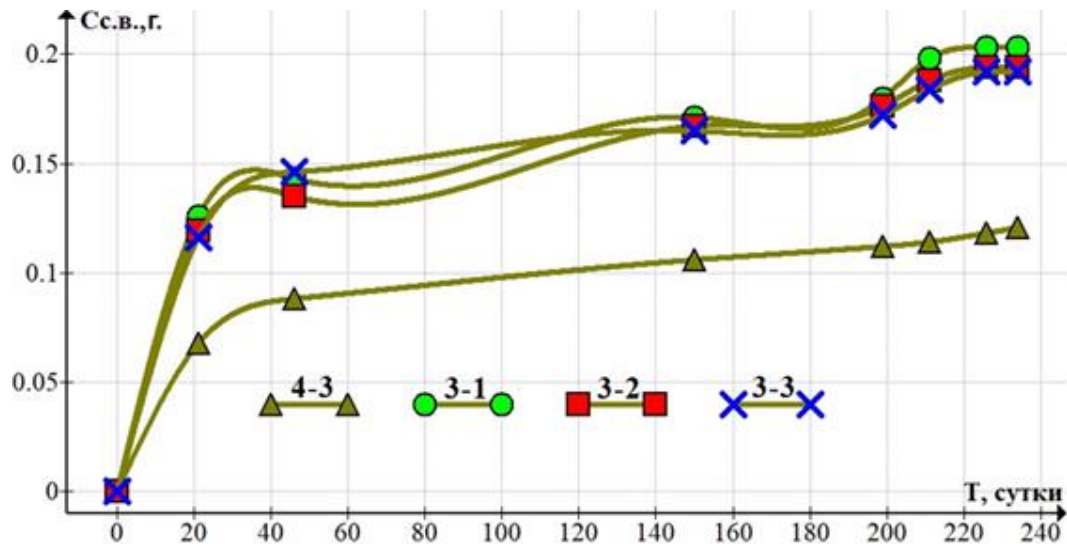


Рисунок 3.26 – Кривые зависимости содержания сухих веществ в ВД крепостью 60 % об. по истечении 234-х суток при воздействии на него механического перемешивания и СВЧ-излучения:

4-3 – дистиллят контрольный; 3-1 – воздействие СВЧ 1 мин/2 дня;

3-2 – воздействие СВЧ 2 мин/2 дня; 3-3 – воздействие СВЧ 3 мин/2 дня

Наилучший, хороший и удовлетворительный результаты исследования, представленные в виде кривых экстракции (Рисунки 3.24, 3.25, 3.26) были аппроксимированы полиномом 4-й степени:

дистиллят крепостью 40 % об., излучение 1 мин/2 сут.

$$C_{с.в.} = - 7,263 \cdot 10^{-10}T^4 + 4,005 \cdot 10^{-7}T^3 - 7,422 \cdot 10^{-5}T^2 + 0,0056T + 0,00212; \quad (26)$$

дистиллят крепостью 60 % об., излучение 1 мин/2сут.

$$C_{с.в.} = - 6,288 \cdot 10^{-10}T^4 + 3,720 \cdot 10^{-7}T^3 - 7,469 \cdot 10^{-5}T^2 + 0,0059T + 0,00818; \quad (27)$$

дистиллят крепостью 60 % об., излучение 2мин/2сут

$$C_{с.в.} = - 5,700 \cdot 10^{-10}T^4 + 3,375 \cdot 10^{-7}T^3 - 6,823 \cdot 10^{-5}T^2 +$$

$$+ 0,0056T + 0,00795; \quad (28)$$

дистиллят крепостью 60 % об., излучение 3 мин/2 сут.

$$C_{c,v.} = - 5,443 \cdot 10^{-10}T^4 + 3,351 \cdot 10^{-7}T^3 - 7,032 \cdot 10^{-5}T^2 + \\ + 0,0059T + 0,00568. \quad (29)$$

Известно, что массоперенос, как механизм, необходимо рассматривать с точки зрения функциональной зависимости скорости экстракции по отношению к степени насыщения экстрактивными веществами, полученной путем математического описания экспериментально полученных кинетических кривых, показывающих связь роста концентрации сухих веществ в дистилляте от времени выдержки. Это можно объяснить тем, что кривая скорости наглядно представляет все периоды экстрагирования. Причиной является отображение на оси абсцисс степени насыщения водно-спиртового раствора целевыми компонентами, т. е. концентрация сухих веществ в нем, при этом время достижения рациональной конечной концентрации сухих веществ в дистилляте можно определить уже опосредованно через величину этой концентрации. Вместе с тем значение времени, при котором наивысшая концентрация сухих веществ достигает рациональных значений, определяется через величину данной степени.

Например, разбив на временные участки кривые экстракции для контрольных образцов (Рисунок 3.22), проведя между ними линейную зависимость, по значению тангенса угла их наклона можно получить графическую зависимость скорости экстракции от продолжительности процедуры. На Рисунке 3.27 представлен результат проведенных расчетов.

С учетом того, что в качестве аргумента по оси абсцисс целесообразно рассматривать не временную продолжительность массопереноса, а степень насыщения дистиллята экстрагируемыми веществами, выраженную через концентрацию сухих веществ, кривая изменения скорости процесса приобретает более наглядный и информативный характер.

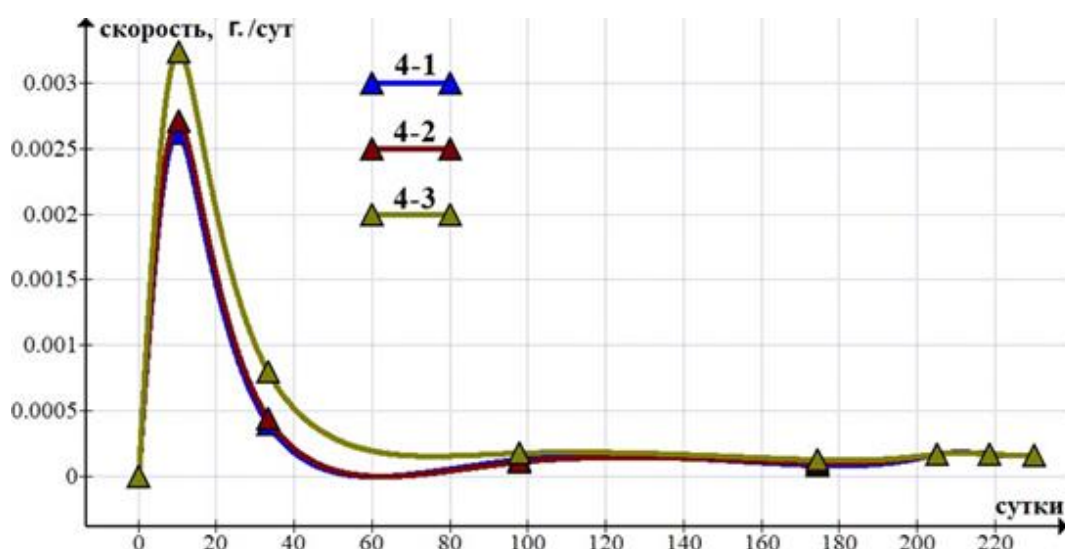


Рисунок 3.27 – Кривые скорости экстракции в зависимости от продолжительности процесса для контрольных образцов ВД при отсутствии воздействия на них механического перемешивания и СВЧ-излучения:

4-1 – дистиллят крепостью 40 % об.; 4-2 – дистиллят крепостью 50 % об.;
4-3 – дистиллят крепостью 60 % об.

Такой подход позволяет более четко идентифицировать характерные стадии процесса экстрагирования. При этом, как отмечалось ранее, момент достижения рационального предельного значения концентрации сухих веществ в дистилляте может быть установлен не напрямую по времени, а косвенно – через соответствующие значения концентрации.

Переход от временной шкалы к значениям концентраций сухих веществ в экстракте осуществляется на основе решения системы уравнений (23–25), полученных для каждого конкретного варианта выдержки. В указанных уравнениях время выдержки выступает в качестве независимой переменной, тогда как рассчитываемой величиной является концентрация сухих веществ. Результаты выполненных расчетов и соответствующее преобразование экспериментальных данных представлены на Рисунке 3.28.

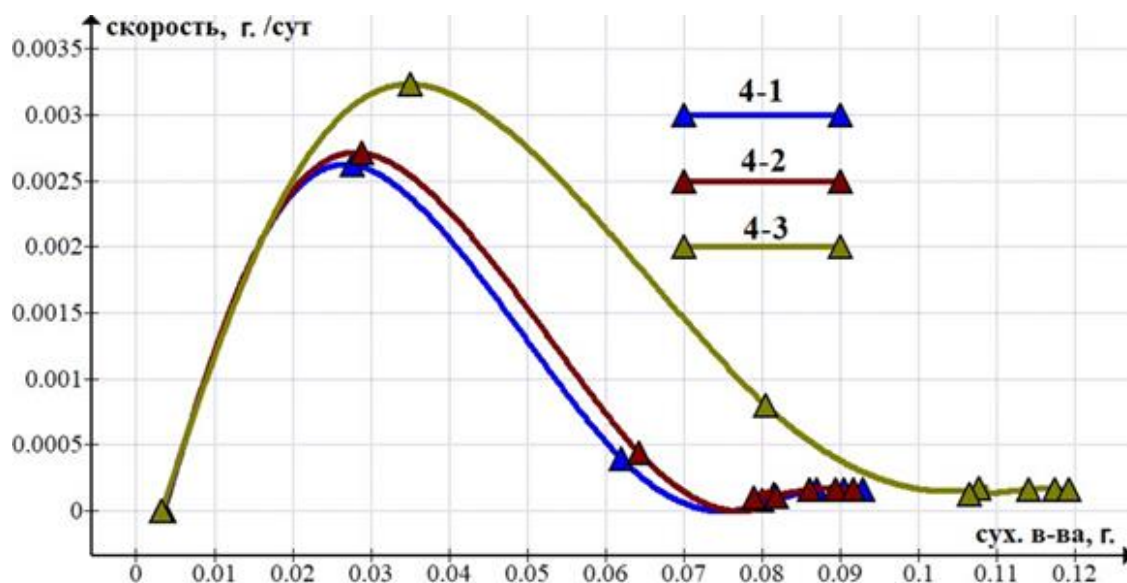


Рисунок 3.28 – Кривые скорости экстракции в зависимости от концентрации сухих веществ для контрольных образцов ВД при отсутствии воздействия на них механического перемешивания и СВЧ-излучения:

4-1 – дистиллят крепостью 40 % об.; 4-2 – дистиллят крепостью 50 % об.;

4-3 – дистиллят крепостью 60 % об.

Действительно, сравнивая результат расчетов, представленный графически на Рисунках 3.27 и 3.28, можно увидеть, что анализ кинетических кривых нагляднее проводить, используя именно Рисунок 3.28, т. к. на нем более очевидно видны характерные периоды экстрагирования. Анализ экспериментальных данных, полученных при исследовании кинетики экстрагирования, показал наличие на кривых изменения скорости двух отчетливо выраженных характерных этапов протекания процесса.

Повышение скорости на начальном этапе обусловлено значительной величиной движущей силы массопереноса. Несмотря на ее постепенное уменьшение по мере насыщения экстракта, интенсификация переноса экстрагируемых веществ обеспечивается заменой в капиллярно-поровом пространстве насыщенного раствора на менее концентрированный. Данный эффект сопровождается снижением

внутреннего сопротивления диффузии вследствие полного смачивания поверхности дубовой клепки, что приводит к увеличению доступного количества экстрактивных компонентов на границе фаз. В результате интенсивность их перехода в дистиллят в течение первого периода компенсирует уменьшение разности массообменных потенциалов. Снижение скорости экстрагирования на последующем этапе связано с выраженным ослаблением движущей силы процесса, обусловленным уменьшением содержания экстрагируемых веществ в дубовой клепке и одновременным ростом их концентрации в экстрагенте.

Вместе с тем следует отметить, что для кривой 4-3 в интервале концентраций сухих веществ 0,11–0,12 г, а также для кривых 4-1 и 4-2 в диапазоне 0,08–0,09 г, наблюдается локальный участок слабовыраженного увеличения скорости процесса. Вероятной причиной данного явления может являться сложная морфология пористой структуры дубовой клепки, включающая замкнутые либо труднодоступные зоны, в которых сохраняется повышенное содержание экстрагируемых компонентов, из которых их высвобождение происходит с задержкой по времени. При этом, если на поверхности клепки концентрация экстрагируемых веществ низкая, ввиду их свободного перехода в экстракт, а в его труднодоступных областях высокая, то возникает локальная движущая сила, ненамного, но все-таки превышающая силы сопротивления капиллярных перегородок и достаточная для их частичного разрушения, приводящая к скачкообразному, пусть и незначительному, росту скорости экстракции и соответственно дополнительному обогащению ВД.

Рассмотрим теперь кривые скорости, относящиеся к наилучшему, хорошему и удовлетворительному результатам исследования. Проанализируем сначала графическую зависимость от продолжительности процедуры (Рисунок 3.29).

Предварительный анализ кинетических кривых, представленных на Рисунке 3.29 подтверждает наличие третьего периода экстракции, который более четко наблюдается, в случае, когда на оси абсцисс откладывается не продолжительность массопереноса, а уровень насыщения дистиллята целевыми компонентами, т. е. концентрация сухих веществ в нем (Рисунок 3.30).

Анализ результатов опытных исследований кинетики экстрагирования, представленной на Рисунке 3.30, показывает, что на кривой скорости наблюдаются уже три характерных периода проведения процесса, первые, два из которых подробно описаны выше, а третий описан гипотетически.

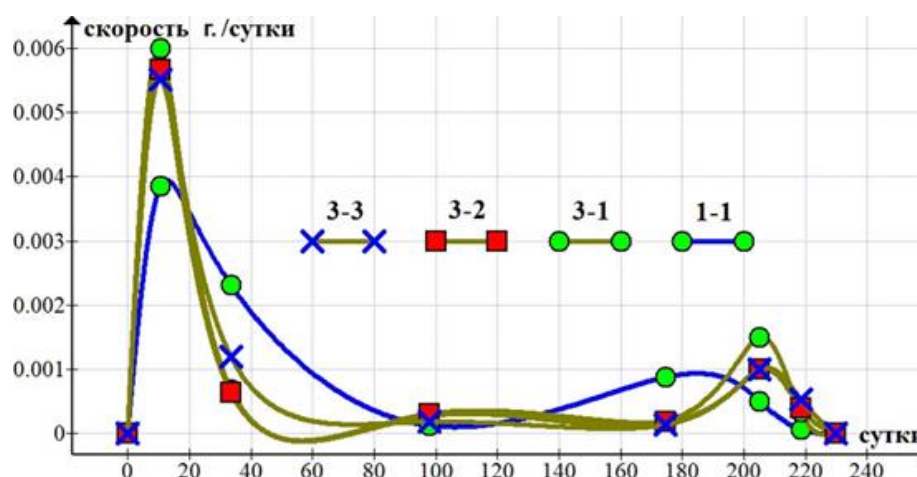


Рисунок 3.29 – Кривые скорости экстракции в зависимости от продолжительности процесса выдержки для образцов ВД при воздействии на них механического перемешивания и СВЧ-излучения:

1-1 – воздействие СВЧ 1 мин/2 дня; 3-1 – воздействие СВЧ 1 мин/2 дня;

3-2 – воздействие СВЧ 2 мин/2 дня; 3-3 – воздействие СВЧ 3 мин/2 дня

Таким образом, наличие третьего этапа процесса, соответствующего интервалу концентраций сухих веществ в дистилляте от 0,14 до 0,20 г, обусловлено особенностями внутреннего строения пористого тела дубовой клепки, в структуре которого присутствуют замкнутые либо слабо доступные для экстрагирования зоны, содержащие остаточную часть экстрагируемых компонентов. В условиях формирования локальной движущей силы массопереноса, а также при дополнительном воздействии механического перемешивания и СВЧ-излучения происходит частичное разрушение указанных структурных элементов, что приводит к кратковременному усилению переноса экстрагируемых веществ. По мере

исчерпания целевого компонента в данных областях интенсивность массопереноса закономерно снижается, что находит отражение в характере изменения скорости процесса на соответствующем участке кривой. Следует отметить, что эффект от СВЧ-воздействия, скорее всего, присутствует и в первые два периода массопереноса, однако в сравнении с другими факторами он является незначительным.

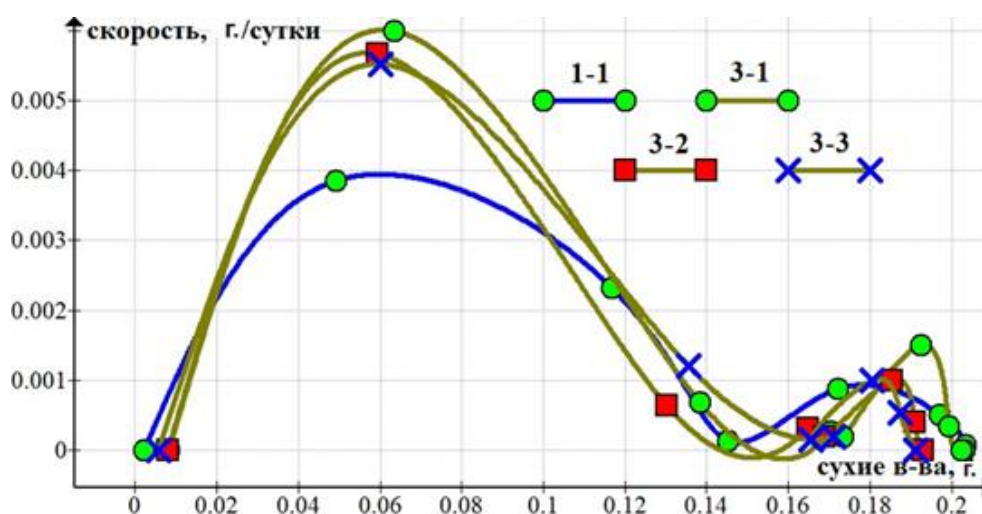


Рисунок 3.30 – Кривые скорости экстракции в зависимости от концентрации сухих веществ для образцов ВД при воздействии на них механического перемешивания и СВЧ-излучения:

1-1 – воздействие СВЧ 1 мин/2 дня; 3-1 – воздействие СВЧ 1 мин/2 дня;

3-2 – воздействие СВЧ 2 мин/2 дня; 3-3 – воздействие СВЧ 3 мин/2 дня

Таким образом, данное выше объяснение по факту наличия третьего периода на кинетических кривых, где присутствует рост скорости экстракции (Рисунки 3.28, 3.30), подтверждается экспериментально, а именно тем:

- что дистиллят в итоге достигает заданную концентрацию сухих веществ, при условии гарантированной его выдержки минимум в три года (Рисунок 3.27);

- что наличие дополнительного воздействия на эти области, в частности механического перемешивания и импульсного СВЧ-излучения (Рисунок 3.29), за счет суммарного эффекта, позволяет в ускоренном режиме извлечь из них целевые вещества, тем самым достичь заданной концентрации сухих веществ в дистилляте за 234 дня.

Дополнительно отметим, что проведенные исследования позволили выявить пути рационального сокращения продолжительности исследуемого процесса выдержки ВД, который имеет повод для завершения при достижении в нем максимально возможной степени насыщения экстрактивных веществ при наиболее выгодных режимных параметрах массопереноса.

3.5 Хроматографический анализ содержания летучих примесей в выдержанных висковых дистиллятах

Определение содержания летучих примесей в образцах висковых выдержанных дистиллятах осуществляли газохроматографическим методом [3] в лаборатории Алтайского органа инспекции федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный центр охраны здоровья животных». Подробное описание методики хроматографического анализа приведено в пункте 2.4.4.

3.5.1 Сравнительный хроматографический анализ содержания летучих примесей в образцах выдержанных висковых дистиллятов, без воздействия механического перемешивания и микроволнового излучения и с применением механического перемешивания и СВЧ-излучения

Содержание летучих примесей определяли в образцах ВВД, которые показали наилучшие результаты по содержанию сухих веществ и полифенолов,

т. е. полученных при следующих технологических параметрах: продолжительность выдержки – один год; 1 образец – концентрация спирта 60 % об. (контрольный); 2 образец – концентрация спирта 60 % об. с воздействием механического перемешивания с заданными ранее параметрами и СВЧ-излучения 1 раз в 2 дня в течение 1 мин, с соблюдением качества и безопасности, регламентированным требованиями действующих нормативных документов [30; 96].

Хроматограммы ВВД приведены на Рисунке 3.31, количественное содержание отдельных групп примесей в Таблице 3.5.

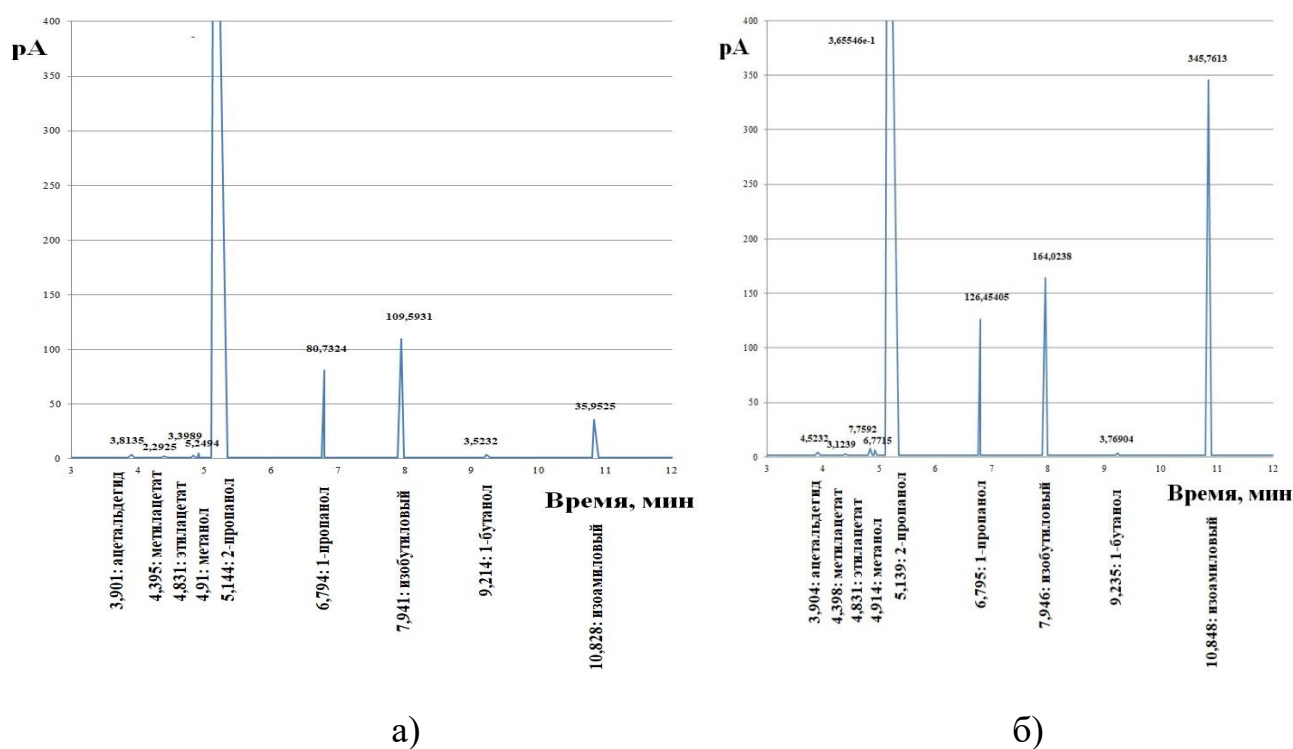


Рисунок 3.31 – Хроматограммы выдержанного вискового дистиллята

- а) 1 образец – без обработки механическим перемешиванием и микроволнами;
б) 2 образец – с воздействием механического перемешивания и СВЧ-излучения

Из Таблицы 3.5 видно, что крепость полученных ВВД составляет 61,6 и 52,2 %, что соответствует требованиям ГОСТ Р 70225-2023.

Исходя из данных Таблицы 3.5 видно преобладание сивушных масел по отношению к другим примесям в исследуемых образцах. В ВВД, процесс созревания

которого сопровождался воздействием механического перемешивания и СВЧ-излучения, общее содержание примесей возрастает незначительно в сравнении с контролем, но наблюдается существенное количественное изменение отдельных групп побочных веществ. В целом содержание всех идентифицированных групп летучих примесей находится в пределах допустимых стандартом значений [30].

Таблица 3.5 – Количественное содержание отдельных групп примесей в исследуемых образцах

Наименование показателя	Норма (ГОСТ Р 70225-2023)	Фактические результаты	
		1 образец	2 образец
Крепость, %, об. (объемная доля этилового спирта, %),	не <40,0	61,6±0,1	52,2±0,1
Массовая концентрация альдегидов в 1 дм ³ безводного спирта, мг	10–350	23,58±3,54	32,99±4,95
Массовая концентрация сивушного масла в 1 дм ³ безводного спирта, мг	500–6000	1458,20± 218,73	4310,07± 646,51
Массовая концентрация сложных эфиров в 1 дм ³ безводного спирта, мг	50–1500	49,73±7,46	109,91±16,49
Массовая концентрация железа в 1 дм ³ безводного спирта, мг/дм ³ , не более	1,0	0,17	0,59
Объемная доля метилового спирта в пересчете на безводный спирт, %, не более	0,05	0,0060± 0,0009	0,0092± 0,0014
Массовая концентрация фурфурола в 1 дм ³ безводного спирта, мг,	-	-	-

Воздействие механического перемешивания и СВЧ-излучения на ВД значительно вносит свои коррективы в изменение содержания летучих примесей в выдержанных висковых дистиллятах (Таблица 3.5). Так, например, увеличение концентрации сложных эфиров на 45,2 % в дистилляте, подвергнутому воздействию механического перемешивания и СВЧ-излучения, по отношению к первому образцу, является положительным эффектом, поскольку именно эта группа веществ придает выдержанным дистиллятам мягкость, благородность вкуса и аромата так благоприятно влияющих на органолептику виски.

3.5.2 Хроматографический анализ содержания летучих примесей в образцах, выдержанных висковых дистиллятов с применением СВЧ-излучения

Как выяснилось в Главе 3 (пп. 3.3.1 и 3.3.3), максимальный выход экстрагируемых веществ наблюдается в ВВД, крепостью не менее 60 % об., и подвергавшийся воздействию механического перемешивания с заданными ранее параметрами и СВЧ-излучения в течение 1 мин 1 раз в 2 дня продолжительностью 365 дней (3 образца). Его хроматограмма представлена на Рисунке 3.32, количественное содержание отдельных групп примесей и их сравнительный анализ с показателями ГОСТ в Таблице 3.6.

Из Таблицы 3.6 видно, что крепость полученных выдержанных висковых дистиллятов составляет 52,0 % об., что соответствует границе значений по ГОСТ Р 70225-2023.

Небольшое количество альдегидов, образовавшихся в процессе ферментации и выдержки висковых дистиллятов (в 1 дм³ безводного спирта, составили 47,99 мг) свидетельствуют о высокой селективности фракционного

разделения в процессе дистилляции, а соответственно о высоком качестве готового продукта.

Массовые концентрации сложных эфиров, отвечающие за ароматические характеристики готового напитка, составили 105,4 мг, численные значения которых находятся в пределах границ показателей ГОСТ, свидетельствуя о хорошем качестве полученных выдержанных висковых дистиллятов. Сенсорные последствия низкой концентрации сложных эфиров в виски проявляются в уменьшении фруктово-цветочных нот и упрощении общего ароматического профиля. Органолептический акцент смещается в сторону прямых спиртовых, сладковато-древесных (ваниль, кокос) и зерновых тонов, что маскирует сложность дистиллята и выдвигает на первый план другие виды соединений.

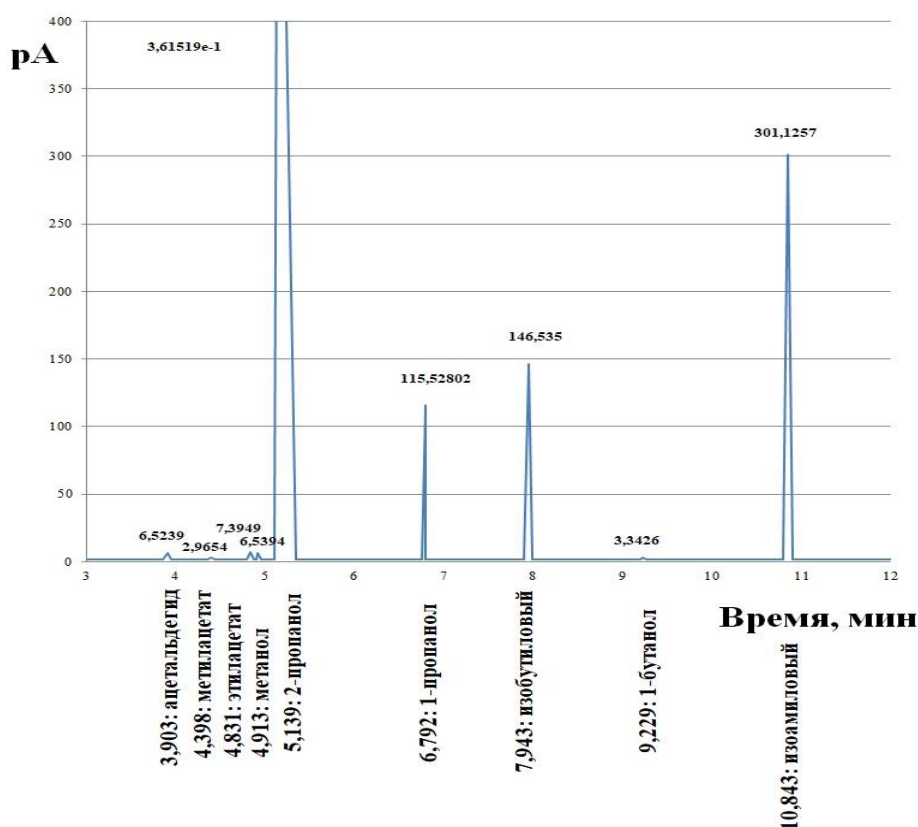


Рисунок 3.32 – Хроматограмма выдержанного вискового дистиллята, подвергнутого мягкому воздействию СВЧ-излучения

На состав и концентрацию сивушных масел в висковых выдержанных дистиллятах оказывает влияние сырье, вид дрожжей, температура брожения и технология приготовления сусла и дистиллята. При этом массовая концентрация сивушного масла в 1 дм³ безводного спирта, составила 3859,41 мг, что находится в пределах регламентируемых ГОСТ и обеспечивает формирование насыщенного и комплексного органолептического профиля с выраженными пряными и травянисто-зерновыми нотами.

Таблица 3.6 – Количественное содержание отдельных групп примесей в исследуемых образцах

Наименование показателя	Норма (ГОСТ Р 70225-2023)	Результаты
		3 образца
Крепость, %, об.	не менее 40,0	52,0±0,1
Массовая концентрация фурфурола в 1 дм ³ безводного спирта, мг	30	5,8±0,4
Массовая концентрация альдегидов в 1 дм ³ безводного спирта, мг	10–350	47,99±7,20
Массовая концентрация сивушного масла в 1 дм ³ безводного спирта, мг	500–6000	3859,41±578,91
Массовая концентрация сложных эфиров в 1 дм ³ безводного спирта, мг	50–1500	105,40±15,81
Массовая концентрация железа в 1 дм ³ безводного спирта, мг	не более 1,0	0,78
Объемная доля метилового спирта в пересчете на безводный спирт, %	не более 0,05	0,0089±0,0013

Однако нельзя сравнивать показатели выдержанных висковых дистиллятов только с показателями, которые регламентирует ГОСТ. Необходимо сравнить их между всеми тремя образцами.

Для этого представим сравнительный анализ количественного содержания отдельных групп примесей в исследуемых образцах 1, 2, 3 висковых выдержанных дистиллятов и их соответствию ГОСТ, в виде гистограмм на Рисунке 3.33.

Данные, представленные на гистограммах (Рисунок 3.33), показывают преобладание сивушных масел по отношению к другим примесям в исследуемых образцах.

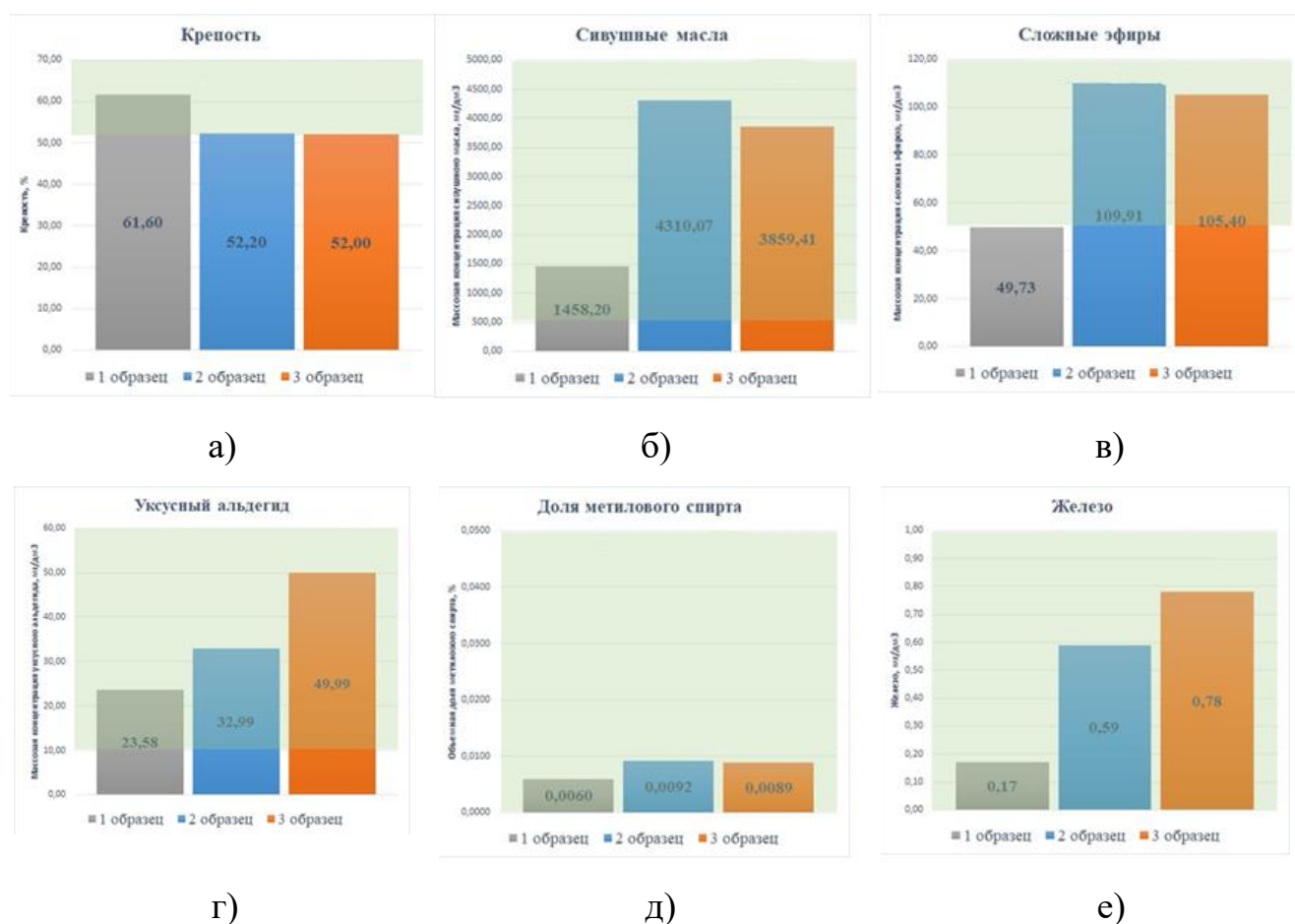


Рисунок 3.33 – Гистограмма содержания примесей в исследуемых образцах висковых дистиллятов 1, 2, 3

В выдержанных висковых дистиллятах, процесс созревания которых сопровождался воздействием механического перемешивания и СВЧ-излучения, общее содержание примесей возрастает незначительно в сравнении с контролем, но наблюдается существенное количественное изменение отдельных групп побочных веществ. В целом содержание всех идентифицированных групп летучих примесей находится в пределах допустимых стандартом значений [30].

Начнём с основного компонента, без которого невозможен виски – крепость этилового спирта (Рисунок 3.33 а), находящийся в пределах допустимой нормы по ГОСТ во всех трех образцах: минимальный процент является 52 % (образец 2 и 3), а максимальный – 61 % (образец 1). В нашем случае у образцов 2 и 3 крепость находится у нижней границы, поскольку в процессе выдержки ВД при воздействии на них механического перемешивания и СВЧ-излучения происходило его частичное испарение.

Перейдем к сложным эфирам, которые образовались при брожении от взаимодействия спирта и органических кислот. Воздействие механического перемешивания и СВЧ-излучения на ВВД значительно вносит свои коррективы в изменение содержания летучих примесей в ВВД (Рисунок 3.33 в). Так, например, увеличение концентрации сложных эфиров на 52,8 % в ВВД подвергавшимся механическому перемешиванию и СВЧ-излучению по отношению к первому образцу, является положительным эффектом, поскольку эфиры влияют на ароматические свойства виски и придают ему фруктовый вкус.

Далее переходим к альдегидам. Ключевым альдегидом в виски является уксусная кислота, которая придает виски его характерный кисловатый привкус. Образцы 2 и 3 по-прежнему преобладают по своим параметрам по данному показателю по отношению к образцу 1 (Рисунок 3.33 г). В среднем количество уксусных альдегидов в них больше на 38 %, что подтверждает положительное влияние воздействий на ВВД в процессе их выдержки.

Доля метилового спирта и железа во всех трёх образцах находится в пределах нижних допускаемых границ (Рисунок 3.33 д, е), что подтверждает безопасность готового продукта.

В целом содержание всех идентифицированных групп летучих примесей находится в пределах допустимых ГОСТ Р 70225-2023 и ТР ТС 021/2011. Это положительно влияет как на безопасность дистиллята, так и на формирование органолептических характеристик ВВД благодаря высокому содержанию сложных эфиров.

3.6 Определение органолептических показателей в образцах ВД, выдержанных с применением механического перемешивания и СВЧ-излучения

Органолептический анализ виски представляет собой сложный процесс, включающий оценку его визуальных, обонятельных и вкусовых характеристик. Данный метод широко применяется в индустрии спиртных напитков для контроля качества продукции, а также в профессиональной дегустационной практике. Органолептические свойства виски формируются под воздействием множества факторов, таких как сырье, технология перегонки, условия выдержки и особенности контакта спиртовой основы напитка с древесиной (бочка, клепка, щепы) [46; 80].

Методика проведения органолептического анализа полноценно прописана в пункте 2.5.5.

Для получения более качественной оценки выдержанных висковых дистиллятов для образца ВД 3 провели органолептическую оценку по показателям внешнего вида, цвета, аромата и вкуса. Была создана дегустационная комиссия в составе 10 человек, состоящая из преподавателей ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» кафедр инженерного дизайна, технологии продуктов питания из растительного сырья, а также аспирантов и магистрантов соответствующих кафедр. Оценка образца осуществлялась по трехкомпонентной системе согласно ГОСТ [34] с выставлением баллов по 10-балльной шкале. Визуальный анализ (максимум –

2 балла) включал оценку прозрачности и цвета (соломенный, золотистый, янтарный, коньячный) образца. Далее оценка аромата (максимум – 4 балла), где сначала определялась чистота аромата (отсутствие посторонних ароматов), а затем – выраженность, сложность и гармоничность букета, формируемого комплексом фенольных соединений. Оценка вкуса (максимум – 4 балла) включала в себя анализ на наличие или отсутствие посторонних вкусов и общие характеристики вкуса, такие как гармоничность, сбалансированность, сложность, мягкость или резкость. Полученные данные приведены в Таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Форма дегустационной карточки для ВВД (оценка по 10-балльной системе)

Представитель дегустационной комиссии	Наименование продукции	Прозрачность, цвет, балл	Аромат, балл	Вкус, балл	Общая оценка, балл
1	ВВД «Образец 3»	2	4	4	10
2	ВВД «Образец 3»	1	3	4	8
3	ВВД «Образец 3»	2	3	4	9
4	ВВД «Образец 3»	2	4	4	10
5	ВВД «Образец 3»	2	3	4	9
6	ВВД «Образец 3»	2	3	3	8
7	ВВД «Образец 3»	1	4	3	8
8	ВВД «Образец 3»	2	4	4	10
9	ВВД «Образец 3»	2	3	4	9
10	ВВД «Образец 3»	2	4	4	10
Итого:					9,1

Средний балл, по органолептической оценке, ВВД «Образец 3» составил 9.1, что соответствует дегустационной оценке ВВД, рекомендованной к выпуску и реализации продукции, согласно ГОСТ [34]. Описательные характеристики

оценки органолептических показателей ВВД «Образец 3» относительно ГОСТ [30], представлены в Таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Характеристика органолептических показателей качества, ВВД «Образец 3» при их обработке механическим перемешиванием и СВЧ-излучением

Наименование показателя	Характеристика	
	По ГОСТ Р 70225-2023	Фактически «Образец 3»
Внешний вид	Прозрачный, без посторонних включений и осадка	Цвет прозрачный, осадка и включений не наблюдается
Цвет	От светло-золотистого до темно-коричневого	Легкий коричневый оттенок
Аромат	Характерный для виски, сложный, гармоничный, с древесными и/или дымными тонами, и/или медовым тоном, и/или ванильным тоном, и/или фруктовым тоном, без постороннего аромата	Сбалансированный, с древесными нотами, посторонний аромат отсутствует
Вкус	Характерный для виски, округленный, мягкий, гармоничный, с тонами и/или зерновыми, и/или солодовыми, и/или сухофруктов, и/или ванили, и/или шоколада, и/или с меда, и/или торфа, и/или древесными тонами, без постороннего привкуса	Оттенки вкуса сложные, гармоничные, посторонние привкусы отсутствуют

Из Таблицы 3.8 видно, что не все органолептические показатели соответствовали ГОСТ, поскольку не стояло задачи получить выдержанные висковые дистилляты с ароматом и вкусом, например, карамели и меда, в остальном дистилляты соответствовали указанным показателям.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 3

1. Определены рациональные технологические параметры для проведения процесса экстракции целевых компонентов из дубовой клепки на стадии выдержки по усовершенствованной технологии: мощность микроволновой печи – 750 Вт; частота вращения механической мешалки – 1500 мин^{-1} ; время механического перемешивания на первом (предварительном) этапе – 3 мин; совместное воздействие механического перемешивания и СВЧ-излучения – 1 мин с периодичностью один раз в два дня; концентрация спирта в молодом дистилляте на начальном этапе стадии выдержки – 60 % об.

2. На основе сравнительного анализа классической и усовершенствованной технологии выдержки висковых дистиллятов сделан вывод о том, что для висковых дистиллятов с дубовой клепкой сильного обжига определены следующие количественные значения экстрагируемых веществ: для контрольного образца – концентрация спирта в дистилляте $C_c = 60 \text{ \% об.}$, содержание сухих веществ $C_v = 0,121 \text{ г}$, содержание полифенолов $P_{\phi} = 748 \text{ мг/дм}^3$; для образца ВД с концентрацией спирта в дистилляте $C_c = 60 \text{ \% об.}$ и с воздействием на него СВЧ-излучения в течение 1 мин; $C_v = 0,203 \text{ г}$; $P_{\phi} = 1843,3 \text{ мг/дм}^3$. Полученные данные в среднем в два раза превышают показатели контрольного образца ВВД, что является подтверждением эффективности предлагаемого способа созревания ВД по отношению к классическому способу выдержки.

3. Оценка кинетических исследований относительно процесса выдержки ВД при воздействии на них механического перемешивания и СВЧ-излучения показала наличие трех характерных периодов проведения процесса:

первый участок на кривой в диапазоне $0 \% < n < 45 \text{ \%}$, указывающий на снижение скорости экстракции связан с уменьшением количества экстрагируемых веществ на поверхности дубовой клепки;

второй участок на кривой в диапазоне $45 \% < n < 75 \text{ \%}$, указывающий на возобновление роста скорости экстракции, что связано со снижением

сопротивления переноса экстрактивных веществ, ввиду полного смачивания дубовой клепки;

третий участок на кривой в диапазоне $75 \% < n < 100 \%$, указывающий на снижение скорости экстракции, свидетельствует о прекращении выхода экстрактивных веществ, наличие которых было изначально ограничено химическим составом используемой дубовой клепки.

4. Хроматографический анализ выдержанного ВД показал, что содержание всех идентифицированных групп летучих примесей находится в пределах допустимых ГОСТ Р 70225-2023 и ВД соответствуют показателю безопасности по требованиям ТР ТС 021/2011.

5. Анализ органолептических характеристик выдержанного вискового дистиллята, относительно его аромата, цвета и вкуса, определил возможность получения качественного напитка без посторонних привкусов при использовании указанных параметров для его изготовления.

Оценка технологических решений, принятых относительно интенсификации процессов на стадии выдержки висковых дистиллятов, их параметров и рациональных технологических режимов позволяет утверждать о возможности получения безопасного, качественного напитка, с высокими вкусоароматическими характеристиками.

ГЛАВА 4. ПРОМЫШЛЕННАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

В Главе 4 диссертации описаны промышленные испытания исследовательских разработок в компании ООО «Бирлайн». Они включают в себя: создание технологической линии по производству виски с использованием предложенного способа интенсификации процессов стадии выдержки ВД, проведение и сравнительное описание результатов хроматографического анализа для ВД, полученных по предложенной технологии, относительно ГОСТ Р 70225-2023. А также приведен экономический расчет по получению прибыли от промышленной апробации предложенного способа экстракции на стадии выдержки висковых дистиллятов на ООО «Бирлайн».

4.1 Аппаратурное оформление процесса производства выдержанных висковых дистиллятов на ООО «БирЛайн»

В целях решения проблем импортозамещения продуктов перед Россией стоит серьезная задача обеспечения пищевой промышленности страны новыми современными технологиями и оборудованием, использование которых позволит сохранить качество и органолептические характеристики получаемых напитков при повышении эффективности и интенсивности процессов задействованных при производстве виски.

На качество напитка влияет множество факторов, например используемое сырье, особенности технологии его переработки, а также процесс выдержки ВД и их дальнейшее купажирование [45]. Классическая технология производства виски подразумевает использование дубовых бочек для стадии созревания напитка, что ведет к удорожанию самого напитка и производства в целом, а также сопровождается большими временными затратами.

Таким образом, цель данных исследований заключалась в оценке эффективности предложенного способа производства виски, с усовершенствованной стадией созревания ВД, путем воздействия на них механическим перемешиванием и СВЧ-излучением (подана заявка на патент РФ), на предприятии ООО «Бирлайн». Для достижения поставленной цели по процессу созревания ВД, при воздействии на них механическим перемешиванием, а именно в течение 7 мин с частотой вращения мешалки 1500 мин^{-1} , и СВЧ-излучением – в течение 1 мин при мощности СВЧ-печи – 750 Вт, в течение трех месяцев. Для апробации предложенного способа производства виски нами проводилась разработка технологической линии (Рисунок 4.1), которая состоит из следующего оборудования: сусловарочный котел, дистилляционно-ректификационный аппарат, промышленный миксер и промышленная микроволновая печь.



Рисунок 4.1 – Технологическая линия производства
выдержанных висковых дистиллятов

Устройство для приготовления сусла и его ферментации [76], входящее в технологическую линию, представлено на Рисунке 4.2; технические характеристики сусловарочного котла приведены в Таблице 4.1.



Рисунок 4.2 – Сусловарочный котел

Таблица 4.1 – Технические характеристики сусловарочного котла/дистилляционного аппарата

Наименование параметра	Величина
Номинальная потребляемая мощность, кВт	3
Номинальное напряжение, В	230
Род тока	переменный
Потребляемая мощность одного тэна, кВт	3
Количество тэнов, шт.	1
Номинальный объем котла, л	60
Габаритные размеры:	
высота, мм	750
диаметр, мм	550

Устройство для перегонки ферментированного сусла (Рисунок 4.3), характеристики которого дублируют характеристики сусловарочного оборудования, потому что данный аппарат является универсальным (о нем написано ранее в п. 3.1). На данном оборудовании можно осуществлять приготовление сусла, его ферментацию и последующую перегонку сусла, если установить поверх крышки ректификационную колонну и устройство для конденсации паров спирта.



Рисунок 4.3 – Дистилляционно-ректификационной аппарат

Следующей единицей оборудования представлен промышленный миксер, изображенный на Рисунке 4.4. Его рабочий объем составляет 50 дм³. Характеристики аппарата указаны в Таблице 4.2.



Рисунок 4.4 – Промышленный миксер на объем 50 дм³

Таблица 4.2 – Технические характеристики промышленного миксера

Наименование параметра	Величина
Масса турбомиксера, кг	108
Рабочий объём, л	50
Частота вращения мешалки рамной, об./мин	1500–3000
Мощность эл. двигателя, кВт	1.5
Мощность привода (мотор-редуктор IRW050)	0.75
Габаритные размеры:	
длина, мм	150
ширина, мм	350
высота, мм	1200

Завершает технологическую линию промышленная микроволновая печь MENUMASTER DS1400E, представленная на Рисунке 4.5, со следующими техническими характеристиками, представленными в Таблице 4.3.



Рисунок 4.5 – Промышленная микроволновая печь MENUMASTER DS1400E

Таблица 4.3 – Технические характеристики промышленной микроволновой печи MENUMASTER DS1400E

Наименование параметра	Величина
Материал внешней поверхности	Нержавеющая сталь
Отделка рабочей камеры	Нержавеющая сталь
Уровни мощности	11
Энергопотребление, Вт	3400
Выходная мощность, Вт микроволновое излучение	450–1400
Полезный внутренний объем, л	34
Вес, кг	43
Габаритные размеры:	
глубина общая, мм	667
ширина, мм	489
высота, мм	464

На описанной выше технологической линии был проведен процесс созревания ВД с применяемым к ним механическим перемешиванием, а именно в течение 7 мин с частотой оборотов 1500 мин^{-1} , и СВЧ-излучением – в течение 1 мин при мощности микроволновой печи в 750 Вт, под общим воздействием в течение трех месяцев.

Акт промышленных испытаний по качеству полученных образцов, произведенных на технологической линии с применением нового способа производства виски, описывающим ускорение стадии созревания висковых дистиллятов при помощи воздействия на них механическим перемешиванием и сверхвысокочастотным излучением, представлен в Приложении А.

4.2 Определение качественных показателей выдержанного вискового дистиллята, полученного на предприятии ООО «Бирлайн», методом хроматографии и сравнение их с показателями по ГОСТ Р 70225-2023 Виски российский

Определение физико-химических показателей для молодого и выдержанного висковых дистиллятов, произведенных на ООО «Бирлайн», проводилось при помощи хроматографического анализа в независимых лабораториях ФБУ «Кузбасский ЦСМ» и АОИ ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных». Данный анализ включал в себя определение крепости выдержанного вискового дистиллята и отдельных групп примесей, а именно массовых концентраций фурфурола, альдегидов, сивушного масла, сложных эфиров и объема метилового спирта.

Получение ВВД осуществлялось в безопасных условиях и со строгим соблюдением контроля качества, которые регламентированы действующими нормативными документами [30; 96].

В промышленных условиях на технологической линии провели процесс созревания ВД крепостью не менее 60 % об. при воздействии на него механическим перемешиванием, а именно в течение 7 мин с частотой вращения мешалки 1500 мин^{-1} , и воздействии СВЧ-излучением – в течение 1 мин при мощности микроволновой печи 750 Вт, в течение трех месяцев.

Хроматограммы молодого и выдержанного висковых дистиллятов, полученные на ООО «Бирлайн», представлены на Рисунках 4.6 и 4.7.

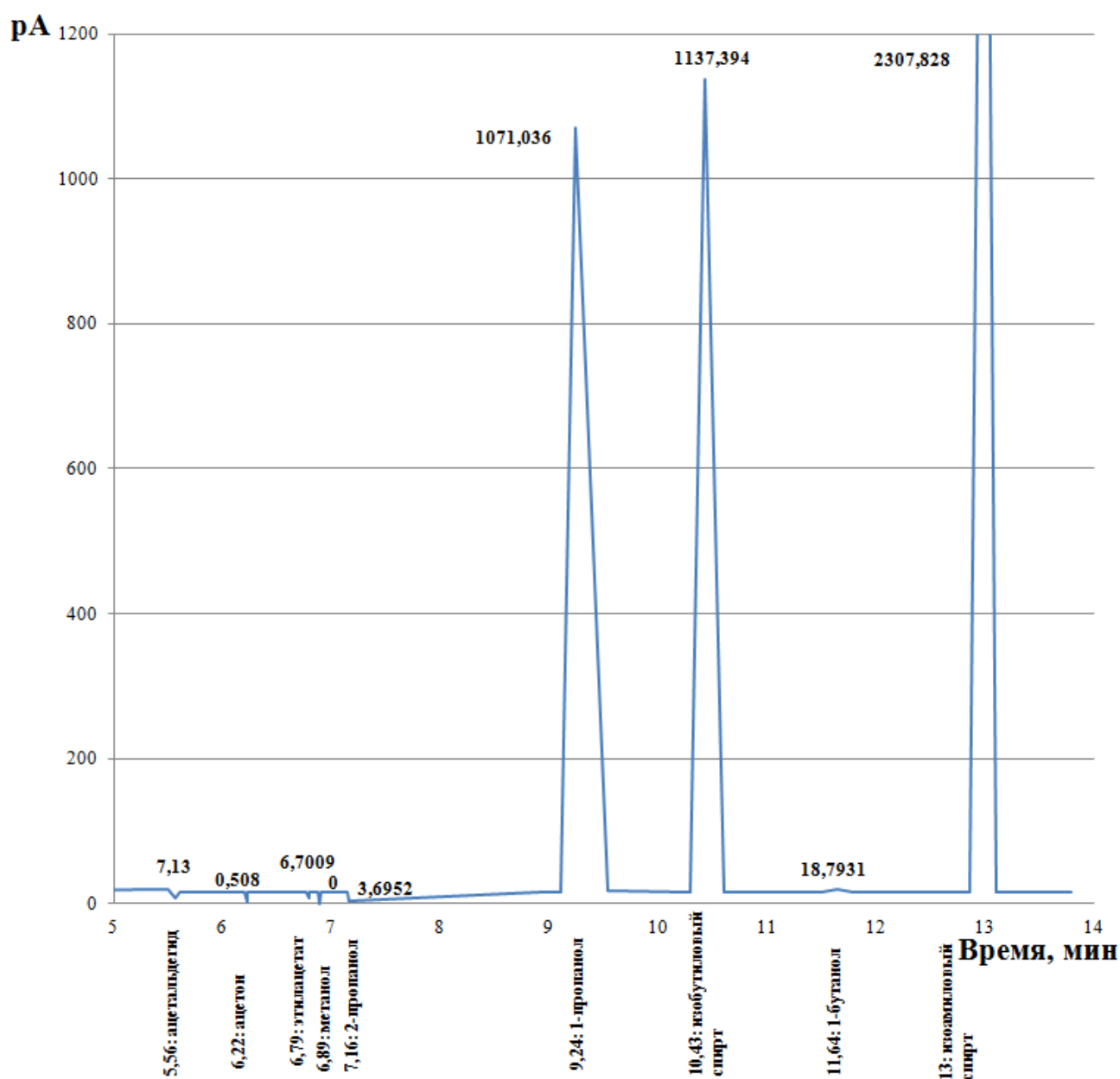


Рисунок 4.6 – Хроматограмма молодого вискового дистиллята

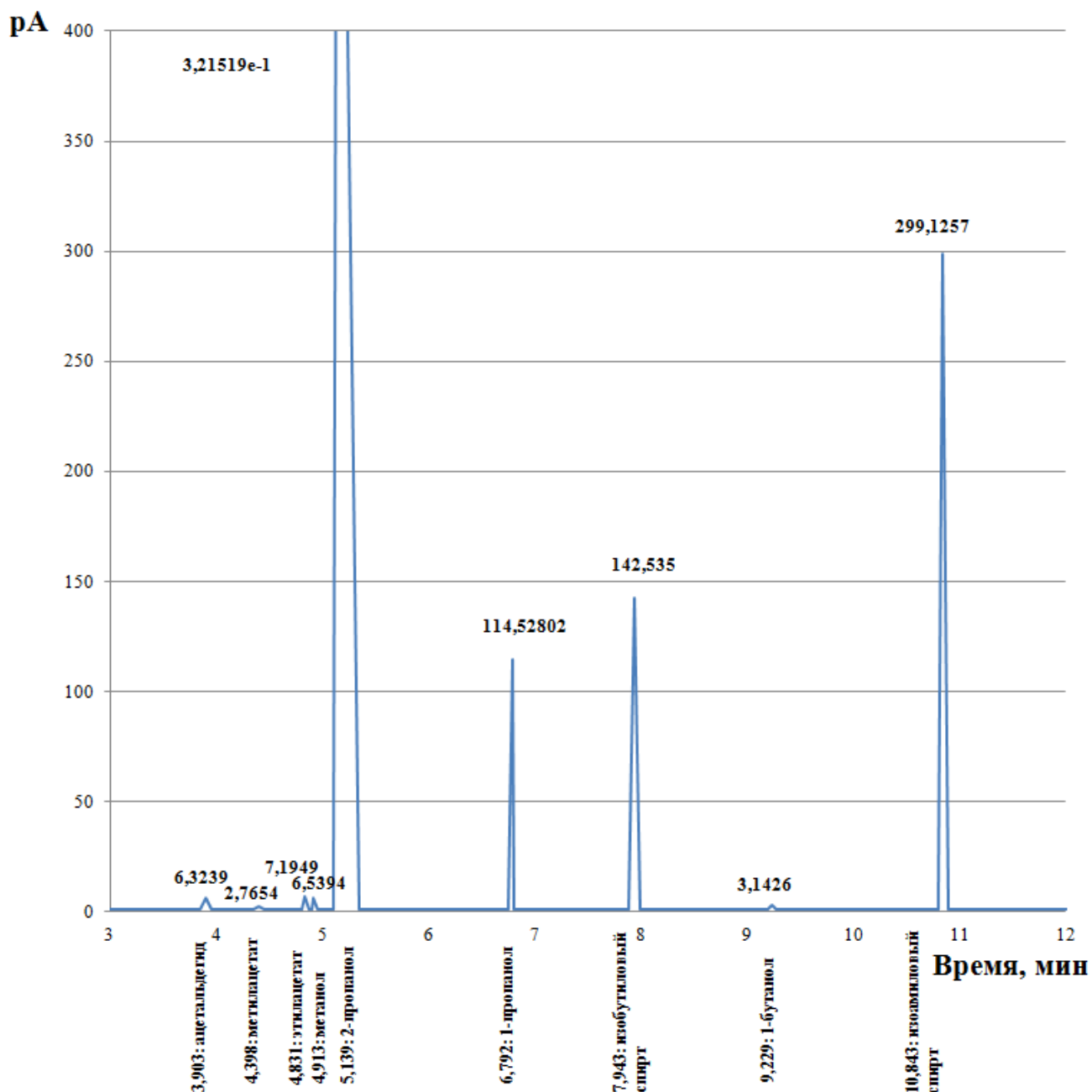


Рисунок 4.7 – Хроматограмма выдержанного вискового дистиллята

На Рисунке 4.8 представлено содержание отдельных групп примесей в молодом и выдержанном ВД.

Из Рисунка 4.8 видно, что крепость полученных молодых ВД составляет 40 % об., а ВВД – 52,2 % об., что соответствует диапазону значений по нормативным документам. Количество фурфурола составило соответственно

7,4 на 1 дм³ безводного спирта, что подтверждает минимально-допустимое количество опасной примеси.

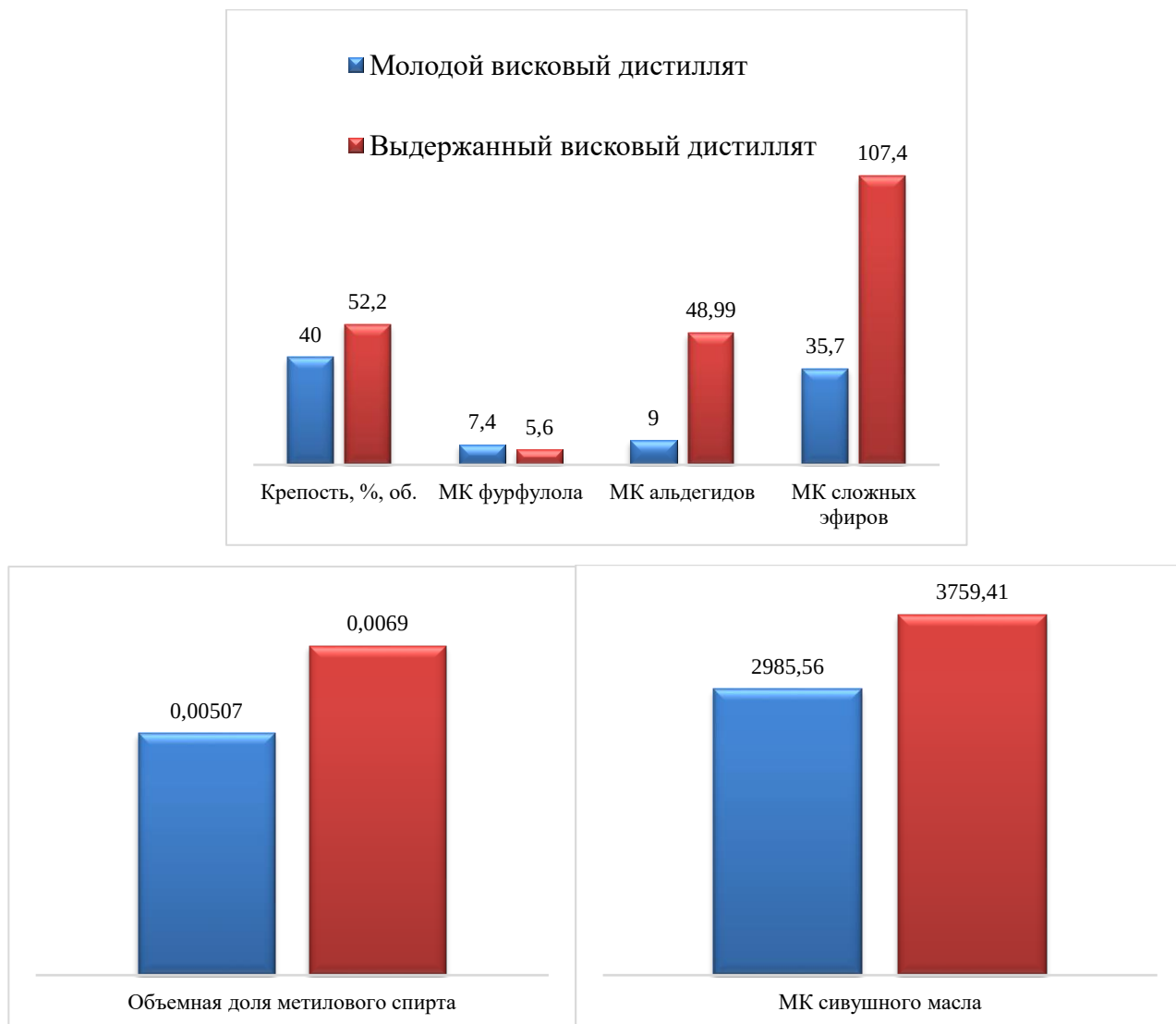


Рисунок 4.8 – Содержание отдельных групп примесей (мг/дм³ б. с.) в молодом и выдержанном ВД:
МК – массовая концентрация, б. с. – безводный спирт

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод о том, что в целом показатели количественных массовых концентраций альдегидов, сложных эфиров и сивушных масел находятся в пределах границ показателей ГОСТ что, также свидетельствует о хорошем качестве полученных выдержанных висковых

дистиллятов. Таким образом, по имеющимся результатам, можно судить о соответствии полученных висковых дистиллятов требованиям по определяющим показателям качества.

Проанализировав всё вышеизложенное, можно утверждать, что соответствие качества и безопасности ВВД по отношению к нормативной документации наблюдается, при воздействии на него с периодичностью 1 раз в день механического перемешивания дистиллята – 7 мин, частота вращения – 750 Вт.

Протоколы проводимых исследований по испытанию образцов ВД в испытательных лабораториях для молодых висковых дистиллятов – ФБУ «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Кемеровской области» и для выдержанных висковых дистиллятов – Алтайский орган инспекции федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный центр охраны здоровья животных» – представлены в Приложении Б.

4.3 Прогноз экономической эффективности апробации предложенного способа процесса экстракции целевых компонентов из дубовой клепки на стадии выдержки висковых дистиллятов в производство

Важным вопросом при расчете экономической эффективности внедрения нового способа выдержки висковых дистиллятов является их качество, оценка которого приводится в Главе 3 (совокупность физико-химических методов исследования). Производство большего объема висковых дистиллятов, при новом подходе, должно соответствовать требованиям ГОСТ и быть сопоставимо с качеством продукции предлагаемым рынком, для целесообразности сопоставления технологических затрат и получаемых результатов.

Повышение экономической эффективности, при внедрении предполагаемого способа созревания висковых дистиллятов на производство, можно представить через следующие инструменты: уменьшение времени

на процесс созревания висковых дистиллятов, приводящее к увеличению количества дистиллятов; сокращение затрат на эксплуатацию технологической линии; снижение объемов денежных средств в развитие производственных оснащений за счет внедрения нового способа и соответствующего оборудования.

Рассмотрев данные инструменты, можно оценить их влияние на экономические показатели компании ООО «Бирлайн» при внедрении на площадку по производству виски нового способа выдержки висковых дистиллятов.

При рассмотрении процесса выдержки висковых дистиллятов можно отметить, что, согласно классической схеме, он происходит в дубовой бочке, в которой происходит процедура долгого созревания дистиллятов, измеряемое годами. Как минимум, это протекает в течение трех лет. В результате этого предприятие, имеющее, например, три бочки ёмкостью по 200 литров, получает 600 литров виски. Предлагаемый автором способ созревания висковых дистиллятов позволяет достигать указанный объем 600 литров в течение 9–12 месяцев. Следовательно, за три года, как минимум, объем производства висковых дистиллятов и их продажи возрастут в три раза и составят 1200 литров. Для того чтобы сопоставить данные полученные при классическом производстве виски и с внедрением нового способа и соответствующего технологического оборудования, представим данные в пересчете производства за один год.

При традиционной технологии созревания висковых дистиллятов в дубовых бочках минимальный срок выдержки составляет 3 года. Таким образом, среднегодовая производительность определяется по формуле 30:

$$P_{\text{ср}} = \frac{V_{\text{общ}}}{t}, \quad (30)$$

где $P_{\text{ср}}$ – среднегодовая производительность;

$V_{\text{общ}}$ – общий объем получаемого напитка;

t – продолжительность выдержки.

$$P_{\text{ср}} = \frac{600 \text{ л}}{3 \text{ года}} = 200 \text{ л/год.}$$

Полученный результат соответствует годовому объему производства, получаемому при использовании усовершенствованной технологии.

Однако цикличность процесса при классической технологии производства виски невозможна, поскольку созревание происходит одновременно в течение трех лет. Для обеспечения ежегодного выпуска продукции в объеме 600 литров компания ООО «Бирлайн» должна владеть не менее чем девятью бочками. Это увеличит объем начальных инвестиций в три раза по сравнению с производством виски по усовершенствованной технологии.

Производимые компанией затраты при производстве виски по традиционной технологии представлены в Таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Затраты компании ООО «БирЛайн» при производстве виски по традиционной технологии

Время, затраченное на производство виски, год	Статья расходов	Сумма, руб.
1	Приобретение 3 бочек	90 000,00
2	Приобретение 3 бочек	90 000,00
3	Приобретение 3 бочек	90 000,00
4	Получение прибыли от реализации 600 литров продукции	-
Итого:	Совокупные вложения	270 000,00
Срок окупаемости	5 лет	

Производимые компанией затраты при производстве виски по усовершенствованной технологии представлены в Таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Затраты компании ООО «Бирлайн» при производстве виски по усовершенствованной технологии

Время, затраченное на производство виски, год	Статья расходов	Сумма, руб.
1	Промышленная микроволновая печь	60 000,00
	Механическое перемешивающее устройство	15 000,00
	Стеклянные емкости (4 шт. по 50 дм ³)	20 000,00
	Дубовая клепка (2 кг)	3 500,00
Итого за 1 год	Общая сумма инвестиций	98 500,00
2	Дополнительные вложения –	0,00
	Получение прибыли от реализации 200 литров продукции за 1 год	
3	Дополнительные вложения –	0,00
	Получение прибыли от реализации 200 литров продукции за 2 год	
4	Получение прибыли от реализации 200 литров продукции за 3 год	-
Срок окупаемости	3 года	

Сравнительный анализ использования двух технологий производства виски показывает, что внедрение усовершенствованного способа выдержки ВД позволяет значительно сократить первоначальные инвестиционные расходы.

Инновационная технология требует вложений в размере 98 500,00 рублей против 270 000,00 рублей при использовании классического метода. Дополнительным преимуществом является сокращение срока окупаемости с 5 до 3 лет.

Далее рассчитаем годовую прибыль компании ООО «Бирлайн». Предположим, что цена реализации выдержанных висковых дистиллятов составит 800 рублей за один литр (в ценах 2024 г.), с учётом производства 200 литров в год, то вложения компании ООО «Бирлайн» окупятся уже в первом году при производстве выдержанных висковых дистиллятов по новому способу их выдержки.

В результате годовая прибыль составит $(200 \text{ л за год} \times 800 \text{ руб.} = 160\,000 \text{ руб.} - \text{вложения компании } 98\,500 \text{ руб.}) 61\,500 \text{ руб.}$ Все это позволит получать чистую прибыль, начиная с первого и последующих годов производства, выдержанных висковых дистиллятов.

Далее сравним предполагаемую выручку от реализации выдержанных висковых дистиллятов, полученных классическим и новым способами созревания висковых дистиллятов, полученных за 4 года работы компании ООО «Бирлайн».

Итак, за 3 года созревания висковых дистиллятов классическим способом компания получает 600 л выдержанных висковых дистиллятов. Предположительная цена реализации выдержанных висковых дистиллятов равна 800 руб. за один литр, компания получит выручку равную $600 \times 800 \text{ руб.} = 480\,000 \text{ руб.}$ При затратах на покупку трех бочек в каждый год производства равных 270 000 рублей. Получим прибыль только на четвертый год реализации выдержанных висковых дистиллятов равную $480\,000 - 270\,000 = 210\,000 \text{ рублей.}$

При созревании висковых дистиллятов предложенным способом, основные затраты ложатся на первый год производства, которые равны 98 500 рублей.

При производстве 200 л выдержанных висковых дистиллятов в год и аналогичной цене их реализации компания получит выручку (600 л за 3 года) за четвертый год реализации равную $600 \times 800 \text{руб. за 1 л} = 480\,000$ рублей, тогда прибыль с учетом вложенных затрат составит $480\,000 - 98\,500 = 381\,500$ рублей и это только при производстве 200 л в год. При производстве 600 л в год, с учетом потерь спирта 1,2 % об. (в пересчете на безводный спирт), получаем 592 л. Прибыль составит 1 129 240 рублей, что в 5 раз больше, чем при получении висковых дистиллятов, выдержанных классическим способом созревания.

Исходя из этого, можно сделать вывод, что промышленная апробация предложенного способа созревания висковых дистиллятов в компанию ООО «Бирлайн» является экономически эффективной, поскольку компания получает возможности расширения ассортиментного ряда алкогольных напитков без увеличения расходов на закупку дополнительного оборудования. Поэтому можно с уверенностью сказать, что компания ООО «Бирлайн» обеспечивает эффективное производство висковых выдержанных дистиллятов с наименьшими издержками на единицу продукции.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 4

1. Представлено аппаратурно-промышленное оформление технологического процесса производства висковых дистиллятов с усовершенствованной стадией выдержки ВД, путем воздействия на них механического перемешивания и СВЧ-излучения на ООО «Бирлайн».

2. Анализ физико-химических показателей молодого и выдержанного дистиллятов позволяет утверждать, что полученные ВД полностью соответствуют требованиям стандарта ГОСТ Р 70225-2023 и показателю безопасности по требованиям ТР ТС 021/2011.

3. Предложенный способ интенсификации процесса экстракции целевых компонентов из дубовой клепки на стадии выдержки ВД, путем воздействия на них механического перемешивания и СВЧ-излучения успешно прошел промышленные испытания, рекомендован для использования в технологической линии на стадии созревания ВД в компании ООО «Бирлайн» г. Кемерово. Промышленная апробация производства ВВД по предложенному способу признана экономически эффективной. Расчетная прибыль при производстве 600 литров ВВД в год составила 1 129 240 рублей, что в 5 раз больше, чем при получении ВД, выдержанных по классической технологии.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Литературно-патентный обзор существующего оборудования (экстракторов системы «твердое тело – жидкость») и способов процесса экстрагирования позволил сформулировать цель и задачи исследований, решение которых позволит сократить время процесса экстракции целевых компонентов из дубовой клепки при выдержке висковых дистиллятов.

2. Разработан экстракционный аппарат и способ интенсификации процесса экстракции целевых компонентов из дубовой клепки, совершенствующий стадию выдержки висковых дистиллятов с помощью совместного воздействия на них механического перемешивания и сверхвысокочастотного излучения (подана заявка на патент РФ), позволяющий сократить время созревания напитка примерно в 3 раза.

3. Определены рациональные технологические параметры для проведения процесса экстракции целевых компонентов из дубовой клепки на стадии выдержки по усовершенствованной технологии: мощность микроволновой печи – 750 Вт; частота вращения механической мешалки – 1500 мин^{-1} ; время механического перемешивания на первом (предварительном) этапе – 3 мин; совместное воздействие механического перемешивания и сверхвысокочастотного излучения – 1 мин с периодичностью 1 раз в 2 дня; концентрация спирта в молодом дистилляте на начальном этапе стадии выдержки – 60 % об.

4. Анализ кинетических зависимостей процесса экстракции на стадии выдержки висковых дистиллятов показал наличие трех периодов кривых скоростей во всех исследуемых образцах. В первом периоде скорость процесса экстракции уменьшается, что вызвано снижением количества экстрактивных веществ на поверхности дубовой клепки; во втором периоде, за счёт активного проникновения спиртов в твердую фазу скорость процесса выдержки ВД возрастает; в третьем периоде снижается за счёт падения разности концентраций полифенолов и сухих веществ в дубовой клепке и дистилляте. Полученные,

на основе уравнений регрессии, кинетические зависимости скорости процесса выдержки от его продолжительности, адекватно описывают процесс созревания висковых дистиллятов.

5. Анализ показателей качества выдержанных ВД с концентрацией спирта в них 60 % об. показал, что в контрольном образце содержание сухих веществ и полифенолов составило $S_v = 0,121$ г, $P_f = 748$ мг/дм³; а в образце ВД подвергнутому сверхвысокочастотному излучению, эти же показатели равны $S_v = 0,203$ г, $P_f = 1843,3$ мг/дм³. Анализ, полученных численных значений, показателей подтвердил эффективность процесса экстракции целевых компонентов из дубовой клепки на стадии выдержки висковых дистиллятов, с применением сверхвысокочастотного излучения. Полученный ВВД соответствует требованиям качества ГОСТ Р 70225-2023 и показателю безопасности согласно ТР ТС 021/2011.

6. Проведена промышленная апробация производства ВВД на ООО «Бирлайн» по предложенному способу, которая признана экономически эффективной. Расчетная прибыль при производстве 600 литров ВВД в год составила 1 129 240 рублей, что в 5 раз больше, чем при получении висковых дистиллятов, выдержанных по классической технологии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамова, И. М. К вопросу о технологии получения Российского виски / И. М. Абрамова, Н. Е. Головачева, С. С. Морозова [и др.] // Биотехнология: состояние и перспективы развития: материалы международного конгресса. М., 25– 27 февраля 2019 г. – 2019. – Вып. 17. – С. 534–537.
2. Абрамова, А. В. Состав древесины дуба и его воздействие на алкогольные напитки при выдержке / А. В. Абрамова // Успехи современной науки. – 2017. – Т. 1. – № 6. – С. 140–142.
3. Абрамова, И. М. Сравнительная оценка показателей качества ромов и виски с применением газохроматографического метода анализа. / И. М. Абрамова, В. Б. Савельева, Н. В. Матросова [и др.] // Перспективные направления совершенствования технологии спирта и спиртных напитков и методы их контроля; Сборник научных трудов по материалам Международного научно-практического семинара, посвященного 90-летию института. – М., 2021. – С. 45–50. – DOI: 10.18334/9785912924002.45-50.
4. Администрация сайта «<https://homebeeromsk.ru>», Облагораживание дистиллята при помощи дубовой щепы. – URL: <https://homebeeromsk.ru/oblagorazhivanie-distillyata-pri-pomoshhi-dubovoj-shhepy>. (дата обращения: 22.03.2022).
5. Администрация сайта «<https://whiskyworld.ru>», О виски. – URL: <https://whiskyworld.ru/about-whisky>. (дата обращения: 22.03.2022).
6. Администрация сайта «<https://www.firmarost.ru>», Дубовая щепа как аналог бочки. – URL: <https://www.firmarost.ru/articles/samogonovarenie/dubovaja-shepa-kak-analog-bochki>. (дата обращения: 22.03.2022).
7. Аксельруд, Г. А. Экстрагирование. Система твердое тело – жидкость / Г. А. Аксельруд, В. М. Лысянский. – Л., 1974. – 348 с.

8. Ахназарян, Ф. А. Многократное использование древесины дуба в производстве коньяка / Ф. А. Ахназарян, А. С. Саакян, А. С. Геворкян [и др.] // Садоводство и виноградоводство Молдавии. – 1986. – № 4. – С. 34–35.
9. Бабенко, Ю. И. Экстрагирование. Теория и практические приложения / Ю. И. Бабенко, Е. В. Иванов. – СПб.: НПО «Профессионал», 2009. – 334 с.
10. Бадалова, Э. К. Разработка путей повышения эффективности процесса экстрагирования и качества красящих веществ из растительного сырья: автореф. дис. ... канд. тех. наук. – М., 2000. – 26 с.
11. Борисенко, Т. Н. Методы исследования качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции бродильных производств: лабораторный практикум для студентов спец. 270500 «Технология бродильных производств и виноделие» / Т. Н. Борисенко, Т. И. Нуштаева. – Кемерово: КемТИПП, 2003. – 104 с.
12. Бородулин, Д. М. Интенсификация процесса извлечения целевых компонентов из термически обработанной дубовой щепы с дистиллятами при приготовлении виски / Д. М. Бородулин, О. В. Салищева, А. А. Файнер // Пищевые инновации и биотехнологии: материалы V Международной научной конференции. – Кемерово: КТИПП, 2017. – С. 200–202.
13. Бородулин, Д. М. Исследование влияния микроволнового воздействия на процесс созревания висковых дистиллятов / Д. М. Бородулин, М. В. Просин, М. Н. Потапова [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2019. – № 4. – С. 141–153. – DOI: <https://doi.org/10.36107/spfp.2019.154>.
14. Бородулин, Д. М. Исследование воздействия механоактивированной воды на состав молодых висковых дистиллятов / Д. М. Бородулин, И. Ю. Сергеева, Л. В. Пермякова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2023. – № 4 (393). – С. 76–82.
15. Бородулин, Д. М. Исследование совместного влияния сверхвысокочастотного излучения и кислорода на процесс экстрагирования в технологии получения спиртных напитков / Д. М. Бородулин, И. Ю. Резниченко, М. В. Просин [и др.] // Пиво и напитки. – 2020. – № 2. – С. 15–19.

16. Бородулин, Д. М. Исследование эффективности работы новой конструкции экстракционного аппарата в технологической линии по производству виски / Д. М. Бородулин, Е. А. Сафонова, М. В. Просин [и др.] // XXI век: Итоги прошлого и проблемы настоящего плюс, 2022. – Т. 11. – № 3 (59). – С. 122–127.

17. Бородулин, Д. М. Определение содержание полифенолов в выдержанных висковых дистиллятах с дубовыми кубиками, подвергавшихся воздействию сверхвысокочастотного излучения / Д. М. Бородулин, М. В. Просин, Я. С. Головачева // Пищевые системы: новые виды ресурсов, инновационные технологии хранения и переработки, управление качеством. – Майкоп: Майкопский государственный технологический университет, 2023. – С. 119–130.

18. Бородулин, Д. М. Определение содержания полифенолов в крепких алкогольных напитках / Д. М. Бородулин, О. В. Салищева, Е. А. Вечтомова [и др.] // Материалы II Международной научно-практической конференции «Явление переноса в процессах и аппаратах химических и пищевых производств». – 2016. – С. 431–434.

19. Бородулин, Д. М. Перспективы развития экстракционного оборудования для созревания висковых дистиллятов / Д. М. Бородулин, Я. С. Головачева, А. В. Шалев // Сборник тезисов докладов участников пула научно-практических конференций. / Под общ. ред. Е. П. Масюткина; Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского; Луганский государственный педагогический университет; Керченский государственный морской технологический университет. – Керчь, 2021. – С. 76–79.

20. Бородулин, Д. М. Разработка новых заторно-сусловарочно-фильтрационных аппаратов для производства крафтового пива / Д. М. Бородулин, А. В. Шалев, Е. А. Сафонова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – № 4. – С. 630–641.

21. Бородулин, Д. М. Создание и апробирование лабораторного стенда для совершенствования процесса созревания висковых дистиллятов / Д. М. Бородулин, Я. С. Головачева, А. В. Шалев // Сборник тезисов IX Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Кемерово, 2021. – С. 40.

22. Бородулин, Д. М. Сравнительный анализ качества солода различных производителей для приготовления солодовых висковых дистиллятов / Д. М. Бородулин, И. Ю. Резниченко, А. В. Шалев, М. В. Просин // Пиво и напитки. – № 2. – 2019. – С. 64–69.

23. Бунтова, Е. В. Статистическая обработка результатов измерений: учеб. пособие / Е. В. Бунтова. – Самара: Книга, 2011. – 87 с.

24. Бурачевский, И. И. Происхождение, классификация и технология приготовления виски. / И. И. Бурачевский, Е. В. Воробьева, О. В. Веселовская [и др.] // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2013. – № 1. – С. 9–14.

25. Бурдо, О. Г. Процессы инактивации микроорганизмов в микроволновом поле / О. Г. Бурдо, О. Б. Рыбина. – Одесса: Полиграф, 2010. – 200 с.

26. Васылык, А. В. Термическая обработка коньячных спиртов в процессе выдержки / А. В. Васылык, М. Н. Простак // Магарац. Виноградарство и виноделие. – 2009. – № 1. – С. 35–36.

27. Волкова, С. В. Оценка качества дистиллятов для производства виски из некоторых видов зернового сырья местной селекции. / С. В. Волкова, О. В. Яковлева // Вестник Могилевского государственного университета продовольствия. – 2019. – № 1 (26). – С. 77–83.

28. Востриков, С. В. Влияние физико-химических методов обработки водно-спиртовых смесей и дубовой древесины на эффективность получения компонентов виски. / С. В. Востриков, И. В. Новикова // Известия вузов. Пищевая технология. – 2002. – № 4. – С. 26–28.

29. ГОСТ 29294-2021. Солод пивоваренный. Технические условия. – М.: Российский институт стандартизации, 2021. – 27 с.
30. ГОСТ Р 70225-2023. Виски российский, дистилляты зерновые и висковые российские. Общие технические условия. – Введ. 2024-01-01. – М.: Российский институт стандартизации, 2024. – 12 с.: ил.
31. ГОСТ 5962-2013. Спирт этиловый ректификованный из пищевого сырья. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2014. – 9 с.
32. ГОСТ 6709-72. Вода дистиллированная. Технические условия (с Изменениями № 1, 2). – М.: Стандартинформ, 2014. – 12 с.
33. ГОСТ 7190-2013. Изделия ликероводочные. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2014. – 8 с.
34. ГОСТ 33817-2016. Спирт этиловый из пищевого сырья, напитки спиртные. Методы органолептического анализа. – М.: Стандартинформ, 2016. – 19 с.
35. Домарецкий, В. А. Технология экстрактов, концентратов и напитков из растительного сырья: учеб. пособие. – М.: ФОРУМ, 2011. – 448 с.
36. Дубинина, Е. М. Влияние минерального состава умягченной воды на качественные показатели спиртных напитков из растительного сырья / Е. В. Дубинина, Е. М. Севостьянова, Л. Н. Крикунова [и др.] // Ползуновский вестник. – 2021. – № 1. – С. 11–19.
37. Елисеев, М. Н. Исследование качества ирландских виски, реализуемых на рынке РФ / М. Н. Елисеев, Ф. А. Неверов, И. Н. Грибкова // Пиво и напитки. – 2021. – № 3. – С. 20–25. – DOI: 10.52653/PIN.2021.3.3.004.
38. Елисеев, М. Н. Крепкий алкогольный напиток – типа виски на основе пивоваренного солода / М. Н. Елисеев, В. П. Осипова, М. А. Миронова // Перспективные биотехнологические процессы в технологиях продуктов питания и кормов: VII Международный научно-практический симпозиум. – М., 2014. – С. 401–404.

39. Касьянов, Г. И. До- и сверхкритическая экстракция: достоинства и недостатки / Г. И. Касьянов // Пищевая промышленность. – 2005. – № 1. – С. 36–39.

40. Кетова, Н. П. Ситуационный маркетинговый анализ российского рынка пива: оценка тенденций его развития, возможности позиционирования компаний в регионах / Н. П. Кетова, М. С. Железнякова // Экономика и предпринимательство. – 2016. – Т. 75. – № 10-1. – С. 180–191.

41. Коптелова, Е. Н. Извлечение экстрактивных веществ и бетулина из бересты при воздействии СВЧ-поля / Е. Н. Коптелова, Н. А. Кутакова, С. И. Третьяков // Химия растительного сырья. – 2013. – № 4. – С. 159–164.

42. Корнилов, Н. Н. Районы производства и марки виски в России. / Н. Н. Корнилов // Всероссийская научно-практическая конференция «Новое слово в науке. Молодежные чтения». Ставрополь, 12–14 апреля 2017 г. – 2017. – С. 107–110.

43. Копысова, Т. С. Разработка технологии СВЧ-экстрагирования компонентов растительного сырья: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02. Ижевск, 2013. – 171 с.

44. Коростелев, А. В. Моделирование и оптимизация процесса получения солодов для приготовления спирта-виски / А. В. Коростелев, И. В. Новикова, Д. А. Палишкин // Материалы XLIX отчетной научной конференции за 2010 г. (г. Воронеж, 22–23 марта 2011 г.). – Воронеж, 2011. – С. 204.

45. Коростелев, А. В. Разработка интенсивной технологии крепких алкогольных напитков «Виски»: дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.18.01 / Коростелев Алексей Васильевич. – Воронеж, 2011. – 283 с.

46. Коростелев, А. В. Физико-химические и органолептические показатели спиртов-виски из различного сырья / А. В. Коростелев, С. В. Востриков, И. Н. Новикова // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2010. – № 1. – С. 30–31.

47. Крикун, А. И. Исследование изменения свойств водных дисперсионных систем при разных подходах к механическому диспергированию / А. И. Крикун //

Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации: материалы V Нац. науч.-техн. конф. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2022. – 294 с.

48. Крикунова, Л. Н. Влияние активной кислотности на качественные характеристики дистиллятов. / Л. Н. Крикунова, Е. В. Дубинина, А. В. Песчанская [и др.] // Техника и технология пищевых производств, 2022 – Т. 52. – № 4. – С. 694–705. – DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-4-2399>.

49. Кухно, А. И. Оптимальные режимы обработки дубовой древесины в производстве крепких спиртных напитков / А. И. Кухно // Пищевая технология. – 1995. – № 5–6. – С. 48–49.

50. Кухно, А. И. Особенности ускоренной технологии производства крепких спиртных напитков / А. И. Кухно, Э. М. Соболев, В. М. Боярский // Пищевая технология. – 1995. – № 5–6. – С. 46–47.

51. Левтринская, Ю. О. Микроволновые технологии интенсификации массообменных и тепловых процессов при переработке растительного сырья / Ю. О. Левтринская, Н. В. Ружицкая, Т. А. Резниченко [и др.] // Научные труды одесской национальной академии пищевых технологий. – 2016. – № 1. – Т. 80. – С. 67–73.

52. Луканин, А. С. Выдержка коньячных спиртов в старых дубовых бочках с использованием продуктов переработки древесины дуба / А. С. Луканин, С. И. Байлук, А. Н. Сидоренко [и др.] // Винограводство и виноделие. – 2010. – № 3. – С. 34–36.

53. Макаров, С. Ю. Основы технологии виски. – М.: ПРОБЕЛ-2000, 2011 – 196 с.

54. Медриш, М. Э. Идентификация виски с использованием хроматографических методов / М. Э. Медриш, И. М. Абрамова, В. Б. Савельева [и др.] // Наука, питание и здоровье: сборник научных трудов. – Минск, 2021. – С. 374–380.

55. Микулинич, М. Л. Подбор оптимальных технологических режимов получения солода из различных видов зерна белорусской селекции для получения полисолодовых экстрактов / М. Л. Микулинич, Е. М. Моргунова, С. Л. Масанский // Вестник могилевского государственного университета продовольствия. – 2016. – № 2 (21). – С. 63–74.

56. Морозова, С. С. Перспективный способ обработки древесины дуба для выдержки висковых дистиллятов / С. С. Морозова, И. М. Абрамова, Н. Е. Головачева [и др.] // Пищевая промышленность. – 2019. – № 4. – С. 69–70.

57. Моторжин, В. В. Тенденции развития рынка крафтового пива в России / В. В. Моторжин, В. В. Яковлев // Маркетинг и маркетинговые исследования. – 2016. – № 3. – С. 218–222.

58. Мурашев, С. В. Определение содержания воды и сухих веществ в пищевых продуктах / С. В. Мурашев, А. Л. Ишевский, Н. А. Уварова. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2008. – 26 с.

59. Новикова, И. В. Интенсификация экстрагирования компонентов из древесины дуба с помощью ультразвука / И. В. Новикова, Г. В. Агафонов, И. Е. Шабанов [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2014. – № 10. – С. 34–37.

60. Новикова, И. В. Исследование скорости экстрагирования компонентов из древесного сырья. / И. В. Новикова, Г. В. Агафонов, Т. С. Корниенко // Вестник ВГУИТ. – 2012. – № 3. – С. 99–103.

61. Новикова, И. В. Теоретические и практические аспекты интенсивной технологии спиртных напитков из зернового сырья с применением экстрактов древесины / И. В. Новикова; Воронежский государственный университет инженерных технологий. – Воронеж, 2014. – 150 с.

62. Оганесянц, Л. А. Влияние термической обработки древесины дуба на ее химический состав и качество коньяков / Л. А. Оганесянц, В. А. Песчанская, В. П. Осипова [и др.] // Виноделие и виноградарство. – 2008. – № 5. – С. 7.

63. Оганесянц, Л. А. Дуб и виноделие / Л. А. Оганесянц. – М: Агропищепромиздат, 2001. – 359 с.

64. Османьян, Р. Г. Влияние условий брожения на качество висковых спиртов / Р. Г. Османьян // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. – 2007. – № 2. – С. 532.

65. Османьян, Р. Г. Основные направления совершенствования технологии производства российского бренди [ускорение созревания коньячных спиртов] / Р. Г. Османьян // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. – 2007. – № 1. – С. 192.

66. Панахов, Т. М. Исследование процессов трансформации ароматических компонентов дубовой клепки в период естественной сушки-созревания / Т. М. Панахов, Д. А. Шафизаде // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2007. – № 2-3. – С. 72–77.

67. Пат. 2091120 Российская Федерация, МПК В01Д 11/02. Экстрактор для системы «твердое тело – жидкость» / В. А. Ломачинский, О. И. Квасенков [и др.]; заявитель и патентообладатель: Всероссийский научно-исследовательский институт консервной и овощесушильной промышленности. – № 95116297/25; заявл. 19.09.1995; опубл. 27.09.1997.

68. Пат. 2142314 Российская Федерация, МПК В01Д 11/02. Экстрактор / А. Н. Золотников, Р. М. Малышев, В. Е. Бомштейн [и др.]; заявитель и патентообладатель: Всероссийский научно-исследовательский институт консервной и овощесушильной промышленности. – № 98113027/12; заявл. 29.06.1998; опубл. 10.12.1999.

69. Пат. 2146703 Российская Федерация, МПК С12Н 1/22, С12G 3/07, С12Н 1/04. Способ выдержки алкогольного напитка и емкость для его осуществления / Э. И. Карагезов; заявитель и патентообладатель: Э. И. Карагезов – № 98123652/13; заявл. 29.12.1998; опубл. 20.03. – 2000. – Бюл. № 8. – 10 с.: ил.

70. Пат. 2213136 Российская Федерация, МПК С12Н 1/22, С12G 3/07, С12G 1/02. Способ приготовления дубового экстракта / Л. А. Оганесянц, Ю. А. Телегин, В. П. Осипова [и др.]; заявитель и патентообладатель: Всероссийский научно-

исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности РАСХН; Государственное унитарное предприятие «Акустический институт им. акад. Н. Н. Андреева». – № 2001104922/13; заявл. 23.02.2001; опубл. 27.09.2003. – Бюл. № 27. – 3 с.

71. Пат. 2221036 Российская Федерация, МПК C12G 3/00, B01F 11/02. Ультразвуковой экстрактор / М. А. Маргулис, В. А. Поролло, С. В. Васильченко [и др.]; заявитель и патентообладатель: Государственное унитарное предприятие «Акустический институт им. акад. Н. Н. Андреева». – № 2000130370/13; заявл. 05.12.2000; опубл. 10.01. – 2004. – Бюл. № 1.

72. Пат. 2243997 Российская Федерация, МПК C12H 1/22, C12H 1/16, C12G 3/07. Способ созревания крепкого спиртного напитка / А. В. Бережная, В. Т. Христюк, Н. М. Агеева, Л. Н. Узун; заявитель и патентообладатель: Кубанский Государственный Технологический Университет. – № 2003120750/13; заявл. 07.07.2003; опубл. 10.01.2005. – Бюл. № 1. – 6 с.; ил.

73. Пат. 2421511 Российская Федерация, МПК C12H 1/22. Способ старения древесины, используемой в производстве алкогольных напитков / В. Т. Лебедев; № 2009114869/10; заявл. 21.04.2009; опубл. 20.06.2011. – Бюл. № 17.

74. Пат. 2612915 Российская Федерация, МПК C12G 3/00, C12H 1/22. Способ производства виски / И. М. Абрамова, Е. В. Воробьева, С. С. Морозова [и др.]; заявитель и патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи. – № 2016124351, заявл. 21.06.2016; опубл. 13.03.2017. – Бюл. № 8.

75. Пат. 2689534 Российская Федерация, МПК C12G 3/00, C12G 3/07. Способ производства виски / И. М. Абрамова, Н. Е. Головачева, С. С. Морозова [и др.]; заявитель и патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи. – № 2018140546, заявл. 16.11.2018; опубл. 28.05.2019. – Бюл. № 16.

76. Пат. 2713107 С1 Российская Федерация, МПК С12С 13/02, С12С 7/00. Заторно-сусловарочно-фильтрационный аппарат / А. В. Шалев, Д. М. Бородулин, Е. А. Сафонова [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет». – № 2018144334; заявл. 13.12.2018; опубл. 03.02.2020. – Бюл. № 4. – 8 с.

77. Пат. 2733131 С1 Российская Федерация, МПК С12Н 1/16, С12G 3/07, С12Н 1/22. Способ производства виски / Д. М. Бородулин, А. В. Шалев, М. В. Просин [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет». – №2019142767; заявл. 17.12.2019; опубл. 29.09.2020.

78. Пат. 2766607 Российская Федерация, МПК С12G 3/021, С12G 3/07, С12G 3/04. Способ производства виски / И. М. Абрамова, Н. Е. Головачева, С. С. Морозова; заявитель и патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи. – № 2021121940, заявл. 23.07.2021; опубл. 15.03.2012. – Бюл. № 8.

79. Пат. 2783232 Российская Федерация, МПК С12Н 1/22, 1/16. Способ получения виски / Д. М. Бородулин, М. В. Просин, Я. С. Головачева, Е. А. Сафонова, А. В. Шалев; заявитель и патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кемеровский государственный университет». – № 2021116763, заявл. 07.06.2021; опубл. 10.11.2022. – Бюл. № 31. – 4 с.

80. Позняковский, В. М. Экспертиза напитков. Качество и безопасность: учеб.-справ. пособие / В. М. Позняковский, В. А. Помозова, Т. Ф. Киселева [и др.]: под общ. ред. В. М. Позняковского. – 7-е изд., испр. и доп. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2007. – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/> (дата обращения: 16.07.2023).

81. Помозова, В. А. Совершенствование процесса затирания при производстве пива / В. А. Помозова, А. Н. Потапов, У. С. Потитина [и др.] // Вестник КрасГАУ. – 2012. – Т. 75. - № 12. – С. 191–196.

82. Пономарев, В. Д. Экстрагирование растительного сырья. / В. Д. Пономарев // М.: Медицина, 1976. – 202 с.

83. Попова, Н. В. Современные подходы к возможности интенсификации процесса затирания пивного сусла. Патентный анализ / Н. В. Попова, И. Ю. Потороко // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2018. – Т. 6. – № 3. – С. 12–21. – DOI: <https://doi.org/10.14529/food180302>.

84. Поскачина, Е. Р. Влияние различных способов биотехнологической переработки тканей ряда видов растений Центральной Якутии на токсикологические свойства получаемых экстрактов / Е. Р. Поскачина, М. М. Шашурин, А. Н. Журавская // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. – 2018. – № 2. – С. 87–93.

85. Потапов, А. Н. Разработка экстракторов для системы «твердое тело – жидкость» / А. Н. Потапов, М. В. Просин, А. М. Магилина [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – № 3. – С. 80–83.

86. Прокопцев, А. С. Влияние сверхвысокочастотного излучения на экстрактивные процессы при обработке растительного сырья / А. С. Прокопцев // Пищевая промышленность. – 2012. – № 1. – С. 160–163.

87. Просин, М. В. Усовершенствование экстракторов для системы твердое тело-жидкость / М. В. Просин // Научный вклад молодых ученых в развитие пищевой и перерабатывающей промышленности АПК: сборник научных трудов VII конференции молодых ученых и специалистов научно-исследовательских институтов Отделения хранения и переработки сельскохозяйственной продукции Россельхозакадемии. – М.: ГНУ ВНИМИ Россельхозакадемии, 2013. – С. 370–374.

88. Рассадкин, А. Как выдержка в бочке влияет на вкус виски. 22.05.2011 / А. Рассадкин. – URL: <http://altavina.ru/blog.php?id=19> (дата обращения: 10.06.2022).

89. Руднев, С. Д. Технологические особенности и теоретическое обоснование применения механически активированной воды в производстве мучных изделий /

С. Д. Руднев, Т. В. Шевченко, Ю. В. Устинова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2021. – № 4. – С. 768–778.

90. Севостьянова, Е. М. Влияние технологической воды на органолептические характеристики крепких напитков / Е. М. Севостьянова, В. П. Осипова, Е. В. Хорошева [и др.] // Пиво и напитки. – 2017. – № 3. – С. 40–43.

91. Сидоренко, Д. О. Хроматографические методы анализа: учеб. пособие / Д. О. Сидоренко, Ж. В. Сурикова. – М.: Издательский центр РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2015. – 25 с.

92. Систер, Р. Г. Принципы повышения эффективности тепломассообменных процессов / Р. Г. Систер, Ю. В. Мартынов. – Калуга: Бочкаревой Н., 1998. – 507 с.

93. Скурихин, И. М. Химия коньяка и бренди / М. И. Скурихин. – М.: ДеЛи принт, 2005. – 296 с.

94. Стабников, В. Н. Процессы и аппараты пищевых производств / В. Н. Стабников, В. М. Лысянский, В. Д. Попов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 503 с.

95. Тархова, Н. Дубовые бочки. Выдержка дистиллятов. 14.06.2017 / Н. Тархова, Э. Самедов // Доктор Губер. Фабрика. – URL: <https://www.doctorguber.ru/book/samogonovarenie/tehnologiya-proizvodstva/article-dubovye-bochki-i-vyderzhka-distiljatov>. (дата обращения: 10.06.2022).

96. Технический регламент Таможенного союза 021/2011 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания». Принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 09 декабря 2011 г. – № 880.

97. Тутурин, Н. Н. Экстрагирование и экстракция / Н. Н. Тутурин. – М.: Книга, 2001. – 178 с.

98. Файнер, А. А. Интенсификация процесса извлечения целевых компонентов из дубовой щепы при производстве напитков типа виски / А. А. Файнер // Пищевые инновации и биотехнологии: материалы IV Международной научной конференции. – Кемерово, 2016. – С. 219–220.

99. Федоренко, Б. Н. Определение рациональных технологических параметров работы экстрактора Сокслета при получении спиртовой настойки из ягод клюквы / Б. Н. Федоренко, Д. М. Бородулин, М. В. Просин [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – № 1. – С. 115–123.

100. Федосов, С. В. Особенности механической активации дистиллированной воды различными насадками роторной мешалки / С. В. Федосов, М. В. Акулов, Е. В. Зиновьева // Технология текстильной промышленности. – 2016. – № 1. – С. 153–157.

101. Хосни, Я. «Зелёные технологии»: что мы о них знаем? / Я. Хосни, Д. Беннетт, А. А. Трифилова [и др.] // Инновации. – 2009. – № 3. – С. 3–9.

102. Цед, Е., Миронцева, А. А. Формирование органолептических свойств дистиллятов зернового виски, полученных на основе тритикала белорусской селекции. – 2020. – DOI: <http://doi.org/10.31617/k.knute.2020-06-01.55>.

103. Четвериков, В. И. Анализ сырья и получение зерновых дистиллятов для алкогольных напитков типа «Виски» / В. И. Четвериков // Проблемы, перспективы биотехнологии биологических исследований: материалы VII Региональной конференции студентов младших курсов (г. Бийск, 18 ноября 2017 г.). – Бийск, 2018. – С. 66–69.

104. Чубик, М. П. «Зеленые» технологии и их роль в ситуации ресурсного кризиса / М. П. Чубик // Трансформация научных парадигм и коммуникативные практики в информационном социуме, 2012. – Томск: ТПУ, 2013. – С. 181–182.

105. Шишацкий. Ю. И. Перспективные типы экстракционных аппаратов для системы «твердое тело – жидкость» (аспекты теории и анализ конструкций) / Ю. И. Шишацкий, Е. И. Мельникова, С. Ю. Плюха [и др.] // Вестник Кубанского государственного университет им. В. И. Вернадского. – 2012. – № 2 (40). – С. 339–351.

106. Albanese, L. Beer-brewing powered by controlled hydrodynamic cavitation: Theory and real-scale experiments / L. Albanese, R. Ciriminna, F. Meneguzzo [et al.] //

Journal of Cleaner Production. – 2017. – Vol. 142. – no. 4. – P. 1457–1470. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.162>.

107. Albanese, L. Gluten reduction in beer by hydrodynamic cavitation assisted brewing of barley malts / L. Albanese, R. Ciriminna, F. Meneguzzo [et al.] // LWT – Food Science and Technology. – 2017. – Vol. 82. – P. 342–353. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.04.060>.

108. Borodulin, D. M Comparative analysis of extraction methods in distilled drinks production / D. M. Borodulin, I. Yu. Reznichenko, M. V. Prosin [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference on Production and Processing of Agricultural Raw Materials. – 2021. – C. 022060.

109. Borodulin, D. M. Determination of the kinetic regularities of the process of extraction of soluble wood compounds with whiskey distillate during its maturation with artificial oxygen supply / D. M. Borodulin, I. Y. Aleksanyan, A. H. Nugmanov [et al.] // International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEEES), 2022. – No. 12 (4). – P. 409–420. – DOI: <https://doi.org/10.31407/ijees12.4>.

110. Borodulin, D. M. Influence of Microwave Radiation on Whiskey Distillate Quality Indicators / D. M. Borodulin, M. V. Prosin, A. V. Shalev [et al.] // Biosc. Biotech. Res. Comm. – 2021. – No. 14 (4). – P. 1701–1713 – DOI: <http://dx.doi.org/10.21786/bbrc/14.4.48>.

111. Borodulin, D. M. Investigation of Influence of Oxygen on Process of Whiskey Ripening in New Design of Extractor / D. M. Borodulin, A. N. Potapov, M. V. Prosin // Advances in Engineering Research, 2018. – Vol. 151. – P. 578–583. – DOI: <https://doi.org/10.2991/agrosmart-18.2018.108>.

112. Borodulin, D. The use of soxhlet extractor for the production of tinctures from plant raw materials / D. Borodulin, M. Prosin, I. Bakin [et al.] // E3S Web of Conferences. XIII International Scientific and Practical Conference “State and Prospects for the Development of Agribusiness. – INTERAGROMASH 2020”. – 2020. – C. 08010.

113. Ciriminna, R. Beer produced via hydrodynamic cavitation retains higher amounts of xanthohumol and other hops prenylflavonoids / R. Ciriminna, L. Albanese, V. Di Stefano [et al.] // *LWT – Food Science and Technology*. – 2018. – Vol. 91. – P. 160–167. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.037>.

114. Collins, T. S. Profiling of nonvolatiles in whiskeys using ultra high pressure liquid chromatography quadrupole time-of-flight mass spectrometry (uhplc-qtof ms) / T. S. Collins, S. E. Ebeler, J. Zweigenbaum // *Food chemistry*. – 2014. – No. 163. – P. 186–196.

115. Drevelegka, I. Recovery of grape pomace phenolic compounds through optimized extraction and adsorption processes / I. Drevelegka, A. M. Goula // *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 2020. – Vol. 149. – Ar. 107845. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cep.2020.107845>.

116. Dyshlyuk, L. Comparative analysis of physical and chemical properties of biodegradable edible films of various compositions / L. Dyshlyuk, O. Babich, D. Belova, A. Prosekov // *Journal of Food Process Engineering*. – 2017. – Vol. 40. – No. 1. – DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpe.12331>.

117. Galan, A. New insights into the role of selective and volumetric heating during microwave extraction: Investigation of the extraction of polyphenolic compounds from sea buckthorn leaves using microwave-assisted extraction and conventional solvent extraction / A. Galan, I. Calinescu, A. Trifan [et al.] // *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 2017. – Vol. 116. – P. 29–39. – DOI: <http://doi.org/10.1016/j.cep.2017.03.006>.

118. Kodama, S. Enhancing pressurized water extraction of β -glucan from barley grain by adding CO₂ under hydrothermal conditions / S. Kodama, T. Shoda, S. Machmudah [et al.] // *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*. – 2015. – Vol. 97. – P. 45–54. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cep.2015.08.012>.

119. More, N. S. Intensification of degumming of crude soybean oil using ultrasound in combination with oxidizing agents / N. S. More, P. R. Gogate // *Chemical*

Engineering and Processing: Process Intensification. – 2018. – Vol. 128. – P. 132–142. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cep.2018.04.008>.

120. Oganesyants, L. A. Some aspects of the production of malt distillate. Part III. / L. A. Oganesyants // The characteristic of the distillate. Beer and drinks. – 2016. – No. 2. – P. 30–32.

121. Pizarro, C. Experimental design approach to evaluate the impact of oak chips and micro-oxygenation on the volatile profile of red wines / C. Pizarro, S. Rodríguez-Tecedor, I. Esteban-Díez [et al.] // Food chemistry, 2014. – No. 148. – P. 357–366. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.039>.

122. Pradal, D. Integrated extraction-adsorption process for selective recovery of antioxidant phenolics from food industry by-product / D. Pradal, P. Vauchel, S. Decossin [et al.] // Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, 2018. – Vol. 127. – PP. 83–92. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cep.2018.03.016>.

123. Pryde, J. Sensory and Chemical Analysis of “Shackleton's” Mackinlay Scotch Whisky / J. Pryde, J. Conner, F. Jack [et al.] // Journal of the institute of brewing. – 2011. – No. 117 (2). – P. 156–165.

124. Prosekov, A. Functional properties of the enzyme-modified protein from oat bran / A. Prosekov, O. Babich, O. Kriger [et al.] // Food Bioscience. – 2018. – Vol. 24. – P. 46–49. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.05.003>.

125. Rogers, J. M. Multipole moments of water molecules and water solvation of monovalent ions / J. M. Rogers, T. Ichie // Journal of Molecular Liquids. – 2017. – Vol. 228. – P. 54–62. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2016.10.007>.

126. Rudoy, G. I. Analysis of the stability of nonlinear regression models to errors in measured data / G. I. Rudoy // Pattern recognition and image analysis (Advances in mathematical theory and applications), 2016. – Vol. 26. – No. 23. – P. 608–616. – DOI: <https://doi.org/10.1134/S1054661816030172>.

127. Sumitomo, S. Comparison of dispersion behavior of agglomerated particles in liquid between ultrasonic irradiation and mechanical stirring / S. Sumitomo, H. Koizumi,

M. A. Uddin [et al.] // *Ultrasonics Sonochemistry*. – 2018. – Vol. 40. – P. 822–831. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2017.08.023>.

128. Van Dijk, M. From pilsner desert to craft beer oasis: The rise of craft brewing in the Netherlands / M. van Dijk, J. Kroezen, B. Slob // *Economic perspectives on craft beer* / C. Garavaglia, J. Swinnen. – Cham: Palgrave Macmillan, 2018. – P. 259–293. – DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-58235-1_10.

129. Viejo, C. G. Assessment of beer quality based on a robotic pourer, computer vision, and machine learning algorithms using commercial beers / C. G. Viejo, S. Fuentes, D. D. Torrico [et al.] // *Food Science*. – 2018. – Vol. 83. – No. 5. – P. 1381–1388. – DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14114>.

130. Viejo, C. G. Robotics and computer vision techniques combined with non-invasive consumer biometrics to assess quality traits from beer foamability using machine learning: A potential for artificial intelligence applications / C. G. Viejo, S. Fuentes, K. Howell [et al.] // *Food Control*. – 2018. – Vol. 92. – P. 72–79. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.04.037>.

131. Wu, J. Noise variance estimation method based on regression analysis and principal component analysis / J. Wu, F. You, P. Jiang // *Journal of Electronics and Information Technology*, 2018. – Vol. 40. – No. 5. – P. 1195–1201. – DOI: <https://doi.org/10.11999/JEIT170624>.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Акт промышленных испытаний по качеству полученных образцов



АКТ №

испытаний по качеству полученных образцов, произведенных на технологической линии с применением нового способа производства виски

Комиссия в составе:

- Шалев А.В. (к.т.н., директор ООО «БирЛайн»);
- Лобасенко Б.А. (д.т.н. профессор кафедры инженерного дизайна, КемГУ);
- Головачева Я.С. (аспирант, ассистент кафедры инженерного дизайна, КемГУ).

Целью данных испытаний являлась оценка эффективности применения нового способа производства виски для осуществления процесса созревания висковых дистиллятов.

Получение выдержанного вискового дистиллята осуществлялось в безопасных условиях и со строгим соблюдением контроля качества, которые регламентированы действующими нормативными документами.

В промышленных условиях на технологической линии провели процесс созревания вискового дистиллята, содержащего спирт не менее 60 % при воздействии на него механическим перемешиванием, а именно в течение 7 минут с частотой оборотов 1500 об/мин, и мягком воздействии сверхвысокочастотным излучением – в течение 1 минуты при мощности СВЧ-печи в 750 Вт, под общим воздействием в течение трех месяцев.

Его хроматограмма приведена на рисунке 1, количественное содержание отдельных групп примесей и их сравнительный анализ с показателями ГОСТ в таблице 1.

Физико-химические показатели качества вискового выдержанного дистиллята определяли путем хроматографического анализа, проведенного в испытательной лаборатории «Алтайская испытательная лаборатория ФГБУ «ВНИИЗЖ»», а именно: крепость выдержанного вискового дистиллята, массовые концентрации фурфурола, альдегидов, железа, сложных эфиров и сивушного масла, представленные в таблице 1.

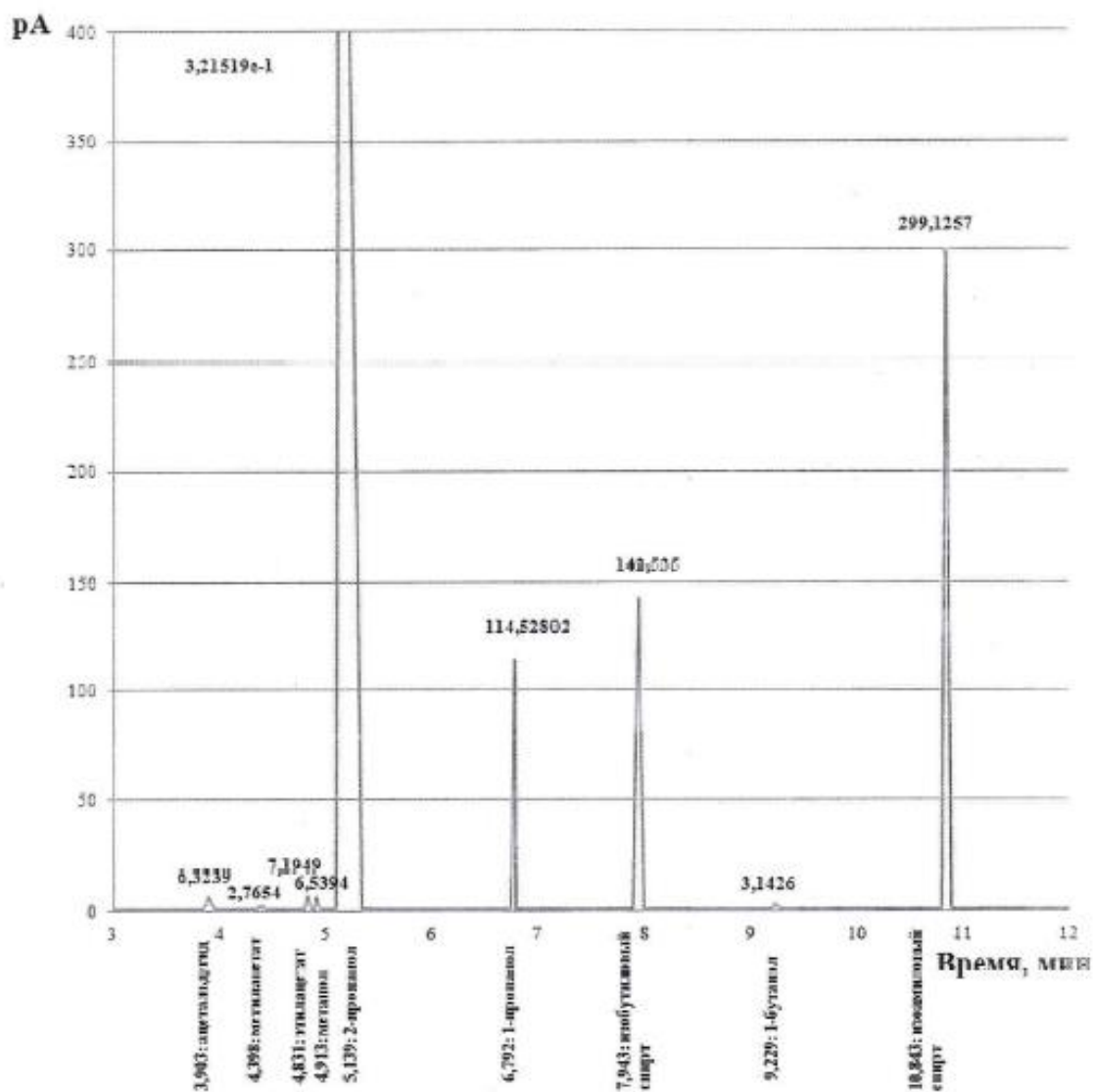


Рисунок 1 – Хроматограмма выдержанного вискового дистиллята,
полученного на ООО «Бирлайн»

Таблица 1 – Количественное содержание отдельных групп примесей в
исследуемых образцах

Наименование показателя	Норма (ГОСТ 32080-2013)	Выдержанный висковый дистиллят
Крепость, %, об.	52,0-94,8	$52,2 \pm 0,1$
Массовая концентрация фурфурола в 1 дм ³ безводного спирта, мг	30	$5,6 \pm 0,4$
Массовая концентрация альдегидов в 1 дм ³ безводного спирта, мг	10- 350	$48,99 \pm 7,20$
Массовая концентрация сивушного масла в 1 дм ³ безводного спирта, мг	500-6000	$3759,41 \pm 578,91$
Массовая концентрация сложных эфиров в 1 дм ³ безводного спирта, мг	50 – 1500	$107,40 \pm 15,81$
Массовая концентрация железа в 1 дм ³ безводного спирта, мг	не более 1,0	0,68
Объемная доля метилового спирта в пересчете на безводный спирт, %, не более	не более 0,05	$0,0069 \pm 0,0013$

Из таблицы 1 видно, что крепость полученных ВВД составляет 52,2 %, что соответствует минимальной границе значений по нормативным документам. Количество фурфурола составило 5,6 мг на 1 дм³ безводного спирта, что подтверждает хорошее качество дистиллята.

Количественные массовые концентрации альдегидов, сложных эфиров и сивушных масел, численные значения которых находится в пределах границ показателей ГОСТ также свидетельствуют о хорошем качестве полученных выдержанных висковых дистиллятов. Таким образом, по

полученным результатам можно судить о соответствии требованиям по определяющим показателям качества.

Выводы и предложения.

Новый способ производства виски (Патент РФ № заявки 2024101989) выдержал промышленные испытания. Данные, полученные при использовании этого способа, свидетельствуют о том, что использование новой технологической линии по производству виски позволяет интенсифицировать процесс выдержки висковых дистиллятов, при отсутствии нарушений качества готового продукта, поскольку все физико-химические показатели качества соответствуют нормам регламентируемых ГОСТ.

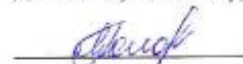
Члены комиссии постановили рекомендовать пищевым предприятиям новый способ производства виски для получения выдержанных висковых дистиллятов.

Члены комиссии:



Шалев А.В. (к.т.н., директор ООО «БирЛайн»);

 Лобасенко Б.А. (д.т.н., профессор кафедры инженерного дизайна, КемГУ);

 Головачева Я.С. (аспирант, ассистент кафедры инженерного дизайна, КемГУ).

Приложение Б

Протокол испытаний образцов вискового дистиллята до процесса его созревания, проведенных в испытательной лаборатории ФБУ «Кузбасский ЦСМ».

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ
Федеральное бюджетное учреждение
«Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний
в Кемеровской области - Кузбассе» (ФБУ «Кузбасский ЦСМ»)
Юридический адрес: 650991, Кемеровская область - Кузбасс, г. Кемерово, ул. Дворцовая, д.2

ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

Адрес места осуществления деятельности: 650070, РОССИЯ,
Кемеровская область - Кузбасс, г. Кемерово, ул. Терешковой, д.53
тел.: (3842) 56-81-77, сайт: www.kuzscsm.ru, email: labor@kuzscsm.ru.



УТВЕРЖДАЮ:

Инженер-микробиолог I категории

О.С. Аникеева

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ № 01-33Б/2022 от 28.03.2022

Дата поступления: 17.03.2022
Наименование образца (пробы)*: Молодой висковый дистиллят (№2)
Заказчик*: Бородулин Д.М.
Почтовый адрес: г. Кемерово, ул. Ю. Давыдильного, д.10В
Основание для проведения испытаний: Заявка-направление на проведение испытаний
Цель испытаний*: Контроль качества
Дата отбора образца*: 17.03.2022
Количество предоставленного образца (пробы)*: 0,5 л
На соответствие требованиям*: ГОСТ 33281-2015 "Виски. Технические условия"
Маркировка*: 17.02.2022
Дополнения*: Проба отобрана и доставлена заказчиком.
Дата проведения испытаний с 17.03.2022 по 24.03.2022

УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ:

Температура 24 °С, относительная влажность 25 %, давление 100,8 кПа
Методы контроля и условия испытаний – в соответствии с НД.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ:

Наименование показателей	Норма по НД	Фактические результаты	Погрешность по НД	НД на метод испытаний
Массовая концентрация железа, мг/дм ³	не более 1,0	0,5	±0,1	ГОСТ 13195-73
Крепость, %	50-70	39,0	±0,1	ГОСТ 32080-2013 п.5.3.1
Массовая концентрация фурфуrolа, мг/дм ³ безводного спирта	не более 30	11,5	±2,1	ГОСТ 32930-2014
Массовая концентрация сложных эфиров (метилацетат, этилацетат) в 1 дм ³ безводного спирта, мг	50-1500	50,7	±7,6	ГОСТ 33834-2016
Объемная доля метилового спирта в пересчете на безводный спирт, %	не более 0,05	0,00338	±0,00064	ГОСТ 33834-2016
Массовая концентрация альдегидов, 1 дм ³ безводного спирта, мг	10-350	2,80	±0,56	ГОСТ 33834-2016

Массовая концентрация сивушного масла (1-пропанол, 2-пропанол, спирт изобутиловый, 1-бутанол, спирт изоамиловый) в 1 дм ³ безводного спирта, мг	500-6000	более 2000	-	ГОСТ 33834-2016
---	----------	------------	---	-----------------

* информация предоставлена заказчиком согласно заявке-направлению на проведение испытаний

Применяемые средства измерений и испытательное оборудование:

Средства измерений поверены, испытательное оборудование аттестовано в установленном порядке;
применялось в соответствии с НД на метод испытаний.

Протокол испытаний содержит результаты испытаний только представленных заказчиком образцов

Протокол испытаний не может быть полностью или частично перепечатан без разрешения испытательной лаборатории

**Протокол испытаний образцов выдержанного вискового дистиллята, проведенных
в испытательной лаборатории АОИ ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья
животных».**

Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору
(РОССЕЛЬХОЗНАДЗОР)



Федеральное государственное бюджетное учреждение
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ОХРАНЫ ЗДОРОВЬЯ ЖИВОТНЫХ»
(ФГБУ «ВНИИЗЖ»)

600901, РОССИЯ, Владимирская область, г. Владимир,

микрорайон Юрьевец

т.: (4922) 26-06-14, т./ф.: (4922) 26-38-77

e-mail: arriah@fsvps.gov.ru

сайт: www.arriah.ru

**АЛТАЙСКАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ
(АИЛ ФГБУ «ВНИИЗЖ»)**

656056, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, ул. Максима Горького, дом 4в

656043, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, ул. Ползунова, дом 36а

659300, Россия, Алтайский край, г. Бийск, ул. Революции, дом 98

658823, Россия, Алтайский край, г. Славгород, ул. Вокзальная 1-я, дом 6

658224, Россия, Алтайский край, Рубцовский р-н, г. Рубцовск, пр. Ленина, д. 47а

658620, Россия, Алтайский край, Завьяловский р-н, с. Завьялово, ул. Яковлева, д. 49

тел. (3852) 63-65-15, факс (3852) 63-34-08

e-mail: ail@arriah.ru

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель руководителя

Алтайской

испытательной лаборатории

Н.Е. Хаустова

(подпись)

14.11.2023



Протокол испытаний № 14762.23 АВ /1 от 14.11.2023

Наименование образца испытаний: Выдержанный висковый дистиллят № 3
нормативный документ по которому произведен продукт: ГОСТ 33281-2015 Виски. Технические условия
принадлежащего: Головачева Яна Сергеевна, ИНН: 420522828135, Российская Федерация, Кемеровская область - Кузбасс обл., г. Кемерово, Строительная ул., д. 12А, квартира 53, 650065, Фактический адрес: Российская Федерация, Кемеровская область - Кузбасс обл., г. Кемерово, Ворошилова ул., д. 24А, квартира 237, 650056
заказчик: Головачева Яна Сергеевна, ИНН: 420522828135, Российская Федерация, Кемеровская область - Кузбасс обл., г. Кемерово, Строительная ул., д. 12А, квартира 53, 650065, Фактический адрес: Российская Федерация, Кемеровская область - Кузбасс обл., г. Кемерово, Ворошилова ул., д. 24А, квартира 237, 650056
основание для проведения лабораторных исследований: обращение заказчика: научная работа (кандидатская диссертация)
дата документа основания: 30.10.2023
место отбора проб: Российская Федерация, Кемеровская область - Кузбасс обл., г. Кемерово, бульвар Строителей, д. 47, аудитория 6 лекционная, ФГБОУ ВО "Кемеровский государственный университет"
дата и время отбора проб: 09.10.2023 09:00
отбор проб произвел: частное лицо ассистент кафедры инженерного дизайна ФГБОУ ВО "КемГУ" Головачева Я.С.
производство: Головачева Яна Сергеевна, ИНН: 420522828135, Российская Федерация, Кемеровская область - Кузбасс обл., г. Кемерово, Строительная ул., д. 12А, квартира 53, 650065, Фактический адрес: Головачева Яна Сергеевна, Российская Федерация, Кемеровская область - Кузбасс обл., г. Кемерово, Ворошилова ул., д. 24А, квартира 237, 650056
дата изготовления: 2023
срок годности: не ограничен при соблюдении условий хранения
сопроводительный документ: заявка на испытания № б/н от 23.10.2023
вид упаковки доставленного образца: стеклянная бутылка
состояние образца: удовлетворительное, целостность упаковки не нарушена
объем пробы: 0,5 литра
количество проб: 1 проба
дата поступления: 30.10.2023 16:00
даты проведения испытаний: 30.10.2023 - 14.11.2023
структурные подразделения, проводившие исследования: Химико-токсикологический отдел

Протокол № 14762.23 АВ /1 от 14.11.2023

Сгенерировано автоматизированной системой «Веста». Идентификатор документа: D93B1FA7-DA44-40D3-BE82-953D16C21FAA

фактический адрес места осуществления деятельности: 656043, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, ул. Ползунова, д. 36а

примечание: Нормативы приведены из ГОСТ 33281-2015 Виски. Технические условия. Условия хранения: хранят при температуре от плюс 5 °С до плюс 25 °С и относительной влажности не более 85 % в вентилируемых, не имеющих посторонних запахов помещениях, исключая воздействие прямых солнечных лучей. Условия доставки, автотранспорт.

Результаты испытаний:

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Результат испытаний	Погрешность (неопределенность)	Норматив	НД на метод испытаний
Показатели качества						
1	Крепость	%	52,0	± 0,1	52,0 - 94,8	ГОСТ 32080-2013 - Изделия ликероводочные. Правила приемки и методы анализа, п. 5.3
2	Массовая концентрация связующего масла	мг/дм ³	3859,41	± 578,91	500-6000	ГОСТ 30536-2013 - Водка и спирт этиловый из пищевого сырья. Газохроматографический экспресс-метод определения содержания токсичных микропримесей
3	Массовая концентрация сложных эфиров	мг/дм ³	106,90	± 15,01	50-1500	ГОСТ 30536-2013 - Водка и спирт этиловый из пищевого сырья. Газохроматографический экспресс-метод определения содержания токсичных микропримесей
4	Массовая концентрация уксусного альдегида	мг/дм ³	47,99	± 7,20	10-350	ГОСТ 30536-2013 - Водка и спирт этиловый из пищевого сырья. Газохроматографический экспресс-метод определения содержания токсичных микропримесей
5	Объемная доля метилового спирта	%	0,0089	± 0,0013	не более 0,05	ГОСТ 30536-2013 - Водка и спирт этиловый из пищевого сырья. Газохроматографический экспресс-метод определения содержания токсичных микропримесей
Физико-химические показатели						
6	Фурфурол	-	присутствует	-	-	ГОСТ 32013-2012 - Спирт этиловый. Метод определения наличия фурфурола
Химические элементы						
7	Железо	мг/дм ³	0,78	-	не более 1,0	ГОСТ 13195-73 - Вино, виноматериалы, коньяки и коньячные напитки. Соп. плодово-ягодные спиртовые. Метод определения железа

Примечание:

Настоящий протокол не может быть воспроизведен не в полном объеме без письменного разрешения руководителя/уполномоченного работника АИЛ ФГБУ "ВНИИЗЖ".

Информация об испытуемом(ых) образце (образцах) предоставлена заказчиком.

Алтайская испытательная лаборатория не несет ответственности за информацию, предоставленную заказчиком.

При подготовке и проведении испытаний в помещении лаборатории соблюдены необходимые требования к условиям окружающей среды в соответствии с нормативными документами.

Заказчик ознакомлен и согласен с применяемыми методами испытаний.

Заказчик уведомлен о получении результатов испытаний без указания уникального номера записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц.

Результаты испытаний относятся только к образцу (образцам), прошедшим испытания.

АИЛ ФГБУ "ВНИИЗЖ" не несет ответственности за применение протокола испытаний для целей подтверждения соответствия.

Количество экземпляров настоящего протокола испытаний - 2: 1 экз. - для заказчика, 1 экз. - для испытательной лаборатории

14.11.2023

Конец протокола испытаний.

Ответственный за оформление протокола: Гиршфельд Ю.В.