

УДК 663.31.031.32-027.33 (043.3)

Поступила в редакцию 12.05.2023  
Received 12.05.2023**Е. П. Кулагова, А. А. Пушкарь***РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси  
по продовольствию», Республика Беларусь, г. Минск***ГЛУБОКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ВТОРИЧНЫХ СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ  
В ВИНОДЕЛЬЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ С ПОЛУЧЕНИЕМ ЯБЛОЧНОГО  
ДИСТИЛЛЯТА**

**Аннотация.** Целью исследований являлась разработка комплексной технологии производства яблочных дистиллятов и алкогольных напитков на их основе путем глубокой переработки отходов виноделия в качестве вторичных сырьевых ресурсов. В статье установлена актуальность изучения отходов виноделия (яблочная выжимка и головная фракция яблочного дистиллята) и режимов их переработки. Разработаны технологические режимы использования яблочных выжимок в качестве вторичного сырьевого ресурса на этапе переработки яблочного сырья путем их экстрагирования и получения диффузионных соков. Разработаны технологические режимы брожения сула с использованием диффузионных соков и промежуточной фракции. Разработаны технологические режимы фракционной перегонки с отбором четырех фракций. В результате впервые разработана и научно обоснована комплексная технология производства яблочных дистиллятов на основе глубокой переработки отходов виноделия в качестве вторичных сырьевых ресурсов.

**Ключевые слова:** виноделие, вторичные сырьевые ресурсы, отходы, яблочные выжимки, экстракция, диффузионный сок, головная фракция, промежуточная фракция, фракционная перегонка, яблочный дистиллят.

**E. P. Kulagova, A. A. Pushkar***RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,  
Minsk, Republic of Belarus***DEEP PROCESSING OF SECONDARY RAW RESOURCES IN THE WINE-  
MAKING INDUSTRY WITH OBTAINING APPLE DISTILLATE**

**Abstract.** The purpose of the research was to develop an integrated technology for the production of apple distillates and alcoholic beverages based on them by deep processing of winemaking waste as secondary raw materials. The article establishes the relevance of studying winemaking waste (apple pomace and the head fraction of apple distillate) and the modes of their processing. Technological regimes for the use of apple pomace as a secondary raw material resource at the stage of processing apple raw materials by extracting them and obtaining diffusion juices have been developed. Technological modes of must fermentation using diffusion juices and intermediate fractions have been developed. Technological modes of fractional distillation with the selection of 4 fractions have been developed. For the first time, a complex technology for the production of apple distillates based on the deep processing of winemaking waste as secondary raw materials has been developed and scientifically substantiated.

**Keywords:** winemaking, secondary raw materials, waste, apple pomace, extraction, diffusion juice, head fraction, intermediate fraction, fractional distillation, apple distillate.

**Введение.** В настоящее время в Республике Беларусь наблюдается стабильное увеличение производства пищевых продуктов из отечественного сырья. Вместе с тем повышение мощностей в сельскохозяйственной отрасли и в перерабатывающей промышленности приводит к росту количества отходов, что в свою очередь обостряет проблему их утилизации и захоронения.

Отходы, подвергающиеся комплексной переработке, и используемые для получения ценных пищевых компонентов, определяются термином «вторичные материальные ресурсы». Широко распространенный ранее термин «отходы» малоприменим на сегодняшний день, поскольку инновации в технике и технологии позволяют использовать практически любые побочные продукты перерабатывающих производств [1].

Потери при переработке фруктового сырья на имеющемся производственном оборудовании на сегодняшний день составляют до 30 %. Основной объем отходов первичного виноделия составляют яблочные выжимки, они представляют собой плотный остаток твердых частей яблок, содержащий остаточное количество экстрактивных веществ. При хранении в открытом виде они склонны к быстрым микробиологическим изменениям ввиду содержания остаточного сахара, кислоты и других биологически ценных веществ. В связи с этим хранение выжимок без создания определенных условий или консервирования может привести к их порче и инфицированию промышленных помещений.

Действующая технология производства яблочных (фруктовых и кальвадосных) дистиллятов предусматривают получение трех спиртосодержащих фракций: головной, предназначенной для утилизации на технические цели (до 6 % по безводному спирту), основной и хвостовой. Сократить потери безводного спирта допустимо за счет возможного уменьшения образования головной фракции, путем отработки технологических приемов ее получения и направленного использования в качестве вторичного сырьевого ресурса при сбраживании фруктового суслу с последующей фракционной перегонкой [2, 3].

Проблема полного и рационального использования вторичных сырьевых ресурсов пищевой промышленности существует во всех странах с развитой пищевой индустрией. Данной проблеме постоянно уделяется внимание на конференциях и конгрессах различных уровней, на которых предлагаются разносторонние подходы для коренного изменения сложившейся ситуации.

Решение данной проблемы является перспективной инновационной задачей, ориентированной на повышение выхода конечной продукции с одновременным снижением количества образующихся отходов виноделия. Разработка подобных инновационных подходов позволит повысить эффективность производственной деятельности винодельческих предприятий, создав предпосылки для роста их импортозамещающего и экспортного потенциала.

Поэтому исследования, направленные на создание научно и экономически обоснованной технологии производства яблочных дистиллятов с использованием вторичных сырьевых ресурсов являются своевременными и перспективными, и отвечают приоритетным направлениям научно-технической деятельности.

**Объекты и методы исследования.** Объект исследований — технология производства яблочных дистиллятов с использованием вторичных сырьевых ресурсов виноделия.

В работе использованы органолептические, физико-химические, хроматографические и микробиологические методы исследования [4–9]. Исследования выполнены на поверенном оборудовании, обеспечивающем достоверность результатов измерений, в количестве не менее трех параллельных измерений.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Первый этап исследований был посвящен изучению физико-химических характеристик яблочных выжимок (табл. 1) и головной фракции яблочного дистиллята (табл. 3) для использования в качестве вторичных сырьевых ресурсов при производстве яблочных дистиллятов.

Таблица 1. Физико-химические показатели яблочных выжимок  
Table 1. Physical and chemical indicators of apple pomace

Показатель	Единицы измерения	Среднестатистическое значение (литературные данные)	Установленное значение
Массовая доля влаги	%	55,0 — 75,0	74,3 ± 0,2
Массовая доля сухих веществ	%	25,0 — 45,0	25,7 ± 0,2
Массовая доля титруемых кислот, в пересчете на яблочную	%	0,5 — 3,0	0,75 ± 0,1
Массовая доля сахаров	%	4,0 — 12,0	4,95 ± 0,1

На основании данных таблицы 1 можно сделать вывод, что яблочные выжимки являются ценным источником экстрактивных веществ. При массовой доле сухих веществ в выжимке 25 — 45 % они содержат достаточно высокое количество сахаров 4,0 — 12,0 % и титруемых кислот (в пересчете на яблочную) 0,5–3,0 %, что подчеркивает перспективность использова-

ния яблочных выжимок в качестве вторичного сырьевого ресурса при производстве яблочных дистиллятов. Задействование данного экстрактивного потенциала в производственном цикле несомненно важно, так как позволит увеличить выход конечной продукции (яблочного дистиллята) из одной тонны перерабатываемого сырья.

Для оценки потенциала перехода ценных экстрактивных компонентов яблочной выжимки в диффузионный сок были изучены физико-химические показатели диффузионных соков, представленные в табл. 2.

Таблица 2. Физико-химические показатели диффузионных соков  
Table 2. Physical and chemical parameters of diffusion juices

Наименование показателя	Единицы измерения	Значение показателя						Диапазон полученных значений
		2018 год		2019 год		2020 год		
		июль-август	сентябрь-ноябрь	июль-август	сентябрь-ноябрь	июль-август	сентябрь-ноябрь	
Массовая концентрация сахаров в пересчете на инвертный	г/дм <sup>3</sup>	32,0±0,2	30,5±0,2	25,2±0,2	34,8±0,2	28,9±0,2	31,7±0,2	25,0—35,0
Массовая концентрация титруемых кислот в пересчете на яблочную кислоту	г/дм <sup>3</sup>	5,6±0,2	4,8±0,2	6,1±0,2	5,9±0,2	4,8±0,2	5,5±0,2	4,0—6,5

Из данных табл. 2 следует, что диффузионный сок содержит значительное количество сахаров и кислот, извлеченных из яблочных выжимок посредством экстракции. Данные экстрактивные вещества должны быть использованы для повышения эффективности технологии производства яблочного дистиллята, заложив базу для снижения издержек этого производства.

Дополнительно была проведена сравнительная оценка концентрации сахаров соков первичного отжима и диффузионных соков в рассматриваемом временном интервале с 2018 г. по 2020 г. с усреднением данных за осенне — летний период. Результаты сравнительной оценки представлены на рис. 1.

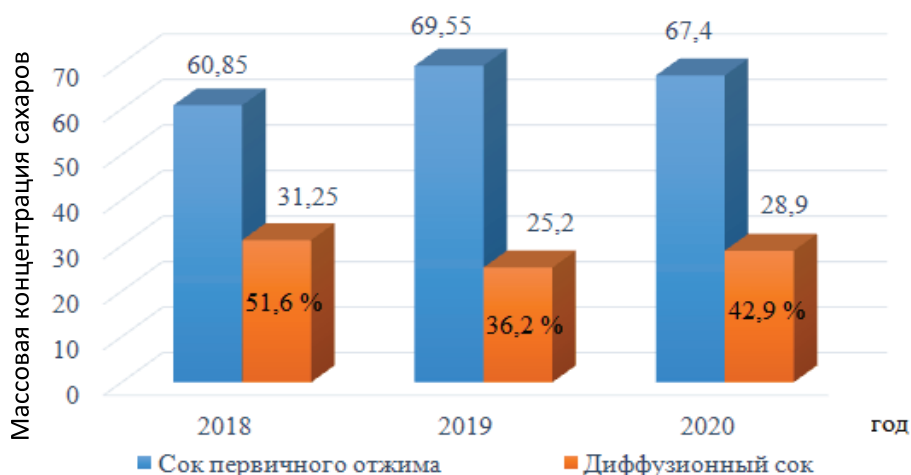


Рис. 1. Сравнительный анализ содержания сахаров в соках  
Fig. 1. Comparative analysis of sugar content in juices

Из данных гистограммы можно сделать вывод, что диффузионные соки, полученные в неоптимизированных условиях проведения процесса экстракции, располагают потенциалом сбраживаемых сахаров в диапазоне (36,2 — 51,6) % от их содержания в соках первичного отжима. Данный факт характеризует диффузионные соки как ценный сырьевой источник при приготовлении яблочного сула.

Проведенная оценка микробиологической стабильности яблочных выжимок отмечает невозможность их длительного хранения (по истечению первых суток хранения общее коли-

чество микроорганизмов составило  $3,6 \cdot 10^5$  КОЕ/г), что говорит о необходимости их незамедлительной переработки и получения на их основе диффузионных соков.

Одновременно, учитывая значительный объем образования головной фракции, ее высокую крепость (50–90 % об.) и ароматобразующий потенциал, поиск путей повторного использования данного побочного продукта в качестве вторичного сырьевого ресурса представляет большой практический интерес.

Таблица 3. Органолептические и физико-химические показатели головной фракции яблочного (кальвадосного) дистиллята и яблочного (фруктового) дистиллята

Table 3. Organoleptic and physico-chemical parameters of the head fraction of apple (calvados) distillate and apple (fruit) distillate

Наименование показателя	Нормируемое значение по ТУ ВУ 600107131.011-2019 для фракции головной		Фактическое значение для фракции головной	Нормируемое значение для фруктового дистиллята по СТБ 2354-2014
	фруктовая (яблочная)	кальвадосная (яблочная)		
Технология производства дистиллята	фруктовая (яблочная)	кальвадосная (яблочная)	фруктовая (яблочная) УП «Иловское»	фруктовая (яблочная)
Прозрачность, цвет	Прозрачная жидкость от бесцветного до желтого цвета без посторонних включений. Допускается опалесценция		Прозрачная бесцветная жидкость без осадка и посторонних включений	Прозрачная бесцветная жидкость без осадка и посторонних включений. Допускается опалесценция
Запах	Спиртовый с резкими эфирно-альдегидными тонами		Спиртовый, умеренно резкий, с выраженными яблочными, эфирно-альдегидными и легкими сивушными тонами	Сложный, с вино-фруктовыми тонами
Объемная доля этилового спирта, %	50,0 — 90,0		65,5 — 70,3	52,0 — 86,0
Массовая концентрация уксусного альдегида, г/дм <sup>3</sup> б.с.	0,5 — 50,0		0,8 — 5,4	не более 0,8
Массовая концентрация сложных эфиров, г/дм <sup>3</sup> б.с.	2,0 — 100,0		3,2 — 6,8	0,3 — 2,0
Массовая концентрация сивушного масла, г/дм <sup>3</sup> б.с.	2,0 — 30,0		3,6 — 4,4	1,0 — 4,5
Объемная доля метилового спирта, в пересчете на б.с., %	не более 6,0	0,01 — 10,00	0,08	около 0,8 — 1,1

Наличие эфирного и альдегидного потенциала с выраженными яблочными тонами в органолептике головной фракции яблочного дистиллята подчеркивает перспективность разделения данного побочного продукта перегонки на две подфракции: первая — наиболее едкая, сконцентрированная, вторая — фракция, отличающаяся выраженной спиртовой и фруктовой составляющей с умеренными тонами эфиров и альдегидов. Следует отметить, что по большинству физико-химических показателей (таблица 3) головная фракция, полученная на УП «Иловское», соответствует требованиям, предъявляемым к яблочным дистиллятам, согласно СТБ 2354-2014, тем самым это свидетельствует о возможности концентрирования и уменьшения объемов ее отбора.

Анализ совокупности полученных результатов физико-химических свойств яблочных выжимок (табл. 1), органолептических и физико-химических показателей головной фракции яблочного дистиллята (табл. 3) свидетельствуют о целесообразности и перспективности их использования, и доказывают их неоспоримую ценность для возврата в технологический цикл в качестве вторичных сырьевых ресурсов.

Для определения приемов ведения технологического процесса водно-тепловой обработки (экстракции) яблочных выжимок и максимального извлечения экстрактивных веществ (са-

харов и кислот) был проведен полный факторный эксперимент  $2^3$ , позволяющий варьировать и получать значимые факторы. Основными технологическими параметрами, определяющими эффективность и рентабельность процесса водно-тепловой обработки выжимок являются:  $X_{11}$  — температура процесса экстракции (мацерации), °С;  $X_{12}$  — продолжительность процесса экстракции, мин.;  $X_{13}$  — соотношение количества частей экстрагента (подготовленной воды) к части яблочных выжимок (гидро модуль сырьевых компонентов/частей, безразмерная величина). Критериями оценки эффективности протекания процесса экстракции яблочных выжимок под влиянием изменения выбранных факторов являлись абсолютное количество растворимых сухих веществ ( $Y_{11}$ , кг), извлеченное с диффузионным соком, и содержание пектиновых веществ ( $Y_{12}$ , кг/дм<sup>3</sup>) в диффузионном соке по окончании процесса экстрагирования. Абсолютное количество извлеченных сухих веществ находили исходя из массы полученного диффузионного сока и содержания растворимых сухих веществ в нем.

В результате статистической обработки экспериментальных данных получено уравнение регрессии (1), адекватно ( $R = 95,6\%$ ) описывающее влияние температуры, гидро модуля и продолжительности процесса экстракции на абсолютное количество сухих веществ.

$$Y_{11} = -2,16 \cdot 10^{-3} \cdot X_{11}^2 - 2,90 \cdot X_{13}^2 + 2,29 \cdot 10^{-1} \cdot X_{12} + 2,56 \cdot 10^{-2} \cdot X_{12}^2 + 9,95 \cdot X_{13} - 4,25. \quad (1)$$

Полученное уравнение (1) позволяет прогнозировать значение функции отклика для заданных условий процесса.

Графическое влияние факторов на абсолютное количество растворимых сухих веществ, извлеченное с диффузионным соком, представлено в виде поверхности отклика (рис. 2) и контурного графика (рис. 3).

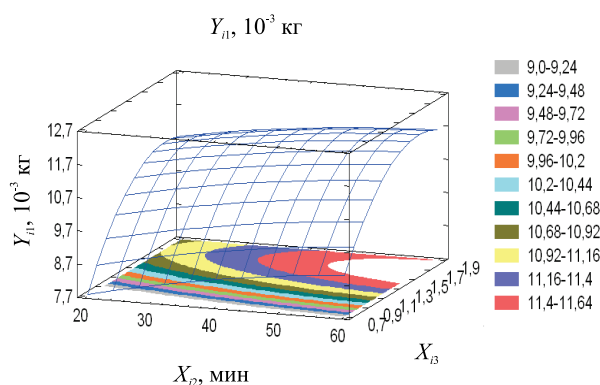


Рис. 2. График поверхностей отклика для показателя абсолютного количества сухих веществ, извлеченных с диффузионным соком, при температуре  $X_{11} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$   
 Fig. 2. Plot of response surfaces for the indicator of the absolute amount of solids extracted with diffusion juice at a temperature  $X_{11} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$

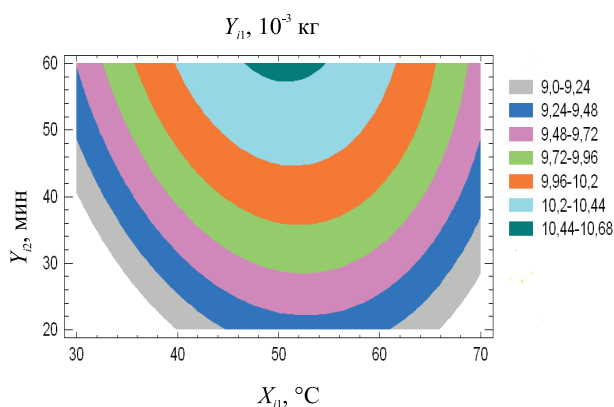


Рис. 3. Контурный график поверхностей отклика для показателя абсолютного количества сухих веществ, извлеченных с диффузионными соками при гидро модуле  $X_{13} = 1,0$   
 Fig. 3. Contour plot of response surfaces for the indicator of the absolute amount of solids extracted with diffusion juices at a hydromodulus  $X_{13} = 1,0$

Установлено, что наибольшее влияние на уровень накопления растворимых сухих веществ оказывает гидромодуль сырьевых компонентов. На основании анализа графических зависимостей, установлено, что при гидромодуле сырьевых компонентов — 1,0:1,0, температуры экстракции — 50 °С и продолжительности процесса — 50 мин был достигнут хороший показатель абсолютного значения извлеченных сухих веществ —  $(10,2 — 10,44) \cdot 10^{-3}$  кг.

С целью ограничения накопления пектиновых веществ, рассмотрена зависимость массовой концентрации пектина от варьируемых показателей.

В результате статистической обработки экспериментальных данных получено уравнение регрессии, адекватно ( $R = 97,3\%$ ) описывающее влияние температуры, гидромодуля и продолжительности процесса экстракции на содержание пектиновых веществ.

$$Y_{12} = 4,51 \cdot 10^{-4} \cdot X_{11}^2 + 6,44 \cdot 10^{-1} \cdot X_{13}^2 + 2,98 \cdot 10^{-4} \cdot X_{11} \cdot X_{12} - 2,64 \cdot 10^{-2} \cdot X_{11} \cdot X_{13} - 2,84 \cdot 10^{-2} \cdot X_{12} \cdot X_{13} + 1,85 \cdot 10^{-3} \cdot X_{11} + 3,19 \cdot 10^{-2} \cdot X_{12} + 7,50 \cdot 10^{-3} \cdot X_{13} + 2,45 \cdot 10^{-1}. \quad (2)$$

Наибольший эффект на уровень накопления пектиновых веществ оказывает температура процесса, при ее увеличении концентрации пектиновых веществ повышается.

Графическая интерпретация полученного математического описания процесса экстракции представлена в виде поверхности отклика (рисунок 4), анализ которой показал, что с ростом температуры ( $\geq 65^\circ\text{C}$ ) и увеличением продолжительности протекания процесса экстракции ( $\geq 50$  мин) показатель массовой концентрации пектина растет, что при дальнейшем получении дистиллятов с использованием диффузионных соков приведет к разрушению пектиновых веществ в процессе брожения и образованию метанола, который является высокотоксичным веществом.

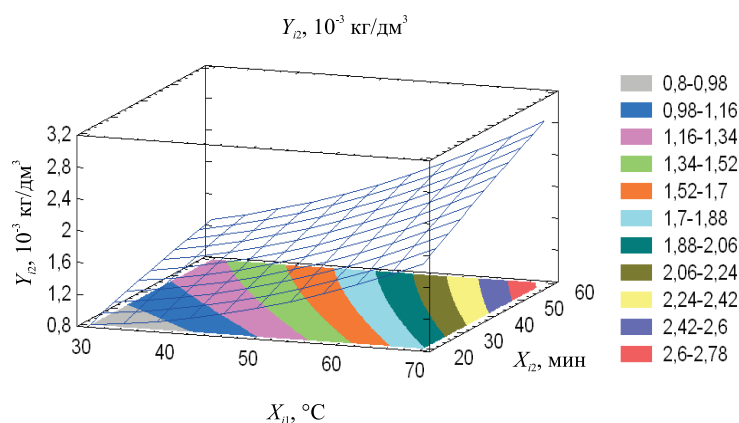


Рис. 4. График поверхностей отклика для показателя массовой концентрации пектина в диффузионном соке, при гидромодуле  $X_{13} = 1,0$

Fig. 4. Graph of response surfaces for the indicator of mass concentration of pectin in diffusion juice, with hydromodulus  $X_{13} = 1.0$

Таким образом, на основании анализа полученных зависимостей, с учетом стремления извлечения максимально возможного количества абсолютно сухих веществ при ограничении накопления пектиновых веществ, установлены рациональные параметры экстрагирования яблочных выжимок, полученных после отжима сока, подготовленной водой при температуре  $55 \pm 5^\circ\text{C}$  в течение  $37 \pm 10$  мин и гидромодуле 1,0 : (1,0 – 1,1). Подтверждена возможность концентрирования головной фракции и уменьшения объемов ее отбора, а также целесообразность ее использования, при проведении процессов брожения, исходя из ее органолептических и физико-химических показателей.

В ходе экспериментальных исследований процесса перегонки установлено, что ее можно проводить с отбором 4 спиртосодержащих фракций, соблюдая строгие температурные критерии: головной, предназначенной для использования на технические цели (сокращение ее количества с 6 % до 0,4 – 0,8 % от количества безводного спирта виноматериалов); промежуточной, предназначенной для использования в качестве вторичного сырьевого ресурса в цикле производства яблочных дистиллятов; собственно яблочного дистиллята; хвостовой, предназначенной для использования в качестве вторичного сырьевого ресурса в цикле производства фруктовых дистиллятов с последующей утилизацией на технические цели после 5-тикратного использования.

*Промежуточная фракция яблочного дистиллята* — побочный продукт винодельческого производства, образующийся при перегонке (дистилляции) или ректификации фруктовых столовых сухих виноматериалов, фруктовых (плодовых, в том числе ягодных) сброженных выжимок, дрожжевых и гущевых осадков после отбора головной фракции (перед отбором фракции фруктового дистиллята) и содержащий легколетучие органические примеси, предназначенный для использования в качестве вторичного сырьевого ресурса при изготовлении яблочных дистиллятов по комплексной технологии.

Для оценки возможности применения промежуточной фракции на стадии брожения был изучен процесс, в котором определяли состояние биомассы дрожжей и отслеживали динамику процесса сбраживания яблочного сула с добавлением головной фракции яблочного дистиллята. Процесс брожения яблочного сула экспериментальных образцов проводили с применением дрожжей *Oenoferm Freddo F3*, расчетное количество сахара для обеспечения объемной доли этилового спирта виноматериала составляло 11%.

Контроль физиологического состояния дрожжей в ходе процесса брожения (седьмые сутки ферментации) осуществляли по количеству дрожжевых клеток в 1 см<sup>3</sup> сула (методом подсчета в камере Горяева), а также по количеству почкующихся клеток. Результаты приведены на рисунках 5 и 6. Образцы яблочных материалов, направляемых на брожение: 1-К — яблочный сок прямого отжима; 2 — смесь яблочного сока прямого отжима и диффузионного сока, 3 — смесь яблочного сока прямого отжима и диффузионного сока с добавлением головной фракции 0,25%; 4 — смесь яблочного сока прямого отжима и диффузионного сока с добавлением головной фракции 0,5%; 5 — смесь яблочного сока прямого отжима и диффузионного сока с внесением сахара в два этапа; 6 — смесь яблочного сока прямого отжима и диффузионного сока с добавлением ГФ (0,5%) с внесением сахара в два этапа.

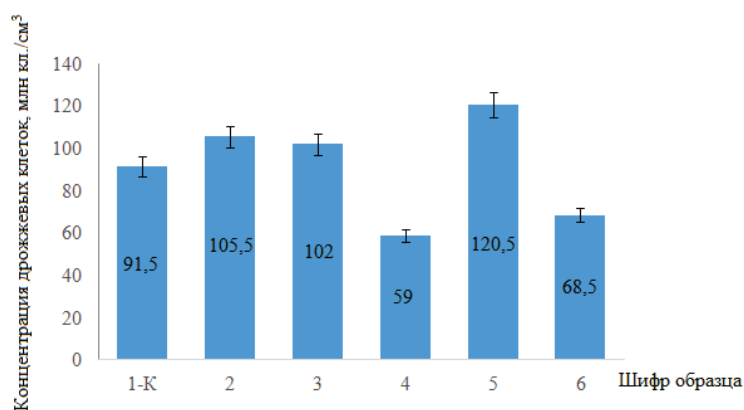


Рис. 5. Концентрация дрожжевых клеток экспериментальных образцов в процессе брожения  
 Fig. 5. Concentration of yeast cells of experimental samples during fermentation

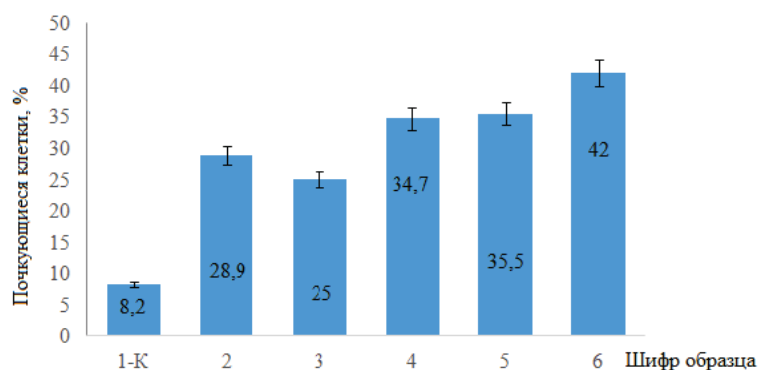


Рис. 6. Концентрация почкующихся клеток экспериментальных образцов в процессе брожения  
 Fig. 6. Concentration of budding cells of experimental samples during fermentation

Анализ полученных данных говорит о том, что добавление головной фракции дистиллята в количестве 0,25 % по безводному этиловому спирту, в яблочное сусло в процессе брожения не оказывает отрицательного влияния на развитие дрожжей, при этом уровень накопления биомассы находится в тех же пределах, что и у образцов без добавления головной фракции. Однако увеличение внесения головной фракции яблочного дистиллята до уровня 0,5 % (образцы 4 и 6) подавляет развитие дрожжевой биомассы, что требует более детальной проработки приемов внесения головной фракции, а так же проведения работ по оптимизации процесса сбраживания с установлением предельных значений задачи головной фракции на брожение.

Оценка уровня накопления дрожжевых клеток в образце №5 с внесением сахара в два этапа показывает положительный эффект данного приема. Рост концентрации биомассы с (91,5 — 105,5) млн.клеток/см<sup>3</sup> до 120,5 млн.клеток/см<sup>3</sup> можно объяснить сниженным осмотическим давлением в первые часы возбуживания и развития дрожжей, вследствие неполной задачи всего расчетного количества сахара.

Динамику процесса сбраживания яблочного сусла также изучали по количеству выделяющегося при брожении углекислого газа. Результаты исследования выделения диоксида углерода при брожении приведены на рис. 6.

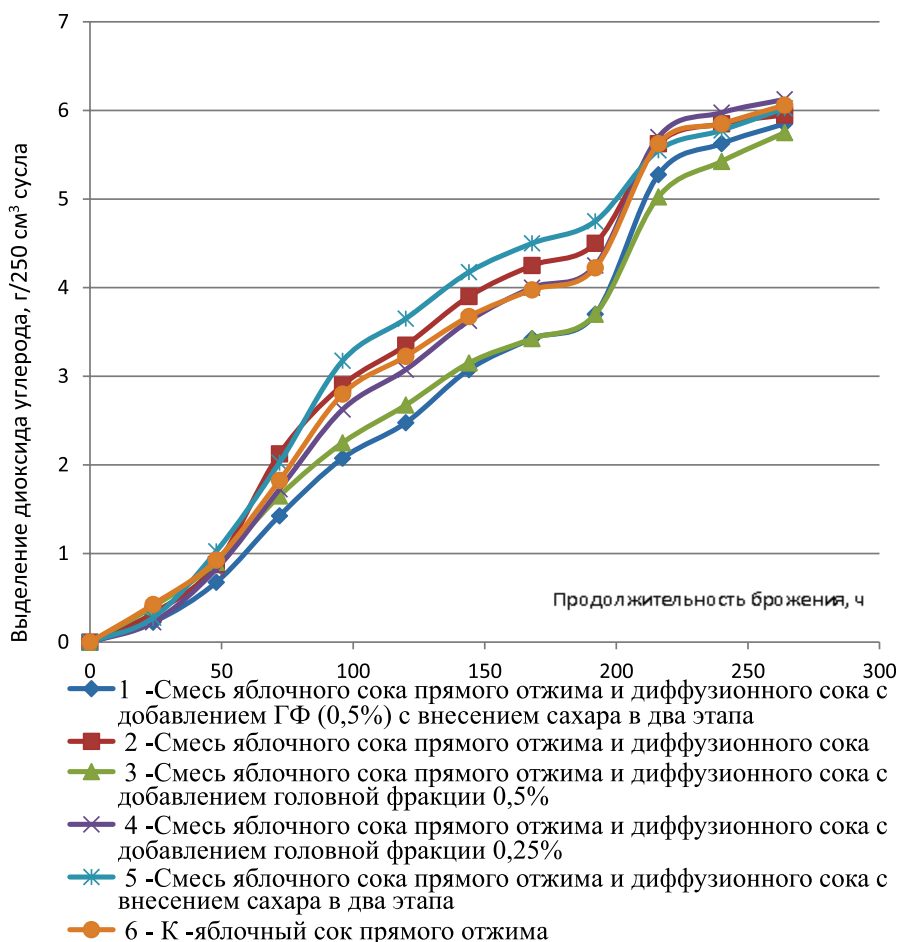


Рис. 7. Динамика выделения диоксида углерода при сбраживании яблочного сусла

Fig. 7. Dynamics of carbon dioxide release during the fermentation of apple must

Из данных, представленных на рис. 7, следует, что введение головной фракции в размере 0,25 % обеспечивает интенсификацию процесса брожения, в то время как повышение количества головной фракции до 0,5 % приводит в затуханию этого процесса. Так наибольшее выделение диоксида углерода наблюдается в образце №4 — 6,12 г/250 см<sup>3</sup> яблочного сусла. Образцы №1 и №3 (с введением 0,5 % головной фракции) показывают наименьший уровень выделения углекислого газа равный 5,85 г/250 см<sup>3</sup> и 5,75 г/250 см<sup>3</sup> яблочного сусла соответ-



ственно. Процесс брожения во всех образцах к 11 суткам ферментации переходил в стационарную фазу и практически оканчивался.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что добавлением головной фракции дистиллята в количестве 0,25 % способствует интенсификации и благоприятному протеканию процесса брожения.

Следующий этап исследований включал стадию оптимизации процесса брожения яблочного сула, состоящего из смеси сока прямого отжима и диффузионного сока с введением промежуточной фракции яблочного дистиллята.

Для экспериментальных исследований были приняты следующие технологические допуски для проведения процесса: сухие активные дрожжи Oenoferm вида *Saccharomyces cerevisiae* производства ERBSLOEN Geisenheim AG: Freddo F3, температура брожения — комнатная:  $21 \pm 2$  °С, объем диффузионных соков в сусле, направленном на брожение, 20 %. Для оптимизации процесса брожения яблочного сула применяли метод центрального композиционного рототабельного планирования полного факторного эксперимента ПФЭ-2<sup>3</sup> со звездными точками.

В качестве основных факторов, влияющих на оптимизацию процесса брожения, были выбраны:  $X_{b1}$  — количество питания для дрожжей, кг/дм<sup>3</sup>;  $X_{b2}$  — количество промежуточной фракции в пересчете на безводный спирт, вводимое на стадии брожения, %;  $X_{b3}$  — количество засеваемых дрожжей при постановке на брожение фруктового сула, 10<sup>6</sup> клеток/см<sup>3</sup>.

Критериями оценки эффективности протекания процесса брожения яблочного сула под влиянием изменения выбранных факторов являлись объемная доля этилового спирта вино-материала по окончании процесса брожения за вычетом спирта внесенного с промежуточной фракцией ( $Y_{b1}$ , %), массовая концентрация несброженного сахара ( $Y_{b2}$ , кг/дм<sup>3</sup>), которая свидетельствует о полноте протекания процесса брожения.

В результате статистической обработки экспериментальных данных получено уравнение регрессии ( $R = 96,61$  %).

$$Y_{b1} = - 6,52 \cdot X_{b1}^2 - 4,47 \cdot X_{b2}^2 - 4,94 \cdot 10^{-2} \cdot X_{b3}^2 + 3,86 \cdot X_{b1} + 3,05 \cdot X_{b2} + 4,2 \cdot 10^{-1} \cdot X_{b3} + 9,40 \quad (3)$$

Наибольший эффект на уровень накопления этанола в вино-материале оказывает дозировка вносимого питания для дрожжей.

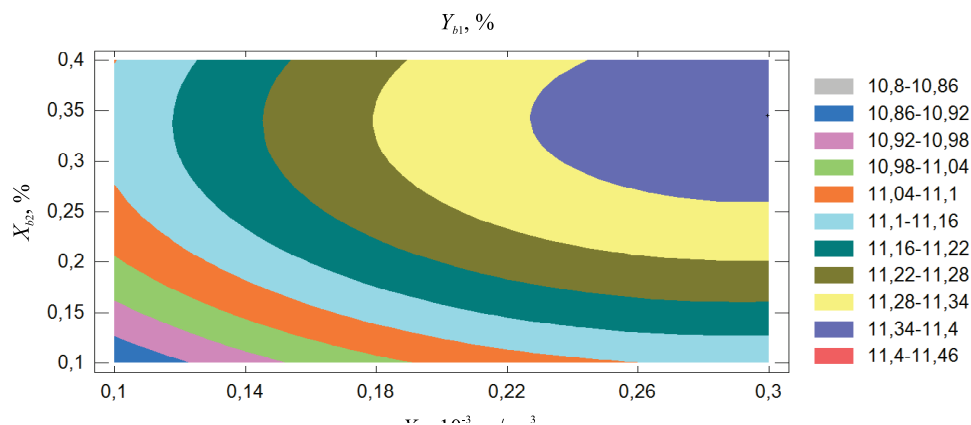


Рис. 8. Контурный график поверхностей отклика для показателя крепости вино-материала при количестве засеваемых дрожжей  $X_{b3} = 4,0 \cdot 10^6$  клеток/дм<sup>3</sup>

Fig. 8. Contour plot of response surfaces for the strength index of wine material with the amount of inoculated yeast  $X_{b3} = 4,0 \cdot 10^6$  cells/dm<sup>3</sup>

Анализ зависимости, представленной в виде контурного графика (рисунок 8), показал, что для сбраживания яблочного сула с обеспечением наибольшего уровня накопления этилового спирта в вино-материале (11,28 – 11,34 %) при концентрации дрожжевых клеток  $4,0 \cdot 10^6$  клеток/см<sup>3</sup> дает диапазон содержания азотистого питания для дрожжей  $(0,24 – 0,30) \cdot 10^{-3}$  кг/дм<sup>3</sup> и диапазон количества вводимой промежуточной фракции 0,30 – 0,40 %.

Для определения полноты протекания процесса брожения рассмотрена зависимость массовой концентрации несброженного сахара от тех же параметров. Согласно полученным

данном, яблочное сусло, состоящее из смеси сока прямого отжима, диффузионного сока и промежуточной фракции, полностью сбродило (массовая концентрация сахаров должна быть менее  $3,0 \text{ г/дм}^3$ ) с достижением объемной доли этилового спирта  $11,0 \pm 0,4 \%$ . Наибольший эффект на показатель массовой концентрации несброженного сахара оказывает количество вносимого питания для дрожжей и количество вносимой промежуточной фракции яблочного дистиллята. При этом можно отметить, что применение более широкого диапазона количества вносимой промежуточной фракции, количества дрожжевых клеток и питания для дрожжей приводит к более высокому показателю крепости полученного виноматериала, но сказывается на его органолептических свойствах и себестоимости продукта.

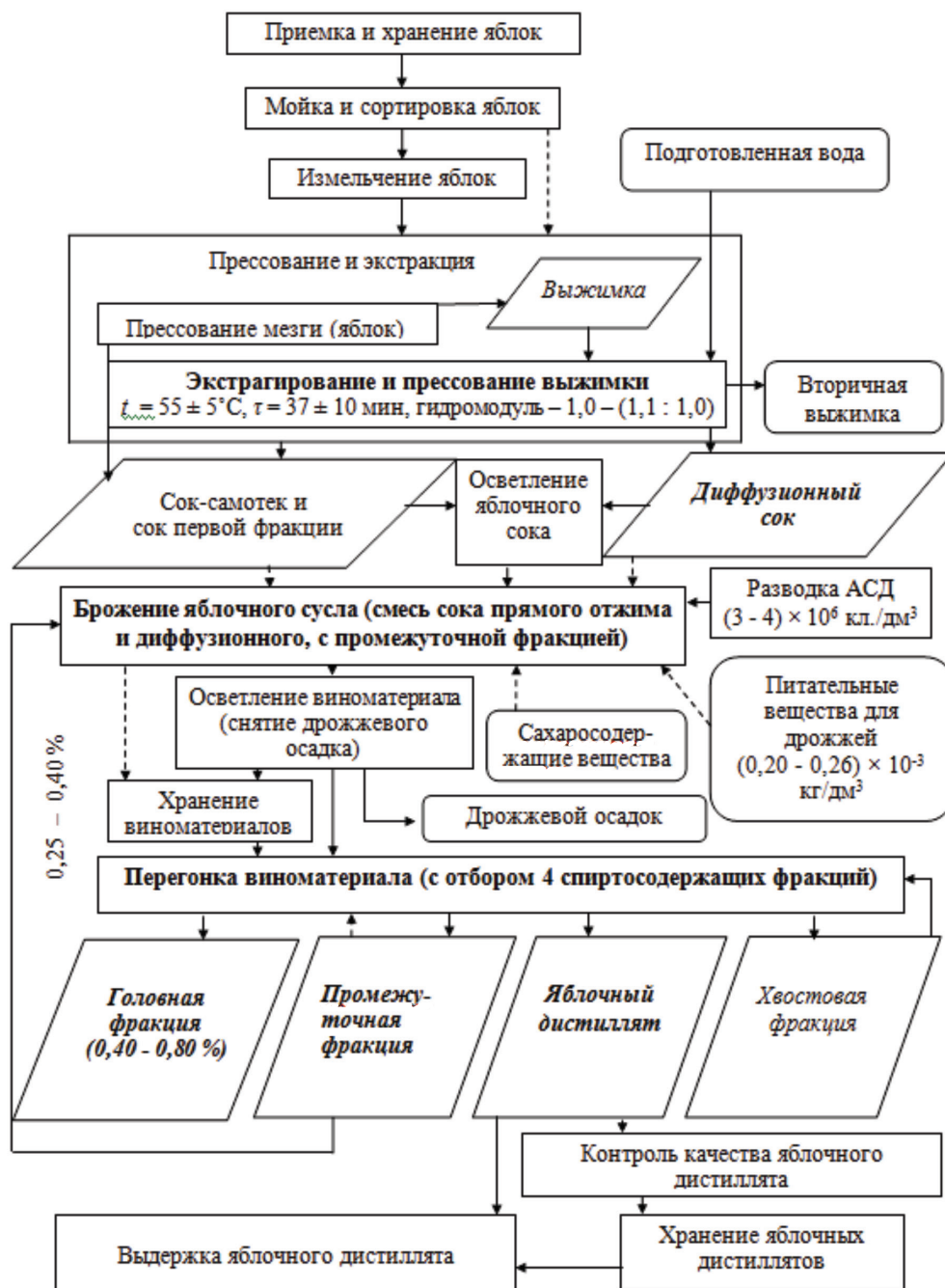


Рис. 9. Технологическая схема изготовления яблочных дистиллятов

Fig. 9. Technological scheme for the manufacture of apple distillates

**Заключение.** На основании совокупного анализа полученных данных и учитывая органолептическую оценку полученных образцов виноматериала, были установлены оптимальные параметры проведения процесса брожения яблочного сула. Количество питания для дрожжей в диапазоне от  $(0,20 - 0,26) \cdot 10^{-3}$  г/дм<sup>3</sup>, количество промежуточной фракции в пересчете на безводный спирт, вводимое на стадии брожения в диапазоне от 0,25 — 0,40 %, количество засеваемых дрожжей при постановке на брожение яблочного сула в диапазоне  $(3 - 4) \cdot 10^6$  кл/см<sup>3</sup>.

Совокупность проведенных экспериментальных исследований дала возможность разработать технологию производства яблочного дистиллята (рис. 9), включающую в себя комплексную переработку вторичных сырьевых ресурсов, отличающуюся тем, что потенциал исходного сырья, используется максимально полно, при задействовании ранее традиционных отходов в качестве вторичных сырьевых ресурсов посредством получения диффузионных соков в результате проведения процесса экстракции — температура экстракции —  $55 \pm 5^\circ\text{C}$ , период экстракции —  $37 \pm 10$  мин, гидромодуль — 1,00 — (1,10 : 1,00); и выделением нового инновационного промежуточного продукта — промежуточной фракции фруктового дистиллята — задействованной в производственном цикле, а именно на этапе брожения при следующих параметрах — количество питания для дрожжей в диапазоне 0,20–0,26 г/дм<sup>3</sup>, количество промежуточной фракции в пересчете на безводный спирт, вводимое на стадии брожения в диапазоне 0,25–0,40 % об., количество засеваемых дрожжей при постановке на брожение фруктового сула в диапазоне  $(3 - 4) \cdot 10^6$  кл/см<sup>3</sup>.

Изготовленный яблочный дистиллят может быть использован для производства дистиллята яблочного выдержанного (кальвадосного) — дистиллята яблочного с объемной долей этилового спирта от 55 до 70 процентов, полученного путем выдержки дистиллята яблочного молодого в постоянном контакте с древесиной дуба в течение всего периода выдержки.

Кроме указанной крепкой винодельческой продукции изготовленный яблочный дистиллят может быть использован при производстве следующих алкогольных напитков:

- ♦ винодельческой продукции — на этапе доведения до заданной объемной доли этилового спирта сброженного винодельческого сырья путем купажирования;
- ♦ спиртных напитков крепких — на этапе купажирования со спиртом этиловым ректифицированным из пищевого сырья и питьевой воды с добавлением или без добавления сахаросодержащих продуктов, натуральных вкусоароматических веществ (препаратов) и сахарного колера.

#### Список использованных источников

1. Анализ состояния и развития конъюнктуры рынка винодельческой отрасли Республики Беларусь / Н.В. Хорошун [и др.]. — Минск : Белорус. госуд. технологический университет, 2021. — 11 с.
2. Аванесьянц, Р. В. Теоретическое обоснование и разработка инновационных технологий производства российских коньяков: дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.01 / Р. В. Аванесьянц. — Краснодар, 2013. — 374 л.
3. Блягоз, А. Р. Совершенствование технологии производства российского кальвадоса в Республике Адыгея : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.18.01 / А. Р. Блягоз ; Кубан. гос. технол. ун-т. — Краснодар, 2010. — 24 с.
4. Продукция соковая. Рефрактометрический метод определения массовой доли растворимых сухих веществ = Прадукцыя сакавая. Рэфрактаметрычны метад вызначэння масавай долі растваральных сухіх рэчываў : ГОСТ 34128-2017. — Взамен ГОСТ ISO 2173-2013 в части соковой продукции ; введ. РБ 01.06.19. — Минск : Госстандарт, 2018. — 7 с.
5. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги : ГОСТ 28561-90. — Взамен ГОСТ 8756.2-82 в части разд. 1, 2, 3 (кроме консервов из рыбы и морепродуктов), ГОСТ 13340.3-77 ; введ. РБ 17.12.92. — Минск : БелГИСС, 2011. — 9 с.
6. Продукция алкогольная и соковая. Определение содержания углеводов и глицерина методом высокоэффективной жидкостной хроматографии = Прадукцыя алкагольная і сакавая. Вызначэнне змяшчэння вугляводаў і гліцэрына метадам высокаэфектыўнай вадкаснай хромаціграфіі : ГОСТ 33409-2015. — Введ. РБ 01.08.16. — Минск : Госстандарт, 2015. — 11 с.
7. Винодельческая продукция и винодельческое сырье. Метод определения объемной доли этилового спирта : СТБ 1929-2009 (ГОСТ Р 51653-2000). — Взамен на территории РБ ГОСТ 13191-73 ; введ. 01.07.09. — Минск : Госстандарт, 2009. — 9 с.
8. Винодельческая продукция и винодельческое сырье. Методы определения массовой концентрации титруемых кислот : СТБ 1931-2009. — Взамен на территории РБ ГОСТ 14252-73 ; введ. 01.07.09. — Минск : Госстандарт, 2009. — 11 с.

9. Водка и спирт этиловый из пищевого сырья. Газохроматографический экспресс-метод определения содержания токсичных микропримесей : СТБ ГОСТ Р 51698-2001. — Введ. 01.11.02. — Минск : Госстандарт, 2001. — 36 с.

#### Информация об авторах

*Кулагова Екатерина Петровна*, кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории микробиологических исследований Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (220037, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Козлова, 29).

E-mail: tateka@tut.by

*Пушкар Александр Александрович* — кандидат технических наук, заместитель директора по биотехнологическому направлению ООО «Ритехна» (220028, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Козыревская, д. 15, ком. 801б).

E-mail: trb991@mail.ru

#### Information about authors

*Kulagova Ekaterina Petrovna*, PhD (Technical), researcher of the laboratory of microbiological research of the Republican control and testing complex for the quality and safety of food, “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food” (220037, Republic of Belarus, Minsk, Kozlova st., 29).

E-mail: tateka@tut.by

*Pushkar Alexander Alexandrovich*, PhD (Technical), Deputy Director for Biotechnology at Ritekhn LLC (220028, Republic of Belarus, Minsk, st. Kozyrevskaya, 15, room. 801b).

E-mail: trb991 @ mail.ru