

Разработка аппаратно-технологической линии производства виски по ускоренной технологии

Дмитрий А. Казарцев ¹	kda_79@mail.ru	 0000-0001-6597-2327
Андрей И. Ключников ¹	kaivanov@mail.ru	 0000-0002-8161-0040
Олег Ю. Востриков ¹	ctg@bk.ru	
Кристина В. Назина ¹	cvetkovav234@gmail.com	
Ярина А. Деменкова ¹	demenkovastudy@gmail.com	

¹ Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского (Первый казачий университет), ул. Земляной вал, д. 73, г. Москва, 109004, Россия

Аннотация. Выдержка виски – это ключевой этап, завершающий процесс его изготовления. Он включает в себя преобразование ячменного спирта в насыщенный ароматом и вкусом напиток. В процессе выдержки виски не только темнеет, но и приобретает богатый букет ароматов, а также уникальные вкусовые качества, которые делают его особенным. Традиционная технология производства виски требует длительной выдержки в дубовых бочках, что обуславливает значительные материальные затраты и увеличивает продолжительность всего процесса. Это, в свою очередь, оказывает влияние на себестоимость конечного продукта. В связи с тем, что рынок требует оптимизации производственных процессов, появилась необходимость в разработке интенсивных технологий, позволяющих сократить срок выдержки дистиллятов. Исследования методов, ускоряющих экстракцию компонентов из древесины, становятся все более актуальными. Изучение методов, таких как использование мелко нарезанной древесины, ультразвуковая обработка, оптимизация температурных условий и вакуумные технологии, дает возможность создать новые подходы к выдержке. Эти технологии могут значительно уменьшить время, необходимое для достижения желаемых вкусовых характеристик, и при этом сохранить высокое качество готового продукта. Интенсивные технологии не только помогают сократить время производства, но и позволяют производителям адаптироваться к современным требованиям рынков, где сроки доставки и стоимость продукции играют ключевую роль. Несмотря на необходимость интенсивного подхода, важно отметить, что натуральные процессы также имеют свою ценность, и их следует бережно сочетать с инновациями. Таким образом, будущее производства виски, вероятно, будет сосредоточено на интеграции традиционных методов и современных технологий, что позволит создавать уникальные и качественные напитки. Поэтому, существует потребность в разработке интенсивных технологий, направленных на сокращение сроков выдержки дистиллятов в контакте с древесиной дуба. Сегодня ведутся активные исследования различных методов, ускоряющих процесс экстрагирования веществ из древесины. В настоящей работе предложена аппаратная схема производства виски по ускоренной технологии, включающая ведущее оборудование в виде ультразвукового экстрактора и мембранного аппарата с сопловым турбулизатором, которое позволяет существенно интенсифицировать процесс выдержки дистиллятов при абсолютной их прозрачности.

Ключевые слова: зерновой дистиллят, водно-спиртовая смесь, созревание, ультразвук, оптическая плотность, экстрагирование.

Development of an equipment and technological whiskey production line using accelerated technology

Dmitriy A. Kazartsev ¹	kda_79@mail.ru	 0000-0001-6597-2327
Andrey I. Klyuchnikov ¹	kaivanov@mail.ru	 0000-0002-8161-0040
Oleg Yu. Vostrikov ¹	ctg@bk.ru	
Kristina V. Nazina ¹	cvetkovav234@gmail.com	
Yarina A. Demenkova ¹	demenkovastudy@gmail.com	

¹ K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (FCU), Zemlyanoy val st., 73, Moscow, 109004, Russia

Abstract. Whiskey aging is a key stage that completes the production process. It involves the conversion of barley alcohol into an aromatic and flavorful drink. During the aging process, whiskey not only darkens, but also acquires a rich bouquet of aromas, as well as unique taste qualities that make it special. The traditional whiskey production technology requires long-term aging in oak barrels, which causes significant material costs and increases the duration of the entire process. This, in turn, has an impact on the cost of the final product. Due to the fact that the market requires optimization of production processes, it has become necessary to develop intensive technologies to shorten the aging period of distillates. Research on methods that accelerate the extraction of components from wood is becoming increasingly relevant. The study of methods such as the use of finely chopped wood, ultrasonic treatment, optimization of temperature conditions and vacuum technologies makes it possible to create new approaches to aging. These technologies can significantly reduce the time required to achieve the desired taste characteristics, while maintaining the high quality of the finished product. Intensive technologies not only help to reduce production time, but also allow manufacturers to adapt to the modern requirements of markets where delivery time and cost of products play a key role. Despite the need for an intensive approach, it is important to note that natural processes also have their own value, and they should be carefully combined with innovation. Thus, the future of whiskey production is likely to focus on the integration of traditional methods and modern technologies, which will create unique and high-quality drinks. Therefore, there is a need to develop intensive technologies aimed at reducing the aging time of distillates in contact with oak wood. Today, active research is underway on various methods that accelerate the extraction of substances from wood. In this paper, we propose an instrumentation scheme for the production of whiskey using accelerated technology, including leading equipment in the form of an ultrasonic extractor and a membrane apparatus with a nozzle turbulator, which allows us to significantly intensify the process of distillate aging with absolute transparency.

Keywords: grain distillate, water-alcohol mixture, maturation, ultrasound, optical density, extraction.

Для цитирования

Казарцев Д.А., Ключников А.И., Востриков О.Ю., Назина К.В., Деменкова А.Я. Разработка аппаратно-технологической линии производства виски по ускоренной технологии // Вестник ВГУИТ. 2025. Т. 86. № 1. С. 29–37. doi:10.20914/2310-1202-2025-1-29-37

For citation

Kazartsev D.A., Klyuchnikov A.I., Vostrikov O.Y., Nazina K.V., Demenkova A.Ya. Development of an equipment and technological whiskey production line using accelerated technology. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2025. vol. 86. no. 1. pp. 29–37. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2025-1-29-37

Введение

В сложившихся современных экономических условиях промышленное производство выдержанных крепких алкогольных напитков особенно остро нуждается в проведении масштабной модернизации как со стороны используемых технологий, так и со стороны технологического оборудования. Следует отметить, что направление повышения эффективности таких процессов как выдержка и созревание дистиллятов за счет их интенсификации при сохранении неизменных качественных показателей является особенно актуальным и востребованным [1, 2, 3].

Традиционно технология производства выдержанных алкогольных напитков предусматривает их созревание в дубовых бочках в течение длительного времени, в течение которого напиток приобретает характерный вкус и цвет, что является неотъемлемой частью, определяющей конечное качество. Разумеется, итоговая стоимость продукции становится чрезмерно высокой по причине длительного технологического цикла. Вполне очевидно, что большинство производителей крепкого алкоголя заинтересованы в новых подходах к обработке спиртовых дистиллятов, позволяющих существенно сократить сроки выдержки, а в некоторых случаях и полностью их исключить и, тем самым, понизить себестоимость производства [4, 5].

В последнее время значительно увеличилось количество научных публикаций, посвященных выбору и обоснованию способов интенсификации процессов выдержки спиртовых дистиллятов при производстве крепких алкогольных напитков [6, 7, 8, 9]. К таким способам, прежде всего, следует отнести обработку дистиллятов теплом и/или холодом, озоном, акустическими волнами, в т. ч. ультразвуковыми, использование экстрактов древесины различных пород и т. д.

Вышеперечисленные способы, по мнению авторов [13, 14], действительно, позволяют существенно ускорить процессы созревания дистиллятов, однако, ввиду их специфики, требуют всестороннего изучения с целью разработки регламента, гарантирующего получение стабильного качества при воспроизводимости таких процессов в производственных условиях.

Например, авторы в работах [15] показывают, что при использовании неконтролируемого ультразвукового воздействия на спирты, выдерживаемых в присутствии дубовой щепы, приводит к увеличению содержания метанола, сивушных масел с одной стороны и нежелательных компонентов древесины с другой стороны, что вообще не приемлемо при производстве высококачественной алкогольной продукции.

Большинство исследователей отмечают положительную динамику при интенсификации процессов экстракции с помощью ультразвукового воздействия различной интенсивности. Это обеспечивается за счет сопутствующих процессов кавитации и активной турбулизации экстрагента в порах дубовой щепы, приводящих к многократной смене контактирующих фаз.

Значительное увеличение скорости экстракции в поле ультразвука на несколько порядков сопровождается достижением высоких концентраций извлекаемых компонентов растительного сырья: танинов, флавоноидов, феногликозидов и т. д. Более того, ультразвуковые технологии также эффективно применяются для экстракции разнообразных биологически активных веществ животного происхождения, например, ферментов, гормонов и витаминных соединений. Также следует обратить внимание, что ультразвуковые волны различной интенсивности направлены на активизацию окислительных процессов в водно-спиртовых смесях, благодаря которым и происходит ускорение старения и формирование вкусового профиля напитка.

Однако, в литературе зачастую отсутствует информация о выборе и обосновании параметров ультразвукового воздействия на спиртовые дистилляты. Это, прежде всего, частота и амплитуда ультразвукового воздействия, продолжительность и периодичность наложения ультразвукового поля, а также отсутствуют результаты при непрерывном ультразвуковом воздействии на протяжении всего процесса выдержки.

Цель работы – создание аппаратно-технологической линии производства виски по ускоренной технологии, предусматривающей использование ультразвука в процессе выдержки спиртовых дистиллятов.

Материалы и методы

Определение качественных показателей спиртовых дистиллятов осуществляли по следующим методикам.

Содержание объемной доли спирта – по ГОСТ 32095–2013, оптическую плотность – по ГОСТ 32080–2013, определение основных маркеров выдержки – хроматографическим методом.

Результаты и обсуждение

Технологическая линия производства виски из солода по ускоренной технологии с использованием ультразвукового воздействия содержит силос для хранения солода 1 (рисунок 1), вальцовую мельницу 2, транспортер для измельченного солода 3, норию 4, транспортер 5, автоматические весы 6, распределительный транспортер 7, заторно-фильтрационный чан 8, охладительную установку 9, бродильный аппарат 10, бражную

колонну 11, подогреватель бражки 12, конденсатор 13, дефлегматор 14, ротаметр 15, емкость для спирта-сырца 16, перегонный куб 17, конденсатор 18, промежуточную емкость для виски 19,

угольную колонну 20, ультразвуковой экстрактор 21, мембранный аппарат с сопловым турбулизатором 22, купажная емкость 23, фасовочный автомат 24.

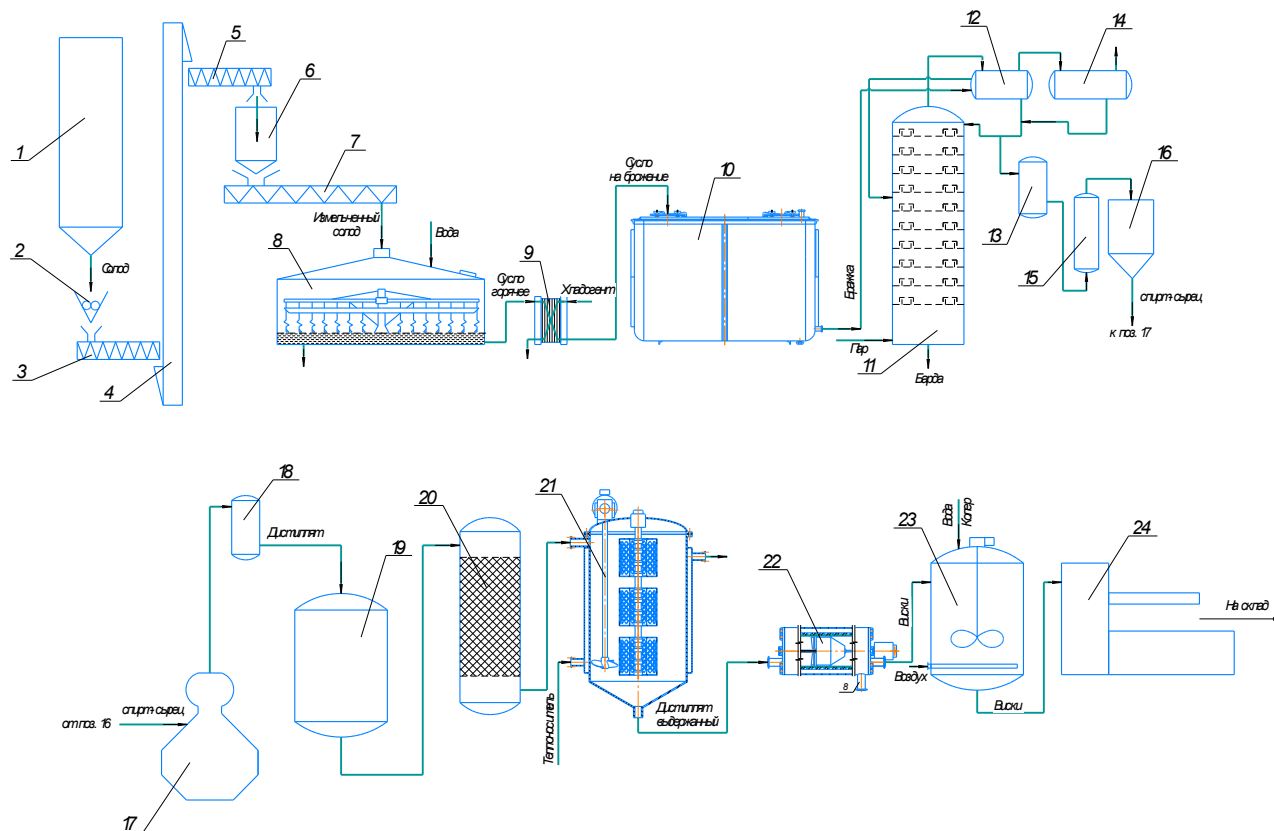


Рисунок 1. Аппаратурно-технологическая линия производства виски по ускоренной технологии
Figure 1. Apparatus and process line for whisky production by accelerated technology

Аппаратурно-технологическая линия
производства виски по ускоренной технологии
работает следующим образом.

Поступающий на переработку солод загружают в силос 1 для хранения солода. Затем солод поступает на вальцовую мельницу 2, где происходит процесс раздавливания зерна между двумя или несколькими вальцами, что помогает разрушить оболочку зерна и высвободить крахмал. После этого измельченный солод подается транспортером 3 в нижнюю часть норрии 4, откуда поднимается на определенную высоту вверх к транспортеру 5 и далее поступает на автоматические весы 6 с целью измерения точной массы измельченного солода перед дальнейшей переработкой. После взвешивания измельченный солод распределительным транспортером 7, подается в заторно-фильтрационный чан 8, предназначенный для экстрагирования растворимых веществ солода и превращения под действием ферментов нерастворимых веществ в растворимые, с последующим переводом их в раствор и дальнейшим фильтрованием сусла через ситообразное дно заторно-фильтрационного чана 8. После фильтрации оставшуюся

дробицу, направляют для использования в качестве приготовления комбикормов. Полученное сусло охлаждается в охлаждающей установке 9 до определенной температуры, затем перекачивается в бродительный аппарат 10, куда добавляют дрожжи. Начинается процесс брожения, в котором клетки дрожжей расщепляют глюкозу, содержащуюся в сусле на этанол и диоксид углерода.

Бражное сусло поступает в бражную колонну 11, где начинается процесс первой дистилляции. Бражная колонна 11 представляет собой высокую вертикальную конструкцию, оборудованную подогревателем бражки 12. В бражной колонне происходит кипение бражки, образуются пары, обогащенные спиртом и другими фракциями спирта. Одна часть паров идет в конденсатор 13, а другая часть возвращается в виде флегмы в дефлегматор 14. Пары охлаждаются, конденсируются, и образовавшаяся флегма стекает обратно в колонну. Расход паров регулируется с помощью ротаметра 15, который направляет пары на последующее охлаждение в емкость для спирта-сырца 16, обеспечивая получение более чистого спирта.

Для дальнейшей очистки и улучшения качества дистилляции спирт-сырец направляется на вторую дистилляцию в перегонный куб 17. В кубе происходит нагревание спирта-сырца до температуры чуть ниже точки кипения воды. Спирт и другие фракции проходят через горловину перегонного куба в конденсатор 18, где пар охлаждается, конденсируясь в жидкость, и собирается в промежуточной емкости 19. Для финальной очистки дистиллят проходит процесс фильтрации через угольную колонну 20. Угольная колонна устраняет остаточные примеси и нежелательные запахи, делая дистиллят более чистым, придавая характерный мягкий вкус и специфический аромат дыма. После угольной колонны дистиллят направляется в ультразвуковой аппарат.

В цилиндрические корзины ультразвукового аппарата 21, сверху и снизу закрытые перфорированными кольцами, загружают дубовые палочки перед подачей дистиллята через патрубок, расположенный в верхней части аппарата. Далее ультразвуковой волновод возбуждается ультразвуковым преобразователем, образуя по всей высоте аппарата вдоль концентраторов в области расположения корзин для загрузки сырья, зоны кавитации. Ультразвуковые колебания проникают сквозь перфорированные корзины для загрузки сырья, создавая максимальную интенсификацию процесса массообмена между висковым дистиллятом и дубовыми палочками или щепой. При этом цилиндрические перфорированные корзины позволяют беспрепятственно образовывать в них зоны кавитации, снижая, при этом, интенсивное воздействие ультразвуковых волн на дубовые палочки, приводящее к деструкции древесины и предотвращая, при этом, попадание частиц дубовых палочек или щепы в основную область аппарата, тем самым, повышая качество настоящего дистиллята. Постоянную температуру процесса поддерживают с помощью рубашки для термостатирования, в которую посредством патрубков подается и выводится теплоноситель с требуемой температурой. В совокупности эти факторы способствуют равномерному воздействию ультразвукового аппарата, что улучшает качество экстракции и конечного продукта.

После воздействия ультразвукового аппарата, полученный виски пропускают через мембранный аппарат с сопловым турбулизатором 22, с целью тонкой фильтрации непосредственно перед купажированием.

В купажную емкость 23 вносят некоторое соотношение различных спиртов, определяемое дегустатором, которые последовательно, тщательно перемешиваются механическими устройствами или сжатым воздухом. Далее в купажную

емкость 23 добавляется исправленная вода для доведения крепости до требуемой рецептурой, и порционно добавляют колер для подкрашивания. После купажирования напиток подвергается обязательному послекупажному отдыху. После завершения послекупажного отдыха виски отправляют в фасовочный автомат 24.

Рассмотрим технические особенности конструкции ведущего оборудования, используемого в предлагаемой аппаратурно-технологической линии. Для интенсификации процесса выдержки используется ультразвуковой экстрактор (рисунок 2), который работает следующим образом.

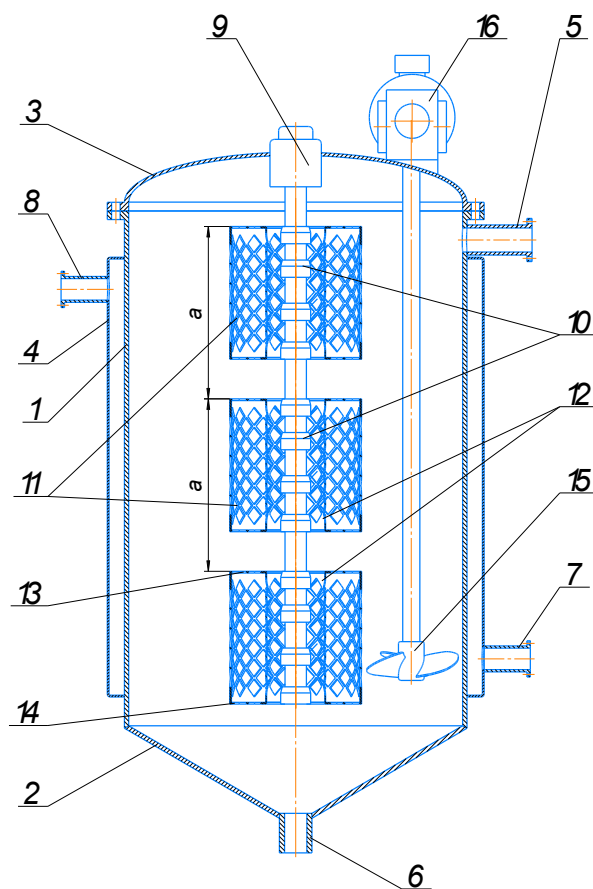


Рисунок 2. Ультразвуковой аппарат для выдержки виски

Figure 2. Ultrasonic whisky aging machine

Предварительно корзины для загрузки сырья через съемные кольца 13 заполняют экстрагирующими ингредиентами. Жидкая фаза (экстрагент) подается через патрубок 5, расположенный в верхней части аппарата. Установленный в корпусе 1 по центру ультразвуковой волновод 9 возбуждается ультразвуковым преобразователем, подключенным к генератору (на фиг. не показан), и образует по всей высоте аппарата вдоль концентраторов 10 в области расположения корзин для загрузки сырья зоны кавитации за счет своих радиальных колебаний.

Ультразвуковые колебания, проникая сквозь перфорированные корзины для загрузки сырья, создают в последних максимальную интенсификацию процесса массообмена между жидкой и твердой фазой. Под кавитационным воздействием целевые компоненты из обрабатываемого сырья интенсивно экстрагируются в поток жидкости. При этом перфорация корзин защищает от попадания частиц твердой фазы в основную область аппарата, где находится жидкая фаза. Выполнение наружного диаметра корзин для загрузки сырья равным величине обратной коэффициенту поглощения обеспечивает равномерное воздействие ультразвука на экстрагирующие ингредиенты по всей толщине корзины.

Вертикальная мешалка быстрогоходного типа 15, приводимая во вращение посредством привода 16 создает мощные осевые потоки движения жидкой фазы, что создает дополнительный положительный эффект турбулизации процесса по всей высоте аппарата, а асимметричная ее установка позволяет максимально исключить застойные зоны.

Постоянную температуру процесса поддерживают с помощью рубашки для термостатирования 4, в которую посредством патрубков 7 и 8 подается и выводится теплоноситель с требуемой температурой.

После достижения экстракта необходимой концентрации ультразвуковой генератор

отключают, а готовый экстракт из емкости 1 через патрубок 6 направляют на дальнейшую обработку согласно технологическому процессу. Таким образом, предложенный ультразвуковой экстрактор за счет размещения цилиндрических перфорированных корзин с экстрагируемым сырьем в зоне концентраторов обеспечит максимальную эффективность процесса экстракции, а выполнение внешнего диаметра корзин равным или меньшим величине обратной коэффициенту поглощения ультразвука обрабатываемой средой обеспечит равномерность воздействия ультразвука на экстрагирующие ингредиенты. При этом цилиндрические перфорированные корзины позволят беспрепятственно образовывать в них зоны кавитации, предотвращая при этом попадание частиц твердой фазы в основную область аппарата, тем самым повышая качество получаемого экстракта. Асимметрично установленная вертикальная мешалка быстрогоходного типа создавая дополнительный эффект турбулизации также позволит повысить эффективность процесса экстракции [11, 12].

В процессе ультразвукового воздействия на экстрагирующие ингредиенты возможно образование осадка в выдержанных дистиллятах, для удаления которого предназначен мембранный аппарат с сопловым турбулизатором (рисунок 3), который работает следующим образом.

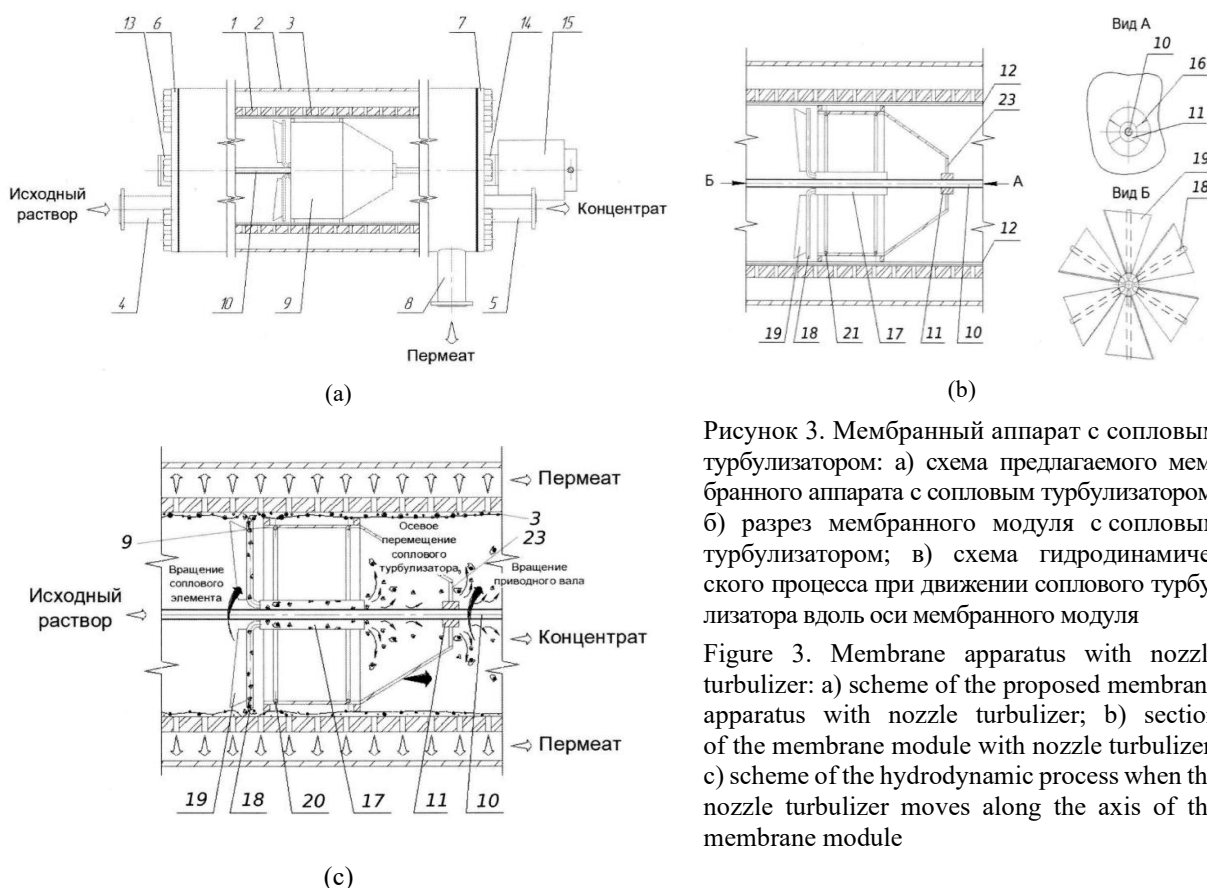


Рисунок 3. Мембранный аппарат с сопловым турбулизатором: а) схема предлагаемого мембранного аппарата с сопловым турбулизатором; б) разрез мембранного модуля с сопловым турбулизатором; в) схема гидродинамического процесса при движении соплового турбулизатора вдоль оси мембранного модуля

Figure 3. Membrane apparatus with nozzle turbulizer: a) scheme of the proposed membrane apparatus with nozzle turbulizer; б) section of the membrane module with nozzle turbulizer; c) scheme of the hydrodynamic process when the nozzle turbulizer moves along the axis of the membrane module

Перед пуском мембранного аппарата убеждаются в том, что сопловой турбулизатор 9 (рисунок 3, а) занимает крайнее левое положение, после чего через штуцер 4 во внутрь пористого цилиндра 1 подают исходный раствор под давлением, превышающим осмотическое для данной жидкости. Прошедший через полупроницаемую мембрану 3 пористого цилиндра 1 пермеат, направляется в кольцевое пространство, образованное наружной поверхностью пористого цилиндра 1 и внутренней поверхностью непроницаемого цилиндра 2. Откуда он отводится при помощи штуцера 8. После снижения рабочих характеристик полупроницаемой мембраны 3 вследствие концентрационной поляризации (например, селективности и проницаемости) подают напряжение на обмотки реверсивного электродвигателя 15 с переменной частотой вращения, который приводит во вращение приводной вал 10. За счет передачи «винт-гайка» при вращении приводного вала 10 осуществляется движение соплового турбулизатора 9 вдоль оси трубчатого мембранного модуля при помощи направляющих 12. Одновременно с осевым перемещением соплового турбулизатора 9 поток исходного раствора, проходящий через его цилиндроконический корпус, воздействует на лопастное колесо, приводя во вращение сопловой элемент 17. На выходе из меньшего основания 23 конической части соплового турбулизатора 9 поток исходного раствора претерпевает гидродинамические изменения в отношении скорости и давления: кинетическая энергия разделяемого потока уменьшается вследствие падения скорости, а потенциальная энергия увеличивается. В результате этого внутри цилиндроконического корпуса соплового элемента 17 создается зона пониженного давления, приводящая к подсасыванию части исходного раствора через изогнутые трубки 18 (рисунок 3, б), расположенные в непосредственной близости от поверхности полупроницаемой мембраны 3. Это способствует разрушению слоя отложений на поверхности полупроницаемой мембраны 3 и удалению их вместе с концентратом из трубчатого мембранного модуля через штуцер 5. Вращение под действием потока исходного раствора соплового элемента 17 с одновременным продвижением соплового турбулизатора 9 вдоль оси трубчатого мембранного модуля усиливает эффективность очистки всей поверхности полупроницаемой мембраны 3 за счет снижения уровня концентрационной поляризации. После достижения сопловым турбулизатором 9 крайнего правого положения направление вращения приводного

вала 10 изменяют на противоположное с целью возврата соплового турбулизатора 9 в исходное состояние – крайнее левое положение (рисунок 3, в). После чего процессы повторяют аналогично описанным выше. Данный аппарат предоставляет следующие возможности: многозадачный режим работы, позволяющий достигать различных уровней интенсификации за счёт изменения скорости перемещения соплового турбулизатора вдоль поверхности полупроницаемой мембраны и одновременного вращения соплового элемента под действием потока исходного раствора; предотвращение повреждений поверхности полупроницаемой мембраны, возникающих из-за перемещения соплового турбулизатора. Это достигается благодаря его соосному удержанию, которое осуществляется с помощью приводного вала, вращающегося в резьбовой втулке цилиндроконического корпуса и направляющих. Также обеспечивается эффективная очистка поверхности полупроницаемой мембраны от накопившихся отложений за счёт вращающегося лопастного колеса соплового элемента, которое, реагируя на поток исходного раствора, одновременно перемещает сопловой турбулизатор вдоль оси трубчатого мембранного модуля.

Заключение

Предложенное аппаратное оформление технологической линии ускоренного производства виски позволит:

- повысить качество готового виски за счет применения ультрафильтрации в мембранном аппарате с сопловым турбулизатором, что обеспечит избирательное задерживание частиц, образующихся в результате распада древесины в процессе ультразвуковой экстракции.

- интенсифицировать процесс выдержки вискового дистиллята за счет использования ультразвукового экстрактора с рубашкой для термостатирования, что позволит ускорить различные физико-химические реакции, происходящие при взаимодействии дистиллята с древесиной. Это приведет к более эффективной экстракции полезных компонентов, которые влияют на органолептические свойства виски.

- снизить себестоимость готовой продукции, благодаря сокращению длительности процесса выдержки с трех лет до нескольких суток, при этом, будет значительно уменьшена общая стоимость производства. Это позволит повысить конкурентоспособность продукта на рынке и удовлетворить потребности потребителей, которые ищут качественный виски по более доступной цене.

Таким образом, внедрение данной технологии не только улучшит характеристики конечного продукта, но и сделает процесс его производства более экономически эффективным и рациональным, что соответствует современным трендам в пищевой промышленности.

При этом физико-химические показатели зернового дистиллята, выдержанного при непрерывном ультразвуковом воздействии в течение 48 ч, показали: (в мг/дм³): массовая концентрация фурановых соединений (фурфурол – 0,7); массовая концентрация дубильных соединений (галловая кислота – 2,52; эллаговая кислота – 14,19);

массовая концентрация коричных альдегидов (кониферилвый альдегид – 0,36; синаповый альдегид – 0,75); массовая концентрация бензойных альдегидов (ванилин – 0,87; сиреневый альдегид – 1,56); массовая концентрация фенольных кислот (ванилиновая кислота – 0,36; сиреневая кислота – 0,69).

Результаты исследования позволяют сделать вывод о возможности получения виски по данной технологии, отвечающего требованиям ГОСТ 33281–2015 «Виски. Технические условия».

Литература

- 1 Wang L., Chen S., Xu Y. Distilled beverage aging: A review on aroma characteristics, maturation mechanisms, and artificial aging techniques // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2023. V. 22. №. 1. P. 502-534.
- 2 Абрамова И. М., Головачева Н. Е., Морозова С. С., Шубина Н. А. и др. Перспективы производства российского виски // *Перспективные технологии и методы контроля в производстве спирта и спиртных напитков*. 2019. С. 21-30.
- 3 Аброскин Н.В., Романенко Е.С. Технология производства виски // *Цифровые технологии в сельском хозяйстве: текущее состояние и перспективы развития*. Мат. II Международн. науч.-практ. конф. Ставрополь, 20 – 21 декабря 2023 г. Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2023. С. 379–381.
- 4 Головачева Н.Е., Абрамова И.М., Морозова С.С., Галлямова Л.П. Производство виски по ускоренной технологии // *Пищевая промышленность*. 2019. № 4. С. 31–33.
- 5 Espitia-López V. L., Malpica-Sánchez F. P., Escalona-Buendía H. B., Verde-Calvo J. R. Innovation and development in whisky production around the world // *Beverages*. 2024. V. 10. №. 4. P. 124.
- 6 Gavahian M., Manyatsi T. S., Morata A., Tiwari B. K. Ultrasound-assisted production of alcoholic beverages: From fermentation and sterilization to extraction and aging // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2022. V. 21. №. 6. P. 5243-5271.
- 7 Баходина Л.А., Четвериков В.И. Получение напитков типа виски с использованием ускоренной технологии производства // *Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: Мат. XII Всероссийск. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, Бийск, 22 – 24 мая 2019 г. Бийск: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2019. С. 504–505.*
- 8 Бородулин Д. М., Просин М.В., Потапова М.Н., Шалев А.В. Исследование влияния микроволнового воздействия на процесс созревания висковых дистиллятов // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2019. № 4. С. 141–153.
- 9 Бородулин Д.М., Резниченко И.Ю., Просин М.В., Шалев А.В. Исследование совместного влияния сверхвысокочастотного излучения и кислорода на процесс экстрагирования в технологии получения спиртных напитков // *Пиво и напитки*. 2020. № 2. С. 15–19.
- 10 Бородулин Д.М. Сафонова Е.А., Просин М.В., Головачева Я.С. Исследование эффективности работы новой конструкции экстракционного аппарата в технологической линии по производству виски // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. 2022. Т. 11. № 3(59). С. 122–127.
- 11 Пат. № 2829809, RU, C1, B1/06. Ультразвуковой экстрактор. Казарцев Д.А., Востриков О.Ю. № 2024107367. Заявл. 21.03.2024; Оpubл. 06.11.2024.
- 12 Казарцев Д.А., Востриков О.Ю. Разработка инновационной конструкции аппарата для выдержки висковых дистиллятов // *Инновационные решения при производстве продуктов питания из растительного сырья*. Мат. международной науч. практ. конф. Воронеж, 19 – 20 апреля 2024 г. Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2024. С. 105–107.
- 13 Okolo C. A., Kilcawley K. N., O'Connor C. Recent advances in whiskey analysis for authentication, discrimination, and quality control // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2023. V. 22. №. 6. P. 4957-4992.
- 14 Новикова И.В., Коростелев А.В. Выбор параметров экстрагирования компонентов из древесины при производстве «Виски» // *Производство спирта и ликероводочных изделий*. 2012. № 4. С. 10–12.
- 15 Романова А.Г., Медриш М.Э. Соотношение дубильных соединений как показатель качества и идентификации выдержанных зерновых дистиллятов и виски // *Вопросы питания*. 2023. Т. 92, № 5(549). С. 199–200.
- 16 Kang X., Lin R., Wu B., Li L. et al. Towards green whiskey production: Anaerobic digestion of distillery by-products and the effects of pretreatment // *Journal of Cleaner Production*. 2022. V. 357. P. 131844.
- 17 Phetxumphou K., Miller G., Ashmore, P. L., Collins T. et al. Mashbill and barrel aging effects on the sensory and chemometric profiles of American whiskeys // *Journal of the Institute of Brewing*. 2020. V. 126. №. 2. P. 194-205.
- 18 Krstić J. D., Kostić S. M. M., Veljović S. P. Traditional and innovative aging technologies of distilled beverages: The influence on the quality and consumer preferences of aged spirit drinks // *Journal of Agricultural Sciences (Belgrade)*. 2021. V. 66. №. 3. P. 209-230.

19 Gavahian M., Chu R., Ratchaneesiripap P. An ultrasound-assisted extraction system to accelerate production of Mhiskey, a rice spirit-based product, inside oak barrel: Total phenolics, color, and energy consumption // *Journal of Food Process Engineering*. 2022. V. 45. №. 6. P. e13861.

20 Петров Д. В., Мусина Ю. С. Совершенствование оборудования для получения крепких алкогольных напитков // *Инновации в пищевой биотехнологии*. 2019. С. 118-119.

References

1 Wang L., Chen S., Xu Y. Distilled beverage aging: A review on aroma characteristics, maturation mechanisms, and artificial aging techniques // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2023. vol. 22. no. 1. pp. 502-534.

2 Abramova I. M., Golovacheva N. E., Morozova S. S., Shubina N. A. et al. Prospects for the production of Russian whiskey // *Promising technologies and methods of control in the production of alcohol and alcoholic beverages*. 2019. pp. 21-30. (in Russian).

3 Abroskin N.V., Romanenko E.S. Whiskey production technology. Digital technologies in agriculture: current state and development prospects. Stavropol, Stavropol State Agrarian University, 2023. pp. 379–381. (in Russian).

4 Golovacheva N.E., Abramova I.M., Morozova S.S., Gallyamova L.P. Production of whiskey using accelerated technology // *Food industry*. 2019. no. 4. pp. 31-33. (in Russian).

5 Espitia-López V. L., Malpica-Sánchez F. P., Escalona-Buendía H. B., Verde-Calvo J. R. Innovation and development in whisky production around the world // *Beverages*. 2024. vol. 10. no. 4. pp. 124.

6 Gavahian M., Manyatsi T. S., Morata A., Tiwari B. K. Ultrasound-assisted production of alcoholic beverages: From fermentation and sterilization to extraction and aging // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2022. vol. 21. no. 6. pp. 5243-5271.

7 Bakhholdina L.A., Chetverikov V.I. Production of whiskey-type beverages using accelerated production technology. Technologies and equipment of the chemical, biotechnological and food industries. Biysk, Altai State Technical University named after I.I. Polzunov, 2019. pp. 504–505. (in Russian).

8 Borodulin D.M., Prosin M.V., Potapova M.N., Shalev A.V. Investigation of the effect of microwave exposure on the ripening process of whiskey distillates // *Storage and processing of agricultural raw materials*. 2019. no. 4. pp. 141–153. (in Russian).

9 Borodulin D.M., Reznichenko I.Yu., Prosin M.V., Shalev A.V. Investigation of the combined effect of microwave radiation and oxygen on the extraction process in the production technology of alcoholic beverages // *Beer and beverages*. 2020. no. 2. pp. 15-19. (in Russian).

10 Borodulin D.M., Safonova E.A., Prosin M.V., Golovacheva Ya.S. Investigation of the efficiency of a new extraction apparatus design in a whiskey production line // *XXI century: results of the past and problems of the present plus*. 2022. vol. 11. no. 3(59). pp. 122-127. (in Russian).

11 Kazartsev D.A., Vostrikov O.Y. Ultrasonic extractor. Patent RF, no. 2829809, 2024. (in Russian).

12 Kazartsev D.A., Vostrikov O.Y. Development of an innovative design of a device for holding whiskey distillates. Innovative solutions in the production of food from plant raw materials. Voronezh: Voronezh State University of Engineering Technologies, 2024. pp. 105–107. (in Russian).

13 Okolo C. A., Kilcawley K. N., O'Connor C. Recent advances in whiskey analysis for authentication, discrimination, and quality control // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2023. vol. 22. no. 6. pp. 4957-4992.

14 Novikova I.V., Korostelev A.V. The choice of parameters for extracting components from wood in the production of "Whiskey" // *Production of alcohol and alcoholic beverages*. 2012. no. 4. pp. 10-12. (in Russian).

15 Romanova A.G., Medrish M.E. The ratio of tannins as an indicator of the quality and identification of aged grain distillates and whiskey // *Nutrition issues*. 2023. vol. 92. no. 5(549). pp. 199-200. (in Russian).

16 Kang X., Lin R., Wu B., Li L. et al. Towards green whiskey production: Anaerobic digestion of distillery by-products and the effects of pretreatment // *Journal of Cleaner Production*. 2022. vol. 357. pp. 131844.

17 Phetxumphou K., Miller G., Ashmore, P. L., Collins T. et al. Mashbill and barrel aging effects on the sensory and chemometric profiles of American whiskeys // *Journal of the Institute of Brewing*. 2020. vol. 126. no. 2. pp. 194-205.

18 Krstić J. D., Kostić S. M. M., Veljović S. P. Traditional and innovative aging technologies of distilled beverages: The influence on the quality and consumer preferences of aged spirit drinks // *Journal of Agricultural Sciences*. 2021. vol. 66. no. 3. pp. 209-230.

19 Gavahian M., Chu R., Ratchaneesiripap P. An ultrasound-assisted extraction system to accelerate production of Mhiskey, a rice spirit-based product, inside oak barrel: Total phenolics, color, and energy consumption // *Journal of Food Process Engineering*. 2022. vol. 45. no. 6. pp. e13861.

20 Petrov D. V., Musina Yu. S. Improvement of equipment for the production of strong alcoholic beverages // *Innovations in food biotechnology*. 2019. pp. 118-119. (in Russian).

Сведения об авторах

Дмитрий А. Казарцев д.т.н., доцент, заведующий кафедрой технологии виноделия, броидильных производств и химии имени Г.Г. Агабальянца, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (ПКУ), ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, kda_79@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6597-2327>

Information about authors

Dmitriy A. Kazartsev Dr. Sci. (Engin.), Associate professor, head of the department of winemaking technology, fermentation production and chemistry named after G. G. Agabalyantsa, K. G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (FCU), Zemlyanoy Val st., 73, Moscow, 109004, Russia, kda_79@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6597-2327>

Андрей И. Ключников д.т.н., доцент, заведующий кафедрой технологии виноделия, бродильных производств и химии имени Г.Г. Агабальянца, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г.Разумовского (ПКУ), ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, kaivanov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8161-0040>

Олег Ю. Востриков аспирант, кафедра технологии виноделия, бродильных производств и химии имени Г.Г. Агабальянца, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (ПКУ), ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, ctg@bk.ru

Кристина В. Назина студент, кафедра технологии виноделия, бродильных производств и химии имени Г.Г. Агабальянца, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (ПКУ), ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, cvetkovav234@gmail.com

Ярина А. Деменкова студент, кафедра технологии виноделия, бродильных производств и химии имени Г.Г. Агабальянца, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (ПКУ), ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, demenkovastudy@gmail.com

Вклад авторов

Дмитрий А. Казарцев консультация в ходе исследования
Андрей И. Ключников консультация в ходе исследования
Олег Ю. Востриков организовал производственные испытания
Кристина В. Назина обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провел эксперимент
Ярина А. Деменкова написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Andrey I. Klyuchnikov Dr. Sci. (Engin.), Associate professor, department of winemaking technology, fermentation production and chemistry named after G.G. Agabalyantsa, K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (FCU), Zemlyanoy Val st., 73, Moscow, 109004, Russia, kaivanov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8161-0040>

Oleg Yu. Vostrikov graduate student, technology of winemaking, fermentation and chemistry named after G. G. Agabalyantsa department, K. G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (FCU), Zemlyanoy Val st., 73, Moscow, 109004, Russia, ctg@bk.ru

Kristina V. Nazina student, technology of winemaking, fermentation and chemistry named after G. G. Agabalyantsa department, K. G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (FCU), Zemlyanoy Val st., 73, Moscow, 109004, Russia, cvetkovav234@gmail.com

Yarina A. Demenkova student, technology of winemaking, fermentation and chemistry named after G. G. Agabalyantsa department, K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (FCU), Zemlyanoy Val st., 73, Moscow, 109004, Russia, demenkovastudy@gmail.com

Contribution

Dmitriy A. Kazartsev consultation during the study
Andrey I. Klyuchnikov consultation during the study
Oleg Yu. Vostrikov organized production trials
Kristina V. Nazina review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment
Yarina A. Demenkova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 01/08/2024	После редакции 18/08/2024	Принята в печать 10/09/2024
Received 01/08/2024	Accepted in revised 18/08/2024	Accepted 10/09/2024