

# Исследование влияния микроволнового воздействия на процесс созревания висковых дистиллятов

**Бородулин Дмитрий Михайлович**

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
Адрес: 650043, город Кемерово, ул. Красная, д. 6  
E-mail: borodulin\_dmitri@list.ru

**Просин Максим Валерьевич**

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
Адрес: 650043, город Кемерово, ул. Красная, д. 6  
E-mail: prosinmv@yandex.ru

**Потапов Александр Николаевич**

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
Адрес: 650043, город Кемерово, ул. Красная, д. 6  
E-mail: potap-1996@list.ru

**Шалев Алексей Владимирович**

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
Адрес: 650043, город Кемерово, ул. Красная, д. 6  
E-mail: profal2007@yandex.ru

Зерновое сырье является самым распространенным сырьем для производства целого ряда алкогольных напитков: водка, виски, джин, sake. Виски является одним из самых популярных напитков в мире. Целью данной работы является исследование влияния микроволнового излучения на водно-спиртовой раствор в процессе созревания вискового дистиллята без потери качественных характеристик. При проведении исследований использовалось классическое сырье производства напитков типа «виски» и общепринятые методики оценки экспериментальных данных. Древесная щепа является экономичной альтернативой французской или сербской дубовой бочке. Эксперименты проводили с использованием дубовой щепы «Сладкая ваниль» при периодическом микроволновом воздействии на обрабатываемую среду. Дубовая щепа проходила стадию обжарки в специальной печи без использования каких-либо химических веществ. Выбранный материал – французский дуб – обладает относительно большим объемом пор, что позволяет оказывать значительное воздействие на дистилляты. В процессе выполнения работы получены результаты исследования оптической плотности, содержания полифенолов и сухих веществ в выдержанном висковом дистилляте в течение 350 дней выдержки. На заключительном этапе исследований с целью определения содержания летучих органических веществ, исследуемые выдержанные висковые дистилляты проанализированы методом хромато-масс-спектрометрии. Анализ полученных данных позволяет определить рациональные параметры процесса созревания вискового дистиллята, позволяющие сократить его в 3 раза. Результаты исследований свидетельствуют об интенсификации процесса созревания вискового дистиллята, при его периодической микроволновой обработке с дубовой щепой.

**Ключевые слова:** экстрактор, экстрагирование, дубовая щепа, висковый дистиллят, микроволны, оптическая плотность, полифенолы, сухие вещества

## Введение

Зерновое сырье является самым распространенным для производства целого ряда алкогольных напитков: водка, виски, джин, sake. В последнее время все большую привлекательность для потребителей приобретают крепкие напитки

класса «премиум». Из всего многообразия выделяется виски – один из самых популярных алкогольных напитков в мире. Данный напиток имеет уникальные вкусовые и ароматические тона. Виски получают путем выдержки дистиллята (далее – ВД), полученного из зернового сырья после определенной технологической обработки с дубовой древесиной. Разнообразие

способов производства этого напитка объясняет достаточно большое количество наименований и брендов виски. В разных странах существуют свои исторически сложившиеся технологические и дегустационные традиции. На сегодняшний день выделяют пять основных видов виски: шотландский, ирландский, американский, канадский и японский (Домарецкий, 2011, с. 5-16).

Анализ российского рынка крепких алкогольных напитков показывает, что вкусы российского потребителя постепенно меняются. Традиционно вкусы населения России ориентированы на алкогольные напитки, произведенные из пшеничного спирта. В настоящее время более 40% россиян предпочитают такие напитки как коньяк и виски, вместо водки и крепких настоек.

Следует отметить, что до 2015 года в России существовали стандарты лишь на производство дистиллятов из винограда для получения коньяков и бренди. С 01 июля 2015 года вступил в силу государственный стандарт «Виски. Технические условия», допускающий производство виски в России (ГОСТ 33281-2015, 2015, с. 4-8).

Традиционный способ получения виски можно разделить на пять основных этапов (Новикова, 2014, с. 34):

- приготовление ферментированного сусла из зерновых культур;
- производство вискового дистиллята (далее ВД);
- выдержка ВД с древесиной дуба в течение определенного времени;
- подготовка и обработка выдержанного ВД;
- розлив и упаковка выдержанного ВД.

Прошедшие проверку пророщенные и высушенные зерна перемалывают в крупную муку и подвергают процессу затирания. Будущее сусло последовательно проходит несколько режимов с выдержанными температурными паузами. Затем сусло заливают в деревянные или стальные чаны и смешивают со специальными спиртовыми дрожжами. На брожение отводится 2-3 дня при температуре около 37 градусов. Готовую брагу крепостью 5% подвергают двойной или тройной дистилляции. После первой перегонки брага превращается в «слабое вино» крепостью около 30 градусов. Чтобы получить 70-градусный виски, проводят вторую дистилляцию. Готовый дистиллят разбавляют водой до 50-60 градусов. Традиционно виски выдерживают в дубовых бочках. На данном этапе окончательно формируется букет напитка, появляется благородный

карамельный оттенок и аромат. Средний срок выдержки составляет 3-5 лет, но существуют сорта, которые проводят в бочках 30 лет и более. В завершении готовый продукт подвергается очистке, купажированию и розливу в тару (Бородулин, 2019, с. 65-67; Бурачевский, 2013, с. 10-12; Микулинич, 2016, с. 65-70).

Основной стадией получения виски, безусловно, является выдержка ВД с древесиной дуба (Новикова, 2012, с. 101-102). По своей сути это экстракционный процесс, в течение которого из твердой фазы в жидкость переходят ряд целевых компонентов. Именно эта стадия в значительной степени определяет конечный вкус, цвет и аромат получаемого напитка. Древесина дуба обогащает спирт продуктами этанолиза и гидролиза лигнина, полисахаридами, дубильными веществами и другими компонентами, которые под воздействием кислорода превращаются в вещества, определяющие качество конечного продукта. Вместе с тем, эта технологическая операция предполагает длительную выдержку ВД в дубовых бочках. Продолжительность выдержки ВД в большой степени определяет стоимость получаемого напитка. Следовательно, сокращение продолжительности выдержки дистиллятов с древесиной является важнейшей задачей, позволяющей повысить производительность и снизить себестоимость конечного продукта. Данная цель является оправданной, если не происходит изменение качественных характеристик виски по сравнению с напитками того же типа (Бородулин, 2017, с. 200-202).

На сегодняшний день известно множество способов интенсификации процесса экстрагирования, которые отражаются в широком разнообразии конструкций аппаратов (Borodulin, 2018, pp. 580-581; Просин, 2014, с. 72-76; Новикова, 2014, с. 103-124; Потапов, 2013, с. 80-82; пат. № 2644914, с. 3; Овсянникова, 2012, с. 112; Коляновский, 2016, с. 78; Просин, 2013, с. 372). Наиболее сложным в описании и недостаточно изученным остается метод воздействия на обрабатываемую среду волн сверхвысоких частот (СВЧ). СВЧ-волны воздействуют на молекулы воды внутри продукта, заставляя их вращаться с частотой миллионы раз в секунду, создавая молекулярное трение и тепло, разрушая внутреннюю клеточную оболочку. Кроме этого, в результате воздействия волн сверх высокой частоты на воду возможна ионизация молекул воды, т.е. атом кислорода, может приобрести или потерять электрон, а это меняет структуру воды. СВЧ-излучение также может привести к деформации и

разрушению молекул, что приводит к большей интенсивности массообмена при экстрагировании целевых компонентов при проведении процесса выдержки спиртов с древесиной (Левтринская, 2016, с. 70-72; Коптелова, 2013, с. 62; Копысова, 2013, с. 171; Бурдо, 2010, с. 120-122).

Для экспериментальных исследований, в качестве модельной жидкости, нами использовался аналог вискового дистиллята – водно-спиртовой раствор, приготовленный на основе спирта этилового ректификованного из зернового сырья (Домарецкий, 2011, с. 337).

Целью данной работы является исследование влияния микроволнового излучения на некоторые физико-химические показатели ВД при выдержке образцов с дубовой щепой «Сладкий кофе» и «Сладкая ваниль» в процессе созревания дистиллята.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. исследовать классический способ созревания висковых дистиллятов;
2. определить рациональные технологические параметры процесса созревания ВД при обработке их микроволновым излучением;
3. определить основные физико-химические показатели выдержанного вискового дистиллята (оптическую плотность, содержание сухих веществ и полифенольных соединений).

## Методика

Исследования были проведены на базе Кемеровского государственного университета в лаборатории кафедры Технологическое проектирование пищевых производств.

При исследовании были использованы следующие материалы:

1. *Спирт*. Этиловый спирт класса «Люкс» соответствует требованиям ГОСТ 5962-2013. Спирт «Люкс» – это зерновой этиловый спирт высшего качества, полученный путем ректификации из пшеничного, ячменного, ржаного зерна или смеси зерен. Большая часть водочной и ликёроводочной продукции Российского производства изготавливается именно из спирта класса «Люкс». Он представляет собой прозрачную бесцветную жидкость, без посторонних запахов и привкусов. Содержание этилового спирта составляет – 96.5% (ТР ТС 021/2011, 2018, с. 36-64; ГОСТ 5962-2013, 2014, с. 5-6);
2. *Вода*. Вода, используемая в исследованиях, соответствует требованиям ГОСТ 6709-72 «Вода дистиллированная. Технические условия» (ТР ТС 021/2011, 2018, с. 36-64; ГОСТ 6709-72, 2007, с. 9);
3. *Дубовая щепа*. Для проведения экспериментов была использована дубовая щепа среднего «Сладкая ваниль» и сильного «Сладкий кофе» обжига, представленная на Рисунке 1 (СанПиН 2.3.2.1078-01, 2012, с. 132-170; СанПиН 2.3.2.1293-03, 2008, с. 26; ТР ТС 021/2011, 2018, с. 36-64).



(а)



(б)

Рисунок 1. Термообработанная дубовая щепа «Сладкая ваниль» (а) и «Сладкий кофе» (б).

Древесная щепа является экономичной альтернативой французской или сербской дубовой бочке. Щепа проходит стадию обжарки в специальной печи без использования каких-либо химических веществ. Древесина, отобранная для производства этой щепы, поставляется фирмой Tonnellerie Radoux, одним из лучших бондарных производств во Франции. Перед дальнейшей обработкой щепа проходит процесс отлёжки в течение 16–24 месяцев. Щепа представляет собой мелкие частицы древесины длиной 2.0–2.5 см, шириной до 1 см и толщиной 2–3 мм. Цвет древесины – от светло-коричневого до насыщенного темно-коричневого в зависимости от марки. Выбранные сорта – «Сладкая ваниль» и «Сладкий кофе» (Рисунок 1), изготовленные из французского дуба, обладают довольно большими порами, что позволяет сильно воздействовать на находящуюся в резервуаре жидкость. Такая щепа является экономичной альтернативой дубовой бочке, создает баланс во вкусе и аромате получаемого напитка, придает ему нужный цвет, насыщает напиток танинами и ароматобразующими веществами (Оганесянц, 2001, с. 158; Pizarro, 2014, pp. 361).

#### Методика проведения исследований:

В начале исследований подготавливали образцы водно-спиртовых растворов с концентрацией спирта 50%, в каждый из которых добавляли дубовую щепу в соотношении 1 г щепы на 500 см<sup>3</sup> раствора. Повторимся, что в дальнейшем, для удобства, полученные водно-спиртовые растворы будем называть висковыми дистиллятами.

Полученные ВД разделили на четыре группы. Одна из них выдерживалась классическим способом, настольным методом, без дополнительного внешнего воздействия и являлась контрольной группой. Остальные три группы дистиллятов подвергались воздействию микроволнового излучения (500 Вт) с разной продолжительностью по времени, а именно 1 раз в 2 дня на протяжении 1, 2 и 3 минут. Выбор продолжительности и мощности микроволновой обработки был обоснован отсутствием перегрева водно-спиртового раствора и испарения этилового спирта. При воздействии микроволнового излучения более трех минут исследуемые образцы дистиллятов нагревались до температуры более 70°C, вследствие чего, по истечению всего срока выдержки получали потерю этилового спирта более 50% в результате его испарения (Левтринская, 2016, с. 70; Копысова, 2013, с. 65; Бурдо, 2010, с. 94).

Для оценки воздействия микроволнового излучения на качественные показатели висковых дистиллятов, каждые 28 дней из них отбирались пробы для дальнейшего анализа. Общая продолжительность исследований составила 350 дней. Схема лабораторной установки представлена на Рисунке 2.

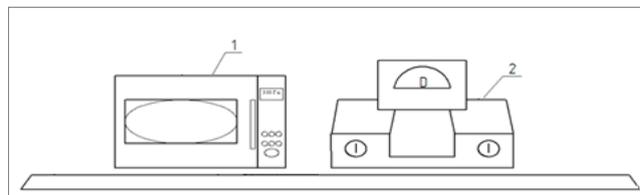


Рисунок 2. Лабораторно-исследовательский стенд. 1 – микроволновая печь TATUNG TMO 6610; 2 – колориметр фотоэлектрический концентрационный КФК-2 (Россия)

Для оценки качественных показателей процесса созревания ВД были применены следующие измерительные методики:

1. Определение оптической плотности спектрофотометрическим методом. Исследования проводили спектрофотометрическим методом на фотоэлектроколориметре КФК-2, в кюветках при толщине слоя 10 мм и длине волны 540 нм относительно чистого водно-спиртового раствора (Гармаш, 1995, с. 27);
2. Определение содержания полифенолов по методу Еруманиса, основанному на реакции полифенолов с солями трехвалентного железа в щелочной среде. Содержание полифенолов  $P$  в образцах находят по формуле:  $P = A - B + C \times 820$ , где  $A$  – оптическая плотность раствора в основном опыте;  $B$  – оптическая плотность раствора в контроле № 1;  $C$  – оптическая плотность раствора в контроле № 2; 820 – коэффициент пересчета на полифенолы (Бородулин, 2016, с. 433);
3. Определение содержания сухих веществ методом высушивания. На аналитических весах с точностью до 0,0001 г взвешивается пустой бюкс. Далее в бюкс пипеткой вносится исследуемый образец и взвешивается еще раз. Затем бюкс помещается в сушильный шкаф и высушивается при температуре 90–95°C в течение двух часов. После высушивания бюкс охлаждается, и определяется его масса. Затем от нее отнимали массу пустого бюкса и получали сухой остаток (Мурашев, 2008, с. 12–19);
4. Хроматографический анализ исследуемых ВД. Компонентный состав водно-спиртовой смеси

определялся на хроматографе Agilent Technologies 7890 GC System (США) с квадрупольным масс-спектрометром 5975С в качестве детектора с использованием капиллярной колонки. Содержание компонентов вычислялось по площадям газохроматографических пиков. Обнаружение летучих органических соединений проводилось методом газовой хромато-масс-спектрометрии. Хроматографические и масс-спектрометрические данные обрабатывались с помощью стандартного программного обеспечения с использованием библиотечного поиска по международным библиотекам масс-спектров и индексов удерживания (Сидоренко, 2015, с. 22; Collins, 2014, pp. 187-190).

Математическую обработку результатов измерений малой выборки осуществляли при помощи:

- определения и исключения грубых погрешностей;
- оценки воспроизводимости результатов измерений;
- оценки точности результатов измерений.

## Результаты

На Рисунках 3 и 4 представлены показатели оптической плотности D висковых дистиллятов выдержанных с щепой среднего обжига «Сладкая ваниль» и с щепой «Сладкий кофе», подвергшихся микроволновому воздействию и

вискового дистиллята, выдержанного классическим способом.

Результаты полученных значений оптической плотности ВД с высокой степенью точности описываются полиномами второго порядка.

Для ВД выдержанных с щепой «Сладкая ваниль» (Рисунок 3):

ВД, выдержанный под воздействием микроволн в течение 1 минуты,

$$y = -2 \times 10^{-7} \times x^2 + 0,0001 \times x + 0,0456, R^2 = 0,9534 ;(1)$$

ВД, выдержанный под воздействием микроволн в течение 2 минут,

$$y = 4 \times 10^{-8} \times x^2 + 4 \times 10^{-5} \times x + 0,043, R^2 = 0,9749 ; (2)$$

ВД, выдержанный под воздействием микроволн в течение 3 минут,

$$y = 2 \times 10^{-8} \times x^2 + 5 \times 10^{-5} \times x + 0,0522, R^2 = 0,9314 ;(3)$$

ВД, выдержанный классическим способом,

$$y = -2 \times 10^{-7} \times x^2 + 0,0001 \times x + 0,0436, R^2 = 0,9624 ;(4)$$

Для ВД выдержанных с щепой «Сладкий кофе» (Рисунок 4):

ВД, выдержанный под воздействием микроволн в течение 1 минуты,

$$y = 8 \times 10^{-9} \times x^2 + 6 \times 10^{-5} \times x + 0,0184, R^2 = 0,9708 ;(5)$$

ВД, выдержанный под воздействием микроволн в течение 2 минут,

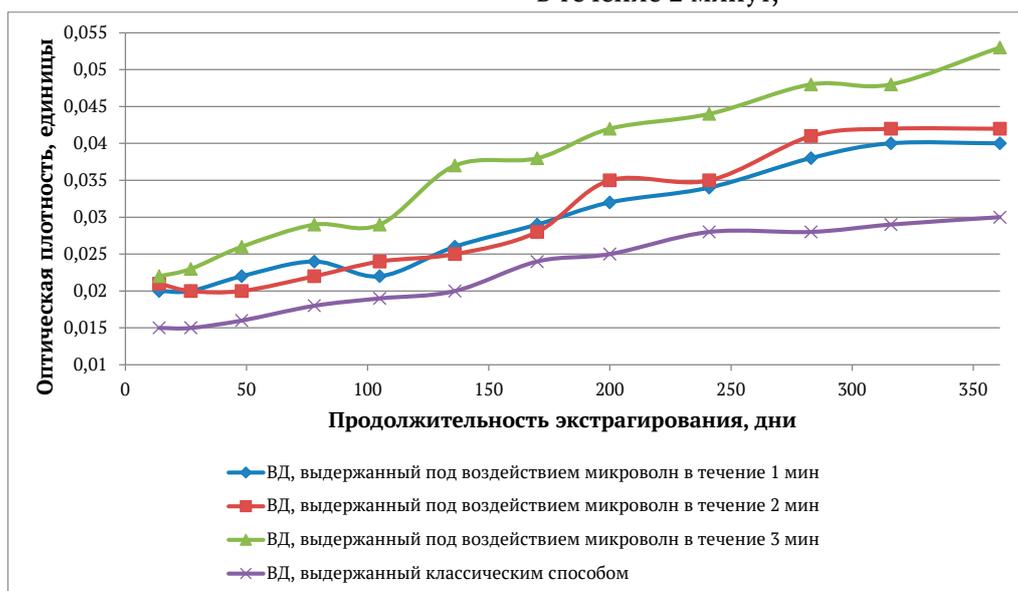


Рисунок 3. Зависимость оптической плотности ВД выдержанных с щепой «Сладкая ваниль», подвергавшихся СВЧ-излучению, от времени экстрагирования.

$$y = 2 \times 10^{-8} \times x^2 + 7 \times 10^{-5} \times x + 0,0178, R^2 = 0,9529 ;(6)$$

ВД, выдержанный под воздействием микроволн в течение 3 минут,  
 $y = -10^{-7} \times x^2 + 0,0001 \times x + 0,0199, R^2 = 0,986 ; (7)$

ВД, выдержанный классическим способом,  
 $y = -6 \times 10^{-8} \times x^2 + 7 \times 10^{-5} \times x + 0,0131, R^2 = 0,98 ; (8)$

Следующим этапом исследования был анализ содержания полифенолов в ВД, подвергавшихся микроволновой обработке. Полученные значения содержания полифенолов в ВД выдержанных с щепой «Сладкая ваниль» и «Сладкий кофе» приведены на Рисунках 5 и 6.

Далее определяли по содержание сухих веществ в ВД по истечению одного года выдержки методом высушивания.

Показатели содержания сухих экстрактивных веществ в ВД выдержанных с щепой среднего обжига «Сладкая ваниль» приведены на Рисунке 7, а с щепой «Сладкий кофе» на Рисунке 8.

На заключительном этапе исследований с целью определения содержания летучих органических веществ, выдержанные ВД после предварительной перегонки были проанализированы методом хромато-масс-спектрометрии.

Результаты хроматографического анализа выдержанного ВД, полученного при 3-х минутной микроволновой обработке в течение года с щепой «Сладкая ваниль», представлены на Рисунке 9.

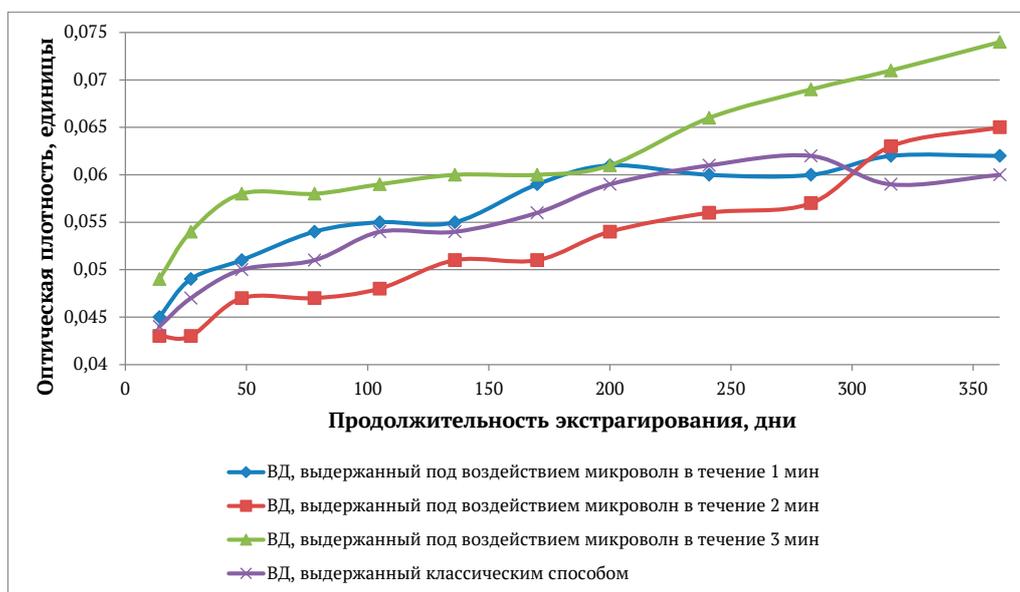


Рисунок 4. Зависимость оптической плотности ВД выдержанных с щепой «Сладкий кофе», подвергавшихся СВЧ-излучению, от времени экстрагирования.

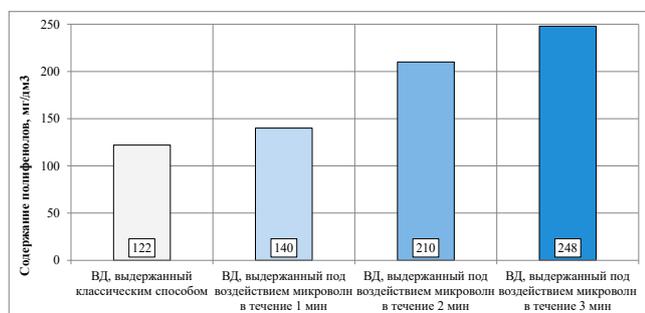


Рисунок 5. Содержание полифенолов в ВД выдержанных с щепой «Сладкая ваниль», подвергавшихся СВЧ-излучению, в течение одного года.

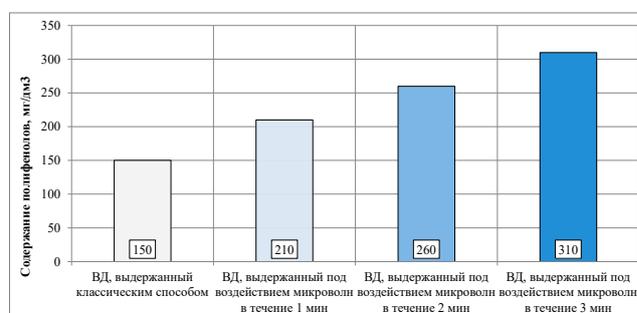


Рисунок 6. Содержание полифенолов в ВД выдержанных с щепой «Сладкий кофе», подвергавшихся СВЧ-излучению, в течение одного года.

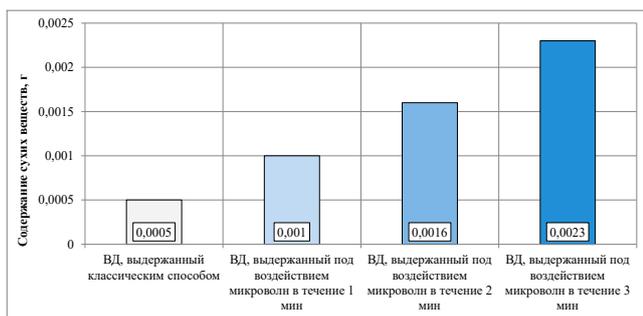


Рисунок 7. Содержание сухих веществ в ВД с щепой «Сладкая ваниль», подвергавшихся СВЧ-излучению, после одного года выдержки.

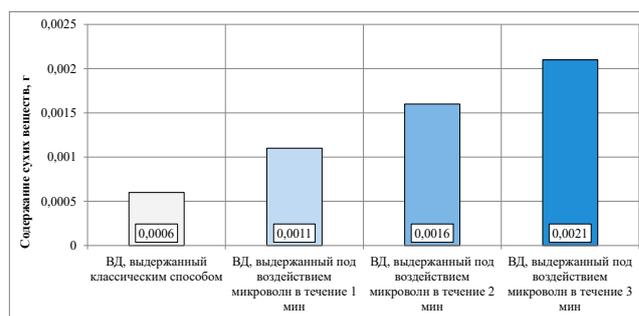


Рисунок 8. Содержание сухих веществ в ВД с щепой «Сладкий кофе», подвергавшихся СВЧ-излучению, после одного года выдержки.

### Обсуждение

Анализируя данные, приведенные на Рисунке 3, видно, что увеличение времени воздействия на ВД с дубовой щепой СВЧ-излучением приводят к возрастанию численных значений оптической плотности  $D$ . Максимальное численное значение оптической плотности  $D$  можно наблюдать в третьем образце ВД. При этом  $D$  изменяется в диапазоне от 0,02 до 0,053 единицы. Сравнивая полученные значения оптической плотности ВД, выдержанного классическим способом, и третьего ВД, можно отметить, что СВЧ обработка приводит к увеличению  $D$  в 1,5 раза. Это свидетельствует о положительном влиянии микроволнового излучения на процесс экстрагирования и позволяет сократить время выдержки ВД.

Данные, представленные на Рисунке 4, свидетельствуют об увеличении значений оптической плотности  $D$  пропорционально увеличению продолжительности воздействия сверхвысокочастотного излучения на все исследуемые ВД.

Максимальное численное значение  $D$  также как и с щепой «Сладкая ваниль» наблюдается в третьем образце ВД. Оптическая плотность в этом случае изменяется в диапазоне от 0,05 до 0,074 единицы.

Сравнивая значения оптической плотности третьего образца и выдержанного классическим способом ВД, можно сделать вывод о том, что СВЧ-излучение приводит к возрастанию оптической плотности приблизительно на 20%, что свидетельствует о положительном влиянии сверхвысокочастотного излучения на процесс экстрагирования и позволяет сократить время выдержки ВД с древесиной.

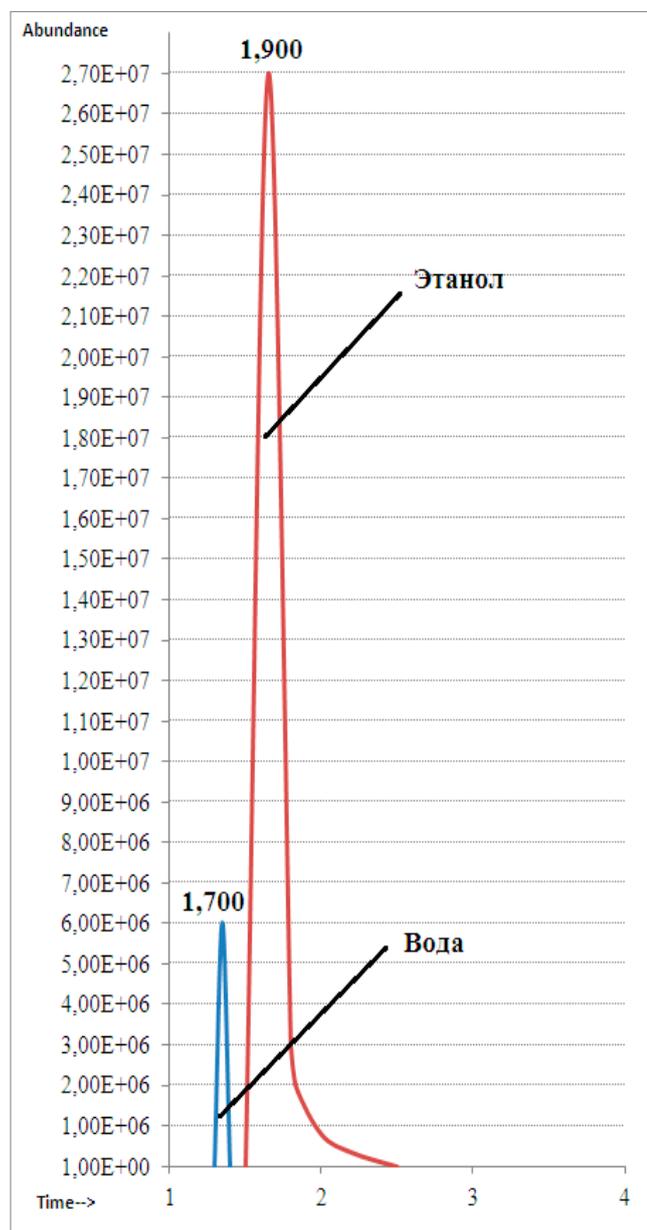


Рисунок 9. Хроматограмма выдержанного ВД с щепой «Сладкая ваниль».

При проведении сравнительного анализа ВД с разной щепой подтвердился тот факт, что на опти-

ческую плотность, а значит на цветность ВД, в значительной мере влияет степень обжарки щепы. Максимальные значения показателей оптической плотности ВД с щепой сильного обжиг «Сладкий кофе» на 0,021 единицы превышают показатели ВД с щепой среднего обжиг «Сладкая ваниль».

Воздействие СВЧ-излучения положительно сказывается на скорости отдачи цвета из древесины экстрагенту, о чем свидетельствуют полученные и проанализированные выше результаты.

Графики 5 и 6 показали, что по истечении одного года выдержки под воздействием микроволнового излучения в третьих образцах ВД увеличилось содержания полифенолов по отношению к ВД, выдержанного классическим способом, более чем в 2 раза.

Сравнивая содержание полифенолов в ВД с разной щепой, можно отметить, что они отличаются значительней, чем в первом случае: максимальные значения, так же, в третьих образцах ВД составляют 248,89 мг/дм<sup>3</sup> и 310 мг/дм<sup>3</sup> соответственно для щепы среднего и сильного обжиг. Следовательно, СВЧ-излучение способствует более интенсивному выходу полифенолов из щепы сильного обжиг.

Анализ данных, представленных на Рисунке 7, показал, что содержание сухих экстрактивных веществ в третьих образцах ВД составило 0,0023 г и превысило показатели ВД, выдержанного классическим способом, более чем в 4 раза.

Содержание сухих веществ ВД, выдержанного классическим способом, с щепой «Сладкий кофе» (Рисунок 8) 0,0006 г отличаются от максимального показателя, равного 0,0021 г, в 3,5 раза, что доказывает бесспорное положительное влияние СВЧ-излучения на процесс интенсификации извлечения целевых компонентов из дубовой щепы на этапе созревания ВД.

При сравнении ВД с щепой разной степени обжиг выявлена закономерность: выход сухих экстрактивных веществ из щепы сильного обжиг не превышает выход сухих экстрактивных веществ из щепы среднего обжиг, то есть степень обжарки не влияет на данный процесс при условии СВЧ-воздействия в процессе созревания ВД.

На основании полученных результатов, можно сделать вывод о перспективности применения микроволнового воздействия на этапе созревания или старения висковых дистиллятов. Результаты

проведенных исследований, оцениваемые по трем показателям, свидетельствуют о целесообразности применения 3-х минутной микроволновой обработки на ВД с дубовой щепой.

При проведении хроматографического анализа обнаружено, что характер изменения показателей был одинаков для всех образцов ВД. На Рисунке 9 приведена хроматограмма выдержанного вискового дистиллята с щепой «Сладкая ваниль».

На всех хроматограммах присутствуют пики, характерные только для содержания этанола и воды. Первый пик показывает 30% содержание воды, а второй 70% спирта в выдержанных ВД. Таким образом, можно сделать вывод, что микроволновая обработка в данных условиях не приводит к окислению этанола. Отсутствие на хроматограммах иных пиков свидетельствует о том, что во время микроволнового воздействия не образуется вредных летучих побочных продуктов, таких как альдегиды и кетоны. Следовательно, данный способ можно применять для ускорения созревания виски без изменения качественных показателей.

## Заключение

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

- Проведено исследование процесса созревания ВД с использованием дубовой щепы «Сахарная ваниль» и «Сладкий кофе», подвергавшихся СВЧ-излучению, после одного года выдержки.
- Определены рациональные технологические параметры процесса созревания ВД при их обработке микроволновым излучением: продолжительность воздействия СВЧ-излучения мощностью 500 Вт на ВД – 3 минуты один раз в два дня, выдержка не менее 360 суток.
- Выдержанные ВД с дубовой щепой обладают более высокими показателями оптической плотности, содержания полифенолов и сухих веществ по отношению к ВД, выдержанного классическим способом. Хроматографический анализ свидетельствует о том, что в полученных ВД отсутствуют нежелательные соединения и примеси (ГОСТ 33281-2015, 2015, с. 7).

В целом можно сделать вывод о перспективности проведения обработки среды СВЧ-излучением в процессе экстрагирования дубовой щепы ВД. При этом продолжительность производственного процесса на этапе созревания виски можно сократить не менее чем в 2 раза.

### Литература

- Бородулин Д.М. Определение содержания полифенолов в крепких алкогольных напитках // Явление переноса в процессах и аппаратах химических и пищевых производств: материалы II Международной научно-практической конференции. Воронеж: ВГУИТ, 2016. С. 431-434.
- Бородулин Д.М., Резниченко И.Ю., Шалев А.В., Просин М.В. Сравнительный анализ качества солода различных производителей для приготовления солодовых висковых дистиллятов // Пищевая промышленность: Пиво и напитки. 2019. № 2. С. 64-69.
- Бородулин Д.М., Салищева О.В., Файнер А.А. Интенсификация процесса извлечения целевых компонентов из термически обработанной дубовой щепы с дистиллятами при приготовлении виски // Пищевые инновации и биотехнологии: материалы V Международной научной конференции. Кемерово: КТИПП, 2017. С. 200-202.
- Бурдо О.Г., Рыбина О.Б. Процессы инактивации микроорганизмов в микроволновом поле. Одесса: Полиграф, 2010. 200 с.
- Бурачевский И.И., Воробьева Е.В., Веселовская О.В., Галлямова Л.П. Происхождение, классификация и технология приготовления виски // Производство спирта и ликероводочных изделий. 2013. № 1. С. 9-14.
- Гармаш А.В. Введение в спектроскопические методы анализа. Оптические методы анализа. М.: РАН ВХК, 1995. 38 с.
- ГОСТ 33281-2015. Виски. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2015. 8 с.
- ГОСТ 5962-2013. Спирт этиловый ректифицированный из пищевого сырья. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2014. 8 с.
- ГОСТ 6709-72. Вода дистиллированная. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2007. 12 с.
- Домарецкий В.А. Технология экстрактов, концентратов и напитков из растительного сырья: учеб. пособие. М.: ФОРУМ, 2011. 448 с.
- Коляновский Л.М. Повышение качества растительных масел при извлечении этилового спирта по интенсификации сверхвысокочастотной энергией // Науковий вісник львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. 2016. № 1-4(65). Т. 18. С. 75-80.
- Коптелова Е.Н., Кутакова Н.А., Третьяков С.И. Извлечение экстрактивных веществ и бетулина из бересты при воздействии СВЧ-поля // Химия растительного сырья. 2013. № 4. С. 62.
- Копысова Т.С. Разработка технологии СВЧ-экстрагирования компонентов растительного сырья: дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.02. Ижевск, 2013. 171 с.
- Левтринская Ю.О., Ружицкая Н.В., Резниченко Т.А., Бандура В.Н. Микроволновые технологии интенсификации массообменных и тепловых процессов при переработке растительного сырья // Научные труды одесской национальной академии пищевых технологий. 2016. № 1. Т. 80. С. 67-73.
- Микулинич М.Л., Моргунова Е.М., Масанский С.Л. Подбор оптимальных технологических режимов получения солода из различных видов зерна белорусской селекции для получения полисолодовых экстрактов // Вестник могилевского государственного университета продовольствия. 2016. № 2(21). С. 63-74.
- Мурашев С.В., Ишевский А.Л., Уварова Н.А. Определение содержания воды и сухих веществ в пищевых продуктах. СПб.: СПбГУНиПТ, 2008. 26 с.
- Новикова И.В., Агафонов Г.В., Шабанов И.Е., Коротких Е.А., Маркин А.А. Интенсификация экстрагирования компонентов из древесины дуба с помощью ультразвука // Хранение и переработка сельхозсырья. 2014. № 10. С. 34-37.
- Новикова И.В. Исследование скорости экстрагирования компонентов из древесного сырья // Вестник ВГУИТ. 2012. № 3. С. 99-103.
- Новикова И.В. Теоретические и практические аспекты интенсивной технологии спиртных напитков из зернового сырья с применением экстрактов древесины: монография. Воронеж: ВГУИТ, 2014. 150 с.
- Овсянникова Е.А. Исследование процесса экстрагирования дикорастущих ягод Сибири с использованием биокаталитических методов // Техника и технология пищевых производств. 2012. № 4(27). С. 110-114.
- Оганесянц Л.А. Дуб и виноделие. М.: Агропищепромиздат, 2001. 359 с.
- Потапов А.Н. Разработка экстракторов для системы «твердое тело – жидкость» // Техника и технология пищевых производств. 2013. № 3(30). С. 80-85.
- Просин М.В. Роторно-пульсационные аппараты для экстрагирования в системе твердое тело –

- жидкость // Известия ВУЗов. Прикладная химия и биотехнология. 2014. № 5(10). С. 70-76.
- Просин М.В. Усовершенствование экстракторов для системы твердое тело – жидкость // 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.
- СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. М.: Межиздат, 2012. 448 с.
- СанПиН 2.3.2.1293-03. Гигиенические требования по применению пищевых добавок. М.: Бюро печати, 2008. 176 с.
- Сидоренко Д.О., Сурикова Ж.В. Хроматографические методы анализа. М.: Издательский центр РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина, 2015. 25 с.
- ТР ТС 021/2011. О безопасности пищевой продукции. М.: Норматика, 2018. 200 с.
- Экстрактор периодического действия для извлечения целевых компонентов из дубовой щепы: патент РФ № 2644914 / Бородулин Д.М., Вечтомова Е.А., Файнер А.А., Клопова К.В.; заявл. 10.06.2016; опубл. 14.02.2018, бюл. № 5. 4 с.
- Borodulin D.M., Potapov A.N., Prosin M.V. Investigation of Influence of Oxygen on Process of Whiskey Ripening in New Design of Extractor // Advances in Engineering Research. 2018. Vol. 151. P. 578-583.
- Collins T.S., Ebeler S.E., Zweigenbaum J. Profiling of nonvolatiles in whiskeys using ultra high pressure liquid chromatography quadrupole time-of-flight mass spectrometry (uhplc-qtof ms) // Food chemistry. 2014. No. 163. P. 186-196.
- Pizarro C., Rodríguez-Tecedor S., Esteban-Díez I., Pérez-del-Notario N., González-Sáiz J.M. Experimental design approach to evaluate the impact of oak chips and micro-oxygenation on the volatile profile of red wines // Food chemistry. 2014. No. 148. P. 357-366.

# Investigation of the Influence of Microwaves on the Process of Whisky Distillate Ripe

**Dmitriy M. Borodulin**

*Kemerovo State University  
6 Krasnaya Street, Kemerovo, 650000, Russian Federation  
E-mail: borodulin\_dmitri@list.ru*

**Maksim V. Prosin**

*Kemerovo State University  
6 Krasnaya Street, Kemerovo, 650000, Russian Federation  
E-mail: prosinmv@yandex.ru*

**Aleksandr N. Potapov**

*Kemerovo State University  
6 Krasnaya Street, Kemerovo, 650000, Russian Federation  
E-mail: potap-1996@list.ru*

**Aleksey V. Shalev**

*Kemerovo State University  
6 Krasnaya Street, Kemerovo, 650000, Russian Federation  
E-mail: profal2007@yandex.ru*

Grain raw materials are the most common raw materials for the production of several of alcoholic beverages: vodka, whiskey, gin, sake. Whiskey is one of the most popular drinks in the world. The purpose of this paper is to study the effect of microwave radiation on the water-alcohol solution during ripening whisky distillate without loss of quality characteristics. During the research we used classic raw materials for the production of «whiskey» drinks and generally accepted methods for evaluating experimental data. Wood chips are an economical alternative to French or Serbian oak barrels. The experiments were carried out using oak chips «Sladkaya Vanil» with periodic microwave exposure to the treated medium. Oak chips were through the stage of roasting in a special furnace without the use of any chemicals. The selected material - French oak - has a relatively large pore volume, which allows a significant effect on the distillates. In the process of performing the work, the results of a study of the optical density, content of polyphenols and dry substances in aged temple distillate for 350 days of exposure. At the final stage of studies in order to determine the content of volatile organic substances, the studied aged temple distillates are analyzed by chromatography-mass spectrometry. Analysis of the obtained data allows us to determine the rational parameters of the maturation process of the whisky distillate, allowing it to be reduced by 3 times. The research results indicate an intensification of the maturation process of the whisky distillate, with its periodic microwave processing with oak chips.

**Keywords:** extractor; extraction; oak chips; whisky distillate; microwaves; optical density; polyphenols; dry matter

## References

- Borodulin D.M. Opredeleniye sodержaniya polifenolov v krepkikh alkogolnykh napitkakh [Determination of the content of polyphenols in strong alcoholic drinks]. In *Yavleniye perenosa v protsessakh i apparatakh khimicheskikh i pishchevykh proizvodstv: materialy II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Transport Phenomenon in Processes and Apparatuses of Chemical and Food Production: materials of the II International Scientific and Practical Conference]. Voronezh: VSUET, 2016. P. 431-434.
- Borodulin D.M., Reznichenko I.Yu., Shalev A.V., Prosin V.M. Sravnitelnyy analiz kachestva soloda razlichnykh proizvoditeley dlya prigotovleniya solodovykh viskovykh distillyatov [A comparative analysis of the quality of malt from various manufacturers for the preparation of malt temple distillates]. *Pishchevaya promyshlennost*

- nost: *Pivo i napitki* [Food industry: Beer and drinks], 2019, no. 2, pp. 64-69.
- Borodulin D.M., Salishcheva O.V., Fayner A.A. Intensifikatsiya protsessa izvlecheniya tselevykh komponentov iz termicheski obrabotannoy dubovoy shchepy s distillyatami pri prigotovlenii viski [Intensification of the process of extracting target components from heat-treated oak chips with distillates in the preparation of whiskey]. In *Pishchevyye innovatsii i biotekhnologii materialy V Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Food Innovation and Biotechnology Materials of the V International Scientific Conference]. Kemerovo: KTIPP, 2017. P. 200-202.
- Burdo O.G., Rybina O.B. Protsessy inaktivatsii mikroorganizmov v mikrovolnovom pole [The processes of inactivation of microorganisms in the microwave field]. Odessa: Poligraf, 2010. 200 p.
- Burachevsky I.I., Vorobyova E.V., Veselovskaya O.V., Gallyamova L.P. Proiskhozhdeniye, klassifikatsiya i tekhnologiya prigotovleniya viski [The origin, classification and technology of making whiskey]. *Proizvodstvo spirta i likerovodochnykh izdeliy* [Production of alcohol and alcoholic beverages], 2013, no. 1, pp. 9-14.
- Garmash A.V. Vvedeniye v spektroskopicheskiye metody analiza. Opticheskiye metody analiza [Introduction to spectroscopic methods of analysis. Optical Analysis Methods]. Moscow: RAN VKHK, 1995. 38 p.
- GOST 33281-2015. Viski. Tekhnicheskiye usloviya [Whiskey. Technical specifications]. Moscow: Standartinform, 2015. 8 p.
- GOST 5962-2013. Spirt etilovyy rektifikovanny iz pishchevogo syrya. Tekhnicheskiye usloviya [Rectified ethyl alcohol from food raw materials. Technical specifications]. Moscow: Standartinform, 2014. 8 p.
- GOST 6709-72. Voda distillirovannaya. Tekhnicheskiye usloviya [Distilled water. Technical specifications]. Moscow: Standartinform, 2007. 12 p.
- Domaretskiy V.A. Tekhnologiya ekstraktov, kontsentratov i napitkov iz rastitelnogo syrya [Technology of extracts, concentrates and drinks from plant materials]. Moscow: FORUM, 2011. 448 p.
- Kolyanovskiy L.M. Povysheniye kachestva rastitelnykh masel pri izvlechenii etilovogo spirta po intensifikatsii sverkhvysokochastotnoy energiyey [Improving the quality of vegetable oils in the extraction of ethyl alcohol by intensification of microwave energy]. *Naukovyy visnyk lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoyi medytsyny ta biotekhnolohiy imeni S.Z. Hzhyskoho* [Scientific Bulletin of the Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology named after S. Gzycki], 2016, no. 1-4(65), vol. 18, pp. 75-80.
- Koptelova Ye.N., Kutakova N.A., Tretyakov S.I. Izvlecheniye ekstraktivnykh veshchestv i betulina iz beresty pri vozdeystvii SVCH-polya [Extraction of extractives and betulin from birch bark when exposed to a microwave field]. *Khimiya rastitelnogo syrya* [Chemistry of plant raw materials], 2013, vol. 4, p. 62.
- Kopysova T.S. Razrabotka tekhnologii SVCH-ekstragirovaniya komponentov rastitelnogo syrya. Diss. kand. techn. nauk [Development of a technology for microwave extraction of plant material components. Ph.D. (Tech. Sci.) thesis]. Izhevsk, 2013. 171 p.
- Levtrinskaya Yu.O., Ruzhitskaya N.V., Reznichenko T.A., Bandura V.N. Mikrovolnovyye tekhnologii intensifikatsii massoobmennyykh i teplovykh protsessov pri pererabotke rastitel'nogo syrya [Microwave technologies for the intensification of mass transfer and thermal processes in the processing of plant materials]. *Nauchnyye trudy odesskoy natsionalnoy akademii pishchevykh tekhnologiy* [Scientific works of Odessa National Academy of Food Technologies], 2016, no. 1, vol. 80, pp. 67-73.
- Mikulnich M.L., Morgunova Ye.M., Masanskiy S.L. Podbor optimalnykh tekhnologicheskikh rezhimov polucheniya soloda iz razlichnykh vidov zerna belorusskoy seleksii dlya polucheniya polisolodovykh ekstraktov [Selection of optimal technological conditions for obtaining malt from various types of grain of the Belarusian selection for obtaining polysalt extracts]. *Vestnik mogilevskogo gosudarstvennogo universiteta prodovolstviya* [Bulletin of the Mogilev State University of Food], 2016, no. 2(21), pp. 63-74.
- Murashev S.V., Ishevskiy A.L., Uvarova N.A. Opredeleniye soderzhaniya vody i sukhikh veshchestv v pishchevykh produktakh [Determination of the content of water and dry substances in food products]. Saint-Petersburg: SPbGUNIPT, 2008. 26 p.
- Novikova I.V., Agafonov G.V., Shabanov I.E., Korotkov E.A., Markin A.A. Intensifikatsiya ekstragirovaniya komponentov iz drevesiny duba s pomoshchyu ultrazvuka [Intensification of the extraction of components from oak wood using ultrasound]. *Khraneniye i pererabotka selkhozsyrya* [Storage and processing of food production], 2014, no. 10, pp. 34-37.
- Novikova I.V. Issledovaniye skorosti ekstragirovaniya komponentov iz drevesnogo syrya [The study of the speed of extraction of components from wood raw materials]. *Vestnik VGUIT* [Bulletin of VGUIT], 2012, no. 3, pp. 99-103.

- Novikova I.V. Teoreticheskiye i prakticheskiye aspekty intensivnoy tekhnologii spirtnykh napitkov iz zernovogo syrya s primeneniym ekstraktov drevesiny: monografiya [Theoretical and practical aspects of the intensive technology of alcoholic beverages from grain raw materials using wood extracts: monograph]. Voronezh: VSUET, 2014. 150 p.
- Ovsyannikova Ye.A. Issledovaniye protsessa ekstragirovaniya dikorastushchikh yagod Sibiri s ispolzovaniym biokataliticheskikh metodov [The study of the extraction of wild berries of Siberia using biocatalytic methods]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv [Technique and technology of food production]*, 2012, no. 4(27), pp. 110-114.
- Oganesyants L.A. Dub i vinodeliye [Oak and winemaking]. Moscow: Agropishchepromizdat, 2001. 359 p.
- Potapov A.N. Razrabotka ekstraktorov dlya sistemy «tverdoye telo – zhidkost» [Development of extractors for the system «solid – liquid»]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv [Technique and technology of food production]*, 2013, no. 3(30), pp. 80-85.
- Prosin M.V. Rotorno-pulsatsionnyye apparaty dlya ekstragirovaniya v sisteme tverdoye telo – zhidkost [Rotary-pulsation apparatuses for extraction in the solid-liquid system]. *Izvestiya VUZov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya [News of High Schools. Applied Chemistry and Biotechnology]*, 2014, no. 5(10), pp. 70-76.
- Prosin M.V. Uovershenstvovaniye ekstraktorov dlya sistemy tverdoye telo – zhidkost [Improvement of extractors for the solid-liquid system]. In *Nauchnyy vklad molodykh uchenykh v razvitiye pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti APK: sbornik nauchnykh trudov VII konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov nauchno-issledovatel'skikh institutov Otdeleniya khraneniya i pererabotki selskokhozyaystvennoy produktsii Rosselkhozakademii [Scientific contribution of young scientists to the development of the food and processing industry of the agro-industrial complex: Proceedings of the VII Conference of Young Scientists and Specialists of Research Institutes of the Agricultural Storage and Processing Division of the Russian Agricultural Academy]*. Moscow: GNU VNIMI Rosselkhozakademii, 2013. P. 370-374.
- SanPiN 2.3.2.1078-01. Gigiyenicheskiye trebovaniya bezopasnosti i pishchevoy tsennosti pishchevykh produktov [Hygienic requirements for food safety and nutritional value]. Moscow: Mezhizdat, 2012. 448 p.
- SanPiN 2.3.2.1293-03. Gigiyenicheskiye trebovaniya po primeneniyu pishchevykh dobavok [Hygienic requirements for the use of food additives]. Moscow: Byuro pechati, 2008. 176 p.
- Sidorenko D.O., Surikova Zh.V. Khromatograficheskiye metody analiza [Chromatographic methods of analysis]. Moscow: Izdatelskiy tsentr RGU nefti i gaza imeni I.M. Gubkina, 2015. 25 p.
- TR TS 021/2011. O bezopasnosti pishchevoy produktsii [On the safety of food products]. Moscow: Normatika, 2018. 200 p.
- Ekstraktor periodicheskogo deystviya dlya izvlecheniya tselevykh komponentov iz dubovoy shchepy [Batch extractor for extracting target components from oak wood chips]: Pat. № 2644914 Russian Federation. Borodulin D.M., Vechtomova E.A., Fainer A.A., Klopova K.V.; declared 10.06.2016; publ. 14.02.2018, bulletin no. 5. 4 p.
- Borodulin D.M., Potapov A.N., Prosin M.V. Investigation of Influence of Oxygen on Process of Whiskey Ripening in New Design of Extractor. *Advances in Engineering Research*, 2018, vol. 151, pp. 578-583.
- Collins T.S., Ebeler S.E., Zweigenbaum J. Profiling of nonvolatiles in whiskeys using ultra high pressure liquid chromatography quadrupole time-of-flight mass spectrometry (uhplc-qt of ms). *Food chemistry*, 2014, no. 163, pp. 186-196.
- Pizarro C., Rodríguez-Tecedor S., Esteban-Díez I., Pérez-del-Notario N., González-Sáiz J.M. Experimental design approach to evaluate the impact of oak chips and micro-oxygenation on the volatile profile of red wines. *Food chemistry*, 2014, no. 148, pp. 357-366.