DOI 10.21603/2074-9414-2018-1-48-56
УДК 663.542

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ДИСТИЛЛЯЦИИ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИСТИЛЛЯТОВ ИЗ СУШЕНОГО ТОПИНАМБУРА

Л. Н. Крикунова, Е. В. Дубинина*

ВНИИПБиВП – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН
Россия, 119021, г. Москва, ул. Россолимо, 7

**e-mail: elena-vd@yandex.ru*

Дата поступления в редакцию: 20.12.2017
Дата принятия в печать: 16.03.2018

© Л. Н. Крикунова, Е. В. Дубинина, 2018

Аннотация. В данной статье рассматриваются перспективы использования сушеного топинамбура в качестве альтернативного сырья при производстве дистиллированных спиртных напитков. Целью исследований явилось выявление влияния способов дистилляции сброженного сусла из сушеного топинамбура на выход и качественные характеристики дистиллята. Выбор сушеного топинамбура в качестве сырья для производства спиртных напитков по сравнению с переработкой свежих клубней обоснован возможностью круглогодичного производства продукции, стабильностью его биохимического состава, высокой микробиологической чистотой и повышенным содержанием низкомолекулярных фракций сбраживаемых углеводов. Исследование физико-химических и органолептических показателей сброженного сусла, спирта-сырца и дистиллята осуществляли с применением стандартизированных методов анализа. Были рассмотрены два варианта дистилляции: однократная и двукратная. При выполнении экспериментов использовали сушеный топинамбур с влажностью 6,1 % и содержанием инулина 54,2 %. Сброженное сусло получали одностадийным способом. Дистилляцию осуществляли на установке периодического действия «Kothe Destillationstechnik» (Германия). Установлено, что способ дистилляции влияет на распределение этилового спирта по фракциям и определяет его потери. Двукратная дистилляция характеризуется повышенными потерями этилового спирта. Потери этанола возрастали с 3,6 % при однократной дистилляции и до 5,2 % при двукратной дистилляции. Было показано, что в процессе однократной дистилляции сброженного сусла из сушеного топинамбура образуется больше летучих компонентов, чем при двукратной дистилляции. В первом случае их количество возрастает на 10,0 %, а во втором – лишь на 3,5 %. Данные по составу летучих компонентов в дистиллятах позволили обосновать преимущества применения однократной дистилляции, заключающиеся в получении продукта, обогащенного ценными летучими компонентами и с меньшим содержанием метанола как наиболее токсичной примеси.

Ключевые слова. Сушеный топинамбур, дистилляция, летучие компоненты

Для цитирования: Крикунова, Л. Н. Влияние способов дистилляции на качественные характеристики дистиллятов из сушеного топинамбура / Л. Н. Крикунова, Е. В. Дубинина // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 1. – С. 48–56. DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-48-56.

EFFECT OF DISTILLATION METHODS ON QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF DISTILLATES OBTAINED FROM DRIED JERUSALEM ARTICHOKE

L.N. Krikunova, E.V. Dubinina*

All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry – Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center of Food Sistems of RAS,
7, Rossolimo Str., Moscow, 119021, Russia

**e-mail: elena-vd@yandex.ru*

Received: 20.12.2017
Accepted: 16.03.2018

© L.N. Krikunova, E.V. Dubinina, 2018

Abstract. The given article considers the perspectives of using dried Jerusalem artichoke as an alternative raw material in distilled spirits production. The main objective of the research was to determine the effect of distillation methods of fermented wort obtained from dried Jerusalem artichoke on the distillate output and quality. The authors took dried Jerusalem artichoke instead of its fresh tubers for processing as a raw material for alcohol drinks production because it is possible to use it during for the whole year to produce beverages. Besides dried Jerusalem artichoke has stable biochemical composition, high microbiological quality, and higher content of low-molecular fractions of fermented carbohydrates. The study of physical, chemical and organoleptic properties of the fermented wort, crude alcohol and distillate was carried out using standard analytical methods. The authors considered two types of distillation: single and double. During the experiments they used dried Jerusalem artichoke with humidity 6.1% and inulin content equal 54.2%. Fermented wort was obtained by means of single-stage method. Distillation was performed using distillation unit “Kothe Destillationstechnik” (Germany). The authors determined that distillation method has an influence on the distribution of ethanol into fractions and determines its loss. Double distillation leads to higher loss of ethanol. Ethanol loss increased from 3.6% after single distillation up to 5.2% after

double distillation. The authors showed that during single distillation of the fermented wort obtained from dried Jerusalem artichoke more volatile components are formed compared to double distillation. In the first case their number increases by 10.0%, in the second case – only by 3.5%. The data on the composition of volatile constituents in the distillates allowed to prove that single distillation has a number of advantages such as the production of liquids rich in valuable volatile constituents and lower methanol content which is considered as the most toxic impurity.

Keywords. Dried Jerusalem artichoke, distillation, volatile constituents

For citation: Krikunova L.N., Dubinina E.V. Effect of Distillation Methods on Qualitative Characteristics of Distillates Obtained from Dried Jerusalem Artichoke. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 1, pp. 48–56 (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-48-56.

Введение

Широкий интерес к использованию топинамбура в ряде отраслей пищевой промышленности объясняется высокой экономической эффективностью производства. Так, в спиртовой отрасли топинамбур считается одним из самых дешевых видов сырья. Выход спирта из него в 1,5–3,5 раза выше, чем при переработке картофеля и зерна при пересчете на 1 га. Это связано с тем, что углеводы составляют основную массу сухого вещества клубней. Их количество может достигать 80 и даже 90 %.

Основу углеводного комплекса топинамбура составляют фруктоза и ее полимеры различной степени сложности, высшим гомологом которых является инулин [1]. Обычно в растительном организме находится не чистый инулин, а смесь фруктозанов, или, по меньшей мере, инулин с большой группой фруктозанов, или так называемых левулезанов, или инулидов [2]. Второе место в количественном отношении после фруктозанов занимают полисахариды топинамбура, входящие в состав клеточных оболочек тканей клубней. Из них большая часть – целлюлоза и пектиновые вещества (80–82 %), а на последнем месте в количественном отношении стоят гемицеллюлозы [1–4].

Топинамбур с точки зрения хранения является сложным сырьем. Тонкий защитный пробковый слой делает данный вид сырья нестойким в хранении [5]. В качестве альтернативы можно предложить вариант использования сушеного топинамбура, полученного в результате высушенных по мягкому режиму ломтиков из свежих клубней топинамбура [6]. К преимуществам последнего следует отнести, во-первых, возможность круглогодичного производства продукции, во-вторых, стабильность его биохимического состава и высокую микробиологическую чистоту. Кроме того, использование сушеного топинамбура позволяет существенно упростить технологический процесс, исключив такие операции, как мойка сырья и его дробление [7].

Ранее установлено [8], что в процессе сушки свежего топинамбура, происходящем при мягких температурных режимах, протекали ферментативные процессы за счет действия собственных ферментов сырья и, как следствие, изменялся состав его фруктозосодержащих компонентов. Показано, что в процессе сушки сырья в нем увеличивается содержание низкомолекулярных фракций: ФI (свободных редуцирующих сахаров) возрастает в среднем в 3–5 раз; ФII (олигосахаридов и низкомолекулярных фракций инулина) увеличивается приблизительно в 1,5 раза. Содержание высокомолекулярных компонентов – фракции Ф III, напротив, снижается. Данный факт, прежде всего, связан с протеканием процессов ферментативного гидролиза высокомолекулярных фракций инулина под действием собственных инулиназ сырья (по данным отечественных ученых суммарная гидролазная активность в клубнях топинамбура составляет 3,3–4,5 ИН ед./г инулина сырья [9]). В целом происходит деполимеризация основных углеводных компонентов сырья и, как следствие, повышается степень их доступности к ферментативному гидролизу. Выявленные особенности биохимического состава сушеного топинамбура были учтены авторами при разработке оптимальных технологических параметров на этапах получения и сбраживания осахаренного сусла [10, 11].

Следующим этапом производства дистиллятов из любого вида растительного сырья является непосредственно процесс дистилляции, который может осуществляться как на периодически действующих, так и на непрерывно действующих установках. Для получения дистиллятов высокого качества применяются установки периодического действия. Принципиально способы дистилляции на таких установках можно разделить на однократную и двукратную дистилляцию. В первом случае перегонка сброженного сусла осуществляется фракционированно с выделением трех фракций: головной, средней (непосредственно дистиллята) и хвостовой. Двукратная перегонка включает два этапа: при первом получают спирт-сырец, а при втором, перегоняя спирт-сырец, – дистилляты.

Практика показала, что выбор способа дистилляции зависит от исходных характеристик сырья. Так, однократная перегонка при получении коньячных дистиллятов не всегда обеспечивает их высокое качество [12, 13]. Напротив, считается, что для получения высококачественных фруктовых дистиллятов из сброженной мезги больше подходит однократная фракционированная дистилляция [14–16]. При разработке технологии спиртных напитков на основе зерновых дистиллятов также рекомендована однократная схема дистилляции [17].

До настоящего времени не проводились исследования по влиянию способов дистилляции

сусла из топинамбура на выход и качественные характеристики дистиллятов, поэтому тема настоящей работы является актуальной.

Объекты и методы исследований

В качестве объектов исследования использовали сброженное сусло из сушеного топинамбура, подготовленное к дистилляции по рекомендованному одностадийному способу [10, 11], и дистиллят из топинамбура, полученный в результате однократной и двукратной дистилляции.

Дистилляцию осуществляли на установке периодического действия кубового типа «Kothe Destillationstechnik» (Германия), конструкция которой позволяет осуществлять процесс в двух режимах.

Определение физико-химических и органолептических показателей сброженного сусла, спирта-сырца и дистиллята осуществляли с применением стандартизированных методов анализа [18, 19]. Качественный и количественный состав летучих компонентов определяли методом газовой хроматографии на приборе «Кристалл 5000.1» («Хроматек», Россия) по действующей методике [20].

Определение всех показателей проводили в 3–5 повторностях. При обработке результатов исследований использовали метод математической статистики, в ходе которого определяли среднее значение полученных результатов, среднее квадратичное отклонение и доверительный интервал. В таблицах и рисунках результаты представлены в виде средних арифметических.

Результаты и их обсуждение

В работе были рассмотрены два варианта дистилляции: однократная и двукратная. При выполнении экспериментов использовали сушеный топинамбур с влажностью 6,1 % и содержанием инулина 54,2 %. Сусло получали одностадийным способом. Способ предусматривает смешивание сушеного топинамбура с водой при гидромодуле 1:4,5, внесение экзоинулиназы в дозировке 4,0 ед.ИН/г инулина сырья (ферментный препарат Inul A.Awamori) и эндопротеиназы – 0,02 ед.ПС/г белка сырья (ферментный препарат Нейтраза 0,8 L). Далее в сусло одновременно вносили активатор брожения «Витамон комби» в концентрации 0,030 % от массы сусла и спиртовые дрожжи Fermiol с нормой внесения 100 мг/100 г сусла. Процесс сбраживания осуществляли при температуре 28–30 °С в течение 72 ч.

Как было указано ранее, исходный состав перегоняемого сырья оказывает значительное влияние на динамику перехода летучих компонентов во фракции. Поэтому на первом этапе исследований был проанализирован состав и содержание основных летучих компонентов сброженного сусла и спирта-сырца, полученного после первого этапа дистилляции, с целью выделения которого в дистилляционной установке были отключены все контактные устройства (три тарелки).

Установлено (табл. 1), что суммарное содержание летучих компонентов в спирте-сырце по сравнению с их содержанием в исходном сброженном сусле возрастает более чем в 5 раз. Вместе с тем в пересчете на абсолютный спирт оно повышается лишь на 9,7 %. В первую очередь необходимо отметить повышение концентрации метанола за счет термического разрушения пектиновых веществ сырья. Увеличение концентрации ацетальдегида связано с окислительными процессами, проходящими при дистилляции. Рост содержания энантового эфира более чем в 2 раза обусловлен присутствием в перегоняемой среде дрожжевых клеток. Напротив, содержание таких летучих компонентов, как высшие спирты и фенилэтиловый спирт, снижается на 15 и 50 % соответственно. Уменьшение концентрации высших спиртов может являться следствием их частичного окисления до соответствующих альдегидов, а концентрации фенилэтилового спирта как одного из наиболее труднолетучих компонентов – его потерями с бардой.

Также выявлено (табл. 2), что способ дистилляции влияет на распределение этилового спирта по фракциям и определяет его потери. Двукратная дистилляция характеризуется повышенными потерями этилового спирта. Они возрастают с 3,6 % при однократной дистилляции и до 5,2 % – при двукратной, причем потери на стадии получения спирта-сырца составляют 3,1 %. Выявленная зависимость ранее была отмечена и при производстве коньячного, фруктового (плодового) и зернового дистиллятов [13, 17, 21].

Таблица 1 – Характеристика сброженного сусла и спирта-сырца по содержанию основных летучих компонентов

Table 1 – Properties of fermented wort and crude alcohol in relation to the content of the main volatile constituents

Содержание летучих компонентов, мг/дм^3	Сусло (крепость – 6,41 % об.)	Спирт-сырец (крепость – 30,47 % об.)
Ацетальдегид	65	411
Этилацетат	11	51
Метанол	114	738
Высшие спирты, в т. ч.:	165	694
– 1-пропанол	42	147
– изобутанол	36	172
– изоамилол	87	375
Энантовый эфир	1	11
Фенилэтиловый спирт	17	44
Сумма летучих компонентов*	378	1971

* В табл. 1 и далее по тексту при расчете суммы летучих компонентов учитывались все идентифицированные примеси, некоторые из них в иллюстративный материал не включены.

Таблица 2 – Влияние способа дистилляции на распределение спирта по фракциям (из 10 кг сброженного сусла)

Table 2 – Effect of distillation method on the distribution of alcohol into fractions (from 10 kg of fermented wort)

Показатели	Однократная дистилляция	Двукратная дистилляция
Объем безводного спирта из 10 кг сброженного сусла, $см^3$	640	640
Объем фракции, $см^3$ – головная – средняя – хвостовая	 65 635 270	 40 600 240
Объемная доля спирта во фракции, % об. – головная – средняя – хвостовая	 84,6 85,4 7,4	 79,7 91,1 11,6
Потери спирта, % от исходного в сброженном сусле	3,6	5,2

Выявленные отличия в составе сброженного сусла и спирта-сырца оказывали влияние на распределение основных летучих компонентов при дистилляции по фракциям: головной (ГФ), средней (СФ) и хвостовой (ХФ). Исходные данные к расчету баланса приведены в табл. 3. Представленные данные показывают, что в процессе дистилляции сброженного сусла из сушеного топинамбура, осуществляемом в режиме, предложенном производителем дистилляционной установки (t = 100–110 °С, τ = 2 ч), основное содержание такого труднолетучего компонента, как фенилэтиловый спирт, остается в отходе производства – барде. Суммарное содержание фенилэтилового спирта во фракциях при однократной дистилляции составляет примерно 40 % от его количества в сусле, при двукратной – свыше 60 % от его содержания в спирте-сырце, при этом концентрируется он в хвостовой фракции.

С учетом выявленного факта, потерь этилового спирта и расчета суммы летучих компонентов в сусле, спирте-сырце и во фракциях установлено, что процесс однократной дистилляции сброженного сусла из сушеного топинамбура характеризуется большим новообразованием летучих компонентов, чем перегонка по схеме двукратной дистилляции (табл. 4). В первом случае их количество возрастает на 10,0 %, а во втором – лишь на 3,5 %. Данный факт может быть обусловлен более коротким периодом тепловой обработки сброженного сусла на стадии получения спирта-сырца по сравнению с длительностью процесса при однократной фракционированной дистилляции. Вероятно, именно нелетучие компоненты сусла, находящиеся в нем как в растворенной, так и в нерастворенной формах (перегонке подвергали неосветленное сусло без выделения твердой фазы), являются источниками новообразования летучих компонентов.

Данные, представленные на рис. 1 и 2, наглядно показывают влияние способа дистилляции на баланс распределения летучих компонентов по фракциям. Так, ацетальдегид – один из наиболее летучих компонентов сброженного сусла, повышенное содержание которого может негативно сказаться на органолептических характеристиках дистиллята, концентрируется в головной фракции. Причем двукратная дистилляция с позиции выделения данного компонента предпочтительна.

Таблица 3 – Исходные данные к расчету баланса распределения летучих компонентов при дистилляции по фракциям (из 10 кг сброженного сусла)

Table 3 – Initial data for calculation of volatile constituents distribution balance during distillation into fractions (from 10 kg of fermented wort)

Содержание летучих компонентов, мг	Однократная дистилляция				Двукратная дистилляция			
	сусло	ГФ	СФ	ХФ	спирт-сырец	ГФ	СФ	ХФ
Ацетальдегид	646	507	253	2	836	784	74	–
Этилацетат	106	90	50	–	104	50	56	–
Метанол	1138	132	1203	107	1502	106	1424	32
Высшие спирты, в т. ч.:	1649	69	1411	18	1412	16	1055	350
– 1-пропанол	424	17	312	4	299	5	272	36
– изобутанол	357	23	360	4	350	6	231	38
– изоамилол	868	29	739	10	763	5	552	276
Энантовый эфир	10	3	26	–	22	1	18	2
Фенилэтиловый спирт	174	1	17	58	89	–	–	55
Сумма летучих компонентов*	3779	826	3040	193	4011	989	2662	465

Таблица 4 – Исходные данные к расчету процесса новообразования летучих компонентов при дистилляции сусла из сушеного топинамбура

Table 4 – Initial data for calculation of the volatile constituent formation process during distillation of wort prepared from dried Jerusalem artichoke

Показатели	Однократная перегонка	Двукратная перегонка
Содержание летучих компонентов в сусле или спирте-сырце, (m_1) мг	3779	4011
Суммарное содержание летучих компонентов во фракциях Ф1; ∑Ф2-Ф5; Ф6	4059	4116
Количество фенилэтилового спирта в послеспиртовой барде, мг	98	34
Содержание летучих компонентов во фракциях с учетом потерь фенилэтилового спирта с бардой (m_2), мг	4157	4150
Новообразование (Н), %	10,0	3,5

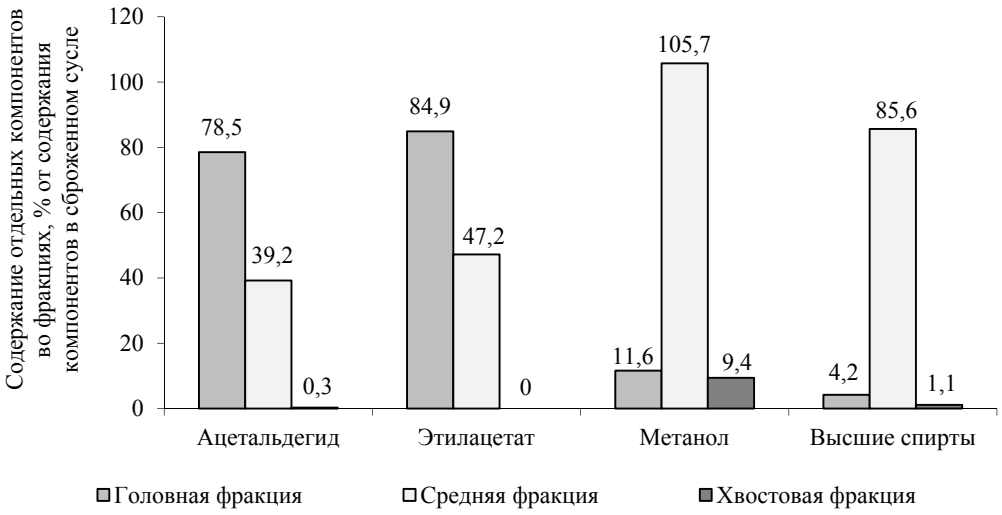


Рисунок 1 – Баланс распределения основных групп летучих компонентов по фракциям при однократной дистилляции

Figure 1 – Distribution balance of the main groups of volatile constituents into fractions after single distillation

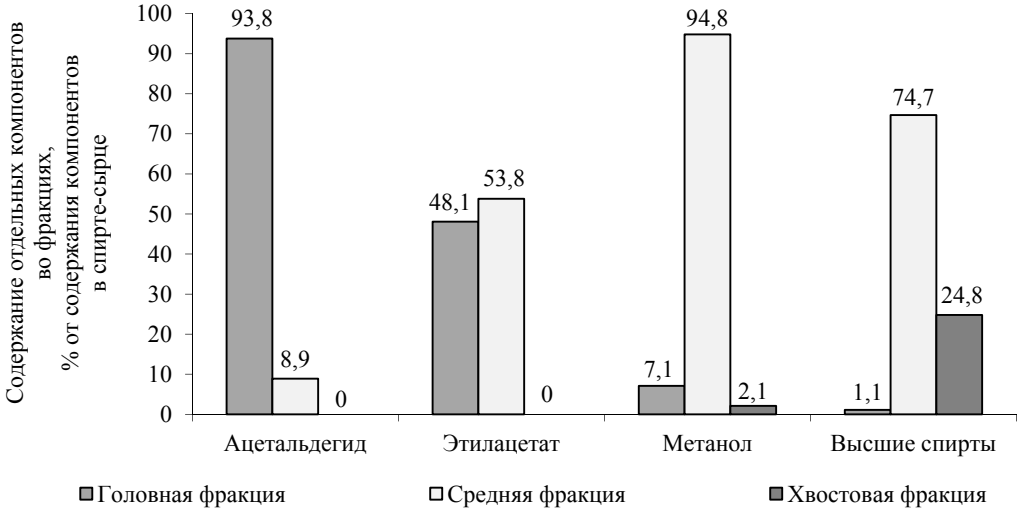


Рисунок 2 – Баланс распределения основных групп летучих компонентов по фракциям при двукратной дистилляции

Figure 2 – Distribution balance of the main groups of volatile constituents into fractions after double distillation

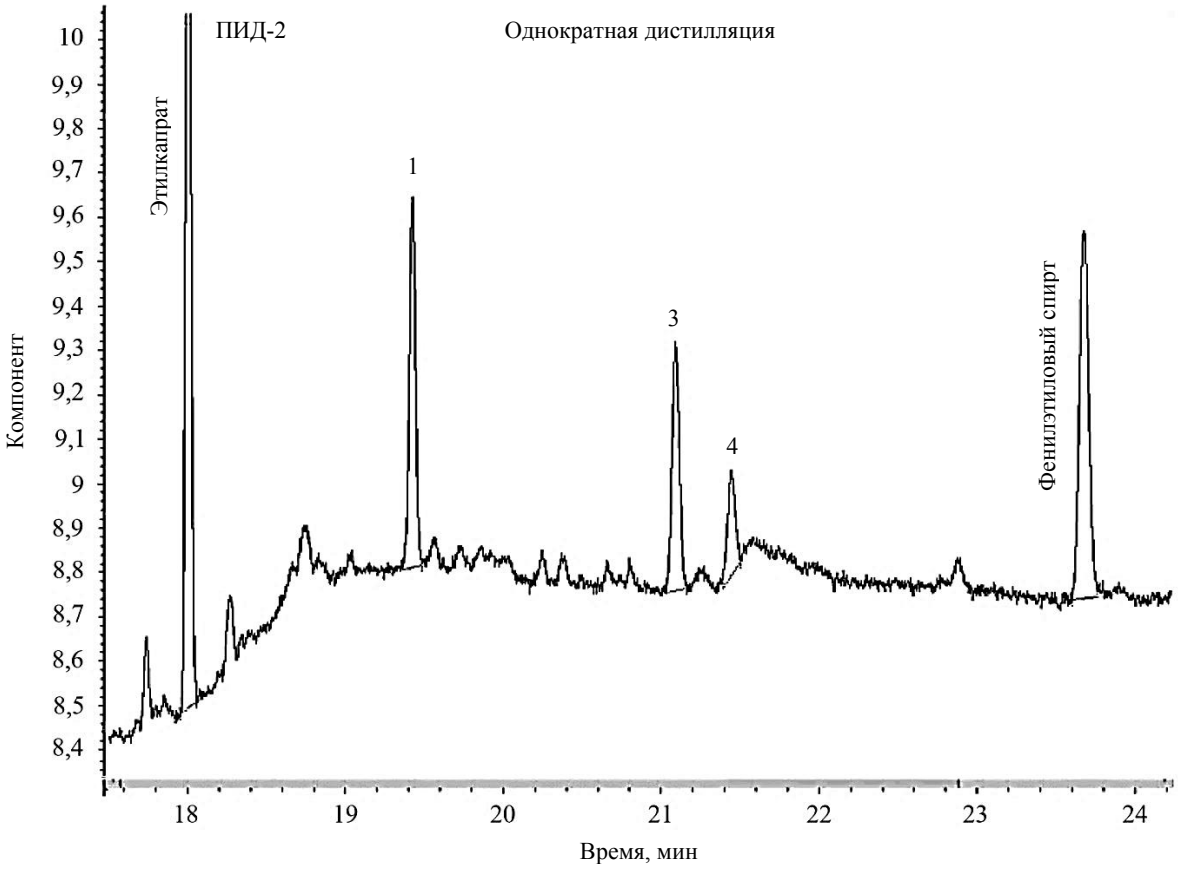
Напротив, оценка способа дистилляции по такому основному показателю, как содержание высших спиртов, показывает преимущества однократной дистилляции. В хвостовую фракцию переходит 1,1 и 24,8 % спиртов соответственно для одно- и двукратной дистилляции.

Оценка качественного и количественного состава летучих компонентов в образцах дистиллятов из сушеного топинамбура, полученных с использованием схем одно- и двукратной дистилляции, представлена в табл. 5.

Полученные данные позволили выявить основные отличия, заключающиеся в снижении в образце 2 (по сравнению с образцом 1) содержания 1-пропанола, изобутанола и изоамилола (в сумме на 20 %), в уменьшении количества фенилэтилового спирта, компонентов энантового эфира и повышении метанола – примерно в 1,2 раза, что делает предпочтительным однократную дистилляцию, так как она дает наиболее богатый аромато- и вкусообразующими компонентами дистиллят при меньшем содержании самой токсичной примеси – метанола. Это было подтверждено в ходе органолептического анализа образцов дистиллятов (табл. 6), который показал, что двукратная дистилляция негативно влияет на вкусо-ароматические характеристики продукта.

При исследовании хроматограмм образцов (рис. 3) необходимо отметить, что часть летучих компонентов, присутствующих в дистиллятах из сушеного топинамбура, нами пока не идентифицирована. Вероятно, к ним относятся высшие жирные кислоты, придающие аромату специфические оттенки.

Так, в образце 2, полученном после двукратной дистилляции, выявлен пик № 2, отсутствующий в образце 1. Концентрация неидентифицированного компонента по оценке площади в сравнении с фенилэтиловым спиртом (температура кипения 220 °С) может превышать 30–40 мг/дм^3 безводного спирта. Предположительно, именно данный компонент может сообщать спирту запах и привкус прогорклого масла.



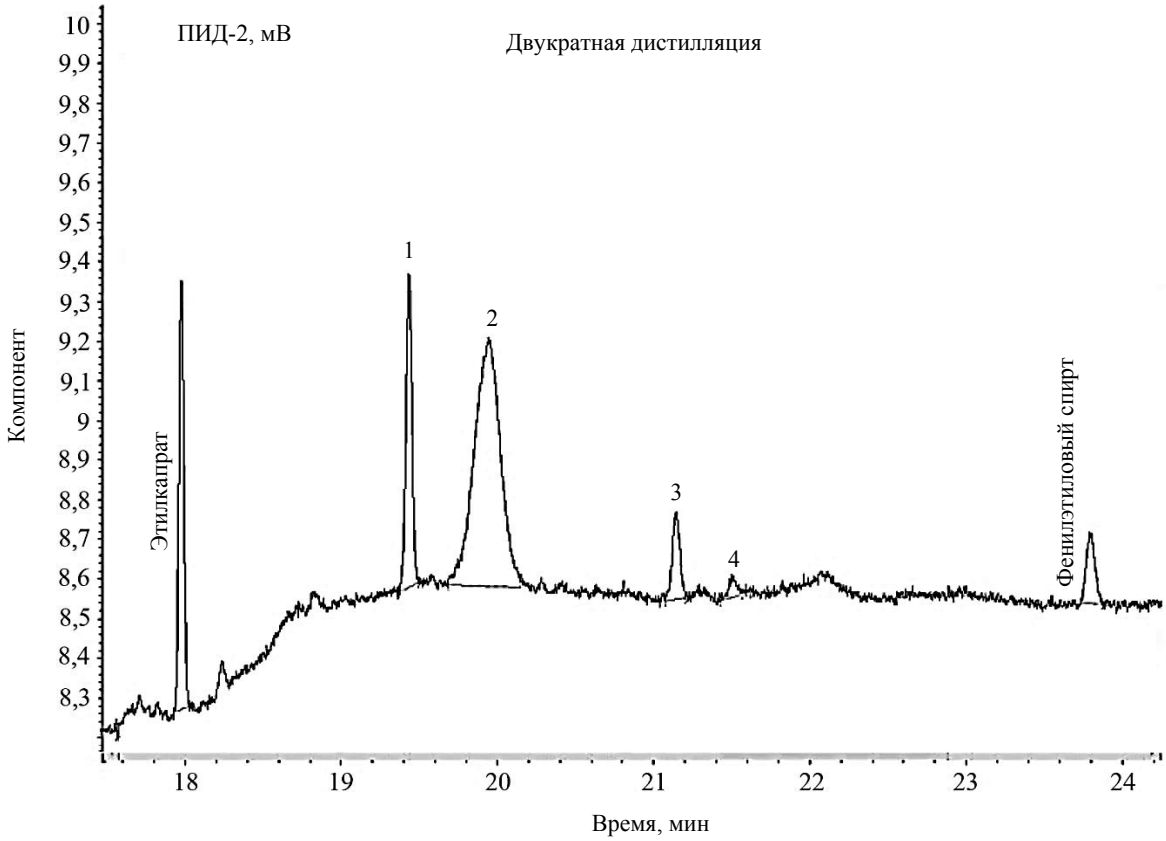


Рисунок 3 – Фрагменты хроматограмм образцов дистиллятов

Figure 3 – Chromatigram fragments for distillate samples

Таблица 5 – Влияние способа дистилляции на качественный и количественный состав летучих компонентов в образцах дистиллятов из сушеного топинамбура

Table 5 – Effect of distillation method on qualitative and quantitative composition of volatile components in the samples of distillates obtained from dried Jerusalem artichoke

Наименование показателя, мг/дм^3 безводного спирта	Образец 1 (однократная дистилляция)	Образец 2 (двукратная дистилляция)
Спирты		
Метанол	2201	2602
1-пропанол	587	509
Изобутанол	703	485
1-бутанол	20	13
Изоамилол	1317	1091
Гексанол	12	11
Фенилэтиловый спирт	31	2
Эфиры		
Этилацетат	79	104
Изоамилацетат	5	5
Этиллактат	4	1
Этилкапроат	13	12
Этилкаприлат	11	8
Этилкапрат	23	10
Карбонильные соединения		
Ацетальдегид	433	139
Изобутеральдегид	2	1
Ацетон	7	12
Общее содержание	5448	5005

Таблица 6 – Органолептическая оценка дистиллятов из сушеного топинамбура, в зависимости от способа дистилляции

Table 6 – Organoleptic evaluation of distillates obtained from dried Jerusalem artichoke depending on the distillation method

Наименование образца	Органолептическая характеристика	Дегустационная оценка, баллы
Образец 1	Аромат чистый, характерный, с легкими землистыми тонами. Вкус мягкий, с тонами исходного сырья	7,4
Образец 2	Аромат с тонами исходного сырья, тяжелый. Вкус негармоничный, специфический, с тонами прогорклого масла	6,2

Выводы

Обобщая полученные экспериментальные данные, рекомендуется для получения дистиллята из сушеного топинамбура на установке периодического действия использовать способ однократной дистилляции, который, по сравнению с двукратной дистилляцией, позволяет, во-первых, упростить технологический процесс, во-вторых, снизить потери этилового спирта, в-третьих, обогатить дистиллят ценными летучими компонентами.

Список литературы

1. Obtaining and identification of inulin from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) tubers / T. V. Barkhatova [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2015. – Vol. 3, №. 2. – P. 13–21. DOI: 10.12737/13115.

2. Голубев, В. Н. Топинамбур. Состав, свойства, способы переработки, области применения / В. Н. Голубев, Н. В. Волкова, Х. М. Кушалаков. – Астрахань : Волга, 1995. – 81 с.

3. Bioactive constituents of *Helianthus tuberosus* (Jerusalem artichoke) / L. Pan [et al.] // Phytochemistry Letters. – 2009. – Vol. 2, №. 1. – P. 15–18. DOI: 10.1016/j.phytol.2008.10.003.

4. Phytochemical and biological study of *Helianthus tuberosus* L. / M. S. Ahmed [et al.] // Egyptian Journal of Biomedical Science. – 2005. – Vol. 18. – P. 134–147.

5. Изменение инулина в клубнях топинамбура при хранении [Электронный ресурс] / М. Н. Назаренко [и др.] // Научный журнал КубГАУ. – 2013. – № 94 (10). – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2013/10/pdf/17.pdf.

6. Остриков, А. Н. Комплексная оценка качества топинамбура, высушенного паровоздушной смесью атмосферного давления / А. Н. Остриков, И. А. Зуев // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2005. – № 8. – С. 44–45.

7. Оганесянц, Л. А. Технико-экономическое обоснование перспектив производства спиртных напитков из топинамбура / Л. А. Оганесянц, В. А. Песчанская, В. П. Осипова // Пиво и напитки. – 2016. – № 4. – С. 5–9.

8. Исследование биохимического состава сушеного топинамбура / Л. Н. Крикунова [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2016. – № 8. – С. 29–33.

9. Чечеткин, Д. В. Исследование процесса гидролиза фруктозанов топинамбура под действием собственных гидролаз сырья / Д. В. Чечеткин, Л. Н. Крикунова, Г. П. Карпиленко // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2006. – № 4. – С. 39–43.

10. Разработка технологии спиртных напитков на основе дистиллята из топинамбура. Ч. 1. Стадия получения осахаренного сусла / Л. А. Оганесянц [и др.] // Пиво и напитки. – 2016. – № 6. – С. 34–37.

11. Разработка технологии спиртных напитков на основе дистиллята из топинамбура. Ч. 2. Стадия сбраживания / Л. А. Оганесянц [и др.] // Пиво и напитки. – 2017. – № 1. – С. 26–29.

12. Мартыненко, Э. Я. Технология коньяка / Э. Я. Мартыненко. – Симферополь : Таврида, 2003. – 320 с.

13. Спиртные напитки. Особенности брожения и производства / под ред. Э. Ли, Дж. Пигготта ; пер. с англ. под общ. ред. А. Л. Панасюка. – СПб. : Профессия. – 2006. – 552 с.

14. Научные аспекты производства крепких спиртных напитков из плодового сырья / Л. А. Оганесянц [и др.] // Виноделие и виноградарство. – 2012. – № 1. – С. 18–19.

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

16. Hernández-Gómez, L. F. Melon fruit distillates: comparison of different distillation methods / L. F. Hernández-Gómez, J. Ubeda, A. Briones // Food Chemistry. – 2003. – № 82. – P. 539–543. DOI: 10.1016/S0308-8146(03)00008-6.

17. Песчанская, В. А. Сравнительная характеристика способов производства зерновых дистиллятов / В. А. Песчанская, Л. Н. Крикунова, Е. В. Дубинина // Пиво и напитки. – 2015. – № 6. – С. 40–43.

18. ГОСТ 32095-2013. Продукция алкогольная и сырье для ее производства. Метод определения объемной доли этилового спирта. – Введ. 01.07.2014. – М. : Стандартинформ, 2014. – 5 с.

19. ГОСТ 32051-2013. Продукция винодельческая. Методы органолептического анализа. – Введ. 01.07.2014. – М. : Стандартинформ, 2013. – 12 с.

20. ГОСТ 33834-2016. Продукция винодельческая и сырье для ее производства. Газохроматографический метод определения массовой концентрации летучих компонентов. – Введ. 01.01.2018. – М. : Стандартинформ, 2016. – 11 с.

21. Пат. № 2560266 Российская Федерация, МПК C12G3/12. Способ получения шелковичного дистиллята / Лорян Г. В., Песчанская В. А., Оганесянц Л. А., Дубинина Е. В. ; заявитель и патентообладатель Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности. – Опубл. 20.08.2015, Бюл. № 23.

References

1. Barkhatova T.V., Nazarenko M.N., Kozhukhova M.A., Khripko I.A. Obtaining and identification of inulin from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) tubers. *Foods and Raw Materials*, 2015, vol. 3, no. 2, pp. 13–22. DOI: 10.12737/13115.

2. Golubev V.N., Volkova N.V., Kushalakov Kh.M. *Topinambur. Sostav, svoystva, sposoby pererabotki, oblasti primeneniya* [Jerusalem artichoke. Composition, properties, processing methods, applications]. Astrakhan': Volga Publ., 1995. 82 p.

3. Pan L., Sinden M.R., Kennedy A.H., et al. Bioactive constituents of *Helianthus tuberosus* (Jerusalem artichoke). *Phytochemistry Letters*, 2009, vol. 2, no. 1, pp. 15–18. DOI: 10.1016/j.phytol.2008.10.003.

4. Ahmed M.S., El-Sakhawy F.S., Soliman S.N., Abou-Hussein D.M.R. Phytochemical and biological study of *Helianthus tuberosus* L. *Egyptian Journal of Biomedical Science*, 2005, vol. 18, pp. 134–147.

5. Nazarenko M.N., Barkhatova T.V., Kozhukhova M.A., Khripko I.A., Burlakova E.V. Izmenenie inulina v klubnyakh topinambura pri khranenii [Inulin changes in Jerusalem artichoke tubers during storage]. *Nauchnyy zhurnal KubGAU* [Scientific Journal of KubSAU], 2013, vol. 10, no. 94. Available at: http://ej.kubagro.ru/2013/10/pdf/17.pdf.

6. Ostrikov A.N., Zuev I.A. Kompleksnaya otsenka kachestva topinambura, vysushennogo parovozdushnoy smes'yu atmosfernogo davleniya [Integrated assessment of quality of Jerusalem artichoke, dried in air-steam mixture at atmospheric pressure]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyr'ya* [Storage and Processing of Farm Products], 2005, no. 8, pp. 44–45.

7. Oganesyants L.A., Peschanskaya V.A., Osipova V.P. Tekhniko-ehkonomicheskoe obosnovanie perspektiv proizvodstva spirtnykh napitkov iz topinambura [A feasibility study of the prospects for the production of alcohol from Jerusalem artichoke]. *Pivo i napitki* [Beer and Beverages], 2016, no. 4, pp. 5–9.

8. Krikunova L.N., Peschanskaya V.A., Obodeeva O.N., Zakharov M.A. Issledovanie biokhimicheskogo sostava sushenogo topinambura [Study of biochemical composition of dried Jerusalem artichoke]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyr'ya* [Storage and Processing of Farm Products], 2016, no. 8, pp. 29–33.

9. Chechetkin D.V., Krikunova L.N., Karpilenko G.P. Issledovanie protsessa gidroliza fruktozanov topinambura pod deystviem sobstvennykh gidrolaz syr'ya [The study of the process of fructosans hydrolysis of Jerusalem artichoke under the action of hydrolases of raw materials]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyr'ya* [Storage and Processing of Farm Products], 2006, no. 4, pp. 39–43.

10. Oganesyants L.A., Peschanskaya V.A., Krikunova L.N., Obodeeva O.N. Razrabotka tekhnologii spirtnykh napitkov na osnove distillyata iz topinambura. Chast' 1. Stadiya polucheniya osakharennogo susla [Development of technology of alcoholic beverages on the basis of the distillate from Jerusalem artichoke. Part 1. Step of obtaining a saccharified wort]. *Pivo i napitki* [Beer and Beverages], 2016, no. 6, pp. 34–37.

11. Oganesyants L.A., Peschanskaya V.A., Krikunova L.N., Obodeeva O.N. Razrabotka tekhnologii spirtnykh napitkov na osnove distillyata iz topinambura. Chast' 2. Stadiya sbrazhivaniya [Development of technology of alcoholic beverages on the basis of the distillate from Jerusalem artichoke. Part 2. Step of fermentation]. *Pivo i napitki* [Beer and Beverages], 2017, no. 1, pp. 26–29.

12. Martynenko E.Ya. *Tekhnologiya kon'yaka* [Technology of Cognac]. Simferopol: Tavrida Publ., 2003. 320 p.

13. Lea A.G.H., Piggott J.R. *Fermented Beverage Production*. Blackie Academic & Professional, 1995. 428 p. (Russ. ed.: Panasyuk A.L. *Spirtnye napitki. Osobennosti brozheniya i proizvodstva.* St. Petersburg, Professiya Publ., 2006. 552 p.).

14. Oganesyants L.A., Reytblat B.B., Peschanskaya V.A., Dubinina E.V. Nauchnye aspekty proizvodstva krepkikh spirtnykh napitkov iz plodovogo syr'ya [The scientific aspects of the manufacture of spirits from fruit raw materials]. *Vinodelie i vinogradarstvo* [Winemaking and Vituculture], 2012, no. 1, pp. 18–19.

15. Oganesyants L.A., Panasyuk A.L., Reytblat B.B. *Teoriya i praktika plodovogo vinodeliya* [Theory and practice of fruit winemaking]. Moscow: Razvitiye Publ., 2011. 396 p.

16. Hernández-Gómez L.F., Ubeda J., Briones A. Melon fruit distillates: comparison of different distillation methods. *Food Chemistry*, 2003, no. 82, pp. 539–543. DOI: 10.1016/S0308-8146(03)00008-6.

17. Peschanskaya, V.A., Krikunova L.N., Dubinina E.V. Sravnitel'naya kharakteristika sposobov proizvodstva zernovykh distillyatov [Comparative Characteristics of Methods of Grain Distillates Production]. *Pivo i napitki* [Beer and Beverages], 2015, no. 6, pp. 40–43.

18. *GOST 32095-2013. Produktsiya alkogol'naya i syr'e dlya ee proizvodstva. Metod opredeleniya ob''emnoy doli etilovogo spirta* [State Standart 32095-2013. Alcoholic products and raw materials for its production. The method of determining the volume fraction of ethyl alcohol]. Moscow, Standartinform Publ., 2014. 5 p.

19. *GOST 32051-2013. Produktsiya vinodel'cheskaya. Metody organolepticheskogo analiza* [State Standart 32051-2013. Wine products. Methods of organoleptic analysis]. Moscow, Standartinform Publ., 2013. 12 p.

20. *GOST 33834-2016. Produktsiya vinodel'cheskaya i syr'e dlya ee proizvodstva. Gazokhromatograficheskiy metod opredeleniya massovoy kontsentratsii letuchikh komponentov* [State Standart 33834-2016. Wine products and raw materials for it's production. Gas chromatographic method for determination of mass concentration of volatile components]. Moscow, Standartinform Publ., 2016. 11 p.

21. Oganesyants L.A., Peschanskaya V.A., Dubinina E.V., Loryan G.V. *Sposob polucheniya shelkovichnogo distillyata* [Method of obtaining mulberry distillate]. Patent RF, no. 2560266, 2015.

Крикунова Людмила Николаевна
д-р техн. наук, профессор, ведущий научный сотрудник ВНИИПБиВП – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, 119021, Россия, г. Москва, ул. Россолимо, 7, тел.: +7 (499) 255-20-21, e-mail: cognac320@mail.ru

Дубинина Елена Васильевна
канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник ВНИИПБиВП – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, 119021, Россия, г. Москва, ул. Россолимо, 7, тел.: +7 (499) 246-66-12, e-mail: elena-vd@yandex.ru

Ludmila N. Krikunova
Dr.Sci.(Eng.), Professor, Leading Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry – Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center of Food Sistems of RAS, 7, Rossolimo Str., Moscow, 119021, Russia, phone: +7 (499) 255-20-21, e-mail: cognac320@mail.ru

Elena V. Dubinina
Cand.Sci.(Eng.), Leading Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry – Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center of Food Sistems of RAS, 7, Rossolimo Str., Moscow, 119021, Russia, phone: +7 (499) 246-66-12, e-mail: elena-vd@yandex.ru