

УДК 663.2+663.26
https://doi.org/10.47612/2073-4794-2021-14-3(53)-41-50

Поступила в редакцию 14.08.2021
Received 14.08.2021

Е. П. Кулагова, А. А. Пушкарь, О. Н. Юденко, О. Л. Зубковская

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БИОСИНТЕЗА ЭТИЛОВОГО СПИРТА ПРИ СБРАЖИВАНИИ ЯБЛОЧНОГО СУСЛА, ПОЛУЧЕННОГО НА БАЗЕ ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ВТОРИЧНЫХ СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ

Аннотация: В статье изучено влияние внесения промежуточной фракции фруктового дистиллята в сусло, направляемое на брожение, с целью предотвращения развития посторонней микрофлоры, активации процесса брожения и сокращения потерь безводного этилового спирта в цикле производства фруктовых дистиллятов. Установлены оптимальные технологические режимы брожения яблочного сусла.

Ключевые слова: промежуточная фракция фруктового дистиллята, брожение яблочного сусла, питание для дрожжей, вторичные сырьевые ресурсы, фруктовые дистилляты, крепость, массовая концентрация несброженного сахара в пересчете на инвертный.

Е. P. Kulagova, A. A. Pushkar, O. N. Yudenko, O. L. Zubkouskaya

*RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National
Academy of Sciences of Belarus”, Minsk, Republic of Belarus*

IMPROVEMENT OF ETHYL ALCOHOL BIOSYNTHESIS WHEN FERRYING APPLE WORT, OBTAINED ON THE BASIS OF INNOVATIVE SOLUTIONS FOR PROCESSING SECONDARY RAW MATERIALS

Abstract: The article studies the effect of introducing an intermediate fraction of fruit distillate into the wort sent for fermentation in order to prevent the development of extraneous microflora, activate the fermentation process and reduce the loss of anhydrous ethyl alcohol in the production cycle of fruit distillates. The optimal technological modes of apple wort fermentation have been established.

Key words: intermediate fraction of fruit distillate, fermentation of apple wort, nutrition for yeast, secondary raw materials, fruit distillates, strength, mass concentration of unfermented sugar in terms of invert, titratable acidity.

Введение. Основой инновационного развития экономики является разработка и применение ресурсосберегающих технологий и рациональное использование ресурсов. Актуальность решаемой проблемы заключается в развитии безотходных и малоотходных технологий производств путем научного обоснования глубокой переработки отходов производства дистиллятов и их направленного использования в качестве вторичного сырья.

Выжимки и спиртосодержащие осадки виноделия относят к отходам виноделия при производстве винодельческой продукции. Их использование в качестве вторичных сырьевых ресурсов за счет наиболее полного использования исходного потенциала сырья (выжимок и спиртосодержащих отходов) позволило разработать ресурсосберегающие технологии производства [1].

Экономическая эффективность разработанной технологии заключается в сокращении потерь безводного спирта. Действующая технология производства яблочных (фруктовых и кальвадосных) дистиллятов предусматривает получение трех спиртосодержащих фракций: головной, предназначенной для утилизации на технические цели (до 5 % по безводному спирту), основной и хвостовой. Хвостовая фракция возвращается до 5 раз при перегонке последующих партий сброженных соков (виноматериалов) [2]. Предложенная технология позволяет сократить головную фракцию, предназначенную для утилизации на технические цели, более чем в 5 раз путем отработки технологических

режимов ее получения и направленного использования ее в качестве вторичного сырьевого ресурса в виде промежуточной фракции фруктового дистиллята при сбраживании диффузионных соков с последующей фракционной перегонкой.

Целью данной работы являлось установление оптимальных технологических режимов проведения процесса брожения яблочного сусла с применением диффузионных соков и промежуточной фракции. Для экспериментальных исследований по оптимизации процесса брожения на основании оптимальных технологических режимов экстракции яблочной выжимки был получен экспериментальный образец диффузионного сока и отобрана промежуточная фракция яблочного дистиллята в производственных условиях УП «Иловское».

Материалы и методы исследований. На основании анализа режимов брожения фруктовых материалов, используемых в мировой практике для производства фруктовых дистиллятов, а также производственных условий УП «Иловское», для экспериментальных исследований были выбраны следующие параметры подготовки сусла для брожения:

- ♦ использование внесенных рас дрожжей, направленных на сохранение аромата исходного яблочного сырья. Вид дрожжей — АСД Oenoferm вида *Saccharomyces cerevisiae* производства ERBSLOEH Geisenheim AG: Freddo F3;
- ♦ соотношение сока прямого отжима и диффузионного сока с установленными физико-химическими показателями в пропорции 80:20 (табл.1);
- ♦ спиртование сусла головной фракцией (далее — ГФ) до объемной доли этилового спирта от 0,0 до 0,50 %;
- ♦ внесение сахаросодержащих веществ для обеспечения объемной доли этилового спирта вино-материалов 11 % и питательных веществ для дрожжей;
- ♦ внесение в качестве питания для дрожжей питательного препарата Argo-aid speed от 3,20 до 36,82 г/л.

Т а б л и ц а 1. Физико-химические показатели диффузионного сока и сока прямого отжима
Table 1. Physicochemical indicators of diffusion juice and directly squeezed juice

Показатель	Диффузионный сок	Сок прямого отжима
Массовая доля сухих веществ, г/дм ³	5,94	11,24
Массовая концентрация титруемых кислот, в пересчете на яблочную кислоту, г/дм ³	8,75	12,85
Массовая концентрация сахаров в пересчете на инвертный, г/дм ³	48,2	91,9

Дрожжи Oenoferm Freddo F3 обеспечивают быстрое начало процесса брожения при низких температурах (8–13 °С) с сохранением аромата исходного плодово-ягодного сырья. Выбор этих дрожжей позволит обеспечить брожение сусла в холодный период и сохранить ароматические компоненты яблочного сырья. Данные дрожжи хорошо зарекомендовали себя и широко используются предприятиями республики, в том числе УП «Иловское».

Перед брожением дрожжи реактивировали в подготовленном сусле при температуре 35 °С в течение 15–20 мин до набухания. После самоохлаждения до температуры окружающей среды дрожжевую суспензию добавляли при постоянном перемешивании в подготовленное сусло. В начале брожения температура составила 18,5 ± 1 °С.

В качестве питания для дрожжей использовали питательный препарат Argo-aid speed (производитель ANAX, Германия) состоящий из аминокислот, минералов и витаминов. Как видно, препарат содержит питательные вещества, факторы роста и микроэлементы, которые действуют эффективно и целенаправленно для защиты и восстановления клеток дрожжей до алкогольного брожения, оптимизируют метаболизм и готовят дрожжи к брожению. Оптимальное питание дрожжей обеспечивает надежное выбраживание и высокую долю живых клеток до конца алкогольного брожения [3].

Температуру в ходе брожения поддерживали в пределах 20 ± 1 °С.

С учетом установившейся производственной практики в республике выход сока из 1 тонны яблок в среднем составляет 700–750 дал. Следовательно, выжимок остается в среднем от 250 до 300 кг. При выбранном технологическом режиме экстракции с гидромодулем 1 к 1 и предположительной эффективности извлечения диффузионного сока 50 %, его выход составит 250–300 дал. В зависимости от заданной кислотности вино-материалов допустимое добавление диффузионных соков в сусло, направляемое на брожение, составит до 25 %. Таким образом, соотношение сока прямого отжима и диффузионного в яблочном сусле составит 80:20.

Расчет массовой концентрации сахаров сусла, необходимых для достижения объемной доли этилового спирта в вино-материалах 11 %, осуществляли по формуле 1:

$$C_{\text{сусла}} = \frac{A \cdot 10}{0,589} + 4,0, \quad (1)$$

где $C_{\text{сусла}}$ — массовая концентрация сахаров сусла (в пересчете на инвертный сахар), необходимая для достижения заданной объемной доли этилового спирта виноматериала, г/дм³; A — заданная объемная доля этилового спирта виноматериала, %; 10 — коэффициент пересчета; 0,589 — выход безводного этилового спирта из 1 кг инвертного сахара, дм³; 4,0 — предельное значение сахаров (в пересчете на инвертный) в сброженном виноматериале, г/дм³.

Таким образом, с целью достижения объемной доли этилового спирта виноматериалов 11 % на основании формулы (1) массовая концентрация сахаров сусла должна составить 190,75 г/дм³.

Массовую концентрацию сахаров сока, состоявшего из смеси соков прямого отжима и диффузионного сока, (в пересчете на инвертный сахар), рассчитывали по формуле 2:

$$C_{\text{сока}} = (C_{\text{сок пр. отж}} \cdot (1 - k) + C_{\text{дс}} \cdot k), \quad (2)$$

где $C_{\text{сок пр. отж}}$ — массовая концентрация сахаров сока прямого отжима (в пересчете на инвертный сахар), г/дм³; $C_{\text{дс}}$ — массовая концентрация сахаров диффузионного сока (в пересчете на инвертный сахар), г/дм³; k — доля диффузионного сока во фруктовом сусле от суммарного количества соков, %.

Суммарный объем соков (диффузионного сока и сока прямого отжима), необходимых для получения заданного количества фруктового (яблочного) сусла, рассчитывали по формуле 3:

$$V_{\text{сока}} = \frac{V_{\text{сусла}} \cdot \left(1 - \frac{C_{\text{сусла}} \cdot 0,623}{1,05 \cdot 1000}\right)}{1 - \frac{C_{\text{сока}} \cdot 0,623}{1,05 \cdot 1000}}, \quad (3)$$

где $V_{\text{сусла}}$ — объем заданного сусла, дм³; $C_{\text{сусла}}$ — массовая концентрация сахаров сусла (в пересчете на инвертный сахар), г/дм³; $C_{\text{сока}}$ — массовая концентрация сахаров сока, состоящего из смеси соков прямого отжима и диффузионного сока, (в пересчете на инвертный сахар), г/дм³; 1,05 — коэффициент пересчета товарного сахара в инвертный, учитывающий массовую долю сахарозы в товарном сахаре (0,9975) и коэффициент пересчета инвертного сахара в сахарозу (0,95); 0,623 — объем, занимаемый при растворении 1 кг сахара в соке, дм³.

Количество инвертного сахара, необходимого для доведения массовой концентрации сахаров сусла до заданного значения, рассчитывали по формуле 4:

$$m_{\text{инв. сах}} = V_{\text{сусла}} \cdot C_{\text{сусла}} - C_{\text{сока}} \cdot V_{\text{сока}}, \quad (4)$$

Количество товарного сахара для приготовления сусла определяли по формуле 5:

$$m_{\text{тов.сах}} = \frac{m_{\text{инв.сах}}}{1,05}. \quad (5)$$

Объем товарного сахара при его растворении вычисляли по формуле 6:

$$V_{\text{тов.сах}} = \frac{m_{\text{тов.сах}} \cdot 0,623}{1000}. \quad (6)$$

Крепость определяли по СТБ 1929-2009 (ГОСТ Р 51653-2000) [4].

Массовую концентрацию несброженного сахара в пересчете на инвертный определяли по ГОСТ 13192-73 [5]. Метод основан на восстановлении инвертным сахаром окисной формы меди в растворе Фелинга в закисную. Закисную форму меди переводят в окисную с помощью сернистой окиси железа. Образовавшуюся закись железа определяют перманганатометрически.

Массовую концентрацию инвертного сахара X , г/дм³ продукта вычисляют по формуле 7:

$$X = \frac{m \cdot 50 \cdot A}{1000}, \quad (7)$$

где m — масса инвертного сахара, найденная по табл.1 приложения ГОСТа 13192-73 [5], мг; 50 — коэффициент пересчета испытуемого раствора на 1 дм³; A — кратность разбавления продукта; 1000 — коэффициент для перевода мг инвертного сахара в г.

Дополнительно проводили органолептическую оценку полученных фруктовых дистиллятов по ГОСТ Р 53137 [6].

Для оптимизации процесса брожения был спланирован эксперимент с использованием методов математической статистики. Планирование эксперимента и обработку результатов проводили по общепринятым методам на персональном компьютере, используя программный пакет STATISTICA 7.0 (StatSoft Inc.) и учебно-методические пособия [7].

Для оптимизации процесса брожения яблочного сусла применяли метод центрального композиционного рототабельного планирования полного факторного эксперимента ПФЭ-23 со звездными точками.

В качестве основных факторов, влияющих на оптимизацию процесса брожения, были выбраны:

X_1 — количество питания для дрожжей, г/л;

X_2 — количество промежуточной фракции в пересчете на безводный спирт, вводимое на стадии брожения, % об.;

X_3 — количество засеваемых дрожжей при постановке на брожение фруктового сусла, млн.кл/л.

Пределы варьирования факторов были определены на основании ранее проведенных исследований по изучению процесса брожения фруктового сусла (на основе соков прямого отжима и диффузионных соков). Условия проведения центрального композиционного рототабельного планирования приведены в табл. 2.

Таблица 2. Характеристика планирования эксперимента
Table 2. Characteristics of experiment planning

Обозначение фактора	Уровень		«Звездные» точки		Центр эксперимента	Шаг варьирования
	нижний	верхний	нижняя	верхняя		
X_1 , г/л	0,1	0,3	0,03	0,37	0,2	0,1
X_2 , % об.	0,10	0,40	0	0,50	0,25	0,15
X_3 , млн.кл./мл	2,00	6,00	0,64	7,40	4,0	2,00

Количество вносимого питания для дрожжей варьировали от 0,03 до 0,37 г/л. При постановке экспериментальных образцов вносили промежуточную фракцию из расчета достижения заданной объемной доли этилового спирта, в количестве от 0,00 % до 0,50 %. Количество подаваемого посевного материала дрожжей изменяли в пределах от 0,64 до 7,40 млн.кл./мл.

Критериями оценки эффективности протекания процесса брожения яблочного сусла под влиянием изменения выбранных факторов являлись крепость виноматериала по окончании процесса брожения за вычетом спирта внесенного с ПФ (Y_{1P} , г/дм³), массовая концентрация несброженного сахара (Y_{2P} , г/дм³).

Эксперименты проводили в соответствии с матрицей планирования, приведенной в табл. 3.

Таблица 3. Матрица планирования многофакторного эксперимента и результаты контроля функций отклика, определяющие эффективность протекания процесса экстракции яблочных выжимок

Table 3. Matrix for planning a multifactorial experiment and the results of control of response functions, which determine the efficiency of the process of extraction of apple pomace

№ опыта	Фактор			Функция отклика Y_1 , %	Крепость, %	Функция отклика Y_2 , г/дм ³
	X_1 , г/л	X_2 , % об.	X_3 , млн.кл/л			
1	0,1	0,4	6,00	11	11,40	2,1
2	0,2	0,25	4,00	11,3	11,55	1,3
3	0,30	0,40	2,00	11,15	11,55	1,4
4	0,20	0,25	0,64	10,65	10,90	2,1
5	0,20	0	4,00	10,85	10,85	2,5
6	0,30	0,10	2,00	10,8	10,90	2,3
7	0,37	0,25	4,00	11,3	11,55	1,12
8	0,10	0,40	2,00	10,9	11,30	1,7
9	0,30	0,40	6,00	11,25	11,65	1,6
10	0,03	0,25	4,00	10,85	11,10	2,7
11	0,20	0,25	7,36	10,75	11,00	1,56
12	0,30	0,10	6,00	10,95	11,05	1,8
13	0,10	0,10	2,00	10,6	10,7	3,9
14	0,10	0,10	6,00	10,7	10,80	3,1
15	0,20	0,50	4,00	11,1	11,60	1,6
16	0,20	0,25	4,00	11,25	11,50	1,3

Каждый опыт дублировали три раза. Среднее значение функций отклика Y_1 , Y_2 по результатам трех параллельных опытов использовали при математической обработке компьютерной системой планирования эксперимента STATGRAPHICS Plus for Windows.

В результате статистической обработки экспериментальных данных получены уравнения регрессии, адекватно описывающие зависимость исследуемых функций отклика от выбранных факторов.

Влияние каждого из варьируемых факторов графически отражали в виде стандартизированной карты Парето и графика главных эффектов отклика.

Результаты исследований. На первом этапе была изучена зависимость крепости полученного фруктового виноматериала (за вычетом спирта внесенного с промежуточной фракцией) от варьируемых факторов проведения процесса брожения фруктового сула.

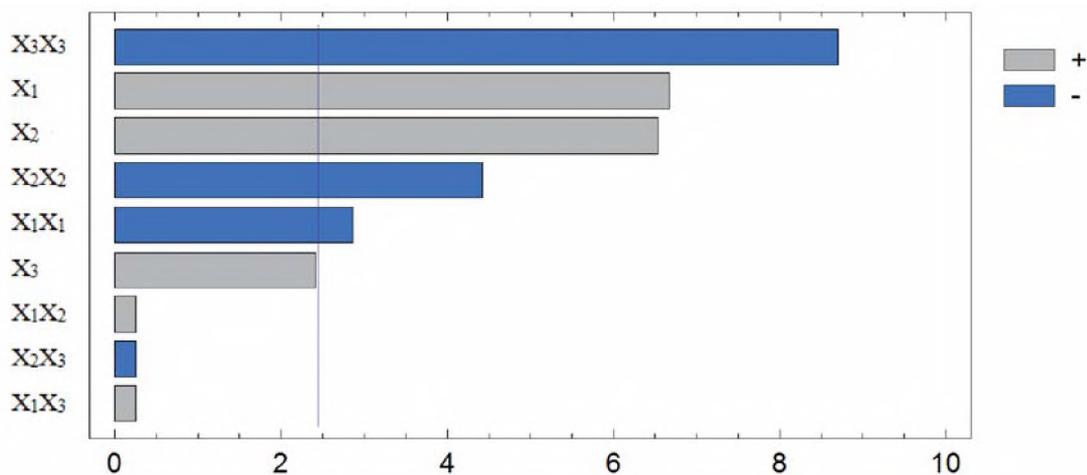


Рис. 1. Карта Парето для показателя крепости полученного фруктового виноматериала (за вычетом спирта внесенного с промежуточной фракцией)

Fig. 1. Pareto map for the strength indicator of the resulting fruit wine material (minus the alcohol introduced with the intermediate fraction)

Стандартизированная карта Парето, изображенная на рис. 1, позволила установить значимые факторы и упростить первоначальный вид уравнения модели. Пересечение стандартизированных эффектов вертикальной линией, которая представляет собой 95%-ю доверительную вероятность, означает, что влияние факторов на функцию отклика статически значимо.

Влияние факторов по степени значимости распределилось в следующем порядке: наибольший эффект на уровень накопления этанола в виноматериале оказывает дозировка вносимого питания для дрожжей; второе по значимости влияние оказывает количество вносимой промежуточной фракции, увеличение содержания которой способствует повышению крепости виноматериала; в рассматриваемом интервале варьирования фактора с увеличением начальной концентрации дрожжевых клеток крепость виноматериала также увеличивается.

Анализ графика главных эффектов для показателя концентрации крепости виноматериала (рис. 2) также подтверждает вышеупомянутый порядок значимости факторов и позволяет локализовать значение фактора «количество засеваемых дрожжей» в диапазоне от 3,5 до 4,5 млн.кл/л, при котором достигается наибольшая крепость виноматериала. Дальнейшее увеличение фактора количество засеваемых дрожжей при проведении процесса брожения нецелесообразно, так как замедляет его и является экономически невыгодным.

В результате статистической обработки экспериментальных данных получено уравнение регрессии:

$$Y_1 = 9,42251 + 3,6271 X_1 + 3,04916 X_2 + 0,41708 X_3 - 6,51621 X_1^2 + 0,416667 X_1 X_2 + 0,03125 X_1 X_3 - 4,46744 X_2^2 - 0,0208333 X_2 X_3 - 0,0494361 X_3^2 \quad (8)$$

Работоспособность модели подтверждается высоким коэффициентом детерминации R — squared, равным 96,61 %.

С целью более детального рассмотрения графических зависимостей функции отклика от варьируемых факторов, установления максимально допустимого внесения промежуточной фракции, не-

обходимо и достаточного расхода питания для дрожжей и оптимальной концентрации дрожжевых клеток вначале процесса спиртового брожения были изучены контурные графики (рис. 3 и 4).

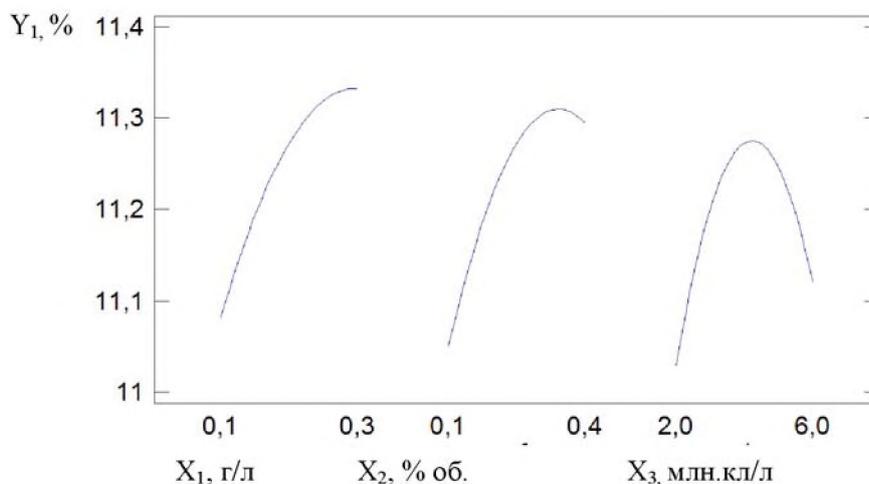


Рис. 2. Главные эффекты отклика для показателя крепости виноматериала
 Fig. 2. The main effects of the response for the indicator of the strength of the wine material

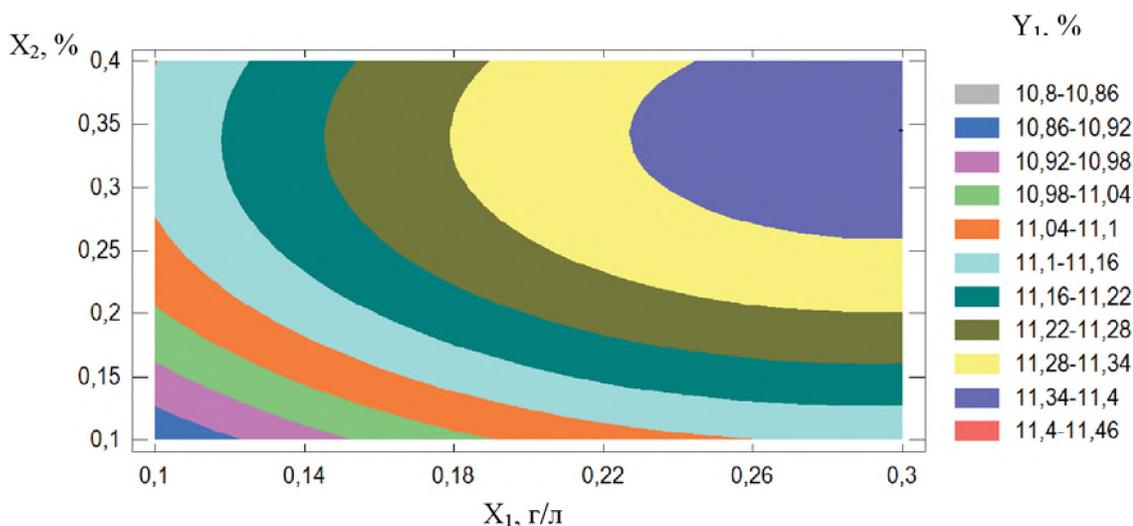


Рис. 3. Контурный график поверхностей отклика для показателя крепости виноматериала, при $X_3 = 4,0$
 Fig. 3. Contour plot of the response surface for the strength index of the wine material at $X_3 = 4,0$

На основании анализа графических зависимостей были установлены области значения факторов, где наблюдаются наилучшие результаты по оптимизации крепости виноматериала в процессе брожения.

Изучение графических зависимостей позволяет утверждать, что для сбраживания фруктового сула с обеспечением наибольшего уровня накопления этилового спирта в виноматериале, оптимальной является начальная концентрация дрожжевых клеток 3,5–4,5 млн. кл./дм³. При данной концентрации дрожжевых клеток максимальные значения крепости зрелой бражки (11,28–11,34 % об.) были достигнуты при расходе протеолитического ферментного препарата 0,19–0,26 г/л. При этих параметрах и стремлении к достижению максимального значения крепости виноматериала, диапазон количества вносимой промежуточной фракции локализуется в пределах от 0,26 до 0,4%.

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 ведет к ухудшению его органолептических свойствах и себестоимости продукта.

Для уточнения и корректировки полученных оптимальных условий проведения процесса брожения анализировали зависимость массовой концентрации несброженного сахара. Согласно полученным данным, сусло, предназначенное для брожения, сбродило насухо (до массовой концентрации сахаров менее $3,0 \text{ г/дм}^3$) с достижением расчетной объемной доли этилового спирта $11,0 \pm 0,4 \%$.

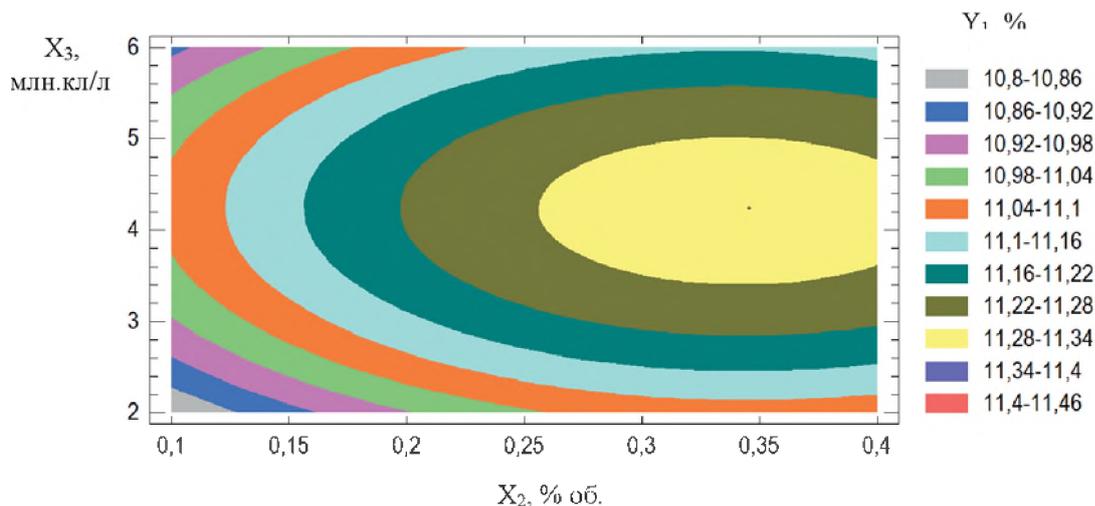


Рис. 4. Контурный график поверхностей отклика для показателя крепости виноматериала, при $X_1 = 0,2$
Fig. 4. Contour plot of the response surface for the strength index of the wine material at $X_1 = 0,2$

Анализ стандартизированной карты Парето, изображенной на рис. 5, позволил установить значимые факторы процесса. Пересечение стандартизированных эффектов вертикальной линией, которая представляет собой 95 %-ную доверительную вероятность, означает, что влияние факторов на функцию отклика статически значимо.

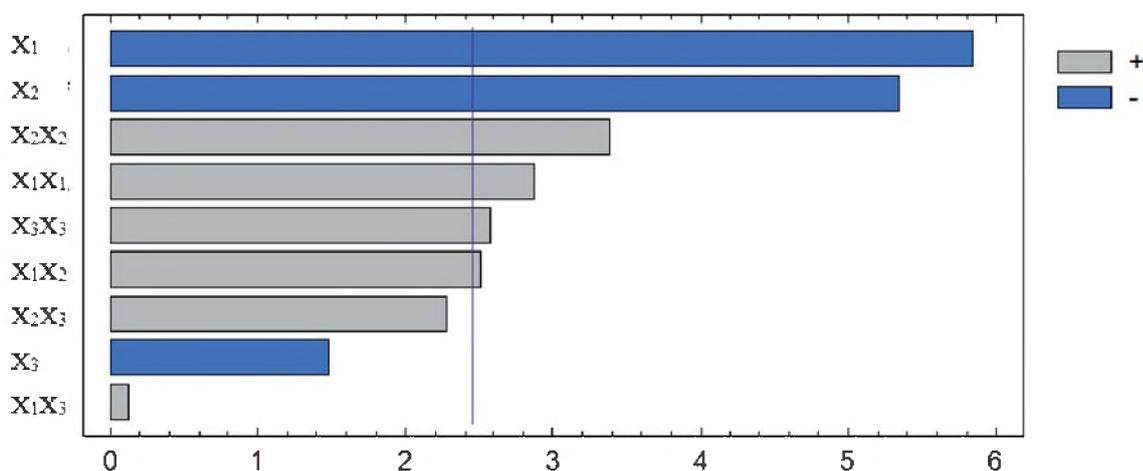


Рис. 5. Карта Парето для показателя массовой концентрации несброженного сахара
Fig. 5. Pareto map for the indicator of the mass concentration of unfermented sugar

Влияние факторов по степени значимости распределилось в следующем порядке: наибольший эффект на показатель массовой концентрации несброженного сахара оказывает количество питания для дрожжей и количество вносимой промежуточной фракции фруктового дистиллята, причем знак «минус» на карте Парето указывает на снижение данного показателя, при увеличении этих факторов, и третье по значимости влияние оказывает количество засеваемых дрожжей, с его повышением показатель массовой концентрации несброженного сахара уменьшается.

Анализ графика главных эффектов для показателя массовой концентрации несброженного сахара (рис. 1.6) также подтверждает вышеупомянутый порядок значимости факторов.

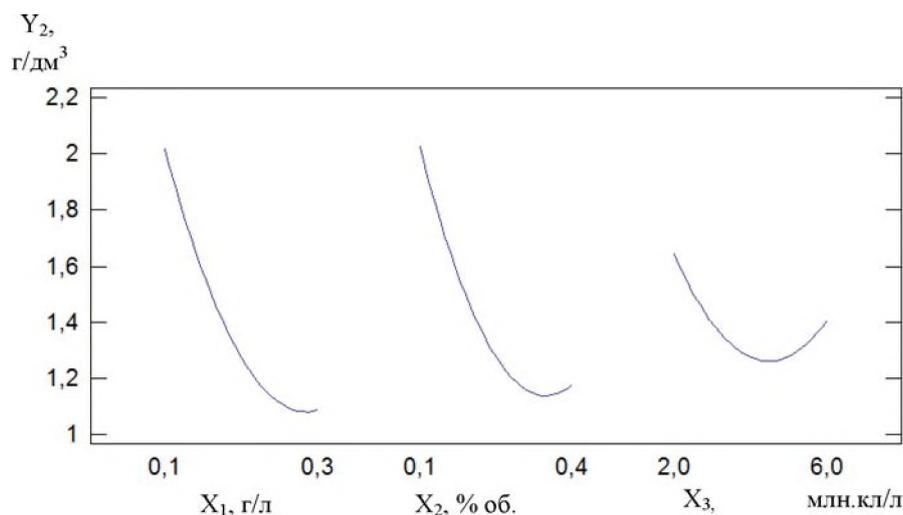


Рис. 6. Главные эффекты отклика для показателя массовой концентрации несброженного сахара
 Fig. 6. Main response effects for the mass concentration index of unfermented sugar

Работоспособность модели подтверждается высоким коэффициентом детерминации R — squared, равным 93,82 %. Полученное значение коэффициента детерминации показывает высокое качество уравнения модели.

В результате статистической обработки экспериментальных данных получено уравнение регрессии:

$$Y_2 = 7,89152 - 20,4158 X_1 - 16,7911 X_2 - 0,769516 X_3 + 27,8396 X_1^2 + 17,5 X_1 X_2 + 0,0625 X_1 X_3 + 14,573 X_2^2 + 0,791667 X_2 X_3 + 0,0625277 X_3^2 \quad (9)$$

Полученное уравнение регрессии позволяет не только предсказать значение функции отклика для заданных условий эксперимента, но и дает информацию о форме поверхности отклика. Исследование этой поверхности необходимо для выбора оптимальных значений количества вносимых дрожжей, питания для дрожжей и промежуточной фракции при осуществлении процесса брожения яблочного дистиллята. С целью детального рассмотрения графических зависимостей функции отклика от варьируемых факторов, и нахождения оптимальных значений был рассмотрен контурный график (рис. 7, 8).

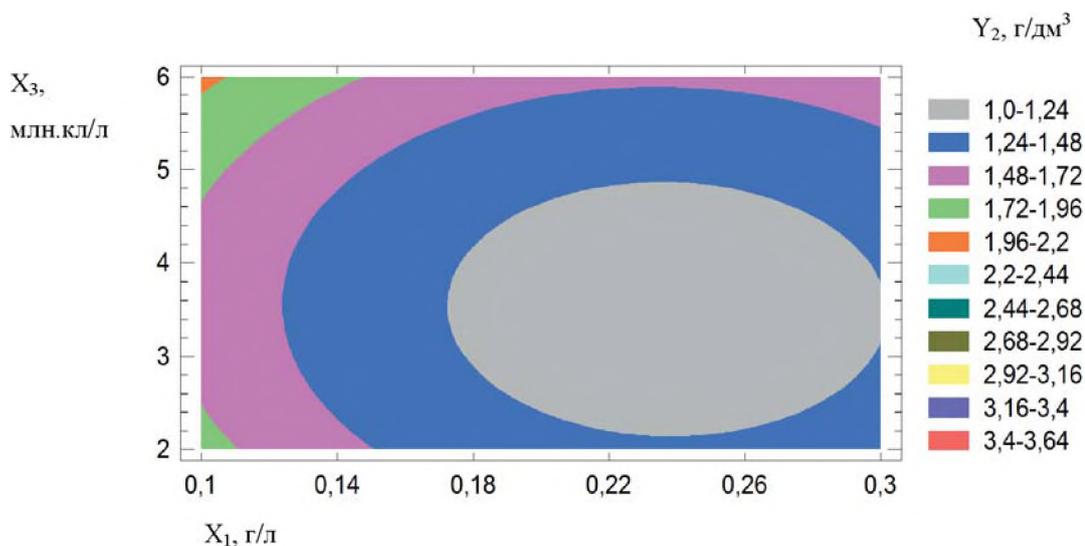


Рис.7. Контурный график поверхностей отклика для показателя массовой концентрации несброженного сахара, при X₂ = 0,4

Fig. 7. Contour plot of the response surfaces for the indicator of the mass concentration of unfermented sugar, at X₂ = 0,4

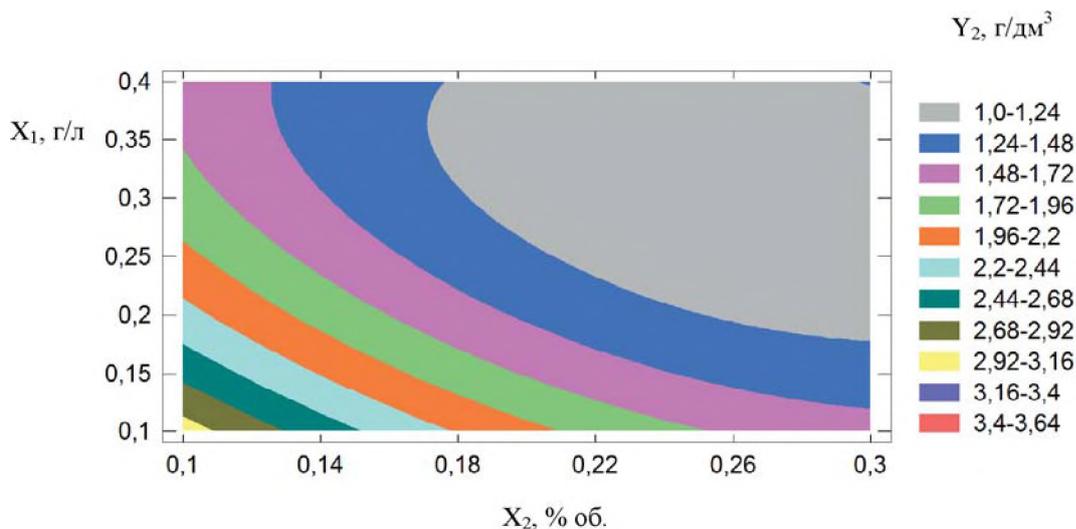


Рис. 8. Контурный график поверхностей отклика для показателя массовой концентрации несброженного сахара, при $X_3 = 4,0$

Fig. 8. Contour plot of response surfaces for the indicator of the mass concentration of unfermented sugar, at $X_3 = 4,0$

Проанализировав полученные графические зависимости с учетом необходимости достижения показателя массовой концентрации несброженного сахара как можно ниже, нами были выбраны следующие рабочие интервалы: питание для дрожжей в диапазоне от 0,2 до 0,4 г/л, количество промежуточной фракции — 0,18-0,4 % об., количество засеваемых дрожжей от 2,2 до 4,8 млн.кл/л.

Заключение. На основании анализа графических зависимостей, учитывая экономическую составляющую и органолептическую оценку полученных образцов виноматериала, были установлены оптимальные параметры проведения процесса брожения фруктового сусле: количество питания для дрожжей в диапазоне от 0,2-0,26 г/л, количество промежуточной фракции в пересчете на безводный спирт, вводимое на стадии брожения в диапазоне от 0,25-0,4 % об., количество засеваемых дрожжей при постановке на брожение фруктового сусле в диапазоне от 3 до 4 млн.кл/л.

Список использованных источников

1. Гладченко, М.А. Разработка биотехнологических способов утилизации отходов виноделия: дис. ... канд. техн. наук: 03.00.23, 05.18.07 / М.А. Гладченко. — Москва, 2001. — 192 л.
2. Сборник предельно допустимых нормативов потерь и отходов, норм расхода сырья при изготовлении винодельческой продукции. — Минск: РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», 2019. — 41 с.
3. Технологическая инструкция по переработке плодов и ягод при изготовлении плодовых и ягодных соков, плодово-ягодных сброженно-спиртованных и спиртованных соков, фруктово-ягодных натуральных и плодовых крепленых вин и обработанных виноматериалов: ТИ ВУ 190239501.9-2.001-2011. — Минск: РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по продовольствию», 2011. — 12 с.
4. Винодельческая продукция и винодельческое сырье. Метод определения объемной доли этилового спирта: СТБ 1929-2009 (ГОСТ Р 51653-2000). — Минск: Госстандарт, 2009. — 16 с.
5. ГОСТ 13192-73 Вина, виноматериалы и коньяки. Метод определения сахаров. — Минск: Госстандарт, 1973. — 12 с.
6. ГОСТ Р 53137 Соки и соковая продукция. Идентификация. Общие положения. — Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии от 18.12.2008. — 26 с.
7. Боровиков, В.И. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов / В.П. Боровиков. — СПб.: С.-Петербург, 2001. — 656 с.

References

1. Gladchenko M. A. Development of biotechnological methods of utilization of wine-making waste: dis. ... Cand. tech. Sciences: 03.00.23, 05.18.07. Moscow, 2001. 192 p.

2. Collection Maximum permissible standards for losses and waste, consumption rates of raw materials in the manufacture of wine products. Minsk, RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food”, 2019. 41 p.
3. ТИ BY 190239501.9-2.001-2011. Technological instruction for the processing of fruits and berries in the manufacture of fruit and berry juices, fruit and berry fermented and alcoholized and alcoholized juices, fruit and berry natural and fruit fortified wines and processed wine materials. - Minsk: RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food”, 2011. 12 p.
4. STB 1929-2009 (GOST R 51653-2000). Wine products and wine raw materials. Method for determining the volume fraction of ethyl alcohol. - Minsk: Gosstandart, 2009. - 16 p.
5. GOST 13192-73. Wines, wine materials and cognacs. Method for the determination of sugars. — Minsk, Gosstandart Publ., 1973. 12 p.
6. GOST R 53137. Juices and juice products. Identification. General Provisions. - Federal Agency for Technical Regulation and Metrology from 18.12.2008. 26 p.
7. Borovikov V. P. STATISTICA: the art of analyzing data on a computer. For professionals. S.-Petersburg, 2001. 656 p.

Информация об авторах

Кулагова Екатерина Петровна — аспирант, младший 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, руководитель производства треонина и триптофана департамента биотехнологического производства ЗАО «БНБК» (222860, Республика Беларусь, Минская область, Пуховичский район, Дукорский с/с, 27) E-mail: trb991@mail.ru

Юденко Ольга Николаевна — кандидат технических наук, руководитель группы по винодельческой и пивобезалкогольной отрасли отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (220037, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Козлова, 29).

Зубковская Оксана Леонидовна — старший научный сотрудник группы по винодельческой и пивобезалкогольной отраслям отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (220037, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Козлова, 29). E-mail: ksana50z@yandex.by

Information about authors

Kulagova Ekaterina Petrovna — postgraduate student, junior 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 — Ph.D. (Technical), Head of the threonine and tryptophan production Department of the Biotechnological production Department of BNBC (222860, Republic of Belarus, Minsk region, Pukhovichi district, Dukorsky s / s, 27) E-mail: trb991 @ mail.ru

Yudenko Olga Nikolaevna — Ph.D. (Technical), Head of the Group for Wine and Beer and Non-alcoholic Industry of the Department of Technologies for Alcoholic and Non-alcoholic Products, «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food» (220037, Republic of Belarus, Minsk, Kozlova str., 29).

Zubkovskaya Oksana Leonidovna — Senior researcher of the group on wine and beer and non-alcoholic industries of the Department of Technologies of alcoholic and non-alcoholic products, RUE “Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (Kozlova st.29, Minsk, 220037, Republic of Belarus). E-mail: ksana50z@yandex.by