

Анализ качества свекловичной мелассы на доказательной основе референтных значений показателей

Л. И. БЕЛЯЕВА, М. К. ПРУЖИН, Л. Н. ПУЗАНОВА, А. В. ОСТАПЕНКО, Т. И. СЫСОВЕВА

Курский федеральный аграрный научный центр, ул. Карла Маркса, 70 б, Курск, 305021, Российская Федерация

Резюме. Свекловичная меласса представляет собой комплекс природных компонентов сахарной свеклы, дополненный обработавшимися в процессе переработки корнеплодов органическими и минеральными соединениями. Каждое направление промышленного использования мелассы, например, бродительное производство или производство лимонной кислоты, предполагает наличие определенных показателей ее качества. При этом информация об их достоверных пределах содержания и варьирования как нормируемых стандартом, так и предъявляемых потребителями отсутствует. Отмеченная ситуация препятствует возможности выбора потребителями мелассы нужного качества. Цель исследования состояла в установлении обоснованных на вероятностной основе референтных значений для основных показателей качества мелассы. Объектом исследования служили промышленные образцы мелассы 35 российских свеклосахарных заводов производственных сезонов 2019-2023 гг., характеризующиеся на основе 10 показателей качества. Полученные мониторинговые данные были преобразованы в интервальные вариационные ряды с последующей проверкой гипотезы о соответствии нормальному распределению. Расчет доверительных интервалов показателей качества мелассы выполнен согласно классической интервальной оценке генеральной средней. Подтвержденные нулевые гипотезы непараметрических тестов Колмогорова-Смирнова (λ) и Пирсона (χ^2), а также близкие по значениям средние арифметические, медианы и моды свидетельствуют о соответствии показателей качества нормальному закону распределения. Не выявлено значимой корреляции (по Чеддоку) между показателями, кроме содержания сахарозы и сбраживаемых сахаров ($r=0,848$). Верхний предел референтного значения содержания кальция, равный 0,83 % СаО, выходил за пороговый уровень для бродительного производства и производства лимонной кислоты (соответственно 0,8 и 0,7 % СаО); верхнее референтное значение содержания редуцирующих веществ – 0,65 % превышало пороговый уровень для бродительного производства (0,5 %). Полученные референтные значения могут обеспечить более эффективное использование свекловичной мелассы в разных сферах экономики.

Ключевые слова: свекловичная меласса, показатель качества, референтные значения, характер распределения, тест Колмогорова-Смирнова.

Сведения об авторах: Л. И. Беляева, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник (belyaeva_li@mail.ru); М. К. Пружин, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник; Л. Н. Пузанова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; А. В. Остапенко, старший научный сотрудник; Т. И. Сысоева, научный сотрудник.

Для цитирования: Анализ качества свекловичной мелассы на доказательной основе референтных значений показателей / Л.И. Беляева, М.К. Пружин, Л.Н. Пузанова и др. // Достижения науки и техники АПК. 2024. Т. 38. № 6. С. 63–68. doi: 10.53859/02352451_2024_38_6_63

Quality analysis of sugar beet molasses based on the evidence of reference values of indicators

L. I. Belyaeva, M. K. Pruzhin, L. N. Puzanova, A. V. Ostapenko, T. I. Sysoeva

Federal Agricultural Kursk Research Center, ul. Karla Marksa, 70 b, Kursk, 305021, Russian Federation

Abstract. Beet molasses is a complex of natural components of sugar beet, supplemented by organic and mineral compounds formed during the processing of root crops. Each area of industrial use of molasses, for example, fermentation production or citric acid production, implies the presence of certain indicators of its quality. However, there is no information on their reliable limits of content and variation, both regulated by the standard or presented by consumers. This situation prevents consumers from choosing molasses of the desired quality. The purpose of the study was to establish probabilistically justified reference values for the main quality indicators of molasses. The object of the study was industrial samples of molasses from 35 Russian beet sugar factories of the 2019-2023 production seasons, characterised by 10 quality indicators. The obtained monitoring data were transformed into interval variation series with subsequent testing of the hypothesis of compliance with the standard distribution. The calculation of confidence intervals for molasses quality indicators was performed according to the classical interval estimate of the general mean. Confirmed null hypotheses of nonparametric Kolmogorov-Smirnov (λ) and Pearson (χ^2) tests, as well as similar arithmetic means, medians and modes indicate that the quality indicators correspond to the normal distribution law. No significant correlation (according to Chaddock) was found between the indicators, except for the content of sucrose and fermentable sugars ($r=0.848$). The upper limit of the reference value of calcium content, equal to 0.83% of CaO, went beyond the threshold level for fermentation production and citric acid production (0.8 and 0.7% of CaO, respectively); the upper reference value of the content of reducing substances – 0.65% exceeded the threshold level for fermentation production (0.5%). The obtained reference values can ensure more efficient use of beet molasses in various sectors of the economy.

Keywords: beet molasses; quality indicator; reference values; distribution pattern; Kolmogorov-Smirnov test.

Author Details: L.I. Belyaeva, Cand. Sc. (Tech.), leading research fellow (e-mail: belyaeva_li@mail.ru); M.K. Pruzhin, D. Sc. (Agr.), senior research fellow; L.N. Puzanova, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow; A.V. Ostapenko, senior research fellow; T.I. Sysoeva, research fellow.

For citation: Belyaeva LI, Pruzhin MK, Puzanova LN, et al. [Quality analysis of sugar beet molasses based on the evidence of reference values of indicators]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2024;38(6):63–8. Russian. doi: 10.53859/02352451_2024_38_6_63

Свекловичная меласса – побочный продукт, образующийся при производстве белого сахара из сахарной свеклы. На российских свеклосахарных заводах ее вырабатывают по ГОСТ 30561-2017 «Меласса свекловичная. Технические условия». Объемы производства мелассы зависят от объемов переработки сахарной свеклы. В последние годы в России при выходе мелассы 3,5...4,0 % от массы свеклы они составляют 1,3...1,9 млн т в год. Основная часть мелас-

сы на внутреннем рынке расходуется на производство хлебопекарных дрожжей, кормопроductов, спирта, сахара и бетаина, на каждом из которых используют ежегодно около 300 тыс. т мелассы; экспорт ее составляет около 500 тыс. т [1].

Свекловичная меласса представляет собой густую вязкую непрозрачную жидкость, которую можно отнести к классическим ньютоновским жидкостям. Динамическая вязкость ее находится на уровне 4...8 Па·с при

температуре 40 °С. Химический состав мелассы представлен нативными компонентами сахарной свеклы и образовавшимися в процессе переработки корнеплодов органическими и минеральными соединениями. Природный комплекс мелассы содержит сахарозу, на которую приходится около 50 % массы сухих веществ, бетаин, раффинозу, сапонин, арабан, калий, натрий, витамины биотин, тиамин и другие компоненты. В процессе производства сахара образуются и переходят в мелассу органические кислоты – молочная, щавелевая, уксусная; аминокислоты и их амиды – глютаминовая и глютамин, аспарагиновая и аспарагин; глюкоза и фруктоза (редуцирующие вещества), декстран, меланоидины, кальций и др. [2, 3]. Меласса обладает антиокислительными, антизамерзающими, пластифицирующими, связывающими, буферными, коагуляционными свойствами, сладостью. Поэтому свекловичная меласса может быть отнесена к категории ценных вторичных сырьевых ресурсов, вовлечение в оборот которых позволяет создавать новые источники доходов, увеличить уровень импортнезависимости экономики. Кроме таких традиционных технологий переработки мелассы, как производство спирта, хлебопекарных дрожжей, сахара, бетаина, лимонной и молочной кислот, кормов и кормовых добавок [4, 5], ее используют для производства биотоплива, аминокислот, антибиотиков, глицерина, бутанола, ацетона; в качестве компонента смазочной добавки буровых растворов для нефтяных и газовых скважин, для формирования питательной среды при производстве различных соединений и биологически активных веществ, в качестве антигололедного реагента для дорог, дорожных покрытий, парковочных стоянок; при производстве пластмасс, красок и др. [6, 7]. Достижения в физической и биологической химии, микробиологии, ферментологии, гидро- и термодинамике привели к возникновению новых направлений использования мелассы [8, 9, 10]. Можно предположить, что и в дальнейшем она будет оставаться востребованной для многих отраслей, перечень направлений использования также будет расширяться, поэтому необходимо знание ее свойств и показателей качества.

Учитывая, что мелассу потенциально можно использовать в разных отраслях экономики, для нее регламентированы только четыре основные физико-химические показателя: массовая доля сухих веществ, сахарозы, редуцирующих веществ и pH. В то же время к сырьевой ценности мелассы потребители предъявляют в дополнении свои требования по таким показателям, как массовая доля сбраживаемых сахаров, золы, кальция, калия, высокомолекулярных соединений, α -аминного азота, цветность и др.; с точки зрения транспортирования мелассы важны ее плотность и вязкость. Все показатели качества свекловичной мелассы обусловлены результатами воздействия на пищевую систему производства сахара многих и различных технологических и технических факторов, а также химическим составом корнеплодов сахарной свеклы, который зависит от метеорологических и почвенных условий, агротехнологий возделывания, условий хранения корнеплодов. Поэтому химический состав мелассы непостоянен и имеет расхождения не только для разных свеклосахарных заводов, но и для одного в течение производственного сезона. Информация о достоверных пределах содержания и варьирования показателей качества мелассы как нормируемых стандартом, так и предъявляемых потребителями отсутствует. Отмеченная ситуация ограничивает выбор потребителями свекловичной мелассы нужного качества.

Кроме того, на российском рынке кроме свекловичной мелассы присутствуют меласса, вырабатываемая при переработке тростникового сахара-сырца по ГОСТ Р 54902-2012 «Меласса тростникового сахара-сырца. Технические условия»; обессахаренная (обедненная) меласса и вторичная меласса по ТУ, образующиеся в технологических линиях по обессахариванию свекловичной мелассы, которые функционируют на 3 заводах – ОАО «Ольховатский сахарный комбинат», ООО «РУСАГРО-ТАМБОВ», ООО «РУСАГРО-БЕЛГОРОД» [11]. Все они по химическому составу отличаются от свекловичной. Меласса тростникового сахара-сырца, в сравнении с свекловичной, содержит меньше сухих веществ и сахарозы, но больше редуцирующих веществ, в ней отсутствует раффиноза, бетаин, сапонин, но присутствует крахмал. Для обессахаренной мелассы характерно пониженное (в 1,5 раза) содержание сухих веществ и сахарозы (в 4...5 раз); в состав вторичной мелассы входит в 10 раз меньше редуцирующих веществ и в 3 раза больше раффинозы, в сравнении с свекловичной мелассой. Объемы производства обессахаренной и вторичной мелассы небольшие, они пока не нашли своего практического применения и не исключен риск добавления их к свекловичной мелассе при реализации.

Изложенное свидетельствует о необходимости формирования нормативной базы для объективной оценки степени пригодности свекловичной мелассы. Это возможно путем целенаправленного применения существующей совокупности математико-статистических методов. В медицинской практике для интерпретации результатов лабораторных исследований используют термины «референтные значения», «референтный интервал» [12, 13]. Единичные исследования такого рода имеются по отдельным продуктам питания [14, 15], для мелассы они проводятся впервые.

Цель исследования направлена на установление референтных значений основных показателей качества свекловичной мелассы.

Для ее достижения решали следующие задачи: выявить характер распределения основных показателей качества свекловичной мелассы, определить референтные их значения и доверительные интервалы.

Условия, материалы и методы. Объектом исследований служили промышленные образцы свекловичной мелассы, выработанные в 2019–2023 гг. 35 свеклосахарными заводами из 14 регионов России (Курская, Орловская, Белгородская, Воронежская, Брянская, Липецкая, Рязанская, Тамбовская, Пензенская области, Республики Мордовия, Татарстан, Башкортостан, Алтайский край, Краснодарский край). Предметом исследования были 10 основных показателей качества свекловичной мелассы: содержание сухих веществ, сахарозы, редуцирующих веществ, раффинозы, сбраживаемых сахаров, калия, кальция, α -аминного азота, pH, вязкость. Формирование массива количественных значений перечисленных показателей осуществляли на основе данных мониторинга, проводимого испытательной лабораторией Курского ФАНЦ. Объем случайных выборок варьировал от 47 до 100. Содержание сухих веществ, сахарозы, редуцирующих веществ и pH определяли согласно ГОСТ 30561-2017; содержание кальция и α -аминного азота – в соответствии с действующими методиками [16]; содержание раффинозы – по методике GS4/8/1/2/3-18 (2005). Общее содержание α -галактозидов и раффинозы измеряли ферментативным методом; калия – потенцио-

Таблица 1. Корреляционная матрица показателей качества свекловичной мелассы

Показатель	СВ	СХ	РВ	Р	СС	К	Са	α-А	pH
Сахароза (СХ), %	0,267	1							
Редуцирующие вещества (РВ), %	0,023	-0,353	1						
Раффиноза (Р), %	-0,014	0,108	0,044	1					
Сбраживаемые сахара (СС), %	0,245	0,848	-0,026	0,056	1				
Калий (К), %	0,176	-0,046	-0,014	0,016	0,064	1			
Кальций (Са), % СаО	-0,016	-0,365	0,219	-0,225	-0,347	0,053	1		
α-аминный азот (α-А), %	0,071	-0,089	0,087	-0,009	0,056	-0,097	-0,018	1	
pH, ед.	-0,119	0,397	-0,486	-0,069	0,166	-0,045	-0,344	-0,239	1
Вязкость, Па·с	0,158	-0,149	0,072	0,278	-0,135	-0,200	0,229	0,460	0,061

метрическим методом с применением ионоселективных измерительных электродов [17]; сбраживаемых сахаров и вязкость при температуре 40 °С – по общепринятым в сахарном производстве методикам (Технохимический контроль сахарного производства. М.: Агропромиздат, 1989. 216 с., Инструкция по химико-техническому контролю и учету сахарного производства. Киев: ВНИИСП, 1983. 476 с.).

Референтные значения показателей качества мелассы определяли с учетом характера распределения данных на основе методов математической статистики, включающих предварительное исследование функций распределения случайных величин. Сформированные из численных значений показателей качества мелассы вариационные ряды проверяли с использованием критериев Граббса и Диксона на выявление выбросов (экстремальных значений) [18]. После исключения выбросов мониторинговые данные преобразовывали в интервальные вариационные ряды. Гипотезу о нормальном распределении проверяли с использованием критерия Колмогорова-Смирнова ($\lambda_{\text{эмп}}$) и расчетных значений показателей асимметрии, эксцесса, выборочной средней, моды и медианы [19, 20, 21]. Расчет доверительных интервалов показателей качества осуществляли в соответствии с классической интервальной оценкой генеральной средней нормально распределенной случайной величины [22]. Обработку и представление полученных результатов выполняли с использованием программ MS Excel, XL STAT 2013. Установленные референтные значения отдельных показателей качества мелассы сравнивали с их пороговыми уровнями для производства лимонной кислоты и бродильных производств (хлебопекарных дрожжей и спирта).

Установленные референтные значения нормируемых показателей мелассы и содержания в ней кальция как значимого компонента, оказывающего отрицательное влияние на проявление функциональных свойств в биологических процессах, сравнивали с нормативами ГОСТ 30561 и пороговыми значениями для сырья, предназначенного для производства кормов и лимонной кислоты, а также бродильных производств (получения хлебопекарных дрожжей, спирта).

Результаты и обсуждение. Результаты проверки вариационных рядов показателей качества свекловичной мелассы на основе параметрического критерия Граббса и статистического критерия Диксона выявили единичные выбросы для 5 показателей, которые обусловлены в основном значимыми отклонениями от заданного режима технологического процесса производства сахара.

Анализ коэффициентов корреляции указал на отсутствие значимой связи между рассматриваемыми показателями качества мелассы (табл. 1) за исключением содержания сахарозы и сбраживаемых сахаров, которые можно отнести к взаимозависимым параметрам (по Чеддоку), $r=0,848$. Это обусловлено

специфически сложным разнообразным химическим составом свекловичной мелассы: сахароза – основной компонент сбраживаемых сахаров, поэтому между ними существует тесная взаимосвязь. Отсутствие корреляционной связи подчеркивает автономность показателей качества мелассы, что важно для оценки степени приближения изучаемых выборок к нормальному распределению.

Визуальный анализ гистограмм распределения вариационных рядов всех 10 показателей качества мелассы свидетельствует об их соответствии нормальному распределению. Полигон полученного распределения частот по форме близок к колоколообразной кривой нормального распределения (см. рисунок, а); кривые графиков (см. рисунок, б) свидетельствуют о близости абсолютных значений эмпирических и теоретических частот, характеризующих степень проявления нормального закона.

Подтвержденные нулевые гипотезы непараметрических тестов Колмогорова-Смирнова (λ) и Пирсона (χ^2) указывают на соответствие распределений нормальному закону. Кроме того, наличие нормального распределения подтверждают близкие величины среднего арифметического, медианы и моды. В целом

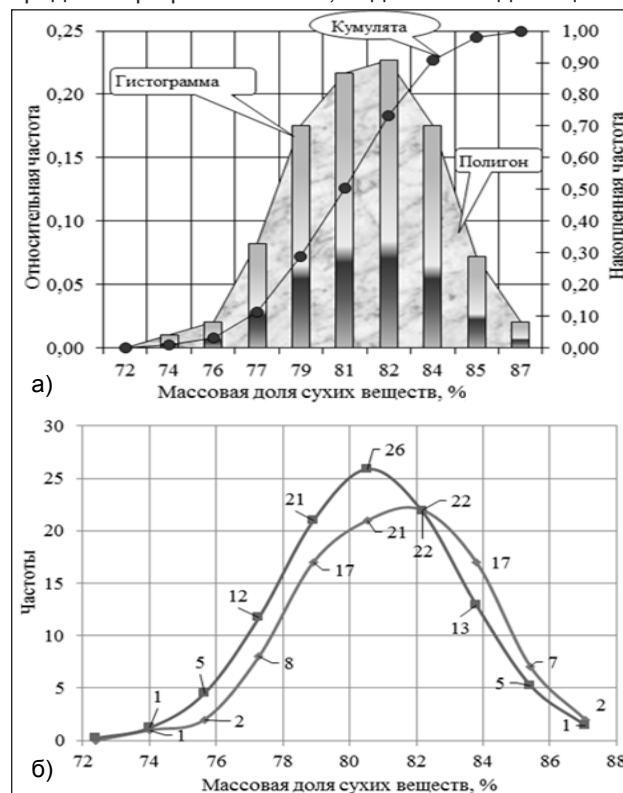


Рисунок. Распределение значений сухих веществ мелассы (а) и соответствие их закону нормального распределения (б): — относительные частоты (полигон), — относительные частоты (гистограмма); — эмпирические частоты, — теоретические частоты.

Таблица 2. Результаты тестов Колмогорова-Смирнова, Пирсона и косвенных статистических критериев на соответствие фактического распределения нормальному для вариационных рядов показателей качества мелассы

Показатель	Тест Кол- могорова- Смирнова ($\lambda_{\text{факт}}$)	($\lambda_{\text{крит}}$)	Результат проверки гипотезы H_0	Сред- нее	Ме- диа- на	Мода	Тест Пирсона ($\chi^2_{\text{факт}}$)	Тест Пирсона ($\chi^2_{\text{крит}}$)	Результат проверки гипотезы H_0	Уровень значи- мости (α)
Сухие вещества, %	-0,104	0,142	Да	80,6	80,7	80,0	6,61	14,07	Да	0,05
Сахароза, %	-0,127	0,140	Да	50,8	50,7	53,4	11,18	15,09	Да	0,01
Редуцирующие вещества, %	-0,088	0,152	Да	0,56	0,40	0,40	15,20	16,81	Да	0,01
Раффиноза, %	0,099	0,175	Да	0,85	0,86	0,86	3,61	11,08	Да	0,05
Сбраживаемые сахара, %	-0,171	0,173	Да	50,5	50,2	49,6	14,99	20,52	Да	0,001
Калий, %	-0,106	0,136	Да	2,88	3,00	3,50	16,29	16,81	Да	0,01
Кальций, % СаО	-0,110	0,143	Да	0,75	0,70	0,70	12,50	12,59	Да	0,05
α -аминный азот, %	0,063	0,142	Да	0,31	0,30	0,34	13,18	15,09	Да	0,01
pH, ед.	-0,071	0,143	Да	7,32	7,17	7,00	15,27	16,81	Да	0,01
Вязкость, Па·с	-0,115	0,208	Да	3,52	2,89	#Н/Д*	13,01	15,09	Да	0,01

* #Н/Д – отсутствие повторяющихся значений

для всех вариационных рядов рассматриваемых показателей качества свекловичной мелассы выявлено их соответствие нормальному распределению (табл. 2).

К дополнительным числовым характеристикам, на основе которых можно определить степень соответствия вариационного ряда закону нормального распределения, относят коэффициенты асимметрии и эксцесса. Результаты тестов на статистическую значимость (табл. 3) показали, что в 5 случаях их величины

Референтные значения всех нормируемых показателей свекловичной мелассы входили в нормативный уровень ГОСТ 30561 (табл. 5). Нижний референтный предел содержания сухих веществ в мелассе, в сравнении с нормативом, находящимся на уровне 75 %, был выше на 5 %, что обеспечивала работа современных центрифуг с высоким уровнем разделения, которые в последние годы работали почти на всех свеклосахарных заводах страны.

Таблица 3. Результаты тестов на статистическую значимость распределений вариационных рядов показателей свекловичной мелассы

Показатель	Эксцесс			Асимметрия		
	фактическое значение	табличное значение	гипотеза H_0 ($\alpha=0,05$)	фактическое значение	табличное значение	гипотеза H_0 ($\alpha=0,05$)
Сухие вещества, %	-0,017	0,834	Да	0,036	0,405	Да
Сахароза, %	1,622	0,834	Нет	0,924	0,401	Нет
Редуцирующие вещества, %	1,167	0,840	Нет	1,279	0,432	Нет
Раффиноза, %	-0,391	0,843	Да	-0,098	0,492	Да
Сбраживаемые сахара, %	1,741	0,842	Нет	0,630	0,479	Нет
Калий, %	-0,405	0,834	Да	-0,660	0,389	Да
Кальций, % СаО	0,432	0,835	Да	0,209	0,409	Да
α -аминный азот, %	0,363	0,834	Да	0,651	0,405	Нет
pH, ед.	1,141	0,834	Нет	0,869	0,409	Нет
Вязкость, Па·с	-0,738	0,847	Да	-0,639	0,543	Да

были меньше табличных (критических) значений, свидетельствующих о подтверждении нулевой гипотезы о нормальности распределений. Для остальных 5 показателей нет основания для ее принятия, что свидетельствует о наличии у соответствующих распределений значимых асимметрии и эксцесса.

Полученные данные о характере распределения вариационных рядов показателей качества свекловичной мелассы позволили определить обоснованную величину доверительного интервала для математического ожидания референтных значений показателей качества свекловичной мелассы (табл. 4).

Таблица 4. Референтные значения (РЗ) и доверительные интервалы (ДИ) показателей качества свекловичной мелассы

Показатель	РЗ	ДИ (+/-) ($\alpha=0,05$)	Нижний предел РЗ	Верхний предел РЗ
Сухие вещества, %	80,63	0,536	80,09	81,16
Сахароза, %	50,85	0,672	50,18	51,52
Редуцирующие вещества, %	0,56	0,090	0,47	0,65
Раффиноза, %	0,85	0,044	0,80	0,89
Сбраживаемые сахара, %	50,47	0,650	49,82	51,11
Калий, %	2,88	0,111	2,77	2,99
Кальций, % СаО	0,75	0,080	0,67	0,83
α -аминный азот, %	0,31	0,016	0,29	0,32
pH, ед.	7,36	0,163	7,16	7,48
Вязкость, Па·с	7,49	0,740	6,75	8,23

Это может послужить обоснованием возможности актуализации его нормативного значения. Референтный интервал содержания сахарозы в мелассе, находящийся в диапазоне 50,18...51,52 % при норме не менее 43,0 %, свидетельствовал о высокой ее способности к микробной конверсии и хороших питательных и вкусовых качествах для кормов, в то же время это свидетельствует о недостаточном извлечении сахарозы на свеклосахарных заводах. Референтный интервал pH мелассы находился на предпочтительном нейтральном уровне 7,16...7,48 ед. при нормативном диапазоне 6,5...8,5 ед.

Таблица 5. Пороговые уровни отдельных показателей качества свекловичной мелассы для некоторых промышленных потребителей

Потребитель	Сухие вещества (не менее), %	Сахароза (не менее), %	Редуцирующие вещества (не более), %	pH (не менее), ед.	Кальций (не более), % CaO
Производство кормов	75,0	46,0	отсутствуют	6,5...11,0	отсутствует
Производство лимонной кислоты	75,0	46,0	1,0	6,5	0,7
Бродильные производства	75,0	46,0	0,5	6,8	0,8
ГОСТ 30561	75,0	43,0	1,0	6,5...8,5	не нормируется

По 3 показателям (содержание сухих веществ, сахара и pH) референтные значения входили в диапазон порогового уровня для производства кормов, еще по 2 показателям требования отсутствовали, таким образом, свекловичная меласса по рассматриваемым параметрам пригодна на эти цели. Для производства лимонной кислоты верхнее референтное значение превышало пороговый уровень только по одному показателю (содержание кальция): РЗ, равное 0,83 % CaO, было выше граничного значения, 0,7 % CaO. Для бродильных производств пороговые уровни превышали верхние пределы референтных значений по двум показателям – содержание редуцирующих веществ (0,5 % CaO) и кальция (0,8 % CaO) – РЗ соответственно 0,65 и 0,83 % CaO; при этом медианы этих показателей были равны 0,4 % и 0,7 % CaO (см. табл. 4). По остальным трем показателям референтные значения находились в границах порогового уровня. Таким образом, отдельные проанализированные партии свекловичной мелассы характеризовались низкой степенью технологической пригодности для производства лимонной кислоты, хлебопекарных дрожжей и спирта вследствие превышения в них содержания редуцирующих веществ и солей кальция.

Выводы. На базе статистической обработки мониторинговых данных основных показателей качества свекловичной мелассы за 2019–2023 гг. определен случайный характер и соответствие их вариационных рядов нормальному распределению на основе тестов Колмогорова-Смирнова (λ) и Пирсона (χ^2), близкие по значениям среднее арифметическое, медиана и мода. Наличия значимой корреляции между рассматриваемыми показателями качества не отмечено за

исключением содержания сахарозы и сбраживаемых сахаров ($r=0,848$).

Установленные референтные значения и доверительные интервалы показателей качества мелассы входили в диапазон порогового уровня для производства кормов, что свидетельствует о ее пригодности для этих целей. Верхний предел референтного значения содержания кальция, равный 0,83 % CaO, выходил за пороговый уровень для производства лимонной кислоты (0,7 % CaO) и бродильных производств (0,8 % CaO). Кроме того, за пороговый уровень – 0,5 % выходило верхнее референтное значение содержания редуцирующих веществ (0,65 %). Следовательно, отдельные партии свекловичной мелассы характеризовались низкой степенью технологической пригодности для производства лимонной кислоты, хлебопекарных дрожжей и спирта. В целом полученные референтные значения могут обеспечить более эффективное использование свекловичной мелассы в разных сферах экономики.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа финансировалась за счет средств бюджета Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Курский федеральный аграрный научный центр» по теме FGZU-2023-002. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

В работе отсутствуют исследования человека или животных.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Литература.

1. Технологическая адекватность продукции свеклосахарного производства, используемой в пищевой промышленности / М. И. Егорова, Л. Н. Пузанова, И. С. Михалева и др. // *Пищевые системы*. 2023. Т. 6. № 3. С. 298–307. doi: 10.21323/2618-9771-2023-6-3-298-307.
2. Свекловичная меласса – обессахаривание, состав, свойства и возможности практического использования / Э. Шарка, З. Бубник, А. Хинкова и др. // *Сахар и свекла*. 2013. № 2. С. 26–38.
3. Short communication: Characterization of molasses chemical composition / A. Palmonari, D. Cavallini, C. J. Sniffen, et al. // *Jurnal of Dairy Science*. 2020. Vol. 103. No. 7. P. 6244–6249. doi: 10.3168/jds.2019-17644.
4. Обоснование способа получения сахара при глубокой переработке свекловичной мелассы / Н. Г. Кульнева, П. Ю. Сурин, В. А. Федорук и др. // *Вестник ВГУИТ*. 2022. Т. 84. № 1. С. 58–65. doi: 10.20914/2310-1202-2022-1-58-65.
5. Utilization of desugared sugar beet molasses for the production of poly (3-hydroxybutyrate) by halophilic *Bacillus megaterium* uyuni S29 / M. Schmid, H. Song, M. Raschbauer, et al. // *Process Biochemistry*. 2019. Vol. 86. P. 9–15. doi: 10.1016/j.procbio.2019.08.001.
6. Dynamics and complexity of dark fermentation microbial communities producing hydrogen from sugar beet molasses in continuously operating packed bed reactors / A. Detman, D. Laubitz, A. Chojnacka, et al. // *Front. Microbiol.* 2021. Vol. 11. P. 1–19. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2020.612344/full> (дата обращения: 23.04.2024). doi: 10.3389/fmicb.2020.612344.
7. Анализ способов микробиологической обработки мелассы для получения альтернативных видов топлива / С. О. Семенихин, О. В. Федосеева, М. В. Бабакина и др. // *Известия вузов. Пищевая технология*. 2019. № 6-5. С. 6–9. doi: 10.26297/0579-3009.2019.5-6.1.
8. Zhang S., Wang J., Jiang H. Microbial production of value-added bioproducts and enzymes from molasses, a by-product of sugar industry // *Food Chemistry*. 2021. Vol. 346. Article 128860. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814620327229> (дата обращения: 23.04.2024). doi: 10.1016/j.foodchem.2020.128860.
9. Попов В. С., Воробьева Н. В. Научно-практическое обоснование возможности использования мелассы для культивирования *Bifidobacterium bifidum* // *Достижения науки и техники АПК*. 2021. Т. 35. № 1. С. 48–51. doi: 10.24411/0235-2451-2021-10109.
10. A review regarding the use of molasses in animal nutrition / A. L. Mordenti, E. Giaretta, L. Campidonio, et al. // *Animals*. 2021. Vol. 11. No. 1. Article 115. URL: <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/1/115> (дата обращения: 23.04.2024). doi: 10.3390/ani11010115.
11. Круглик С. В. О способе использования обедненной мелассы // *Сахар*. 2020. № 1. С. 14–18.

12. Евгина С. А., Савельев Л. И. Современные теория и практика референтных интервалов // *Лабораторная служба*. 2019. Т. 8. № 2. С. 36–44. doi: 10.17116/labs2019802136.
13. Расчет референтных интервалов для показателей крови у детей и подростков: обзор проектов / Ж. В. Гришина, С. О. Ключников, В. С. Феценко и др. // *Медицина экстремальных ситуаций*. 2023. Т. 25. № 1. С. 4–11. doi: 10.47183/mes.2023.008.
14. Характеристика качества молока и его зависимость от различных факторов / В. К. Скоркин, Д. К. Ларкин, И. А. Тихомиров и др. // *Вестник ВНИИМЖ*. 2019. № 1 (33). С. 14–20.
15. Проверка гипотезы нормальности числа падения овсяной муки по малым выборкам / Н. А. Шмалько, И. А. Никитин, Д. А. Велина и др. // *Вестник ВГУИТ*. 2023. Т. 85. № 1. С. 118–126. doi: 10.20914/2310-1202-2023-1-118-126.
16. Руководство по организации контроля технологического потока производства сахара из сахароносного растительного сырья (сахарной свеклы) / М. И. Егорова, Л. И. Беляева, Л. Н. Пузанова и др. Курск: Курский ФАНЦ, 2022. 186 с.
17. Методы оценки технологических качеств сахарной свеклы с использованием показателей содержания калия, натрия и α -аминного азота, определенных в свекле и продуктах её переработки / В. Н. Кухар, А. П. Чернявский, Л. И. Чернявская и др. // *Сахар*. 2019. № 1. С. 18–36.
18. Залыжных В. В. О критериях одиночных выбросов // *Журнал естественнонаучных исследований*. 2022. Т. 7. № 1. С. 16–21. doi: 10.12737/issn.2500-0489.
19. Лемешко Б. Ю., Лемешко С. Б. Проблемы применения непараметрических критериев согласия в задачах обработки результатов измерений // *Системы анализа и обработки данных*. 2021. № 2 (82). С. 47–66. doi: 10.17212/2782-2001-2021-2-47-66.
20. Александровская Л. Н., Кириллин А. В., Кербер О. Б. Выбор ряда критериев проверки отклонения распределения вероятностей от нормального закона в практике инженерного статистического анализа // *Труды FGUP «НПЦАП». Системы и приборы управления*. 2017. № 1. С. 42–52.
21. Durakovic B. Design of experiments: Application, concepts, examples: state of the art // *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*. 2017. Vol. 5. No. 3. P. 421–439.
22. Тарасенко И. Д., Дударев В. А. Использование статистических критериев для оценки качества данных (на примере данных по свойствам неорганических веществ) // *Тонкие химические технологии*. 2017. Т. 12. № 3. С. 101–105.

References

1. Egorova MI, Puzanova LN, Mikhaleva IS, et al. [Technological adequacy of sugar beet products used in the food industry]. *Pishchevye sistemy*. 2023;6(3):298-307. Russian. doi: 10.21323/2618-9771-2023-6-3-298-307.
2. Sharka E, Bubnik Z, Khinkova A, et al. [Beet molasses: Desugaring, composition, properties and possibilities of practical use]. *Sakhar i svekla*. 2013;(2):26-38. Russian.
3. Palmonari A, Cavallini D, Sniffen CJ, et al. Short communication: Characterization of molasses chemical composition. *Journal of Dairy Science*. 2020;103(7):6244-9. doi: 10.3168/jds.2019-17644.
4. Kul'neva NG, Surin PYu, Fedoruk VA, et al. [Justification of the sugar obtaining method by deep processing of beet molasses]. *Vestnik VGUIT*. 2022;84(1):58-65. Russian. doi: 10.20914/2310-1202-2022-1-58-65.
5. Schmid M, Song H, Raschbauer M, et al. Utilization of desugared sugar beet molasses for the production of poly (3-hydroxybutyrate) by halophilic *Bacillus megaterium* uyuni S29. *Process Biochemistry*. 2019;86:9-15. doi: 10.1016/j.procbio.2019.08.001.
6. Detman A, Laubitz D, Chojnacka A, et al. Dynamics and complexity of dark fermentation microbial communities producing hydrogen from sugar beet molasses in continuously operating packed bed reactors. *Front. Microbiol* [Internet]. 2021 [cited 2024 Apr 23];11:1-19. Available from: <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2020.612344/full>. doi: 10.3389/fmicb.2020.612344.
7. Semenikhin SO, Fedoseeva OV, Babakina MV, et al. [Analysis of methods for microbiological treatment of molasses for obtaining alternative fuels]. *Pishchevaya tekhnologiya*. 2019;(6-5):6-9. Russian. doi: 10.26297/0579-3009.2019.5-6.1.
8. Zhang S, Wang J, Jiang H. Microbial production of value-added bioproducts and enzymes from molasses, a by-product of sugar industry. *Food Chemistry* [Internet]. 2021 [cited 2024 Apr 23];346: Article 128860. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814620327229>. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.128860.
9. Popov VS, Vorob'eva NV. [Scientific and practical substantiation of the possibility of using molasses for cultivating *Bifidobacterium bifidum*]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2021;35(1):48-51. Russian. doi: 10.24411/0235-2451-2021-10109.
10. Mordenti AL, Giarretta E, Campidonio L, et al. A review regarding the use of molasses in animal nutrition. *Animals* [Internet]. 2021 [cited 2024 Apr 23];11(1): Article 115. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/1/115>. doi: 10.3390/ani11010115.
11. Kruglik SV. [About the method of using depleted molasses]. *Sakhar*. 2020;(1):14-8. Russian.
12. Evgina SA, Savel'ev LI. [Modern theory and practice of reference intervals]. *Laboratornaya sluzhba*. 2019;8(2):36-44. Russian. doi: 10.17116/labs2019802136.
13. Grishina ZhV, Klyuchnikov SO, Feshchenko VS, et al. [Calculation of reference intervals for blood parameters in children and adolescents: A review of projects]. *Meditsina ekstremal'nykh situatsii*. 2023;25(1):4-11. Russian. doi: 10.47183/mes.2023.008.
14. Skorkin VK, Larkin DK, Tikhomirov IA, et al. [Characteristics of milk quality and its dependence on various factors]. *Vestnik VNIIMZh*. 2019;(1):14-20. Russian.
15. Shmal'ko NA, Nikitin IA, Velina DA, et al. [Testing the hypothesis of normality of the falling number of oatmeal in small samples]. *Vestnik VGUIT*. 2023;85(1):118-26. Russian. doi: 10.20914/2310-1202-2023-1-118-126.
16. Egorova MI, Belyaeva LI, Puzanova LN, et al. *Rukovodstvo po organizatsii kontrolya tekhnologicheskogo potoka proizvodstva sakhara iz sakharonosnogo rastitel'nogo syr'ya (sakharnoi svekly)* [Guidelines for organizing control of the technological flow of sugar production from sugar-bearing plant raw materials (sugar beet)]. Kurск (Russia): Kurskii FANTs; 2022. 186 p. Russian.
17. Kukhar VN, Chernyavskii AP, Chernyavskaya LI, et al. [Methods for assessing the technological qualities of sugar beet using indicators of potassium, sodium and alpha-amino nitrogen content determined in beet and its processed products]. *Sakhar*. 2019;(1):18-36. Russian.
18. Zalyazhnykh VV. [On the criteria for single outliers]. *Zhurnal estestvennonauchnykh issledovaniy*. 2022;7(1):16-21. Russian. doi: 10.12737/issn.2500-0489.
19. Lemeshko BYu, Lemeshko SB. [Problems of application of nonparametric criteria of agreement in problems of processing measurement results]. *Sistemy analiza i obrabotki dannykh*. 2021;(2):47-66. Russian. doi: 10.17212/2782-2001-2021-2-47-66.
20. Aleksandrovskaya LN, Kirillin AV, Kerber OB. [Selection of a number of criteria for testing the deviation of probability distribution from the normal law in the practice of engineering statistical analysis]. *Trudy FGUP "NPTsAP". Sistemy i pribory upravleniya*. 2017;(1):42-52. Russian.
21. Durakovic B. Design of experiments: Application, concepts, examples: state of the art. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*. 2017;5(3):421-39.
22. Tarasenko ID, Dudarev VA. [Using statistical criteria to assess data quality (using data on the properties of inorganic substances as an example)]. *Tonkie khimicheskie tekhnologii*. 2017;12(3):101-5. Russian.

Поступила в редакцию 06.05.2024 После доработки 25.05.2024 Принята к публикации 11.06.2024