

К вопросу о получении зерновых дистиллятов из ферментированного сырья

Светлана Ю. Никитина,	¹	sunik@mail.ru	 0009-0009-3751-6477
Александр С. Гордиенко	²	lvz@vitebsk.by	
Наталья В. Зуева	³	nataspirit30@ya.ru	 0000-0003-2840-398X
Алексей Н. Яковлев	³	vip.alex2702@mail.ru	 0000-0002-3246-6628

1 ООО «НТЦ «Этанол», ул. Чапаева, д.124 Б/154, г. Воронеж, 394031, Россия

2 ОАО «Витебский-ликероводочный завод», «Придвинье», ул. Революционная, 45, г. Витебск, 210001, Республика Беларусь

3 Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Проведен анализ нормативной документации, патентных документов и оригинальных статей, посвященных получению спиртовых дистиллятов из зернового сырья, показано, что наличие традиционной сырьевой базы и незадействованных производственных мощностей существующих спиртовых заводов позволяет производителям стран ТС и других постсоветских республик выпускать зерновые дистиллированные напитки, создавая конкуренцию напиткам импортного производства. Охарактеризованы влияние основных примесей этанола на органолептические показатели целевого продукта, преимущества и недостатки непрерывной и периодической дистилляции, обсуждены особенности, возможности и ограничения применения различных методов перегонки, приведены составы установок непрерывного и периодического действия. При определении химического состава этанола чаще всего используется газовая хроматография, но для практических и научных целей целесообразно применять метод хроматографии с масс-спектр-детектированием, позволяющий установить наличие и содержание широкого круга конгенов. Проанализированы технические решения, позволяющие производить зерновой дистиллят на типовых брагоректификационных установках как в виде самостоятельного продукта, так и совместно с ректификованным спиртом, показана перспективность применения альтернативных физико-химических способов очистки многокомпонентных смесей, в том числе основанных на использовании окислительного потенциала озона. Установлено, что для получения конкурентоспособной продукции в РФ необходимо внедрение современных технологий ферментации и дистилляции; применение современного эффективного оборудования и комплексной автоматической системы управления технологическими процессами; усиление оперативного технологического контроля на каждой стадии производства.

Ключевые слова: ректификованный спирт, дистилляция, зерновой дистиллят, примеси, ферментированное сырье.

On the issue of obtaining grain distillates from fermented raw materials

Svetlana Yu. Nikitina	¹	sunik@mail.ru	 0009-0009-3751-6477
Alexander S. Gordienko	²	lvz@vitebsk.by	
Natalia V. Zueva	³	nataspirit30@ya.ru	 0000-0003-2840-398X
Alexey N. Yakovlev	³	vip.alex2702@mail.ru	 0000-0002-3246-6628

1 LLC "STC "Ethanol", Chapaeva st., 153/143 Voronezh, 293021, Russia

2 OJSC "Vitebsk Distillery", "Pridvinye", st. Revolutionary, 45, Vitebsk, 210001, Republic of Belarus

3 Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 293026, Russia

Abstract. An analysis of regulatory documentation, patent documents and original articles devoted to the production of alcohol distillates from grain raw materials was carried out, it was shown that the presence of a traditional raw material base and unused production capacities of existing alcohol plants allows producers of the CU countries and other post-Soviet republics to produce distilled grain drinks, creating competition for imported drinks production. The influence of the main ethanol impurities on the organoleptic characteristics of the target product, the advantages and disadvantages of continuous and periodic distillation are characterized, the features, possibilities and limitations of the use of various distillation methods are discussed, and the compositions of continuous and periodic installations are given. When determining the chemical composition of ethanol, gas chromatography is most often used, but for practical and scientific purposes it is advisable to use the chromatography method with mass spectrum detection, which makes it possible to determine the presence and content of a wide range of congeners. Technical solutions that make it possible to produce grain distillate in standard distillation plants, both as an independent product and together with rectified alcohol, are analyzed; the prospects for using alternative physicochemical methods for purifying multicomponent mixtures, including those based on the use of the oxidative potential of ozone, are shown. It has been established that in order to obtain competitive products in the Russian Federation, it is necessary to introduce modern fermentation and distillation technologies; use of modern efficient equipment and a comprehensive automatic process control system; strengthening operational technological control at each stage of production.

Keywords: rectified spirit, distillation, grain distillate, impurities, fermented raw materials.

Для цитирования

Никитина С.Ю., Гордиенко А.С., Зуева Н.В., Яковлев А.Н. К вопросу о получении зерновых дистиллятов из ферментированного сырья // Вестник ВГУИТ. 2024. Т. 86. № 1. С. 89–96. doi:10.20914/2310-1202-2024-1-89-96

For citation

Nikitina S.Yu., Gordienko A.S., Zueva N.V., Yakovlev A.N. On the issue of obtaining grain distillates from fermented raw materials. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2024. vol. 86. no. 1. pp. 89–96. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2024-1-89-96

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

В последние годы импортозамещение является основной тенденцией российского рынка крепкого дистиллированного алкоголя из зернового сырья. Уход ряда зарубежных брендов, сокращение поставок импортных напитков, а также увеличение их стоимости из-за курсовой разницы и усложнения логистики стимулирует развитие техники и технологии, а также расширение ассортимента этанолсодержащей продукции в странах ТС.

В 2017 году Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации введены в действие: ГОСТ 33723–2016 «Дистилляты зерновой. Технические условия» – в качестве национального стандарта РФ, Армении, Молдовы, Киргизии и Узбекистана; ГОСТ 33301–2015 «Напитки спиртные зерновые дистиллированные» – в качестве национального стандарта РФ, Армении, Казахстана и Киргизии; в Беларуси с 2014 г. действует ТУ ВУ600013329.016 «Дистилляты зерновые. Технические условия». Приведённые стандарты регламентируют производство продукции из дистиллированного этанола, а также порядок контроля её показателей безопасности и качественных характеристик.

Зерновые дистилляты получают перегонкой сброженного зернового или солодового сусла из зерна злаковых культур [1, 2]. Технология зернового дистиллята обычно включает стадии измельчения сырья, смешивания помола с водой, разваривания замеса, охлаждения разваренной массы, осахаривания растворенного крахмала ферментами солода или микробиологическими ферментными препаратами, сбраживания и дистилляции ферментированной смеси (бражки). Согласно нормативной документации в качестве сырья для производства может использоваться рожь (ГОСТ 16990, ГОСТ 16991, ГОСТ 27850); ячмень (ГОСТ 28672); кукуруза (ГОСТ 13634); пшеница (ГОСТ 9353); ячменный солод (ГОСТ 29294); ржаной солод (ГОСТ 29272); а также другие виды зернового сырья и солода по нормативным документам, действующим на территории государства, принявшего стандарт. Наличие традиционной сырьевой базы и незадействованных производственных мощностей существующих спиртовых заводов позволяет производителям стран ТС и других постсоветских республик выпускать зерновые дистиллированные напитки, создавая конкуренцию алкогольной продукции импортного производства различного ценового сегмента.

В настоящее время в заводских лабораториях для оценки химического состава спиртовых дистиллятов чаще всего используют методы, основанные на хроматографическом разделении микропримесей (ГОСТ 34675–2020 «Дистилляты зерновые и ромовые, дистиллят виски, напитки спиртные на их основе», ГОСТ 32039–2013 «Водка и спирт этиловый из пищевого сырья. Газохроматографический метод определения подлинности»), позволяющие определить от 10 до 30 примесей этанола (альдегиды, простые и сложные эфиры, спирты, карбоновые кислоты, кетоны, ароматические соединения) [2, 3]. Выбор данных компонентов обусловлен их существенным содержанием в ферментированном сырье и целевом продукте (составляющие сивушного масла, ацетальдегид, этилацетат), а также токсичностью (метанол, фурфурол). Между тем, в спиртовых дистиллятах и ректификатах из зернового сырья содержится более 250 органических примесей этанола (конгенеров) различного генезиса, не определяемых гостированными методиками [3–5]. Большая часть примесных соединений генерируется на стадиях дрожжегенерации, брожения и дистилляции, часть загрязняющих веществ вносится с сырьем, греющим паром, технологической водой и вспомогательными материалами. Именно наличие в целевых продуктах определенных примесей, а также их концентрация и взаимное сочетание, зависящие от вида сырья и используемых технологий, формируют уникальные вкус и аромат целевых продуктов (влияние некоторых примесей этилового спирта на органолептические показатели ректификата и дистиллята из зерновой бражки представлено в таблице 1).

В настоящее время методы оценки качества выдержанных и невыдержанных дистиллятов и дистиллированных алкогольных напитков интенсивно развиваются. Наиболее перспективными направлениями являются комбинирование хроматографических методик с хромато-масс-спектрометрией, а также другими способами физико-химического анализа и новыми разработками в области подготовки проб и детектирования [3–13].

Дистилляция представляет собой сложный физико-химический процесс выделения этанола из ферментированного сырья и его концентрирование с направленным регулированием содержания летучих примесных соединений, формирующим вкус и аромат целевого продукта. Дистилляция может быть осуществлена непрерывным и периодическим способами [1, 2].

Таблица 1.

Влияние примесных соединений на вкус и аромат этанола

Table 1.

Effect of impurity compounds on ethanol flavor and aroma

Группа Group	Летучие примеси Volatile impurities	Формула Formula	Влияние на органолептический показатели Effect on organoleptic parameters	
			Запах, аромат Odour, flavour	Вкус Flavour
Альдегиды Aldehydes	Уксусный Acetic	C ₂ H ₄ O	Резкий Sharp	Жгучий с оттенком жженого Bitter with a hint of burnt
	Пропионовый Propionic	C ₃ H ₆ O	Острый творожистый Sharp curdiness	Резкий, горький Sharp, bitter
	Масляный Butyric	C ₄ H ₈ O	Неприятный (прогорклое масло) Unpleasant (rancid oil)	Жгучий с горечью Bitter with bitterness
	Кротоновый Croton	C ₄ H ₆ O	Неприятный резкий Unpleasant pungent	Жгучий Bitter
	Изомасляный Isobutyric	C ₄ H ₈ O	Кисломолочный с оттенком жженого Sour with a burnt tinge	Жгучий терпкий с горечью Bitter tart with bitterness
	Валериановый Valerian	C ₅ H ₁₀ O	Резкий лекарственный Pungent medicinal	Горький со жгучестью Bitter with bitterness
	Фурфурол Furfural	C ₅ H ₄ O ₂	Свежий с нотами ржаного хлеба и миндаля Fresh with notes of rye bread and almonds	Приятный ржаного хлеба Pleasant rye bread
Эфиры Ethers	Диэтиловый Diethyl	C ₄ H ₈ O	Резкий Pungent	Сладковатый, вяжущий с небольшой горечью Sweet, astringent with slight bitterness
	Муравьино-этиловый Ethyl formiate	C ₃ H ₆ O ₂	Ромовый Rum	Мягкий со сладостью Soft with sweetness
	Уксусно-метиловый Acetic-methyl	C ₃ H ₆ O ₂	Слабо-фруктовый Faintly fruity	Резкий сладковатый с горчинкой Sharp sweetish with bitterness
	Уксусноэтиловый Acetic-ethyl	C ₄ H ₈ O ₂	Резкий эфирный с фруктовым оттенком (груша) Sharp ethereal with fruity tones (pear)	Винно-фруктовый, сладкий Wine-fruity, sweet
	Этиллактат Ethyl lactate	C ₅ H ₁₀ O ₃	Приятный с тонами красного вина Pleasant with tones of red wine	Гармоничный виноградно-карамельный Harmonious grape and caramel
	Масляно-этиловый Ethyl butyrate	C ₅ H ₁₂ O ₂	Фруктовый Fruity	Жгучий сладкий Bitter sweet
	Валериано-этиловый Valerian-ethyl	C ₇ H ₁₄ O ₂	Цветочно-валериановый Floral-valerian	Резкий вяжущий Sharp astringent
	Этилкапроат Ethylcaproate	C ₈ H ₁₆ O ₂	Приятный фруктовый (яблоко) Pleasant fruity (apple)	Сладкий с ананасовыми тонами Sweet with pineapple tones
Спирты Alcohols	Метиловый Methyl	CH ₄ O	Не влияет No influence	Не влияет No effect
	Пропиловый Propyl	C ₃ H ₈ O	Резкий терпкий Pungent tart	Резкий жгучий Sharp burning
	Изопропиловый Isopropyl	C ₃ H ₈ O	Не влияет Does not affect	Не влияет No effect
	Бутиловый Butyl	C ₄ H ₁₀ O	Характерный сивушный Characteristic sytupy	Горьковато-жгучий Bitter-bitter
	Изобутиловый Isobutyl	C ₄ H ₁₀ O	Резкий сивушный с травяными нотами Pungent sytupy with herbal notes	Горьковато-терпкий с оттенком сухой травы Bitter-tart with a hint of dry grass.
	Амиловый Amyl	C ₅ H ₁₂ O	Сивушный, плодово-цветочный Sytupy, fruity and floral	Горький, вяжущий Bitter, astringent
	Изоамиловый Isoamyl	C ₅ H ₁₂ O	Сивушный Sytupy	Жгучий с оттенком корицы Bitter with a hint of cinnamon
Органические кислоты Organic acids	Гексиловый Hexyl	C ₆ H ₁₄ O	Неприятный (прогорклое масло) Unpleasant (rancid oil)	Неприятный с тонами прогорклого масла Unpleasant with tones of rancid oil
	Уксусная Acetic	C ₂ H ₄ O ₂	Резкий фруктовый Fruity pungent	Острый, кислый Sharp, sour
	Пропионовая Propionic	C ₃ H ₆ O ₂	Неприятный (испорченное масло) Unpleasant (spoil oil)	Горький, жгучий Bitter, burning
	Масляная Butyric	C ₄ H ₈ O ₂	Неприятный (пот) Unpleasant (sweat)	То же Same
	Изомасляная Isobutyric	C ₄ H ₈ O ₂	Неприятный (прогорклое масло) Unpleasant (rancid oil)	«-» -
	Валериановая Valerian	C ₅ H ₁₀ O ₂	Резкий маслянисто-цветочный с прогорклым тоном Pungent, oily and floral with a rancid tone.	Неприятный, горький Unpleasant, bitter

Кетоны Ketones	Диацетил Diacetyl Ацетоин Acetoin Метилэтилкетон Methyl ethyl ketone	$C_4H_6O_2$ $C_4H_8O_2$ C_4H_8O	Резкий, острый Pungent, sharp Маслянисто-сливочный Oily and creamy Резкий (ацетон) Sharp (acetone)	Неприятный испорченного масла Unpleasant of spoilt oil Жгучий Bitter Неприятный резкий Unpleasant pungent
Азотистые соединения Nitrogenous compounds	Метиламин Methylamine Этиламин Ethylamine Триметиламин Trimethylamine	CH_3NH_2 $C_2H_5NH_2$ $(CH_3)_3N$	Неприятный (гнилой миндаль) Unpleasant (rotten almonds) Неприятный гнилостный Unpleasant rotten Неприятный (рыбий жир и ворвань) Unpleasant (fish oil and blubber)	Вяжущий терпкий Tangy tart То же Same Неприятный, жгучий Unpleasant, burning
Пиридиновые основания Pyridine bases	Пиридин Pyridine 2-пиколин 2-picoline Хинолин Quinoline	C_5H_5N C_6H_7N C_9H_7N	Неприятный резкий Unpleasant pungent То же Same «←→»	Жгучий, острый Stinging, pungent То же Same «←→»
Сернистые соединения Sulphur compounds	Метилмеркаптан Methylmercaptan Этилмеркаптан Ethyl mercaptan Пропилмеркаптан Propylmercaptan Амилмеркаптан Amylmercaptan Меркаптоэтанол Mercaptoethanol	CH_3SH C_2H_5SH C_3H_7SH C_5H_9SH C_2H_5OSH	Неприятный гнилостный Unpleasant putrid То же Same «←→» «←→» Резкий, острый Sharp, pungent.	Резкий, горький Sharp, bitter То же Same «←→» «←→» Горький, длительное послевкусие Bitter, long aftertaste.
Ароматическ е соединения Aromatic compounds	Бензальдегид Benzaldehyde Бензиловый спирт Benzyl alcohol Фенилэтиловый спирт Phenylethyl alcohol	C_7H_6O C_7H_8O $C_8H_{10}O$	Приятный (горький миндаль) Pleasant (bitter almonds) Слабый, приятный (жасмин и гвоздика) Mild, pleasant (jasmine and clove) Медово-цветочный (роза) Honey-flavoured (rose)	Приятный миндально-сладкий со жгучестью Pleasant almond-sweet with a bitterness. Резкий, жгучий Sharp, stinging Сладкий жгучий с оттенком лепестков розы Sweet burning with a hint of rose petals

Первый способ отличается большей себестоимостью целевого продукта и его относительно низким выходом, хотя позволяет получать продукт с хорошими органолептическими свойствами, определяемыми квалификацией обслуживающего персонала, качеством исходного сырья и вспомогательных материалов; второй способ даёт возможность с меньшими затратами получать дистиллят стабильного химического состава, но его органолептические качества при этом могут проигрывать за счёт обеднения примесными соединениями, формирующих букет напитка (кратковременное воздействие высоких температур на перегоняемые смеси не позволяет в полной мере проходить процессам новообразования летучих веществ, имеющим место в дистилляторах периодического действия).

В настоящее время наиболее распространены способы получения дистиллята дробной периодической перегонкой сброженного зернового сырья в кубовых аппаратах с отделением головной, средней и хвостовой фракций и непрерывной ректификацией бражки в одноколонном аппарате с выведением ряда побочных продуктов [1,2, 13–15].

Традиционный кубовый аппарат (аламбик) обычно включает перегонный куб; дефлегматор воздушного охлаждения лукообразной либо конической формы и конденсатор-змеевик (современные конструкции иногда оснащаются небольшой ректификационной колонной, дефлегматор и конденсатор могут заменяться более эффективными кожухотрубными теплообменниками) [1, 2]. Форма аппарата, его объем и другие параметры оказывают влияние на вкус и аромат целевого продукта, поскольку соотношение поверхностей испарения бражки и дефлегмации спиртовых паров (наряду с другими факторами) определяют степень перехода летучих компонентов в дистиллят, однако, в научной литературе нет убедительных данных на этот счет. Эмпирически найдено, что высокие и узкие аламбики сообщают продукту более лёгкий и утонченный вкус, чем маленькие и широкие, кубы с коническими дефлегматорами позволяют производить тяжелый маслянистый продукт с интенсивным запахом, а дистиллят с легким ароматом вырабатывается на перегонных кубах с луковичными дефлегматорами.

Периодическая перегонка бражки может быть реализована и в массообменных аппаратах колонного типа с последовательным фракционированием примесных соединений. В отличие от производства ректифицированного этанола режимы и приемы дистилляции тщательно скрываются от конкурентов, поскольку считается, что на этой стадии во многом формируется характер будущего напитка. Недостатки периодических способов – высокая себестоимость получаемой продукции и её низкий выход.

Для непрерывной дистилляции обычно используются установки, основными элементами которых являются вертикальные полные ректификационные колонны (с ситчатыми, клапанными либо колпачковыми контактными устройствами), оснащенные дефлегматорами, конденсаторами и холодильником [1,2, 13–16]. Применяемые для этой цели аппараты могут быть разделены на 2 группы: 1 тип – аппараты, в которых погон (флегма), поступающий из дефлегматора, освобождается от спирта (вываривается) совместно с бражкой в бражной колонне (аппараты этого типа могут быть одноколонными и двухколонными); 2 тип аппараты, в которых погон вываривается отдельно от бражки в сырцовой колонне (аппараты этого типа выполняются двухколонными. Применение аппаратов непрерывной перегонки позволяет переработать на сравнительно небольших предприятиях значительные объемы бражки, упростить технологию, снизить требования к квалификации обслуживающего персонала. Также непрерывный способ дает возможность отбирать целевой продукт и примесные соединения из различных зон установки, следовательно, получать этанол с заданной концентрацией примесей.

Представляют интерес технологии, совмещающие периодический и непрерывный способы получения дистиллятов, например, в работе [1] описана схема дистилляционной установки, включающая узлы бражной колонны и кубового аппарата. Бражная колонна предназначена для получения спирта-сырца путем отгонки из бражки части воды и сухих веществ (крепость целевого продукта 55–60 % об.); второй аппарат, являясь разновидностью традиционного аламбика, служит для окончательной очистки продукта от головных и хвостовых примесных соединений (крепость дистиллята 65 % об.). Подобная схема получения дистиллята успешно применяется на ОАО «Брестский ликероводочный завод «Белалко» ОСП «Ивацевичский спиртзавод» (Республика Беларусь).

При получении виски также может использоваться сочетание непрерывной и периодической перегонки: на кубовых дистилляторах вырабатывается качественный ароматизатор для смешанных напитков на основе солодового суслу, а на непрерывно действующих аппаратах производится спиртовая основа из зернового сырья для купажей [1,2].

Как упоминалось выше, для получения дистиллятов из бражки достаточно одной или двух ректификационных колонн, удельный расход пара на перегонку обычно не превышает 18–25 кг/дал, следовательно, себестоимость непрерывного производства дистиллятов ниже, чем ректификатов, поэтому экономически и технологически целесообразно производить спиртовые дистилляты на существующих заводах, предназначенных для получения пищевого этанола.

Известен ряд решений данной проблемы. Например, в работах [14, 16] проанализированы некоторые технологические приемы, позволяющие реализовать эту концепцию на типовых косвенных установках непрерывного действия: корректировка режимов работы бражной (сырцово́й) колонны, выбор зоны отбора целевого продукта; оснащение БРУ дополнительным колонным аппаратом для укрепления и доочистки дистиллята; купажи́рование дистиллята с побочными фракциями брагоректификации для получения заданного примесного состава целевого продукта, использование для производства дистиллята сивушной и ректификационной колонн.

Достаточно востребованными в промышленности оказались технологические решения [15, 17, 18], позволяющие производить зерновой дистиллят на типовых установках как в виде самостоятельного продукта, так и совместно с ректифицированным спиртом. По первому варианту процесс перегонки бражки осуществляется в бражной колонне, а укрепление полученного продукта и его дополнительная очистка от головных, хвостовых и промежуточных примесей проводится в модернизированной эспирационной колонне. Флегма из секций брагоподогревателя подаётся в зону питания колонны, промежуточные примеси отводятся из зоны их максимального накопления в отгонной части, а головные соединения – из конденсатора, зерновой дистиллят отбирается из жидкой фазы концентрационных тарелок эспирационного аппарата. По второму варианту выработка зернового дистиллята осуществляется непосредственно в бражной колонне, отбор продукта производится из секций брагоподогревателя в необходимом объеме, а оставшаяся часть дистиллята используется для производства ректифицированного спирта, при этом промежуточные фракции полностью утилизируются в работающей брагоректификационной установке на производство ректификата. Подобные непрерывные способы, обеспечивающие получение продукта с заданным химическим составом для приготовления напитков по различным рецептурам, успешно внедрены сотрудниками ВГУИТ на ряде спиртовых заводов ближнего зарубежья (производственный цех № 8 ОАО «МИНСК КРИСТАЛЛ», СП «Богушевский спиртзавод» АО «Витебский ликеро-водочный завод», ОАО «Чистый исток 1872» (РБ), ТОО «TAU – PRODUCT», ТОО «Солодовый спиртзавод «ALFA ORGANIC» (РК)).

В условиях жесткой конкуренции на алкогольном рынке требования к органолептическим показателям дистиллятов и ректификатов из зернового сырья постоянно повышаются, поэтому сегодня очень востребованными оказываются результаты исследований, направленных на повышение качества продукции за счет применения альтернативных физико-химических способов

очистки многокомпонентных смесей, в том числе основанных на использовании окислительного потенциала озона.

В работе [19, 20] предложено оснащение ректификационной установки реактором для озоновой обработки водно-спиртовых смесей, что позволит удалять такие минорные примеси, как кротоновый альдегид, акролеин и диацетил. Кроме того, при воздействии озона происходит окисление части альдегидов (образующиеся при этом карбоновые кислоты являются хвостовыми соединениями и могут быть выделены с лютерной водой спиртовой колонны).

Представляет практический интерес способ очистки водно-этанольных растворов, включающий обработку озоном и фильтрацию через активный уголь. Озонирование водно-спиртовых растворов позволяет разложить такие вредные примеси, как фурфурол и метанол до углекислого газа и вывести их из системы. При реакции озона с этанолом образуются радикалы, которые соединяются с молекулами высших спиртов и альдегидов и выводятся фильтрацией активным углем. Недостатком вышеописанного метода является необходимость применения сорбционных способов очистки (дорогостоящие сорбенты, необходимость регенерации и т. д.)

Описанные технологии доступны и экологически безопасны, однако, в РФ они не получили широкого распространения, что объясняется недостаточной проработкой данного вопроса.

В заключении хочется отметить, что получение конкурентоспособной продукции на основе зерновых дистиллятов требует решения комплекса задач:

- внедрения современных технологий ферментации и дистилляции;
- применения современного эффективного оборудования и комплексной автоматической системы управления технологическими процессами;
- усиление оперативного технологического контроля на каждой стадии производства, поскольку органолептические свойства дистиллята во многом определяются качеством исходного сырья, воды, дрожжей, ферментов и других вспомогательных материалов; а также работой всех технологических подразделений.

Кроме того, необходим анализ соответствия существующей нормативно-правовой базы современным требованиям и разработка новых стандартов для оценки качества зерновых дистиллятов. Значительное увеличение количества определяемых соединений, понижение пределов их обнаружения и выявление корреляций между физико-химическими и органолептическими показателями готовой продукции должно способствовать обнаружению источников образования минорных конгенов на всех стадиях производства и выбору технологических приёмов для получения продукта с требуемыми свойствами.

Литература

- 1 Головачева Н.Е., Абрамова И.М., Морозова С.С., Галлямова Л.П. и др. Производство виски по ускоренной технологии // Пищевая промышленность. 2019. №. 4. С. 31-33.
- 2 Kockmann N. 200 years in innovation of continuous distillation // ChemBioEng Reviews. 2014. V. 1. №. 1. P. 40-49. doi: 10.1002/cben.201300003
- 3 Babych I., Boiko P., Bondar M., Kuts A. Aspects of ethanol manufacture. Different purpose – different technological and economic solutions // Danish Scientific Journal. 2022. № 60. P. 73–77.
- 4 Савчук С.А., Нужный В.П., Рожанец В.В. Химия и токсикология этилового спирта и напитков, изготовленных на его основе. Хроматографический анализ спиртных напитков. М.: Ленанд, 2017. 184 с.
- 5 Муратшин А.М., Галкин Е.Г., Нигматуллин А.Т. Определение происхождения этилового спирта методом хромато-масс-спектрометрии. URL: http://fromserge.narod.ru/metod_khromato-mass-spektrometrii.pdf
- 6 Никитина С.Ю., Шахов С.В., Пыльный Д.В., Рудаков О. Б. Аналитический контроль качества ректификованного этанола, водок и спиртовых дистиллятов // Пищевая промышленность. 2018. №. 6. С. 56-60.
- 7 Абрамова И.М., Медриш М.Э., Макаров С.Ю., Жирова В.В. Сравнительное исследование примесей в дистиллятах из зернового сырья и напитках на их основе // Хранение и переработка сельхозсырья. 2018. № 4. С. 59–67.
- 8 Piggott J.R. Whisky, Whiskey and Bourbon: Composition and Analysis of Whisky // Encyclopedia of Food and Health. 2016. P. 514–518.
- 9 Шелехова Н.В., Шелехова Т.М., Скворцова Л.И., Полтавская Н.В. Определение летучих органических примесей в виски методом газовой хромато-масс-спектрометрии // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52. № 4. С. 787–796.
- 10 Шелехова Н.В., Абрамова И.М., Шелехова Т.М. и др. Расширение аналитических возможностей газовой хромато-масс-спектрометрии для исследования дистиллированных напитков // Пищевая промышленность. 2022. № 4. С. 63–66. doi: 10.52653/PPI.2022.4.4.011
- 11 Wiśniewska P., Śliwińska M., Dymerski T., Wardencki W. et al. The analysis of vodka: a review paper // Food Analytical Methods. 2015. V. 8. P. 2000-2010.
- 12 Yang K., Somogyi A., Thomas C., Zhang H. et al. Analysis of barrel-aged Kentucky bourbon whiskey by ultrahigh resolution mass spectrometry // Food Analytical Methods. 2020. V. 13. P. 2301-2311. URL: https://www.researchgate.net/publication/344137528_Analysis_of_Barrel-Aged_Kentucky_Bourbon_Whiskey_by_Ultrahigh_Resolution_Mass_Spectrometry
- 13 Алексеев В.В., Кириллов Е.А., Туршатов М.В., Соловьев А.О. Дистилляционные аппараты с элементами ректификационных колонн // Теоретические и практические аспекты развития спиртовой и ликероводочной промышленности. 2022. С. 24-30. doi: 10.18334/9785912924460.24-30
- 14 Кириллов Е.А., Кононенко В.В., Грунин Е.А., Соловьев А.О. Производство зернового дистиллята на брагоректификационных установках из крахмалсодержащего сырья // Пиво и напитки. 2016. № 3. С. 22–24.
- 15 Никитина С.Ю., Шахов С.В., Пыльный Д.В. Оптимизация процесса получения зернового дистиллята в системе брагоректификации // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. 2022. Т. 19. № 1. С. 60–66.
- 16 Пат. № 2662652, RU, C12G 3/12, B01D 3/00. Способ получения зернового дистиллята и ректификованного спирта из крахмалосодержащего сырья и установка для его осуществления / Поляков В.А., Кириллов Е.А., Леденев В.П. и др. № 2016132436; Заявл. 08.08.2016; Оpubл. 26.07.2018.
- 17 Пат. № 2666912, RU, C12P 7/06, B01D 3/14. Способ совместного получения ректификованного этилового спирта и зернового дистиллята / Никитина С.Ю. № 2017145606; Заявл. 25.12.2017; Оpubл. 13.09.2018.
- 18 Никитина С.Ю., Шахов С.В., Гордиенко А.С. Опыт внедрения новой технологии совместного получения ректификованного этилового спирта и спиртового дистиллята из сброженного зернового сырья // Пиво и напитки. 2020. № 4. С. 10–15. doi: 10.24411/2072-9650-2020-10037
- 19 Onuki S., Koziel J.A., Jenks W.S., Cai L. et al. Ethanol purification with ozonation, activated carbon adsorption, and gas stripping // Separation and Purification Technology. 2015. V. 151. P. 165-171. doi: 10.1016/j.seppur.2015.07.026
- 20 Cai L., Rice S., Koziel J.A., Jenks W.S. et al. Further purification of food-grade alcohol to make a congener-free product // Journal of the Institute of Brewing. 2016. V. 122. №. 1. P. 84-92. doi: 10.1002/jib.295

References

- 1 Golovacheva N.E., Abramova I.M., Morozova S.S., Gallyamova L.P. et al. Whiskey production using accelerated technology. Food Industry. 2019. no. 4. pp. 31-33. (in Russian).
- 2 Kockmann N. 200 years in innovation of continuous distillation. ChemBioEng Reviews. 2014. vol. 1. no. 1. pp. 40-49. doi: 10.1002/cben.201300003
- 3 Babych I., Boiko P., Bondar M., Kuts A. Aspects of ethanol manufacture. Different purpose – different technological and economic solutions. Danish Scientific Journal. 2022. no. 60. pp. 73–77.
- 4 Savchuk S.A., Nuzhny V.P., Rozhanets V.V. Chemistry and toxicology of ethyl alcohol and drinks made on its basis. Chromatographic analysis of alcoholic beverages. M., Lenand, 2017. 184 p. (in Russian).
- 5 Muratshin A.M., Galkin E.G., Nigmatullin A.T. Determination of the origin of ethyl alcohol by chromatography-mass spectrometry. Available at: http://fromserge.narod.ru/metod_khromato-mass-spektrometrii.pdf (in Russian).
- 6 Nikitina S.Yu., Shakhov S.V., Pylly D.V., Rudakov O.B. Analytical quality control of rectified ethanol, vodka and alcohol distillates. Food Industry. 2018. no. 6. pp. 56-60. (in Russian).
- 7 Abramova I.M., Medrish M.E., Makarov S.Yu., Zhironova V.V. Comparative study of impurities in distillates from grain raw materials and drinks based on them. Storage and processing of agricultural raw materials. 2018. no. 4. pp. 59–67. (in Russian).
- 8 Piggott J.R. Whisky, Whiskey and Bourbon: Composition and Analysis of Whisky. Encyclopedia of Food and Health. 2016. pp. 514–518.

- 9 Shelekhova N.V., Shelekhova T.M., Skvortsova L.I., Poltavskaya N.V. Determination of volatile organic impurities in whiskey using gas chromatography-mass spectrometry. Equipment and technology of food production. 2022. vol. 52. no. 4. pp. 787–796. (in Russian).
- 10 Shelekhova N.V., Abramova I.M., Shelekhova T.M. et al. Expanding the analytical capabilities of gas chromatography-mass spectrometry for the study of distilled beverages. Food Industry. 2022. no. 4. pp. 63–66. doi: 10.52653/PPI.2022.4.4.011 (in Russian).
- 11 Wiśniewska P., Śliwińska M., Dymerski T., Wardencki W. et al. The analysis of vodka: a review paper. Food Analytical Methods. 2015. vol. 8. pp. 2000–2010.
- 12 Yang K., Somogyi A., Thomas C., Zhang H. et al. Analysis of barrel-aged Kentucky bourbon whiskey by ultrahigh resolution mass spectrometry. Food Analytical Methods. 2020. vol. 13. pp. 2301–2311. Available at: https://www.researchgate.net/publication/344137528_Analysis_of_Barrel-Aged_Kentucky_Bourbon_Whiskey_by_Ultrahigh_Resolution_Mass_Spectrometry
- 13 Alekseev V.V., Kirillov E.A., Turshatov M.V., Soloviev A.O. Distillation apparatus with elements of distillation columns. Theoretical and practical aspects of the development of the alcohol and liquor industry. 2022. pp. 24–30. doi: 10.18334/9785912924460.24–30 (in Russian).
- 14 Kirillov E.A., Kononenko V.V., Grunin E.A., Soloviev A.O. Production of grain distillate in distillation plants from starch-containing raw materials. Beer and drinks. 2016. no. 3. pp. 22–24. (in Russian).
- 15 Nikitina S.Yu., Shakhov S.V., Pylly D.V. Optimization of the process of obtaining grain distillate in the distillation system. FES: Finance. Economy. Strategy. 2022. vol. 19. no. 1. pp. 60–66. (in Russian).
- 16 Polyakov V.A., Kirillov E.A., Ledenev V.P. et al. Method for producing grain distillate and rectified alcohol from starch-containing raw materials and installation for its implementation. Patent RF, no. 2662652, 2018.
- 17 Nikitina S.Yu. Method for joint production of rectified ethyl alcohol and grain distillate. Patent RF, no. 2666912, 2018.
- 18 Nikitina S.Yu., Shakhov S.V., Gordienko A.S. Experience in introducing a new technology for the joint production of rectified ethyl alcohol and alcohol distillate from fermented grain raw materials. Beer and drinks. 2020. no. 4. pp. 10–15. doi: 10.24411/2072–9650–2020–10037 (in Russian).
- 19 Onuki S., Koziel J.A., Jenks W.S., Cai L. et al. Ethanol purification with ozonation, activated carbon adsorption, and gas stripping. Separation and Purification Technology. 2015. vol. 151. pp. 165–171. doi: 10.1016/j.seppur.2015.07.026
- 20 Cai L., Rice S., Koziel J.A., Jenks W.S. et al. Further purification of food-grade alcohol to make a congener-free product. Journal of the Institute of Brewing. 2016. vol. 122. no. 1. pp. 84–92. doi: 10.1002/jib.295

Сведения об авторах

Светлана Ю. Никитина, д.т.н., директор, ООО «НПЦ «Этанол», ул. Чапаева, 153Б/143, г. Воронеж, Россия, sunik@mail.ru
 <https://orcid.org/0009-0009-3751-6477>

Александр С. Гордиенко генеральный директор, ОАО «Витебский-ликероводочный завод», «Придвинье», ул. Революционная, 34, г. Витебск, 510001, Республика Беларусь, lvz@vitebsk.by
 <https://orcid.org/>

Наталья В. Зуева к.т.н. доцент, кафедра технологии бро-дильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 293026, Россия, nataspirit30@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-2840-398X>

Алексей Н. Яковлев к.т.н. доцент, кафедра технологии бро-дильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 293026, Россия, vip.alex2702@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-3246-6628>

Вклад авторов

Светлана Ю. Никитина обзор литературных источников по исследуемой проблеме, написала рукопись

Александр С. Гордиенко обзор литературных источников по исследуемой проблеме

Наталья В. Зуева консультация в ходе исследования

Алексей Н. Яковлев корректировал рукопись до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Svetlana Yu. Nikitina Dr. Sci. (Engin.), director, LLC "STC "Ethanol", Chapaeva st., 153/143 Voronezh, 293021, Russia, sunik@mail.ru
 <https://orcid.org/0009-0009-3751-6477>

Alexander S. Gordienko CEO, OJSC "Vitebsk Distillery", "Pridvinye", st. Revolutionary, 34, Vitebsk, 510001, Republic of Belarus, lvz@vitebsk.by
 <https://orcid.org/>

Natalia V. Zueva Cand. Sci. (Engin.), associate professor, fermentation and sugar production technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 293026, Russia, nataspirit30@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-2840-398X>

Alexey N. Yakovlev Cand. Sci. (Engin.), associate professor, fermentation and sugar production technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 293026, Russia, vip.alex2702@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-3246-6628>

Contribution

Svetlana Yu. Nikitina review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Alexander S. Gordienko review of the literature on an investigated problem

Natalia V. Zueva consultation during the study

Alexey N. Yakovlev correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 26/01/2024	После редакции 12/02/2024	Принята в печать 28/02/2024
Received 26/01/2024	Accepted in revised 12/02/2024	Accepted 28/02/2024