

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-2-89-96>

Поступила 07.04.2021

Поступила после рецензирования 20.06.2021

Принята в печать 25.06.2021



<https://www.fsjour.com/jour>

Научная статья

ВОЗВРАТНЫЕ ОТХОДЫ ХЛЕБОПЕКАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА – НОВЫЙ ВИД СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДИСТИЛЛЯТОВ (ЧАСТЬ III. СТАДИЯ ДИСТИЛЛЯЦИИ)

Крикунова Л. Н.¹, Дубинина Е. В.^{1*}, Макаров С. Ю.²

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности, Москва, Россия

² Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского (Первый казачий университет), Москва, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:
процесс дистилляции, дистиллированные напитки, этилкарбамат, вторичные компоненты, фракции дистилляции

АННОТАЦИЯ

Стадия дистилляции является ключевым этапом в технологии производства спиртных напитков на основе дистиллятов. Использование нового нетрадиционного вида сырья для получения дистиллятов требует проведения комплексных исследований. Цель данной работы состояла в исследовании процессов на стадии дистилляции сброженного сусла из возвратных отходов хлебопекарного производства, а также в выявлении значимых факторов и определении оптимальных технологических значений этих факторов. Объектами исследования служили 9 образцов сброженного сусла из различных видов возвратных отходов хлебопекарного производства, фракции дистиллятов и опытные образцы дистиллятов. Дистилляцию проводили на установке прямой сгонки «Kothe Destillationstechnik» (Германия). В объектах исследования определяли объем, объемную долю этилового спирта и массовую концентрацию основных летучих компонентов. Состав и концентрацию основных летучих компонентов определяли с использованием газовой хроматографии на приборе «Thermo Trace GC Ultra» (Thermo, США). Выявлены широкие интервалы варьирования массовой концентрации основных летучих компонентов в зависимости от состава исходного сырья. Установлено, что характер распределения летучих компонентов по фракциям дистиллята не зависит от физико-химического состава сброженного сусла из разных видов возвратных отходов хлебопекарного производства. Показано, что характер распределения летучих компонентов по фракциям при получении дистиллята из возвратных отходов хлебопекарного производства имеет определенные отличия от их распределения при получении коньячных и фруктовых дистиллятов. Сравнительная оценка дистиллятов, полученных однократной фракционированной дистилляцией и двукратной дистилляцией, показала преимущество первой по выходу спирта и составу летучих компонентов. Установлено, что скорость дистилляции при прямой фракционированной сгонке оказывает существенное влияние на динамику распределения основных летучих компонентов и выход дистиллята по безводному спирту. При оптимальной скорости дистилляции (5,9 см³/мин) повышается выход безводного спирта в среднем на 4% и снижаются потери ценных ароматобразующих летучих компонентов с головной и хвостовой фракциями.

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Статья подготовлена в рамках выполнения исследований по Государственному заданию № 0585–2019–001 Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова Российской академии наук.

Received 07.04.2021

Accepted in revised 20.06.2021

Accepted for publication 25.06.2021

Available online at <https://www.fsjour.com/jour>

Original scientific article

RETURNABLE BAKING WASTE – A NEW TYPE OF RAW MATERIALS FOR DISTILLATES PRODUCTION (PART III. DISTILLATION STAGE)

Ludmila N. Krikunova¹, Elena V. Dubinina^{1*}, Sergey Yu. Makarov²

¹ All-Russian Scientific Research Institute of the Brewing, Non-Alcoholic and Wine Industry, Moscow, Russia

² K. G. Razumovsky Moscow State University of Technology and Management (First Cossack University), Moscow, Russia

KEY WORDS:

distillation process, distilled beverages, ethyl carbamate, secondary components, distillate fractions

ABSTRACT

The distillation stage is a key step in distillate-based alcoholic beverage technology. The use of a new non-traditional type of raw materials to obtain distillates requires comprehensive research. The purpose of this work was to study the processes at the distillation stage of the discharged wort from the recyclable baking waste, in identifying significant factors and determining the optimal technological values of these factors. The objects of the study served 9 samples of fermented wort from various types of recyclable baking waste, distillate fractions and samples of distillates. The distillation was performed on the installation of direct distillation “KOTHE DESTILLATIONSTECHNIK” (Germany). In the objects of the study, the volume, the volume fraction of ethyl alcohol and the mass concentration of the main volatile components were determined. The composition and concentration of basic volatile components were determined using gas chromatography on the device “Thermo Trace GC Ultra” (Thermo, United States). The wide range of variation of the mass concentration of the main volatile components, depending on the composition of the initial raw materials, is revealed. It has been established that the nature of the distribution of volatile components according to distillate fractions does not depend on the physicochemical

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Крикунова, Л.Н., Дубинина, Е.В., Макаров, С.Ю. (2021). Возвратные отходы хлебопекарного производства – новый вид сырья для производства дистиллятов (Часть III. Стадия дистилляции). *Пищевые системы*, 4(2), 89–96. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2020-4-2-89-96>

FOR CITATION: Krikunova, L.N., Dubinina, E.V., Makarov, S. Yu. (2021). Returnable baking waste – a new type of raw materials for distillates production (Part III. Distillation stage). *Food systems*, 4(2), 89–96. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-2-89-96>

composition of the fermented wort from different types of recyclable baking waste. It is shown that the nature of the distribution of volatile components according to fractions in obtaining a distillate from the recyclable baking waste has certain differences from their distribution in the preparation of cognac and fruit distillates. A comparative assessment of distillates obtained by single fractionated distillation and double distillation showed the advantage of the first alcohol output and the composition of volatile components. It has been established that the distillation rate with a direct fractionated has a significant effect on the dynamics of the distribution of the main volatile components and the output of the distillate for anhydrous alcohol. With an optimal distillation rate (5.9 cm³ / min), an anhydrous alcohol output increases, on average, by 4% and reduced the losses of valuable aroma-forming volatile components with head and tail fractions.

FUNDING: The article was published as part of the research topic No. 0585–2019–001 of the state assignment of the V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS.

1. Введение

При разработке инновационной технологии производства спиртных напитков на основе дистиллятов из нетрадиционных видов сырья, к которым относятся возвратные отходы хлебопекарного производства, требовалось на каждом технологическом этапе проведение комплексных глубоких исследований трансформации исходного биохимического состава сырья по стадиям производства. Одним из важнейших технологических этапов, определяющих выход конечного продукта, его физико-химические и органолептические характеристики, а также его конкурентоспособность на внутреннем и международном рынках, является стадия дистилляции. Цель дистилляции заключается не только в концентрировании этанола по сравнению с его содержанием в сброженном сусле, но и в целенаправленном регулировании качественно-состава и концентрации летучих компонентов дистиллята.

Известно, что на физико-химические процессы, проходящие при дистилляции, оказывают влияние разные факторы. Одним из важнейших факторов являются особенности систем дистилляционного оборудования, которое по принципу действия подразделяют на установки периодического и непрерывного действия. Последние в основном используют в США при производстве бурбона (виски из кукурузы), обедненного летучими компонентами [1,2]. К преимуществам данного способа дистилляции относят высокую производительность и экономическую эффективность производства, что в конечном итоге отражается на низкой себестоимости конечного продукта. Для получения дистиллятов, имеющих высокие органолептические характеристики и обогащенных летучими соединениями, традиционно используют установки периодического действия различной конструкции [3]. Самые простые установки «шарантского» типа эксплуатируются по схеме двукратной дистилляции и применяются в первую очередь для получения высококачественных коньячных дистиллятов. При производстве фруктовых дистиллятов и высококачественных зерновых (висковых) дистиллятов, как правило, используют установки прямой сгонки, работающие по схеме однократной дистилляции. Такие установки имеют различные конструктивные модификации, позволяющие, во-первых, регулировать крепость получаемых дистиллятов, а во-вторых — получать продукт с определенным качественным и количественным составом летучих примесей [1, 4–6].

В ранее проведенных исследованиях установлено влияние режимных параметров дистилляции на выход и качественные показатели продукта. Так, показано, что предварительный прогрев сброженного зернового суслу перед стадией дистилляции, в отличие от выявленного ранее положительного эффекта при переработке винограда и фруктового сырья, не приводит к позитивным результатам [7–9]. Другим режимным параметром, оказывающим влияние на процесс дистилляции, как показано в ряде работ [10,11], является скорость дистилляции. Регулируемыми параметра-

ми на данном этапе технологического процесса могут быть объем отбираемых головной и хвостовой фракций, а также значение флегмового числа установки [12–14].

Цель работы заключалась в выявлении значимых факторов, влияющих на процесс дистилляции сброженного суслу из возвратных отходов хлебопекарного производства и определении оптимальных технологических режимов фракционированной перегонки.

2. Материалы и методы

В качестве объектов исследования использованы:

- образцы сброженного суслу (9 образцов), полученного из различных видов возвратных отходов по режимам, предусматривающим механико-ферментативный способ получения суслу с выдержкой при следующих паузах: 50–55 °С; 70–75 °С; 95–98 °С; 56–58 °С; общая продолжительность процесса 3,0–3,5 часа; нормы задачи ферментных препаратов: разжижающего действия с мезофильной альфа-амилазой в количестве 0,5–1,0 ед. АС/г условного крахмала, гемицеллюлазного действия в количестве 0,1–0,2 ед. ЦС/г сырья, осахаривающего действия в количестве 6,0–8,0 ед. ГЛС/г условного крахмала и протеолитического действия в количестве 0,01–0,02 ед. ПС/г белка, сбраживание при температуре 28–30 °С в течение трех суток с использованием сухих спиртовых дрожжей нескольких рас;
- фракции дистиллята (Ф1 — Ф8), выделенные в процессе изучения динамики перехода летучих компонентов; головная (ГФ), средняя (СФ) и хвостовая (ХФ) фракции — при изучении влияния способа дистилляции сброженного суслу из возвратных отходов хлебопекарного производства. Фракционированную дистилляцию осуществляли на пилотной установке прямой сгонки «Kothe Destillationstechnik» (Германия), снабженной укрепляющей колонной с тремя барбатажными тарелками и трубчатым дефлегматором. Конструкция установки позволяет изменять режим ее работы таким образом, чтобы осуществлять как однократную, так и двукратную дистилляцию. Температура греющих паров составляла от 102 °С в начале дистилляции до 105 °С — в конце дистилляции. Давление греющих паров в процессе дистилляции поддерживали на уровне не более 1,2 мПа.

В объектах исследования определяли объем, объемную долю этилового спирта и массовую концентрацию основных летучих компонентов. Состав и концентрацию основных летучих компонентов определяли методом газовой хроматографии с использованием прибора Thermo Trace GC Ultra (Thermo, США) с пламенно-ионизационным детектором. Хроматографическая колонка — HP FFAP: длина 50 м, внутренний диаметр 0,32 мм с толщиной пленки неподвижной фазы 0,5 мкм (ГОСТ 33834–2016). Используемая методика предусматривает ввод предварительно подготовленного образца в инжектор прибора в количестве 2 мкл. С целью

сравнительного анализа исследованных образцов концентрацию летучих компонентов выражали в мг/дм³ безводного спирта (мг/дм³ б. с.). Работу проводили в лабораторных условиях на базе отдела технологии крепких напитков ВНИИПБиВП.

Для обработки результатов исследований использовали статистический метод обработки экспериментальных данных, в ходе которого определяли средние значения из 3–5 измерений, среднеквадратичное отклонение и доверительный интервал [15,16]. В таблицах результаты представлены в виде средних арифметических значений. Обработку экспериментальных данных осуществляли с использованием методов математической статистики с помощью программ Excell и Statistika.

3. Результаты и обсуждение

На первом этапе работы было исследовано влияние физико-химического состава сброженного суслу из возвратных отходов хлебопекарного производства на распределение основных групп летучих компонентов по фракциям при однократной дистилляции по стандартным режимам. Дистилляцию осуществляли с использованием укрепляющей колонны с тремя тарелками при средней скорости 9,0–10,0 см³/мин. Образцы сброженного суслу были приготовлены с использованием в качестве сырья пшеничного хлеба (образцы 1–3), смеси пшеничного и ржано-пшеничного хлеба в соотношении 1:1 (образцы 4–6), смесь пшеничного и ржано-пшеничного хлеба в соотношении 2:1 (образцы 7–9). При получении образцов 1, 4, 7 использовали препараты сухих активных дрожжей Fermiol, образцов 2, 5, 8 — Turbo 24, образцов 3, 6, 9 — Angel. Дрожжи вносили в осахаренное суслу из расчета 100 мг на 100 г суслу. Процесс сбраживания проводили в одинаковых условиях.

В результате выполненных исследований выявлены широкие интервалы варьирования массовой концентрации ацетальдегида, этилацетата и компонентов энантового эфира, представленных в виде суммы этилкапрата, этилкапроата и этилкаприлата во всех фракциях дистиллята (Таблица 1). Выбор перечисленных летучих компонентов обусловлен в первую очередь их существенным влиянием на органолептические характеристики дистиллята, а во вторую очередь — их преобладающей концентрацией в группе альдегидов и эфиров.

Таблица 1

Распределение альдегидов и эфиров сброженного суслу из возвратных отходов хлебопекарного производства по фракциям

Фракция дистиллята	Массовая концентрация, мг/дм ³		
	Ацетальдегид	Этилацетат	Энантовый эфир
Ф1	2246–3308	1291–1997	27–64
Ф2	89–189	191–592	27–56
Ф3	59–80	43–115	27–49
Ф4	16–57	7–22	33–49
Ф5	12–21	3–7	43–73
Ф6	8–18	2–3	92–178
Ф7	4–16	1–3	65–108
Ф8	10–19	0–1	2–16

Широкие интервалы варьирования концентрации летучих компонентов связаны в первую очередь с различным биохимическим составом исходного сырья (переработка пшеничного хлеба, смеси из пшеничного и ржано-пшеничного хлеба), а также с особенностями расы дрожжей, используемой для сбраживания (Fermiol, Turbo 24, Angel). При этом, как свидетельствуют представленные в таблице данные, на-

блюдались определенные тенденции в изменении массовых концентраций летучих компонентов в процессе дистилляции. Так, для ацетальдегида и этилацетата, независимо от используемого образца сброженного суслу, было характерно концентрирование в начальных фракциях Ф1 и Ф2. Напротив, компоненты энантового эфира концентрируются во фракциях Ф6, Ф7, то есть в конце отбора средней фракции. Данное поведение энантовых эфиров отличается от их распределения при получении коньячных и фруктовых дистиллятов в сторону их концентрирования при меньшей крепости [17, 18].

В Таблице 2 представлено распределение основных высших спиртов по фракциям, которое также свидетельствует о довольно широком интервале варьирования массовых концентраций 1-пропанола, изобутанола и изоамилола. Кроме того, установлено, что, в отличие от дистилляции фруктового сырья, где высшие спирты концентрируются в начале и середине основного погона [14], при дистилляции сброженного суслу из возвратных отходов их концентрирование происходит в конце основного погона (фракции Ф6, Ф7).

Таблица 2

Распределение высших спиртов суслу из возвратных отходов хлебопекарного производства по фракциям

Фракция дистиллята	Концентрация, мг/дм ³		
	1-пропанол	Изобутанол	Изоамилол
Ф1	133–230	319–696	239–774
Ф2	174–285	397–842	261–989
Ф3	220–329	531–957	455–1195
Ф4	272–340	688–924	694–1248
Ф5	373–464	1030–1255	1264–1908
Ф6	490–883	1600–2798	3136–7098
Ф7	501–716	1113–2027	5622–9501
Ф8	13–68	30–90	202–641

Выявленные особенности поведения высших спиртов, вероятно, обусловлены различной кинетикой перехода основного компонента — этилового спирта во фракции дистиллята. Как правило, при дистилляции сброженного фруктового сырья на установках прямой стгонки характерна максимальная концентрация этанола в головной фракции с постепенным ее снижением в средних фракциях. При дистилляции сброженного суслу из возвратных отходов хлебопекарного производства наблюдалась высокая концентрация этанола практически на всем протяжении процесса с резким снижением крепости в хвостовой фракции, что может быть связано с более низким общим содержанием летучих компонентов в образцах сброженного суслу, а также существенной разницей в активной и титруемой кислотности сред из фруктового и крахмалсодержащего сырья. Кроме того, отличительной особенностью фракций дистиллята из данного вида сырья является практическое отсутствие в составе летучих компонентов метанола, концентрация которого во фруктовых дистиллятах может достигать 20–25% от общего содержания летучих компонентов [1,19,20].

Следующий этап работы посвящен изучению влияния скорости дистилляции сброженного суслу из возвратных отходов хлебопекарного производства на динамику распределения этанола и основных летучих компонентов по фракциям. Вес сброженного суслу, загружаемого в куб дистилляционной установки, составлял 10 кг. Процесс проводили в трех режимах с варьированием скорости дистилляции: быстрая ($V=18,8$ см³/мин) — режим I, средняя ($V=9,5$ см³/мин) — режим II, медленная ($V=5,9$ см³/мин) — режим III. Фракционирование дистиллята осуществляли исходя из анализа крепости и органолептических характе-

ристик. При этом объем первых семи фракций (Ф1 — головная, Ф2–Ф7 — средние фракции) был одинаковым для всех режимов дистилляции, независимо от образца сброженного сула, а объем последней фракции Ф8 (хвостовой) сильно варьировался в зависимости от использованного режима дистилляции. Влияние скорости дистилляции на динамику распределения этанола (безводного спирта) представлено в Таблице 3.

Таблица 3

Влияние скорости дистилляции на распределение безводного спирта по фракциям

Скорость дистилляции (V)	Содержание б. с. во фракции, % от суммы б. с. во фракциях							
	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф5	Ф6	Ф7	Ф8
V = 18,8 см ³ /мин	5,7	15,1	15,1	15,2	15,0	14,7	14,5	4,7
V = 9,5 см ³ /мин	6,0	16,6	16,5	16,5	16,5	16,2	11,1	0,6
V = 5,9 см ³ /мин	6,0	17,0	17,1	17,1	17,3	17,1	8,2	0,2

Установлено, что увеличение длительности термического воздействия на сброженное суло в процессе дистилляции, обусловленное снижением скорости, приводит к относительному концентрированию безводного спирта во фракциях Ф2 — Ф6 при одновременном снижении его содержания во фракциях Ф7, Ф8 (хвостовая). Расчетный выход дистиллята по безводному спирту в режиме быстрой дистилляции (18,8 см³/мин) составил 89,6%, а в режимах II и III этот показатель варьировался в пределах 93,4–93,8%. Таким образом, с позиции экономической оценки эффективности процесса при дистилляции сброженного сула из возвратных отходов хлебопекарного производства можно рекомендовать среднюю скорость дистилляции.

Кроме выхода безводного спирта в процессе дистилляции, важное значение для прогнозирования качества получаемого дистиллята является исследование распределения основных летучих компонентов по фракциям. На основании данных массовой концентрации летучих компонентов во фракциях и объема отдельных фракций было рассчитано относительное содержание ацетальдегида, этилацетата, 1-пропанола, изобутанола, изоамилола и энантового эфира в отдельных фракциях (% от суммарного содержания отдельных летучих компонентов во всех фракциях).

Установлено (Таблица 4), что при снижении скорости дистилляции такие легколетучие компоненты, как ацетальдегид и этилацетат, концентрируются в головной фракции в большей степени, чем при высокой скорости (режим I). Эти изменения в динамике распределения данных компонентов приводят к снижению их концентрации в средней фракции. В тоже время скорость дистилляции практически не влияет на относительное содержание высших спиртов в головной фракции (Ф1). Вместе с тем снижение скорости дистилляции позволяет максимально сконцентрировать 1-пропанол, изобутанол и изоамилол в средней фракции (Ф2 — Ф7) и существенно снизить их содержание в хвостовой фракции (Ф8).

Скорость дистилляции также влияет на динамику распределения энантовых эфиров. Ее снижение приводит к перераспределению их содержания в сторону высокоспиртуозных фракций дистиллята. При высокой и средней скоростях дистилляции (режимы I и II) потери энантовых эфиров с головной и хвостовой фракциями практически одинаковые и составляют 11,9 и 12,2% соответственно. Из представленных данных видно, что дистилляция при минимальной скорости приводит к снижению этих потерь на 3,9–4,2%. При этом большая часть энантовых эфиров концентрируется во фракциях Ф6 и Ф7, что может оказывать положительное влияние на аромат дистиллята из возвратных отходов хлебопекарного производства.

Таблица 4

Влияние скорости дистилляции на распределение отдельных летучих компонентов по фракциям

Наименование летучего компонента	Режим	Содержание летучего компонента во фракциях, % от суммы во всех фракциях							
		Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф5	Ф6	Ф7	Ф8
Ацетальдегид	I	73,5	12,8	5,3	1,4	1,1	0,6	0,8	4,5
	II	80,3	8,0	5,2	1,4	1,1	1,0	1,4	1,6
	III	80,8	7,8	5,6	1,7	1,3	1,2	1,1	0,5
Этилацетат	I	49,9	37,0	10,2	1,4	0,6	0,2	0,1	0,6
	II	67,4	24,9	5,6	0,9	0,4	0,3	0,3	0,2
	III	64,5	27,8	5,5	1,0	0,6	0,4	0,2	–
1-пропанол	I	3,1	9,5	11,0	10,6	13,6	16,4	23,9	11,9
	II	2,4	7,8	9,9	12,2	16,7	28,4	22,5	0,1
	III	2,9	9,9	11,7	12,9	17,9	33,2	11,3	0,2
Изобутанол	I	3,3	10,1	11,5	11,1	14,9	19,2	24,3	5,6
	II	2,2	6,8	9,1	11,7	17,6	32,6	19,0	1,0
	III	3,7	9,2	11,0	11,7	18,1	36,8	9,3	0,2
Изоамилол	I	1,7	5,3	6,4	6,7	10,2	16,7	35,2	17,8
	II	0,8	2,1	3,6	5,6	10,1	30,8	45,0	2,0
	III	2,1	3,3	4,6	4,4	9,3	41,4	34,4	0,5
Энантовый эфир	I	4,7	11,6	10,2	10,2	15,1	20,0	21,0	7,2
	II	7,8	8,2	8,2	10,2	13,1	28,1	20,0	4,4
	III	6,0	5,7	6,6	7,1	10,4	38,7	23,5	2,0

Распределение безводного спирта по фракциям зависит от скорости дистилляции при однократной дистилляции сброженного сула из возвратных отходов хлебопекарного производства (Таблица 3). Данная выявленная зависимость подтверждает сведения отечественных и зарубежных исследователей, ранее полученные при процессе дистилляции других видов сырья [9,12,17]. Авторы связывают повышение выхода средней фракции по безводному спирту при снижении скорости процесса с изменением летучести компонентов в паровой и жидкостной фазах.

Установленные тенденции в динамике распределения отдельных летучих компонентов по фракциям в зависимости от скорости дистилляции (Таблица 4) связаны, во-первых, с изменением концентрации этилового спирта, что влияет на численное значение коэффициентов ректификации высших спиртов и компонентов энантового эфира; во-вторых, с глубиной протекания физико-химических процессов в кубе дистилляционной установки. Известно, что с увеличением продолжительности дистилляции усиливаются процессы новообразования летучих компонентов [1,4,5,21].

Также было исследовано влияние способа дистилляции (однократной и двукратной) на распределение летучих компонентов по фракциям, их состав и содержание в полученных дистиллятах.

Двукратная дистилляция предусматривает получение промежуточного продукта — спирта-сырца из сброженного сула. В Таблице 5 приведены усредненные данные, полученные при дистилляции 9 образцов сброженного сула. Установлено, что суммарная концентрация летучих компонентов в спирте-сырце (крепость 23,9% об.) в абсолютном выражении, по сравнению с их содержанием в исходном сброженном сусле (крепость 9,8% об.), возрастает почти в 2 раза.

В расчете на безводный спирт суммарная концентрация летучих компонентов в спирте-сырце снижалась в среднем на 20% по сравнению с исходным сулом. При этом массовая концентрация ацетальдегида и энантового эфира возрастала в 1,5–2 раза, а концентрация основных высших спиртов

(1-пропанол, изобутанол, изоамилол) снижалась более, чем на 30%. Существенное повышение концентрации альдегидов, в том числе ацетальдегида, связано с протеканием различных физико-химических реакций, включая окислительно-восстановительные процессы и карбонил-аминную реакцию, в кубе дистилляционной установки под действием высокой температуры. Повышение концентрации энантового эфира в спирте-сырце является следствием термического разрушения дрожжевых клеток с высвобождением высших жирных кислот. Последние, вступая в реакцию с этанолом, образуют этилкаприлат, этилкапрат и этилкапроат.

Таблица 5

Характеристика сброженного сула и спирта-сырца по содержанию основных летучих компонентов

Наименование компонента	Суло		Спирт-сырец	
	мг/дм ³	мг/дм ³ б. с.	мг/дм ³	мг/дм ³ б. с.
Ацетальдегид	20	204	72	301
Этилацетат	13	133	33	138
Метанол	2	20	5	21
1-пропанол	66	673	131	548
Изобутанол	140	1429	216	903
Изоамилол	387	3949	649	2714
Энантовый эфир	2	20	12	50
Фенилэтиловый спирт	19	194	55	230
Сумма летучих компонентов*	659	6724	1244	5302

* В данной и последующих таблицах при расчете суммарной концентрации летучих компонентов учитывались все идентифицированные вещества, часть из них не представлена в таблице.

В отличие от других видов крахмалсодержащего сырья (зерна), при получении спирта-сырца из возвратных отходов хлебопекарного производства (Таблица 5) отмечено более существенное снижение суммарной концентрации летучих компонентов за счет высших спиртов в пересчете на безводный спирт (31% против 8%). Установленные отличия могут быть связаны с особенностями биохимического состава данного вида сырья — повышенным содержанием продуктов деструкции дрожжевых клеток, среди которых присутствуют высшие жирные кислоты.

С целью определения влияния способа дистилляции на качественные характеристики конечного продукта была впервые изучена динамика распределения основных летучих компонентов по фракциям при прямой дистилляции сброженного сула (10 кг) и спирта-сырца, полученного из такого же количества сброженного сула. Эксперимент проводили при одинаковой скорости дистилляции (5,9 см³/мин).

Установлено, что при однократной (прямой) дистилляции сброженного сула в головной фракции концентрируется более 75% ацетальдегида и около 54% этилацетата от общего их содержания во всех фракциях, а суммарное содержание высших спиртов постепенно возрастает до фракции Ф7 с резким снижением во фракции Ф8 (Таблица 6). Для отдельных высших спиртов выявлены максимумы накопления. Так, максимальное содержание 1-пропанола и изобутанола зафиксировано во фракции Ф6, а изоамилола — во фракции Ф7, что обусловлено различиями в летучести данных соединений. В этих фракциях также обнаружено максимальное содержание энантового эфира. Такой труднолетучий компонент, как фенилэтиловый спирт, концентрируется во фракциях Ф7 и Ф8. По результатам расчета баланса летучих компонентов установлено, что значительная часть фенилэтилового спирта остается в барде.

Таблица 6

Динамика распределения основных летучих компонентов при однократном способе дистилляции

Наименование компонента	Содержание летучих компонентов во фракции, мг							
	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф5	Ф6	Ф7	Ф8
Ацетальдегид	249	35	15	10	5	3	5	3
Этилацетат	151	111	18	3	–	–	–	–
Метанол	3	5	3	–	3	3	3	–
1-пропанол	15	50	60	58	88	166	113	3
Изобутанол	30	125	154	171	237	429	122	5
Изоамилол	36	127	179	224	310	1343	1797	32
Энантовый эфир	3	5	5	8	10	33	20	4
Фенилэтиловый спирт	–	–	–	–	–	–	38	43
Сумма летучих компонентов	499	471	441	486	663	1994	2171	90

Анализ данных по динамике распределения основных летучих компонентов при дистилляции спирта-сырца не выявил принципиальных различий в характере их распределения по фракциям по сравнению с дистилляцией сброженного сула (Таблица 7). Вместе с тем изменения претерпевают как абсолютные значения отдельных показателей, так и их относительное содержание во фракциях. Так, при дистилляции спирта-сырца в головную фракцию переходит на 12,6% меньше ацетальдегида и на 14,4% — этилацетата от их суммарного содержания по сравнению с однократной дистилляцией. Также выявлено, что двукратная дистилляция характеризуется большими потерями энантового эфира с головной фракцией — они увеличиваются более чем в два раза. Выявленные зависимости связаны с изменением концентрации этилового спирта во фракциях, а также с изменением летучести отдельных компонентов и продолжительности нагрева перегоняемых сред.

Таблица 7

Динамика распределения основных летучих компонентов при двукратном способе дистилляции

Наименование компонента	Содержание летучих компонентов во фракции, мг							
	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф5	Ф6	Ф7	Ф8
Ацетальдегид	181	96	3	1	1	1	–	–
Этилацетат	57	85	4	–	–	–	–	–
Метанол	1	5	4	3	2	1	–	–
1-пропанол	5	40	47	71	128	122	92	3
Изобутанол	7	60	71	129	262	273	131	4
Изоамилол	5	47	67	174	489	806	1097	21
Энантовый эфир	8	7	5	9	26	30	19	–
Фенилэтиловый спирт	1	–	–	–	–	–	10	40
Сумма летучих компонентов	275	358	211	396	929	1248	1377	74

В ранее проведенных исследованиях было отмечено существенное влияние соотношения основных высших спиртов на органолептические характеристики дистиллятов и напитков на их основе [14,19]. Поэтому в настоящей работе сделан расчет величины отношения концентрации изоамилола к сумме концентраций изобутанола и 1-пропанола. Значения этого показателя были рассчитаны для каждой фракции при двух испытанных способах дистилляции (Рисунок 1). Снижение величины этого показателя обусловлено повышением концентрации изобутанола, что отрицательно сказывается на характере аромата получаемого дистиллята.

Расчетные данные показали, что характер изменения данного соотношения в процессе дистилляции не зависит от способа ее проведения и характеризуется возрастанием

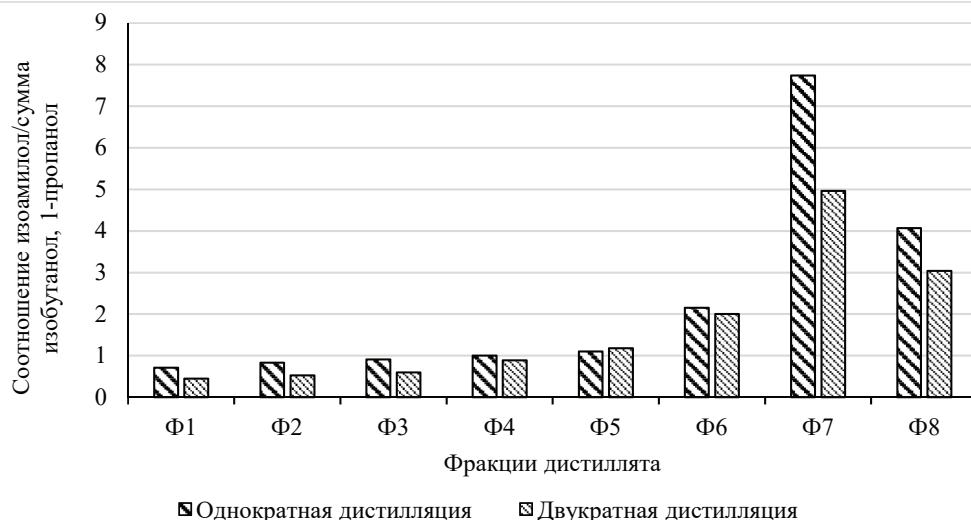


Рисунок 1. Динамика изменения соотношения высших спиртов в зависимости от способа дистилляции

с максимальными значениями во фракции Ф7, а также снижением во фракции Ф8. Однако абсолютные значения этих показателей меняются в зависимости от способа дистилляции. Представленные на Рисунке 1 данные свидетельствуют о преимуществе однократной дистилляции и позволяют прогнозировать качество получаемого дистиллята из возвратных отходов хлебопекарного производства.

Отмеченные в Таблицах 6, 7 и на Рисунке 1 отличия в содержании основных летучих компонентов при однократной и двукратной дистилляции связаны с существенной разницей в крепости перегоняемого продукта и, как следствие, с изменением коэффициентов ректификации летучих компонентов. Кроме того, на распределение летучих компонентов по фракциям влияет флегмовое число. Конструкция использованной дистилляционной установки позволила осуществлять процесс в режиме прямой сгонки (с использованием укрепляющей колонны) и в режиме двукратной дистилляции.

На завершающем этапе исследований были получены образцы дистиллятов путем объединения фракций Ф2 — Ф7. Установлено, что однократная дистилляция характеризуется повышением суммарного содержания летучих компонентов в дистилляте в среднем на 20% против образцов, полученных способом двукратной перегонки (Таблица 8).

В дистиллятах, полученных прямой сгонкой, отмечено снижение концентрации альдегидов и кетонов при более высокой концентрации высших спиртов и фенилэтилового спирта. В тоже время соотношение высших спиртов и концентрации энантиомерного эфира меняются несущественно.

Для сравнительной оценки эффективности двух исследованных способов дистилляции был проведен расчет распределения безводного спирта по фракциям с учетом потерь. Установлено, что двукратная перегонка характеризуется более высокими потерями спирта — они возрастают примерно на 1,1–1,6% (Таблица 9). В тоже время однократная дистилляция позволяет увеличить выход средней фракции на 0,9–1,3%.

Таким образом, установлено, что вид используемых возвратных отходов хлебопекарного производства в качестве исходного сырья и используемая для сбраживания сахаренного сула раса дрожжей не оказывают влияния на характер распределения основных групп летучих компонентов по фракциям при однократной дистилляции. Вместе с тем результаты исследования показали, что скорость дистилляции при прямой фракционированной сгонке сброженного сула оказывает существенное влияние на динамику распределе-

ния основных летучих компонентов и на выход дистиллята по безводному спирту. При оптимальной скорости дистилляции (5,9 см³/мин) повышается выход безводного спирта в среднем на 4%, а также снижаются потери ценных ароматобразующих летучих компонентов с головной и хвостовой фракциями. Анализ полученных данных позволяет рекомендовать проведение процесса дистилляции данного вида сырья при средней или минимальной скоростях.

Таблица 8

Влияние способа дистилляции на состав летучих компонентов дистиллятов из возвратных отходов хлебопекарного производства

Наименование компонента	Массовая концентрация, мг/дм ³ безводного спирта	
	Однократная дистилляция	Двукратная дистилляция
Ацетальдегид	70 ÷ 80	85 ÷ 95
Изобутиральдегид	5 ÷ 8	9 ÷ 15
Ацетон	2 ÷ 4	7 ÷ 9
Этилацетат	115 ÷ 130	85 ÷ 115
Метанол	10 ÷ 15	10 ÷ 15
Диацетил	4 ÷ 6	11 ÷ 14
1-пропанол	500 ÷ 600	650 ÷ 730
Изобутанол	1450 ÷ 1530	1020 ÷ 1100
Изоамилацетат	22 ÷ 30	8 ÷ 12
Изоамилол	4010 ÷ 4120	3080 ÷ 3130
Этилкапроат	30 ÷ 35	40 ÷ 45
Этиллактат	20 ÷ 25	20 ÷ 25
Гексанол	5 ÷ 10	7 ÷ 12
Этилкаприлат	25 ÷ 30	20 ÷ 25
Этилкапрат	35 ÷ 45	25 ÷ 35
Фенилэтиловый спирт	40 ÷ 50	10 ÷ 15
Сумма летучих компонентов	6350 ÷ 6730	5100 ÷ 5410

Таблица 9

Влияние способа дистилляции на распределение безводного спирта по фракциям

Фракции дистиллята	Содержание безводного спирта во фракции, % от общего содержания	
	Однократная дистилляция	Двукратная дистилляция
Головная	6,2–6,6	4,8–5,9
Средняя	89,5–90,5	88,2–89,6
Хвостовая	0,5–0,7	1,1–1,7
Потери	2,2–3,8	3,3–5,4

Как правило, при выборе способа получения дистиллята учитываются экономические аспекты, включающие в себя затраты на оборудование, продолжительность технологического цикла на выход конечного продукта из единицы сырья. При получении дистиллятов классическим способом (двукратная дистилляция) используют простые кубовые установки «шарантского» типа, оснащенные дефлегматором. Схема однократной дистилляции подразумевает применение установок более сложной конструкции. Однако двукратная дистилляция существенно продолжительнее (в 1,5–2 раза) по сравнению с однократной дистилляцией, и, следовательно, эффективность использования оборудования при этом способе ниже.

Полученные экспериментальные данные (объем фракций, крепость фракций) и их обработка позволили рекомендовать для получения дистиллятов из возвратных отходов хлебопекарного производства однократный способ перегонки.

4. Выводы

В целом выявлены значимые факторы, влияющие на процесс дистилляции при получении дистиллята из возвратных отходов хлебопекарного производства — скорость и способ дистилляции. Установлены преимущества получения дистиллятов из возвратных отходов хлебопекарного производства путем однократной фракционированной дистилляции сброженного суслу со скоростью в пределах 5,9–9,5 см³/мин по сравнению с двукратной дистилляцией. Однократная дистилляция характеризуется сокращением продолжительности технологического процесса, более высоким выходом конечного продукта из единицы сырья и накоплением в дистилляте ценных ароматобразующих летучих компонентов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Lea, A.G.H., Piggott, J.R. (2003). Fermented Beverage Production. Springer US: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2003. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0187-9>
- How Column Distillation Works: Bourbon Edition. Retrieved from: <https://www.alcacademics.com/2013/07/how-column-distillation-works-bourbon-edition.html> Accessed March 20, 2021
- Zhang, J., Zhao, X., Qin, W., Zhang, X., Ma, Z., Sun, Y. (2021). Differences between retort distillation and double distillation in cherry spirits with double-kettle equipment. *International Journal of Food Engineering*, <https://doi.org/10.1515/ijfe-2020-0254> (unpublished data)
- García-Llobodanin, L., Roca, J., López, J. R., Pérez-Correa, J. R., López, F. (2011). The lack of reproducibility of different distillation techniques and its impact on pear spirit composition. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(9), 1956–1963. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02707.x>
- de Silva, A. P., Silvello, G. C., Bortoletto, A. M., Alcarde, A. R. (2020). Chemical composition of sugar cane spirit produced from different distillation methods. *Brazilian Journal of Food Technology*, 23, Article e2018308. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.30818>
- Franitza, L., Granvogel, M., Schieberle, P. (2016). Influence of the production process on the key aroma compounds of rum: From molasses to the spirit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(47), 9041–9053. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b04046>
- Песчанская, В.А., Крикунова, Л.Н., Дубинина, Е.В. (2016). Влияние длительности нагрева сброженного суслу на выход и качественные характеристики зерновых дистиллятов. *Пиво и напитки*, 3, 36–39.
- Pu, L. -L. (2005). Study on the effects of the height of fermented grains layer on liquor distillation and liquor quality. *Liquor-making Science & Technology*, 128, 42–45.
- Claus, M. J., Berglund, K. A. (2005). Fruit brandy production by batch column distillation with reflux. *Journal of Food Process Engineering*, 28(1), 53–67. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2005.00377.x>
- Песчанская, В.А., Крикунова, Л.Н., Дубинина, Е.В. (2016). Влияние скорости дистилляции на процесс получения зернового дистиллята. *Пиво и напитки*, 4, 28–30.
- de Almeida Lima, U., Teixeira, C. G., Bertozzi, J. C., Serafim, F. A. T., Alcarde, A. R. (2012). Influence of fast and slow distillation on ethyl carbamate content and on coefficient of non-alcohol components in Brazilian sugarcane spirits. *Journal of the Institute of Brewing*, 118(3), 305–308. <https://doi.org/10.1002/jib.42>
- Li, H., Huang, W., Shen, C., Yi, B. (2012). Optimization of the distillation process of chinese liquor by comprehensive experimental investigation. *Food and Bioprocess Processing*, 90(3), 392–398. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2011.12.005>
- Puentes, C., Joulia, X., Vidal, J., Esteban-Decloux, M. (2018). Simulation of spirits distillation for a better understanding of volatile aroma compounds behavior: Application to armagnac production. *Food and Bioprocess Processing*, 112, 31–62. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.08.010>
- Оганесянц, Л.А., Лорян, Г.В. (2015). Изучение летучих компонентов шелковичных дистиллятов. *Виноделие и виноградарство*, 2, 17–20.
- Боровиков, В.П. (2003). *Statistica. Искусство анализа данных на компьютере для профессионалов*. СПб.: Питер, 2003.
- Бунтова, Е.В. (2011). *Статистическая обработка результатов измерений: учебное пособие*. Самара: Книга, 2011.
- Gonzales, E.A., Agrasar, A.T., Castro, L.M.P., Fernandez, I.O., Guerra, N.P. (2010). Production and Characterization of Distilled Alcoholic Beverages Obtained by Solid-State Fermentation of Black Mulberry (*Morus nigra* L.) and Black Currant (*Ribes nigrum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(4), 2529–2535. <https://doi.org/10.1021/jf9037562>
- Awad, P., Athès, V., Decloux, M. E., Ferrari, G., Snackers, G., Raguenaud, P., Giampaoli, P. (2017). Evolution of volatile compounds during the distillation of cognac spirit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(35), 7736–7748. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b02406>
- Оганесянц, Л.А., Песчанская, В.А., Дубинина, Е.В., Осипова, В.П., Алиева, Г.А. (2013). Качественный и количественный состав летучих компонентов плодовых водок. *Виноделие и виноградарство*, 6, 22–24.
- Li, H., Wang, C., Zhu, L., Huang, W., Yi, B., Zhang, L. et al. (2012). Variations of flavor substances in distillation process of Chinese luzhou-flavor liquor. *Journal of Food Process Engineering*, 35(2), 314–319. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2010.00584.x>
- Alcarde, A. R., Souza, L. M., Bortoletto, A. M. (2012). Ethyl carbamate kinetics in double distillation of sugar cane spirit. Part 2: Influence of type of pot still. *Journal of the Institute of Brewing*, 118(4), 352–355. <https://doi.org/10.1002/jib.48>

REFERENCES

- Lea, A.G.H., Piggott, J.R. (2003). Fermented Beverage Production. Springer US: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2003. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0187-9>
- How Column Distillation Works: Bourbon Edition. Retrieved from: <https://www.alcacademics.com/2013/07/how-column-distillation-works-bourbon-edition.html> Accessed March 20, 2021.
- Zhang, J., Zhao, X., Qin, W., Zhang, X., Ma, Z., Sun, Y. (2021). Differences between retort distillation and double distillation in cherry spirits with double-kettle equipment. *International Journal of Food Engineering*, <https://doi.org/10.1515/ijfe-2020-0254> (unpublished data)
- García-Llobodanin, L., Roca, J., López, J. R., Pérez-Correa, J. R., López, F. (2011). The lack of reproducibility of different distillation techniques and its impact on pear spirit composition. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(9), 1956–1963. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02707.x>
- de Silva, A. P., Silvello, G. C., Bortoletto, A. M., Alcarde, A. R. (2020). Chemical composition of sugar cane spirit produced from different distillation methods. *Brazilian Journal of Food Technology*, 23, Article e2018308. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.30818>
- Franitza, L., Granvogel, M., Schieberle, P. (2016). Influence of the production process on the key aroma compounds of rum: From molasses to the spirit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(47), 9041–9053. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b04046>
- Peschanskaya, V.A., Krikunova, L.N., Dubinina, E.V. (2016). Effect of duration of heating the fermented mash on the yield and quality of characteristics of grain distillates. *Beer and Beverages*, 3, 36–39. (In Russian)
- Pu, L. -L. (2005). Study on the effects of the height of fermented grains layer on liquor distillation and liquor quality. *Liquor-making Science & Technology*, 128, 42–45.
- Claus, M. J., Berglund, K. A. (2005). Fruit brandy production by batch column distillation with reflux. *Journal of Food Process Engineering*, 28(1), 53–67. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2005.00377.x>
- Peschanskaya, V.A., Krikunova, L.N., Dubinina, E.V. (2016). Effect of speed of distillation on process of getting grain distillate. *Beer and Beverages*, 4, 28–30. (In Russian)
- de Almeida Lima, U., Teixeira, C. G., Bertozzi, J. C., Serafim, F. A. T., Alcarde, A. R. (2012). Influence of fast and slow distillation on ethyl carbamate content and on coefficient of non-alcohol components in Brazilian

ian sugarcane spirits. *Journal of the Institute of Brewing*, 118(3), 305–308. <https://doi.org/10.1002/jib.42>

12. Li, H., Huang, W., Shen, C., Yi, B. (2012). Optimization of the distillation process of chinese liquor by comprehensive experimental investigation. *Food and Bioproducts Processing*, 90(3), 392–398. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2011.12.005>
13. Puentes, C., Joulia, X., Vidal, J., Esteban-Decloux, M. (2018). Simulation of spirits distillation for a better understanding of volatile aroma compounds behavior: Application to armagnac production. *Food and Bioproducts Processing*, 112, 31–62. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.08.010>
14. Oganesyants, L.A., Loryan G. V. (2015). Volatile components of mulberry distillates. *Wine-making and Viticulture*, 2, 17–20. (in Russian)
15. Borovikov, V.P. (2003). *Statistica. The art of data analysis on a computer for professionals*. Saint-Petersburg: Piter, 2003. (In Russian)
16. Buntova, E.V. (2011). *Statistical processing of measurement results: a textbook*. Samara: Kniga, 2011. (In Russian)
17. Gonzales, E.A., Agrasar, A.T., Castro, L.M.P., Fernandez, I.O., Guerra, N.P. (2010). Production and Characterization of Distilled Alcoholic Beverages Obtained by Solid-State Fermentation of Black Mulberry (*Morus nigra* L.) and Black Currant (*Ribes nigrum* L.). *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 58(4), 2529–2535. <https://doi.org/10.1021/jf9037562>
18. Awad, P., Athès, V., Decloux, M. E., Ferrari, G., Snackers, G., Raguenaud, P., Giampaoli, P. (2017). Evolution of volatile compounds during the distillation of cognac spirit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(35), 7736–7748. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b02406>
19. Oganesyants, L.A., Peschanskaya, V.A., Dubinina, E.V., Osipova, V.P., Alieva, G.A. (2013). Qualitative and quantitative composition of the volatile components of fruit vodkas. *Wine-making and viticulture*, 6, 22–24. (In Russian)
20. Li, H., Wang, C., Zhu, L., Huang, W., Yi, B., Zhang, L. et al. (2012). Variations of flavor substances in distillation process of Chinese luzhou-flavor liquor. *Journal of Food Process Engineering*, 35(2), 314–319. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2010.00584.x>
21. Alcarde, A. R., Souza, L. M., Bortoletto, A. M. (2012). Ethyl carbamate kinetics in double distillation of sugar cane spirit. Part 2: Influence of type of pot still. *Journal of the Institute of Brewing*, 118(4), 352–355. <https://doi.org/10.1002/jib.48>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
Принадлежность к организации	Affiliation
<p>Крикунова Людмила Николаевна — доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела технологии крепких напитков, Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности 119021, Москва, ул. Россолимо, 7 Тел.: +7-910-465-95-88 E-mail: cognac320@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7335-0453</p> <p>Дубинина Елена Васильевна — кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, отдел технологии крепких напитков, Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности 119021, Москва, ул. Россолимо, 7 Тел.: +7-903-577-53-62 E-mail: elena-vd@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8364-9539 * автор для контактов</p> <p>Макаров Сергей Юрьевич — кандидат технических наук, доцент, кафедра «Технология броидильных производств и виноделия имени Г. Г. Агабальянца», Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского (ПКУ) 109004, Москва, ул. Земляной вал, 73 E-mail: mak210@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0651-7831</p>	<p>Ludmila N. Krikunova — doctor of technical sciences, professor, leading researcher, Department of spirits, All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry 7, Rossolimo str., 119021, Moscow, Russia Tel.: +7-910-465-95-88 E-mail: cognac320@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7335-0453</p> <p>Elena V. Dubinina — candidate of technical sciences, leading researcher, Department of spirits, All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry 7, Rossolimo str., 119021, Moscow, Russia Tel.: +7-903-577-53-62 E-mail: elena-vd@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8364-9539 * corresponding author</p> <p>Sergey U. Makarov — Candidate of Technical Sciences, Docent, Department of Fermentation Production Technology and Winemaking named after G. G. Agabalyants, K. G. Razumovsky Moscow State University of Technology and Management (First Cossack University) 73, Zemlyanoj Val, 109004, Moscow, Russia E-mail: mak210@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0651-7831</p>
Критерии авторства	Contribution
Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат	Authors equally relevant to the writing of the manuscript, and equally responsible for plagiarism
Конфликт интересов	Conflict of interest
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов	The authors declare no conflict of interest