ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-3-480-491
УДК 663.3

Оригинальная статья
http://fptt.ru

Научные аспекты разработки идентификационных критериев дистиллятов из фруктового сырья

Е. В. Дубинина[1,*], Л. Н. Крикунова[1], В. А. Песчанская[1], М. В. Тришканева[2]

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

[2] *Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования, Видное, Россия*

Поступила в редакцию: 30.04.2021
Принята после рецензирования: 31.05.2021
Принята в печать: 15.07.2021

**e-mail: elena-vd@yandex.ru*
© Е. В. Дубинина, Л. Н. Крикунова, В. А. Песчанская, М. В. Тришканева, 2021

Аннотация.
Введение. Напитки на основе фруктовых дистиллятов относятся к элитной группе спиртных напитков. Существует высокий риск продажи поддельной продукции в данной группе. Контролируемые показатели не позволяют идентифицировать дистилляты по виду сырья. Цель работы – разработка научно-обоснованных идентификационных критериев фруктовых дистиллятов.
Объекты и методы исследования. Десять видов фруктов и дистилляты из них. Использовали три схемы подготовки сырья: сбраживание мезги, сбраживание сока, подбраживание фруктовой мезги с последующей мацерацией. Состав сырья оценивали по массовой концентрации сахаров, титруемых кислот, pH, концентрации моно- и дисахаридов, свободных органических кислот и аминокислот методом ВЭЖХ, значению сахаро-кислотного индекса. Концентрацию высших спиртов в дистиллятах определяли методом газовой хроматографии.
Результаты и их обсуждение. Установлены существенные различия в биохимическом составе сырья, которые позволили разделить его на группы в зависимости от способов подготовки к дистилляции. Анализ полученных дистиллятов показал, что они могут быть идентифицированы по величине соотношения концентраций основных высших спиртов: 1-пропанол/сумма изобутанола и изоамилола. Выявленные различия обусловлены особенностями соотношения органических кислот и аминокислот. Для дистиллятов из кизила, черной смородины, алычи, сливы, вишни и абрикосов величина отношения 1-пропанола к сумме изобутанола и изоамилола характеризуется следующими интервалами значений: 0,02–0,06, 0,08–0,10, 0,30–0,35, 0,47–0,51, 0,55–0,65 и 0,69–0,92 соответственно. Способ подготовки сырья к дистилляции не оказывает существенного влияния на дифференциацию величин предлагаемого идентификационного показателя.
Выводы. Результаты исследования позволяют рекомендовать величину соотношения концентраций 1-пропанола/суммы изобутанола и изоамилола в качестве показателя для идентификации дистиллятов из кизила, черной смородины, алычи, сливы, вишни и абрикосов.

Ключевые слова. Фруктовые дистилляты, биохимический состав, сырье, высшие спирты, напитки, идентификация

Финансирование. Статья профинансирована Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (Минобрнауки России) и подготовлена в рамках выполнения государственного задания Всероссийским научно-исследовательским институтом пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности (ВНИИПБиВ) по теме FNEN-2019-00024 и государственного задания Всероссийским научно-исследовательским институтом технологии консервирования (ВНИИТеК) по теме FNEN-2019-00015.

Для цитирования: Научные аспекты разработки идентификационных критериев дистиллятов из фруктового сырья / Е. В. Дубинина [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51. № 3. С. 480–491. https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-3-480-491.

Original article
Available online at http://fptt.ru/eng

Scientific Aspects of Identification Criteria for Fruit Distillates

Elena V. Dubinina[1,*], Ludmila N. Krikunova[1], Violetta A. Peschanskaya[1], Marina V. Trishkaneva[2]

[1] All-Russian Research Institute of Brewing, Non-alcoholic and Wine Industry, Moscow, Russia

[2] All-Russian Scientific Research Institute of Canning Technology, Vidnoe, Russia

Received: April 30, 2021

Accepted in revised form: May 31, 2021
Accepted for publication: July 15, 2021

*e-mail: elena-vd@yandex.ru
© E.V. Dubinina, L.N. Krikunova, V.A. Peschanskaya, M.V. Trishkaneva, 2021

Abstract.
Introduction. Beverages based on fruit distillates belong to elite alcoholic drinks. As a result, there is a high risk of counterfeit. Controlled indicators do not allow identifying distillates by the type of raw material. The research objective was to develop scientifically based identification criteria for fruit distillates.
Study objects and methods. The research featured ten fruits and their distillates. It involved three schemes of pre-distillation processing: pulp fermentation, juice fermentation, and pulp fermentation with subsequent maceration. The biochemical composition of raw materials was assessed by the HPLC analysis of mass concentration of sugars, titratable acids, pH, mono- and disaccharides, free organic acids and amino acids, as well as by the sugar-acid index. The concentration of higher alcohols in the distillates was determined using gas chromatography.
Results and discussion. The research revealed significant differences in the biochemical composition of raw materials, which made it possible to divide it into groups depending on the methods of pre-distillation processing. The groups can be identified by the ratio of the concentrations of the main higher alcohols: 1-propanol to the sum of isobutanol and isoamylol. The revealed differences were caused by the peculiarities of the ratio of organic acids and amino acids. For the distillates of Cornelian cherry, black currant, cherry-plum, plum, cherry, and apricot, the ratio of 1-propanol to the sum of isobutanol and isoamylol was within the following ranges: 0.02–0.06, 0.08–0.10, 0.30–0.35, 0.47–0.51, 0.55–0.65, and 0.69–0.92, respectively. The method of preparing raw materials for distillation did not affect the values of the identification indicator.
Conclusion. The ratio of 1-propanol to the sum of isobutanol and isoamylol could serve as an indicator for the identification of distillates of Cornelian cherries, black currant, cherry-plum, plum, cherry, and apricot. However, it proved useless for distillates of pears, raspberries, tangerines, and mulberries, since its values were within comparable limits. Therefore, the research requires a GC-MS analysis to determine the concentration and ratios of other specific volatile components in other raw materials.

Keywords. Fruit distillates, biochemical composition, raw materials, higher alcohols, beverages, identification

Funding. The research was funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Minobrnauka) as part of state assignment for the All-Russian Research Institute of Brewing, Non-Alcoholic, and Wine Industry (VNIIPBiVP) (topic FNEN-2019-00024) and the All-Russian Research Institute of Canning Technology (VNIITeK) (topic FNEN-2019-00015).

For citation: Dubinina EV, Krikunova LN, Peschanskaya VA, Trishkaneva MV. Scientific Aspects of Identification Criteria for Fruit Distillates. Food Processing: Techniques and Technology. 2021;51(3):480–491. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-3-480-491.

Введение

Потребительские свойства напитков на основе фруктовых дистиллятов определяются их вкусо-ароматическим профилем и показателями безопасности, которые зависят от особенностей биохимического состава сырья, а также способов и режимных параметров его переработки [1–4]. Для производства таких дистиллятов в мировой практике используют широкий ассортимент фруктового сырья. На его биохимический состав, кроме физиологических особенностей вида, оказывают влияние различия природно-климатических условий произрастания.

Регламентом Европейского Союза при характеристике спиртных напитков из фруктов учитывается способ переработки сырья и контролируется ограниченный перечень показателей: крепость дистиллята, общее содержание летучих компонентов и максимальное содержание метанола. Крепость фруктовых дистиллятов ограничена величиной не более 86 % об. Высокие значения крепости дистиллята не позволяют идентифицировать его при органолептической оценке по отношению к используемому сырью. По этой же причине содержание летучих веществ должно составлять не менее 200 г на гектолитр безводного спирта. Показатель максимального содержания метанола в спиртных напитках из фруктовых дистиллятов введен в связи с тем, что фрукты и ягоды содержат высокую концентрацию пектиновых веществ, в том числе растворимого пектина (до 2,5 % масс). Причем большинство видов сырья содержат пектин с высокой степенью метоксилирования (50 % и выше) [5–9]. В процессе мацерации и ферментации сырья происходит отделение метоксильных групп с образованием метанола. Метанол является наиболее токсичным спиртом (LC_{50} = 7060 mg/kg). Токсичность

метанола превышает токсичность этанола в $4{,}7\times10^3$ раз. Предельно допустимые концентрации метанола в фруктовых бренди в странах Европейского Союза варьируются от 10 до 13,5 г/дм^3 а.а. и зависят от вида сырья. В Российской Федерации максимально допустимым является содержание метанола в фруктовом дистилляте 2 г/дм^3, что составляет 2,4 г/дм^3 а.а. В нормативной документации, действующей на территории РФ и стран Таможенного Союза, кроме перечисленных выше показателей, регламентируется содержание фурфурола, диоксида серы, железа и показателей безопасности во фруктовых (плодовых) дистиллятах. Однако все перечисленные показатели не являются специфическими, что не дает возможность идентифицировать дистиллят по виду сырья.

В научной практике имеются работы, предлагающие способы идентификации фруктовых дистиллятов: способ, основанный на оценке профиля минерального состава с использованием атомно-абсорционной спектрометрии; способ, основанный на применении спектроскопии комбинированного рассеяния [10, 11]. Исследования, выполненные отечественными и зарубежными специалистами, показали необходимость расширения перечня контролируемых показателей для производства высококачественных фруктовых дистиллятов и напитков на их основе. Установлено, что качество фруктовых дистиллятов зависит не только от общего содержания летучих веществ и их концентрации, но и от соотношения концентраций отдельных компонентов [12, 13]. Существенную долю летучих веществ в любых дистиллятах, в том числе из фруктового сырья, составляют высшие спирты C_3–C_6 (до 65–78 %). В процентном отношении среди высших спиртов преобладают 1-пропанол, изобутанол и изоамилол. Ранее проведенные исследования показали, что концентрация и соотношение этих летучих компонентов в дистиллятах влияет на их органолептические показатели и дегустационную оценку [14, 15].

Кроме перечисленных высших спиртов, во фруктовых дистиллятах присутствуют 2-пропанол, 2-бутанол, амилол, гексанол, гептанол и др. Однако преобладающее их количество содержится в концентрациях ниже порога восприятия.

В ряде работ показано, что способ переработки сырья является одним из основных факторов, влияющих на качественные показатели дистиллятов [16–18].

Исследований, позволяющих идентифицировать фруктовые дистилляты по виду используемого сырья с учетом особенностей его биохимического состава, до настоящего времени не проводилось.

Цель настоящей работы состояла в выявлении взаимосвязи особенностей биохимического состава отдельных видов фруктового сырья, а также способов его переработки с концентрацией и соотношением основных высших спиртов во фруктовых дистиллятах, которые позволят научно обосновать разработку критериев идентификации фруктовых дистиллятов по отношению к исходному сырью.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования в работе использовали свежее фруктовое сырье и образцы дистиллятов. Выбор видов фруктового сырья основывался на его распространенности при производстве дистиллятов в мировой практике. В данной работе не рассматривался вариант производства дистиллята из яблок, т. к. данный вид сырья используется для производства кальвадосных дистиллятов, приготавливаемых по особой технологии (ГОСТ Р 51300-99). Было использовано 48 партий различных видов фруктового сырья, в том числе:

– абрикос (урожай 2012–2014 гг., регион произрастания – Дербентский район, Республика Дагестан);
– алыча (урожай 2014 и 2019 гг., регионы произрастания – Дербентский район, Республика Дагестан; предгорные районы Кабардино-Балкарии);
– вишня (урожай 2013–2014 гг., регион произрастания Липецкая область);
– груша (урожай 2012–2014 гг., регионы произрастания – Дербентский район, Республика Дагестан; Краснодарский край; Ростовская область);
– кизил (урожай 2011 и 2019 гг., регионы произрастания – Краснодарский край; предгорные районы Кабардино-Балкарии);
– малина (урожай 2016–2017 гг., регион произрастания Московская область);
– мандарин (урожай 2011 и 2018 гг., регион произрастания, поставщик – Абхазия);
– слива (урожай 2012–2013 гг., регион произрастания Московская область);
– черная смородина (урожай 2016–2017 гг., регион произрастания – Московская область);
– шелковица (урожай 2014–2015 гг., регион произрастания – Кизлярский район, Республика Дагестан).

Получение опытных образцов дистиллятов из перечисленных видов фруктового сырья включало в себя две стадии. На первой стадии осуществляли подготовку сырья к дистилляции с использованием трех способов:

– способ 1 – сбраживание фруктовой (плодовой) мезги;
– способ 2 – сбраживание фруктового сока;
– способ 3 – подбраживание фруктовой мезги до снижения массовой концентрации сахаров не более 50 % от исходного содержания, внесение этилового спирта из расчета достижения конечной концентрации 25 % об., мацерация подготовленного сырья в течение 5 суток.

Процесс подготовки сырья к сбраживанию и технологические режимы сбраживания фруктового сырья приведены в работах [17, 18].

Независимо от способа подготовки сырья проводили регулирование величины pH путем внесения раствора серной кислоты, в ряде случаев – разбавления умягченной водой.

На второй стадии проводили процесс фракционированной дистилляции на установке прямой сгонки Kothe Destillationstechnik (Германия). Температура греющих паров составляла от 102 °C в начале дистилляции до 105 °C в конце дистилляции. Давление греющих паров в процессе дистилляции поддерживали на уровне не более 1,2 мПа.

При оценке биохимического состава фруктового сырья в соке определяли массовую концентрацию сахаров по ГОСТ 13192-73, титруемых кислот по ГОСТ 32114-2013. Величину pH определяли с помощью лабораторного pH-метра pH 211 («HANNA Instruments», Германия) со специальным стеклянным pH-электродом HI 1048B.

Качественный и количественный состав моно-, дисахаридов и свободных органических кислот в сырье определяли с использованием ВЭЖХ на приборе Agilent Technologies 1200 Series (Agilent, США) по ГОСТ 31669-2012 и ГОСТ 32771-2014 соответственно.

Для определения качественного и количественного состава свободных аминокислот методом ВЭЖХ использовали прибор Agilent Technologies 1200 Series с хроматографической колонкой Luna 5u C18(2) 150×4,6 мм 5 μ (Phenomenex, США) с предколонкой. Пробоподготовку и определение осуществляли в соответствии с ФР. 1.31.2012.13428 «Методика измерений массовой концентрации свободных аминокислот в напитках алкогольных и безалкогольных методом высокоэффективной жидкостной хроматографии». Применяли следующие рабочие параметры жидкостного хроматографа: скорость потока элюента (ацетонитрил/ацетатный буферный раствор) – 1,0 см^3/мин; градиент, %: 0–28 мин – 10/90; 29–40 мин – 28/72; 41–50 мин – 25/75; 51–55 мин – 50/50; 56–60 мин – 90/10; 61–63 мин – 10/90.

Сахаро-кислотный индекс определяли расчетным путем в виде соотношения массовых концентраций редуцирующих сахаров и титруемых кислот.

Качественный состав и массовую концентрацию высших спиртов в фруктовых дистиллятах определяли с использованием газовой хроматографии на приборе Thermo Trace GC Ultra (Thermo, США) с пламенно-ионизационным детектором по ГОСТ 33834-2016. С целью проведения сравнительного анализа исследованных образцов концентрацию основных высших спиртов выражали в мг/дм^3 безводного спирта (мг/дм^3 б.с.).

Для обработки результатов исследований использовали статистический метод обработки экспериментальных данных, в ходе которого определяли средние значения величин из 3–5 измерений каждого образца, среднеквадратичное отклонение и доверительный интервал [19]. Математическую обработку осуществляли с помощью программ Excell и Statistika. В таблицах приведены минимальное и максимальное значения каждого показателя. Количество образцов каждого вида фруктового сырья варьировалось от 3 до 7.

Результаты и их обсуждение

На первом этапе исследований проведена сравнительная оценка основных показателей, характеризующих биохимический состав фруктового

Таблица 1. Сравнительная характеристика биохимического состава отдельных видов фруктового сырья

Table 1. Comparative analysis of the biochemical composition of fruit raw materials

Наименование сырья	Показатели				
	Массовая концентрация, г/дм^3			Сахаро-кислотный индекс	pH
	Редуцирующих сахаров	Титруемых кислот	Суммы свободных аминокислот		
Абрикос	110,2–129,8	14,5–18,5	1,4–1,9	7,0–7,5	3,0–3,5
Алыча	55,4–75,3	20,5–23,0	1,1–1,8	2,3–2,7	2,5–3,0
Вишня	69,8–110,2	11,0–15,0	1,5–3,0	6,0–7,5	3,0–3,5
Груша	64,7–79,8	2,5–3,5	0,4–0,6	20,0–25,0	4,0–4,5
Кизил	105,1–149,7	24,0–32,3	0,5–0,7	4,5–5,0	2,3–2,5
Малина	65,3–90,2	19,9–25,8	0,8–1,2	3,0–3,5	2,8–3,0
Мандарин	99,8–114,4	8,5–10,5	1,0–1,3	11,0–11,8	3,2–3,5
Слива	80,2–95,1	16,5–19,0	1,8–3,5	4,8–5,3	2,8–3,1
Черная смородина	84,8–119,6	19,7–30,1	0,6–0,9	4,0–4,3	2,3–2,6
Шелковица	110,2–139,7	1,5–2,5	1,5–7,0	60,0–65,0	5,0–5,2

сырья (табл. 1), традиционно используемого для производства дистиллятов в Российской Федерации и ближнем зарубежье.

Анализ данных, представленных в таблице 1, показал, что по массовой концентрации редуцирующих сахаров исследованное фруктовое сырье можно подразделить на две группы: с низким содержанием сахаров – до 100 г/дм^3 (алыча, груша, малина, слива) и высоким – свыше 100 г/дм^3 (абрикос, кизил, мандарин, шелковица). Массовая концентрация сахаров определяет выход спирта, образующегося в процессе сбраживания сырья, а крепость сброженного продукта, подаваемого на дистилляцию, влияет на величину коэффициентов испарения отдельных летучих компонентов.

Выявлены существенные отличия по массовой концентрации титруемых кислот в различных видах фруктового сырья. Данный показатель, во-первых, определяет выбор режимных параметров первичной переработки сырья. Во-вторых, влияет на процессы новообразования на стадиях сбраживания и дистилляции.

Одним из основных показателей оценки технологических свойств фруктового сырья для производства дистиллятов является сахаро-кислотный индекс. Данный показатель для исследованных видов плодов варьировался в широких пределах. Максимальные значения сахаро-кислотного индекса имели плоды шелковицы и груши, минимальные – алычи, малины, кизила, черной смородины и сливы. Сахаро-кислотный индекс характеризует соотношение сахаров и кислот в сырье и позволяет выбрать определенные режимные параметры его подготовки к сбраживанию и дистилляции. Используемые для сбраживания фруктового сырья винные расы дрожжей адаптированы к значениям pH на уровне 2,5–3,5. Только при таком значении активной кислотности происходит синтез ценных ароматобразующих компонентов – сложных эфиров высших жирных кислот. Кроме того, следует учитывать, что процесс сбраживания фруктового сырья длительный (от 5 дней до месяца). Использование сернистого ангидрида в качестве консерванта в технологии фруктовых дистиллятов запрещено, т. к. его применение приводит к образованию меркаптановых соединений, снижающих органолептические характеристики продукта, а образующаяся сернистая кислота агрессивна для оборудования [20]. Поэтому для фруктового сырья с высоким сахаро-кислотным индексом требуется проводить дополнительное подкисление. Для фруктов с высокой титруемой кислотностью и низким сахаро-кислотным индексом проводят разбавление мезги или сусла водой, что позволяет снизить негативное воздействие высокой кислотности на дрожжи.

По суммарному содержанию свободных аминокислот исследованные образцы фруктового сырья принципиально отличались. Минимальной концентрацией свободных аминокислот характеризовались плоды груши, кизила и черной смородины, максимальной – вишни и сливы. При этом интервал варьирования данного показателя зависел от вида сырья. Для большинства видов фруктов он изменялся в 1,5–2,1 раза. Исключение составляли образцы шелковицы. Это связано с использованием в работе как культурных, так и дикорастущих плодов. Максимальную концентрацию свободных аминокислот (7,0 мг/дм^3) из пяти исследованных образцов, среди которых были шелковица шелкопрядная, шелковица белая, шелковица черная, имел только образец шелковицы черной.

Дополнительно в работе был изучен состав и содержание моно- и дисахаридов в образцах фруктового сырья. Установлено, что для большинства исследованных видов основными являются моносахариды – глюкоза и фруктоза (табл. 2). Соотношение этих сахаров может варьироваться. В плодах абрикосов, слив и мандаринов в повышенных концентрациях содержится сахароза. По скорости потребления сахаров дрожжами *Saccharomices cerevisiae* их располагают в следующем порядке: глюкоза – фруктоза – сахароза.

Изучение состава и концентрации свободных органических кислот во фруктовом сырье было связано с тем, что они в разной степени влияют на метаболизм дрожжей и процесс сбраживания. Выявлено, что основными кислотами, в зависимости от вида сырья, являются яблочная и лимонная (табл. 3). Последняя является преобладающей для малины, черной смородины и плодов мандарина.

При оценке качественных показателей фруктового сырья, предназначенного для получения дистиллятов и напитков на их основе, важно знать качественный

Таблица 2. Состав моно- и дисахаридов фруктового сырья

Table 2. Composition of mono- and disaccharides of fruit raw materials

Наименование сырья	Массовая концентрация, г/дм^3		
	Глюкоза	Фруктоза	Сахароза
Абрикос	20–30	35–40	55–60
Алыча	20–30	30–35	5–10
Вишня	25–45	40–55	5–10
Груша	10–15	50–65	5–10
Кизил	60–80	45–70	–
Малина	40–50	20–30	5–10
Мандарин	10–15	15–20	75–80
Слива	25–30	20–25	35–40
Черная смородина	60–80	20–30	5–10
Шелковица	65–75	50–65	–

Таблица 3. Состав свободных органических кислот фруктового сырья

Table 3. Composition of free organic acids of fruit raw materials

Наименование сырья	Массовая концентрация кислот, г/дм^3				
	Яблочная	Лимонная	Винная	Молочная	Янтарная
Абрикос	12,0–14,0	2,0–3,0	–	0,3–0,5	0,5–1,0
Алыча	17,5–19,0	2,2–2,8	0,7–0,9	–	0,1–0,3
Вишня	9,5–12,0	1,0–1,5	–	0,2–0,5	0,5–1,0
Груша	2,0–3,0	0,1	0,1	0,3–0,4	–
Кизил	20,0–25,0	1,0–1,5	2,5–4,0	0,2–0,5	0,3–1,0
Малина	0,5–1,0	19,0–23,0	0,2–0,5	–	0,3–1,0
Мандарин	0,5–1,5	7,5–8,5	0,1–0,5	–	–
Слива	15,5–17,5	0,6–0,8	0,3–0,5	–	0,1–0,2
Черная смородина	5,0–7,5	14,0–20,0	–	–	1,0–2,5
Шелковица	1,3–2,0	0,1–0,2	–	–	0,1–0,3

состав и концентрацию отдельных свободных аминокислот. Это связано с тем, что аминокислоты сырья рассматриваются как один из видов питательной среды для жизнедеятельности дрожжей. По усвояемости дрожжевой клеткой аминокислоты подразделяются на хорошо усваиваемые и плохо усваиваемые. К первой группе относятся изолейцин, триптофан, аргинин, валин, гистидин, аспарагиновая кислота. Ко второй – треонин, фенилаланин, тирозин, метионин, серин, лизин, глицин, глутаминовая кислота и лейцин. Не усваивается дрожжевой клеткой пролин. Кроме того, в результате метаболизма дрожжей из аминокислот путем дезаминирования и последующего декарбоксилирования образуются летучие соединения (высшие и ароматические спирты), создающие основу аромата продукта [21].

Данные по содержанию свободных аминокислот в разных видах фруктового сырья представлены в таблице 4. Установлено, что при общем близком суммарном содержании свободных аминокислот в образцах различных видов фруктов доля отдельных аминокислот варьируется. Доля аспарагиновой кислоты составляет от 7 (в плодах мандарина) до 22 % (в абрикосах) и от 5 до 11 % для шелковицы и вишни соответственно. Доля аспарагина, в зависимости от вида фруктов, составляла от 2 (малина) до 60 % (плоды алычи). Для образцов груши, кизила и черной смородины с минимальной массовой концентрацией свободных аминокислот выявлены превалирующие в составе аминокислоты – аспарагин, пролин и аланин (для кизила). В связи с низким содержанием свободных аминокислот в данных видах сырья на стадии сбраживания использовали дополнительные источники азотистого питания в виде активатора Шиха Спид Ферм. В его составе основными являются аспарагиновая и глутаминовая кислоты, а также аспарагин и глутамин [22].

Производство фруктовых дистиллятов предусматривает первичную переработку сырья, стадию подготовки к дистилляции (сбраживание мезги, отделение и сбраживание сока, мацерация мезги с частичным подбраживанием) и непосредственно процесс дистилляции. Основные биохимические процессы, приводящие к трансформации компонентов фруктового сырья, происходят при брожении. Глубина изменений зависит от исходного биохимического состава плодов и способа подготовки сырья к дистилляции. На стадии сбраживания, помимо потребления сахаров дрожжами с образованием этилового спирта и диоксида углерода, протекают сопутствующие процессы, приводящие к образованию вторичных и побочных продуктов брожения. В процентном отношении среди последних преобладают высшие спирты. Основными высшими спиртами, составляющими основу аромата конечного продукта, являются 1-пропанол, изобутанол и изоамилол.

В настоящей работе впервые проведены исследования по выявлению взаимосвязи между видом используемого фруктового сырья и соотношением основных высших спиртов в дистилляте. Традиционно при подготовке фруктового сырья к дистилляции используют наиболее простой и экономичный способ, основанный на сбраживании мезги. Установлено, что массовая концентрация 1-пропанола, изобутанола и изоамилола, а также суммарное содержание высших спиртов не позволяют идентифицировать дистиллят по виду использованного сырья (табл. 5). Дистилляты из плодов кизила и черной смородины, характеризующиеся близкими значениями по суммарному содержанию органических кислот, свободных аминокислот, сахаров, сахаро-кислотному индексу и переработанных с использованием одинаковых технологических приемов (сбраживание мезги, разбавленной водой в присутствии активатора брожения), имели сопоставимые концентрации высших спиртов. При этом значения соотношения 1-пропанола и суммы изобутанола и изоамилола для данных видов сырья были минимальными

Таблица 4. Состав свободных аминокислот, выделенных из фруктового сырья*

Table 4. Composition of free amino acids isolated from fruit raw materials*

Наименование аминокислоты	Массовая концентрация, мг/дм^3									
	Абрикос	Алыча	Вишня	Груша	Кизил	Малина	Мандарин	Слива	Черная смородина	Шелковица
Аспарагиновая	350	180	240	20	65	20	90	480	35	105
Глутаминовая	40	15	25	40	–	45	75	50	45	10
Аспарагин	220	890	1200	200	180	25	145	1100	50	880
Гистидин	60	–	10	–	10	5	10	40	20	60
Серин	30	10	15	10	–	40	85	100	60	140
Глутамин	95	100	200	30	30	65	60	110	40	320
Пролин	250	210	350	170	150	350	260	120	80	190
Аргинин	25	15	–	–	–	–	370	40	10	35
Глицин	30	10	–	–	–	35	5	40	30	15
Треонин	25	15	30	–	–	45	20	45	–	20
Аланин	200	20	50	10	150	30	55	120	10	120
Тирозин	65	–	–	–	5	20	15	30	35	30
Валин	50	–	–	–	–	20	10	30	100	20
Метионин	5	–	–	–	–	45	0	40	–	10
Триптофан	50	–	–	–	–	25	0	40	35	15
Изолейцин	20	–	–	–	–	60	0	60	60	10
Фенилаланин	100	20	30	–	–	20	25	65	15	25
Лейцин	65	15	20	–	–	150	–	70	120	25
Лизин	20	10	20	–	–	10	15	30	15	10
Сумма	1700	1510	2190	480	590	1010	1240	2610	760	2040

* В таблице приведены средние значения.

* Mean values.

и существенно отличались между собой (в 2–4 раза). Выявленный факт связан с тем, что среди органических кислот в кизиле превалирует яблочная кислота, а в черной смородине – лимонная. Обе кислоты входят в цикл ди- и трикарбоновых кислот спиртового брожения и оказывают различное влияние на метаболизм дрожжевой клетки. Кроме того, кизил и черная смородина отличаются по составу свободных аминокислот. В кизиле основными аминокислотами являются аспарагин и аланин (без учета не используемого дрожжами пролина), а в плодах черной смородины преобладают валин и лейцин. Таким образом, по величине соотношения основных высших спиртов можно четко разделить дистилляты из данных видов сырья – кизил или черная смородина.

Плоды алычи характеризовались самым низким значением сахаро-кислотного индекса, а по содержанию свободных аминокислот занимали промежуточное положение. Дистилляты, полученные из сброженной алычевой мезги, отличались характерным соотношением высших спиртов – 0,32–0,35. Плоды малины, как и алычи, характеризовались пониженным значением сахаро-кислотного индекса и довольно низким содержанием суммы аминокислот, что предусматривало проведение процесса брожения с внесением дополнительного азотистого питания. Значения показателя, характеризующего соотношение высших спиртов в дистилляте из сброженной малиновой мезги, находились в узких пределах (0,17–0,18). Однако они входят в пределы значений для дистиллятов из груши. Поэтому данный показатель не может рассматриваться как идентификационный для этих видов сырья.

Анализ концентрации и соотношения высших спиртов в дистиллятах из низкокислотного сырья (груша, шелковица) показал, что, несмотря на значительные отличия в абсолютных значениях концентрации сахаров и сахаро-кислотного индекса, не выявлено существенных отличий в величине соотношения высших спиртов. Это связано с тем, что в данных видах сырья качественный состав и концентрация органических кислот имеют близкие значения. Как в груше, так и в шелковице основной является яблочная кислота, концентрация которой варьируется в пределах 1,3–3,0 г/дм^3. Существенная разница в качественном составе и концентрации свободных аминокислот в груше и шелковице была

Таблица 5. Содержание высших спиртов во фруктовых дистиллятах (способ 1)

Table 5. Content of higher alcohols in fruit distillates (method 1)

Наименование сырья	Массовая концентрация, мг/дм³ б.с.				Соотношение 1-пропанол/изобутанол + изоамилол
	Всего высших спиртов	1-пропанол	Изобутанол	Изоамилол	
Абрикос	2530–4310	1180–1510	340–890	770–1810	0,71–0,91
Алыча	4170–5580	760–1420	870–1820	1500–2250	0,32–0,35
Вишня	2990–6100	830–2340	360–1300	1040–2350	0,59–0,64
Груша	2600–5150	430–660	760–1020	1360–3700	0,14–0,20
Кизил	6450–7250	240–350	1800–2100	4300–5100	0,02–0,04
Малина	3910–5680	550–770	1100–1640	1990–2990	0,17–0,18
Мандарин	3400–5140	600–730	730–880	1600–3230	0,18–0,26
Слива	3620 –5750	1050–1870	550–1350	1620–2050	0,48 – 0,50
Черная смородина	5260–6280	410–510	1080–1280	3750–4560	0,08–0,10
Шелковица	3230–4700	600–920	960–1720	1300–2340	0,20–0,30

нивелирована тем, что при переработке первой дополнительно вносили активатор брожения.

Плоды мандарина относятся к группе цитрусовых и содержат, в отличие от традиционных видов фруктов, повышенное количество эфирных масел. Данный вид сырья характеризуется высоким сахаро-кислотным индексом и средним содержанием свободных аминокислот. В дистиллятах из сброженной мандариновой мезги диапазон величин соотношения высших спиртов близок к показателю, рассчитанному для дистиллятов из шелковицы.

Дистилляты из абрикосов, вишни и сливы характеризовались высокими значениями соотношения высших спиртов, причем максимальное – в дистиллятах из абрикосов. Данные виды дистиллятов получены с использованием одинаковых технологических параметров. Плоды имели сопоставимые значения по концентрации сахаров и титруемых кислот, а также по соотношению отдельных сахаров и органических кислот. Однако различались по величине сахаро-кислотного индекса. Кроме того, плоды абрикоса характеризовались пониженным содержанием свободных аминокислот – на 30–40 %. Анализ состава и концентрации отдельных аминокислот показал (табл. 4), что в плодах абрикоса суммарное содержание аспарагина и аспарагиновой кислоты составляет около 30 %, а в плодах вишни и сливы – на уровне 60–65 %. Данные различия могли быть одной из причин, повлиявших на величину соотношения высших спиртов в дистиллятах. Различия в величине соотношения высших спиртов в дистиллятах из косточкового сырья, относящегося к роду *Prunus*, позволяют провести их идентификацию.

Расчетные значения соотношения высших спиртов в дистиллятах из алычи отличались от данных для других видов сырья, что также позволяет считать их идентификационным критерием.

Несмотря на существенные различия в видах сырья, между малиной и мандарином не выявлено четкой границы в величине соотношения высших спиртов.

Дополнительно в работе исследовано влияние способов подготовки сырья к дистилляции на состав и соотношение высших спиртов. Установлено, что использование способов, предусматривающих отделение сока от мезги и его сбраживание (способ 2) или подбраживания мезги с последующей мацерацией (способ 3), является причиной снижения концентрации высших спиртов в дистилляте по сравнению с переработкой фруктового сырья по способу 1.

При сбраживании сока, по сравнению с переработкой мезги, снижается общее содержание высших спиртов в 1,2–1,5 раза (табл. 6). Это связано с неполным переходом экстрактивных компонентов сырья из мезги в сок, что ранее было отмечено в ряде работ [23, 24]. Кроме того, наличие твердых частиц в мезге препятствует оседанию дрожжей при сбраживании и способствует интенсификации процесса. При этом соответствие вида сырья и величины соотношения концентрации 1-пропанола и суммы изобутанола и изоамилола сохранилось. Выявлена лишь тенденция некоторого повышения численного значения данного показателя. Последнее может быть связано с изменением метаболизма дрожжевой клетки в условиях изменения реологических характеристик сбраживаемой среды, а также с возможностью изменения ее биохимического состава.

При получении дистиллята, включающего на стадии подготовки сырья подбраживание фруктовой мезги и ее мацерацию этанолом (способ 3), отмечено еще более существенное снижение концентрации высших спиртов – в 2,5–3 раза по сравнению со способом 1 (сбраживание мезги) (табл. 7).

Таблица 6. Содержание высших спиртов во фруктовых дистиллятах (способ 2)

Table 6. Content of higher alcohols in fruit distillates (method 2)

Наименование сырья	Массовая концентрация, мг/дм^3 б.с.				Соотношение 1-пропанол/изобутанол + изоамилол
	Всего высших спиртов	1-пропанол	Изобутанол	Изоамилол	
Абрикос	2110–3080	850–1430	410–610	730–950	0,74–0,92
Алыча	3210–3750	680–960	670–1020	1510–1750	0,31–0,35
Вишня	2300–4070	870–1770	350–930	940–1350	0,62–0,65
Груша	1860–3450	290–580	550–910	980–1850	0,15–0,22
Кизил	5180–5350	200–300	1050–1170	3510–3730	0,04–0,06
Малина	2610–4060	380–570	560–1080	1370–2270	0,19–0,20
Мандарин	2620–3430	510–790	590–950	1410–1720	0,20–0,30
Слива	2800–4100	910–1470	420–790	1320–1680	0,49–0,51
Черная смородина	3500–4490	260–450	870–1010	2160–2350	0,09–0,10
Шелковица	2480–3620	530–870	690–1200	940–1490	0,26–0,32

Таблица 7. Содержание высших спиртов во фруктовых дистиллятах (способ 3)

Table 7. Content of higher alcohols in fruit distillates (method 3)

Наименование сырья	Массовая концентрация, мг/дм^3 б.с.				Соотношение 1-пропанол/изобутанол + изоамилол
	Всего высших спиртов	1-пропанол	Изобутанол	Изоамилол	
Абрикос	1100–1970	350–520	110–380	360–1050	0,69–0,87
Алыча	2700–3450	650–910	870–1140	1150–1430	0,30–0,32
Вишня	2010–4330	760–1880	320–850	880–1530	0,55–0,60
Груша	2930–3670	460–570	560–710	1740–2970	0,14–0,20
Кизил	6180–6850	200–400	1530–2210	3820–4300	0,02–0,04
Малина	2400–4800	510–970	760–1300	1120–2400	0,19–0,20
Мандарин	1560–2820	340–550	350–560	700–1810	0,17–0,24
Слива	3000–4280	860–2100	440–1040	1290–1490	0,47–0,50
Черная смородина	4620–5830	370–480	910–980	3300–4020	0,08–0,10
Шелковица	1050–2100	360–730	200–450	290–850	0,16–0,22

Данный факт обусловлен разбавлением среды водно-спиртовым раствором. Также причиной является неполное сбраживание сахаров и сокращенная длительность процесса. В этом случае сохранялось соответствие вида сырья и величины соотношения концентрации 1-пропанола и суммы изобутанола и изоамилола. Абсолютные значения этого показателя для большинства образцов имеют тенденцию к снижению. Причиной может быть неравномерность синтеза дрожжами отдельных высших спиртов.

Выводы

В настоящей работе впервые проведены исследования по выявлению взаимосвязи между видом используемого фруктового сырья и соотношением основных высших спиртов в дистилляте. На основании исследования основных физико-химических показателей десяти видов фруктового сырья, качественного и количественного состава сахаров, органических кислот и свободных аминокислот, а также концентрации основных высших спиртов в фруктовых дистиллятах выявлена определенная взаимосвязь вида сырья и величины соотношения высших спиртов. Установлены пределы варьирования показателя, характеризующего отношение массовой концентрации 1-пропанола к сумме концентраций изобутанола и изоамилола, позволяющие считать его в качестве идентификационного для дистиллятов из следующих видов фруктового сырья: кизил – 0,02–0,06; черная смородина – 0,08–0,10; алыча – 0,30–0,35; слива – 0,47–0,51; вишня – 0,55–0,65; абрикос – 0,69–0,92. Способ подготовки сырья к дистилляции не оказывает существенного влияния на дифференциацию величин предлагаемого идентификационного показателя.

Полученные результаты не позволяют рекомендовать данный показатель для идентификации дистиллятов из груши, малины, мандаринов и шелковицы, т. к. его значения находились в сопоставимых пределах и составляли 0,14–0,22, 0,17–0,20, 0,17–0,30 и 0,16–0,32 соответственно.

Считаем перспективным проведение дальнейших исследований в области поиска дополнительных идентификационных показателей на основе определения концентрации и соотношений других летучих компонентов фруктовых дистиллятов, в том числе содержащихся в незначительных количествах, которые являются индикатором данного вида сырья с использованием ГХ-МС анализа.

Критерии авторства

Авторы в равной степени участвовали в подготовке и написании статьи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

All the authors contributed equally to the study and bear equal responsibility for information published in this article.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this article.

Список литературы

1. The effect of distillation conditions and alcohol content in “heart” fractions on the concentration of aroma volatiles and undesirable compounds in plum brandies / M. Balcerek [et al.] // Journal of the Institute of Brewing. 2017. Vol. 123. № 3. P. 452–463. https://doi.org/10.1002/jib.441.

2. Spirit distillation strategies for aroma improvement using column reflux / J. J. Rodrĭguez-Bencomo [et al.] // Food and Bioprocess Technology. 2016. Vol. 9. № 11. P. 1885–1892. https://doi.org/10.1007/s11947-016-1776-0.

3. Vyviurska O., Zvrškovcová H., Špánik I. Distribution of enantiomers of volatile organic compounds in selected fruit distillates // Chirality. 2017. Vol. 29. № 1. P. 14–18. https://doi.org/10.1002/chir.22669.

4. Agalarov R., Ragimov R., Gasanov R. Characterization of traditional fruit brandy produced in Azerbaijan // Advances in Biology and Earth Sciences. 2017. Vol. 2. № 3. P. 263–270.

5. Содержание пектинов в различных видах плодовых культур и их физико-химические свойства / Д. Р. Созаева [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. Т. 68. № 2. С. 170–174. https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-2-170-174.

6. Apricots: biochemistry and functional properties / F. Fratianni [et al.] // Current Opinion in Food Science. 2018. Vol. 19. P. 23–29. https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.12.006.

7. Chemical and technological characteristic of plum cultivars of *Prunus domestica* L. / S. Dimkova [et al.] // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2018. Vol. 24. P. 43–47.

8. Касумова А. А. Изучение химического состава дикорастущих плодов и ягод Гянджа-Газахской зоны // Хранение и переработка сельхозсырья. 2017. № 10. С. 34–36.

9. Горшков В. М., Абильфазова Ю. С., Викулова Л. С. Биохимические показатели качества плодов мандарина, выращенных в субтропиках России в сравнении с плодами импортной продукции // Новые технологии. 2019. Т. 50. № 4. С. 125–135. https://doi.org/10.24411/2072-0920-2019-10412.

10. Koreňovská M., Suhaj M. Multivariate geographical characterisation of Slovak fruit distillates through mineral elements profile // Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. 2011. Vol. 5. № 4. P. 38–41. https://doi.org/10.5219/164.

11. Berghian-Grosan C., Magdas D. A. Application of Raman spectroscopy and Machine Learning algorithms for fruit distillates discrimination // Scientific Reports. 2020. Vol. 10. № 1. https://doi.org/10.1038/s41598-020-78159-8.

12. Plutowska B., Wardencki W. Application of gas chromatography-olfactometry (GC-O) in analysis and quality assessment of alcoholic beverages – A review // Food Chemistry. 2008. Vol. 107. № 1. P. 449–463. https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2007.08.058.

13. Дубинина Е. В., Алиева Г. А. Исследование корреляционной зависимости между органолептической оценкой и содержанием летучих компонентов плодовых водок // Виноделие и виноградарство. 2015. № 3. С. 29–34.

14. Research of technological parameters and criteria for evaluating distillate production from dried Jerusalem artichoke / L. A. Oganesyants [et al.] // Carpathian Journal of Food Science and Technology. 2019. Vol. 11. № 2. P. 185–196. https://doi.org/10.34302/crpjfst/2019.11.2.15.

15. Fermentation results and chemical composition of agricultural distillates obtained from rye and barley grains and the corresponding malts as a source of amylolytic enzymes and starch / M. Balcerek [et al.] // Moleculas. 2016. Vol. 21. № 10. https://doi.org/10.3390/molecules21101320.

16. Influence of various yeast strains and selected starchy raw materials on production of higher alcohols during the alcoholic fermentation process / G. Kłosowski [et al.] // Europian Food Research and Technology. 2015. Vol. 240. № 1. P. 233–242. https://doi.org/10.1007/s00217-014-2323-8.

17. Дубинина Е. В., Осипова В. П., Трофимченко В. А. Влияние способа подготовки сырья на состав летучих компонентов и выход дистиллятов из малины // Пиво и напитки. 2018. № 1. С. 30–34.

18. Влияние рас дрожжей рода *Saccharomyces* на процесс сбраживания кизиловой мезги / Л. А. Оганесянц [и др.] // Пищевая промышленность. 2021. № 1. С. 41–45. https://doi.org/10.24411/0235-2486-2021-10008.

19. Гребенникова И. В. Методы математической обработки экспериментальных данных. Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2015. 124 с.

20. Оганесянц Л. А., Панасюк А. Л., Рейтблат Б. Б. Теория и практика плодового виноделия. М.: Развитие, 2011. 396 с.

21. Walker G. M., Stewart G. G. *Saccharomyces cerevisiae* in the production of fermented beverages // Beverages. 2016. Vol. 2. № 4. https://doi.org/10.3390/beverages2040030.

22. Оценка перспектив применения активаторов брожения в технологии дистиллятов из плодов кизила / Л. А. Оганесянц [и др.] // Ползуновский вестник. 2020. № 3. С. 24–30. https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2020.03.004.

23. Assessment of volatile organic compounds from banana *Terra* subjected to different alcoholic fermentation processes / M. Carobiango [et al.] // Food Science and Technology. 2016. Vol. 36. № 3. P. 510–519. https://doi.org/10.1590/1678-457X.02915.

24. Макаров С. С., Макаров С. Ю., Панасюк А. Л. Влияние различных технологических факторов на состав антоцианов при производстве вина из черной смородины // Техника и технология пищевых производств. 2018. Т. 48. № 3. С. 72–80. https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-72-80.

References

1. Balcerek M, Pielech-Przybylska K, Patelski P, Dziekonska-Kubczak U, Strak E. The effect of distillation conditions and alcohol content in “heart” fractions on the concentration of aroma volatiles and undesirable compounds in plum brandies. Journal of the Institute of Brewing. 2017;123(3):452–463. https://doi.org/10.1002/jib.441.

2. Rodrĭguez-Bencomo JJ, Perez-Correa JR, Orriols I, Lopez F. Spirit distillation strategies for aroma improvement using column reflux. Food and Bioprocess Technology. 2016;9(11):1885–1892. https://doi.org/10.1007/s11947-016-1776-0.

3. Vyviurska O, Zvrškovcová H, Špánik I. Distribution of enantiomers of volatile organic compounds in selected fruit distillates. Chirality. 2017;29(1):14–18. https://doi.org/10.1002/chir.22669.

4. Agalarov R, Ragimov R, Gasanov R. Characterization of traditional fruit brandy produced in Azerbaijan. Advances in Biology and Earth Sciences. 2017;2(3):263–270.

5. Sozaeva DR, Dzhaboeva AS, Shaova LG, Tsagoeva OK. The pectin content in different types of fruit crops and their physicochemical characteristics. Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2016;68(2):170–174. (In Russ.). https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-2-170-174.

6. Fratianni F, Ombra MN, d’Acierno A, Cipriano L, Nazzaro F. Apricots: biochemistry and functional properties. Current Opinion in Food Science. 2018;19:23–29. https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.12.006.

7. Dimkova S, Ivanova D, Stefanova B, Marinova N, Todorova S. Chemical and technological characteristic of plum cultivars of *Prunus domestica* L. Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2018;24:43–47.

8. Kasumova AA. Study of the chemical composition of wild fruits and berries in the Ganja-Gazakh zone. Storage and Processing of Farm Products. 2017;(10):34–36. (In Russ.).

9. Gorshkov VM, Abilfazova JS, Vikulova LS. Biochemical quality indicators of tangerine fruits grown in the subtropics of Russia compared with imported fruits. New Technologies. 2019;50(4):125–135. (In Russ.). https://doi.org/10.24411/2072-0920-2019-10412.

10. Koreňovská M, Suhaj M. Multivariate geographical characterisation of Slovak fruit distillates through mineral elements profile. Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. 2011;5(4):38–41. https://doi.org/10.5219/164.

11. Berghian-Grosan C, Magdas DA. Application of Raman spectroscopy and Machine Learning algorithms for fruit distillates discrimination. Scientific Reports. 2020;10(1). https://doi.org/10.1038/s41598-020-78159-8.

12. Plutowska B, Wardencki W. Application of gas chromatography-olfactometry (GC-O) in analysis and quality assessment of alcoholic beverages – A review. Food Chemistry. 2008;107(1):449–463. https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2007.08.058.

13. Dubinina EV, Alieva GA. Correlation study between organoleptic evaluation and the content of volatile components of fruit vodkas. Vinodelie i vinogradarstvo [Winemaking and Viticulture]. 2015;(3):29–34. (In Russ.).

14. Oganesyants LA, Peschanskaya VA, Krikunova LN, Dubinina EV. Research of technological parameters and criteria for evaluating distillate production from dried Jerusalem artichoke. Carpathian Journal of Food Science and Technology. 2019;11(2):185–196. https://doi.org/10.34302/crpjfst/2019.11.2.15.

15. Balcerek M, Pielech-Przybylska K, Dziekonska-Kubczak U, Patelski P, Strak E. Fermentation results and chemical composition of agricultural distillates obtained from rye and barley grains and the corresponding malts as a source of amylolytic enzymes and starch. Moleculas. 2016;21(10). https://doi.org/10.3390/molecules21101320.

16. Kłosowski G, Mikulski D, Macko D, Miklaszewska B, Kotarska K, Czuprynski B. Influence of various yeast strains and selected starchy raw materials on production of higher alcohols during the alcoholic fermentation process. Europian Food Research and Technology. 2015;240(1):233–242. https://doi.org/10.1007/s00217-014-2323-8.

17. Dubinina EV, Osipova VP, Trofimchenko VA. Influence of preparation method on volatile compounds content and output of distillates from raspberry. Beer and beverages. 2018;(1):30–34. (In Russ.).

18. Oganesyants LA, Peschanskaya VA, Dubinina EV, Krikunova LN. Influence of *Saccharomyces* yeast races on the fermentation process of the cornel pulp. Food Industry. 2021;(1):41–45. (In Russ.). https://doi.org/10.24411/0235-2486-2021-10008.

19. Grebennikova IV. Metody matematicheskoy obrabotki ehksperimental′nykh dannykh [Methods for mathematical processing of experimental data]. Ekaterinburg: Izdatel′stvo Ural′skogo universiteta; 2015. 124 p. (In Russ.).

20. Oganesyants LA, Panasyuk AL, Reytblat BB. Teoriya i praktika plodovogo vinodeliya [Theory and practice of fruit winemaking]. Moscow: Razvitie; 2011. 396 p. (In Russ.).

21. Walker GM, Stewart GG. *Saccharomyces cerevisiae* in the production of fermented beverages. Beverages. 2016;2(4). https://doi.org/10.3390/beverages2040030.

22. Oganesyants LA, Krikunova LN, Dubinina EV, Shvets SD. Otsenka perspektiv primeneniya aktivatorov brozheniya v tekhnologii distillyatov iz plodov kizila [Prospects for fermentation activators in distillates of Cornelian cherries]. Polzunovskiy vestnik. 2020;(3):24–30. (In Russ.). https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2020.03.004.

23. Carobiango M, Diniz IM, Andre LC, Oliveira ES, Cardeal ZL. Assessment of volatile organic compounds from banana *Terra* subjected to different alcoholic fermentation processes. Food Science and Technology. 2016;36(3):510–519. https://doi.org/10.1590/1678-457X.02915.

24. Makarov SS, Makarov SYu, Panasyuk AL. Influence of various technological factors on the composition of anthocyanins in black currant wine production. Food Processing: Techniques and Technology. 2018;48(3):72–80. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-72-80.