

УДК 663.88

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕЦЕПТУР И ТЕХНОЛОГИИ ДИАБЕТИЧЕСКИХ НАПИТКОВ НА ОСНОВЕ ЭКСТРАКТОВ ИЗ МЕСТНОГО ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Н. А. Шелегова¹, А. Ю. Болотко², О. В. Крукович²

¹Могилевский институт МВД Республики Беларусь, Республика Беларусь

²Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Республика Беларусь

АННОТАЦИЯ

Введение. Предлагаемые к разработке безалкогольные напитки характеризуются научно обоснованным соотношением витаминно-минерального комплекса фруктовых соков и лекарственных трав, натурального сахарозаменителя, пищевых волокон и пектина, и могут быть рекомендованы для лиц, больных сахарным диабетом. Создается линейка напитков с низким значением гликемического индекса. Общая научная задача состоит в обосновании разработки натуральных напитков без сахара на основе растительных экстрактов, содержащих компоненты, не вызывающие скачков уровня глюкозы или способствующие понижению уровня глюкозы в крови.

Материалы и методы. растительное сырье (травы), относящееся к группе лекарственного растительного сырья и включенное в перечень растений, разрешенных Министерством здравоохранения Республики Беларусь для применения в пищевой промышленности: мята перечная, лофант анисовый, их водные экстракты, фруктово-ягодные соки и разработанные специализированные напитки. Для исследования физико-химических и органолептических свойств использовались стандартные методики исследования.

Результаты. Получены данные о химическом составе пищевого растительного сырья для использования в составах экстрактов и установлено влияние соотношения растительного сырья различных видов на значение микронутриентного состава экстрактов; установлено влияние технологических параметров экстракции растительного сырья (гидромодуль, температура и продолжительность экстракции) на значения микронутриентного состава; подобраны и оптимизированы научно обоснованные рецептурные композиции линейки напитков, не вызывающие скачков уровня глюкозы или способствующие понижению уровня глюкозы в крови и предназначенные для лиц, больных сахарным диабетом, исследованы их физико-химические и органолептические показатели.

Заключение. По результатам научных исследований разработаны рекомендации по производству новых сокосодержащих специализированных безалкогольных напитков на основе растительного сырья и научно-практические основы их рецептурных составов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: рецептуры; специализированные напитки; сахарный диабет; научное обоснование; растительное сырье; плоды; ягоды; экстракция; технологические режимы; экстракты; купажирование; гликемический индекс; технология.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Шелегова, Н. А. Научное обоснование рецептур и технологии диабетических напитков на основе экстрактов из местного лекарственного растительного сырья / Н. А. Шелегова, А. Ю. Болотко, О. В. Крукович // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2025. – № 2 (39). – С. 80–91.

SCIENTIFIC SUBSTANTIATION OF FORMULATIONS AND TECHNOLOGY FOR DIABETIC BEVERAGES BASED ON EXTRACTS FROM LOCAL MEDICINAL PLANT RAW MATERIALS

N. A. Shelegova¹, A. Y. Bolotko¹, O. V. Krukovich²

¹Mogilev Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Belarus, Republic of Belarus

²Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Republic of Belarus

ABSTRACT

Introduction. The proposed non-alcoholic beverages are characterized by a scientifically substantiated balance of a vitamin-minerals complex derived from fruit juices and medicinal herbs, natural sweeteners, dietary fiber, and pectin. These beverages can be recommended for individuals with diabetes mellitus. A product range with a low glycaemic index is being developed. The primary scientific objective is to validate the development of natural sugar-free beverages based on plant extracts containing components that either do not cause glucose spikes or help to reduce blood glucose levels.

Materials and methods. The plant raw materials (herbs) used belong to the category of medicinal plant materials approved by the Ministry of Health of the Republic of Belarus for use in the food industry: peppermint, aniseed hyssop, their aqueous extracts, fruit and berry juices, and the developed specialized beverages. Standard research methods were applied to study the physicochemical and organoleptic properties.

Results. Data were obtained on the chemical composition of the food plant raw materials for extract formulation. The impact of ratios of different types of plant raw materials on the micronutrient composition of the extracts was established. The effects of technological parameters of plant raw material extraction (hydromodulus, temperature and duration of extraction) on the values of the micronutrient composition were determined. Scientifically substantiated beverage formulations were selected and optimized to create a product line that either prevents blood glucose spikes or promotes glucose reduction in blood, specifically targeted at individuals with diabetes mellitus. The physicochemical and organoleptic characteristics were investigated.

Conclusions. Based on the research findings, recommendations have been developed for the production of new juice containing specialized non-alcoholic beverages based on plant raw materials, as well as scientific and practical principles for their formulation have been established.

KEY WORDS: *Beverages; specialty beverages; diabetes; plant-based ingredients; fruits; berries; extraction; process conditions; extracts; blending; glycaemic index; formulations; technology.*

FOR CITATION: Shelegova, N. A. Scientific substantiation of formulations and technology for diabetic beverages based on extracts from local medicinal plant raw materials / N. A. Shelegova, A. Y. Bolotko, O. V. Krukovich // Bulletin of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. – 2025. – № 2 (39). – P. 80–91.

ВВЕДЕНИЕ

Многочисленные медицинские и фармакологические исследования последних лет показывают, что основу рациона пациентов с сахарным диабетом должны составлять продукты, содержащие сложные (клетчатка, растительные волокна) и медленно усвояемые (олиго- и полисахариды) углеводы. Для оценки влияния углеводов продуктов питания на обмен веществ в последнее время используется показатель гликемического индекса, отражающий изменение уровня глюкозы в крови в течение двух часов после употребления пищи относительно стандартной нагрузки. Чем выше гликемический индекс продукта, тем выше при его поступлении в организм поднимется уровень сахара в крови, и в ответ произойдет выброс в кровь большего количества инсулина, что недопустимо при заболевании сахарным диабетом и может привести к диабетической коме [1, 2].

Продукты с низким гликемическим индексом медленнее поднимают уровень сахара в крови, потому что углеводы, содержащиеся в них, не сразу усваиваются. Главное, что влияет на гликемический индекс – это тип углеводов (простые или сложные), количество клетчатки в конкретном продукте, содержание и тип белков и жиров в продукте, а также способ приготовления. Необходимо отметить, что сахарный диабет сопровождается нарушением всех видов обмена, в том числе и витаминно-минерального. Уже имеющаяся недостаточность витаминов и микроэлементов, необходимость соблюдения диеты приводят к дальнейшему снижению их поступления с пищей, нарушению их усвоения и обмена, тогда как потребность в них при сахарном диабете, напротив, возрастает. Витамины способствуют улучшению обмена, стимулируют иммунную резистентность к воздействию различных микробных агентов, усиливают устойчивость к негативным факторам окружающей среды. В свою очередь недостаток в пище минеральных веществ и витаминов может явиться одним из триггерных

факторов развития тяжелых осложнений сахарного диабета. Больным, страдающим сахарным диабетом, необходимо регулярно употреблять витаминизированные добавки к пище, продукты питания и напитки, способные восполнять дефицит минералов и витаминов, основным выбором при этом являются витамины-антиоксиданты (А, Е, С) и витамины группы В в повышенных дозировках [2]. С научной точки зрения, идеальный напиток, который необходим больным сахарным диабетом, должен включать в научно обоснованных соотношениях медленно перевариваемые углеводы для коррекции гликемии, высокое содержание мононенасыщенных жирных кислот для оптимизации липидного профиля, нутриенты, способствующие снижению массы тела, микроэлементы и витамины [2, 3].

Целью научного исследования является разработка технологии и рецептур новых видов напитков для больных сахарным диабетом на основе экстрактов растительного сырья.

Актуальность работы состоит в создании принципиально новых составов специализированных напитков для больных сахарным диабетом на основе растительного сырья. В настоящее время на рынке Республики Беларусь представлен ограниченный ассортимент специализированных продуктов питания для лиц, больных сахарным диабетом, напитки же вообще отсутствуют. В то же время по данным Министерства здравоохранения в нашей стране на начало 2024 года состояло под наблюдением около 400 тысяч пациентов с сахарным диабетом (СД), в том числе более 3 тысяч детей. При этом отмечается смещение развития заболевания в более юный возраст. Ежегодный прирост числа пациентов с сахарным диабетом в стране составляет 5–8 % [1]. Таким образом, исследования, направленные на разработку натуральных напитков без сахара на основе растительных экстрактов, содержащих компоненты, не вызывающие скачков уровня глюкозы или способствующие понижению уровня глюкозы в крови, несомненно, являются актуальными.

На основании аналитического обзора литературных источников в качестве растительного сырья для использования в рецептурах новых напитков выбран лофант анисовый (*Agastache foeniculum*) и мята перечная (*Méntha piperita*). При сахарном диабете мята находит широкое применение в фитотерапии, предохраняя больных сахарным диабетом от поражений сердечно-сосудистой системы (диабетические макроангиопатии) и диабетических полинейропатий, ретинопатий, поражений почек (диабетические микроангиопатии) и нарушений функции печени или же отодвигает появление этих патологий. Мята не оказывает гипогликемического воздействия на организм, однако она стабилизирует деятельность многих органов, обеспечивая общее улучшение самочувствия пациента с диабетом [4–6]. Лофант анисовый рекомендуется для регулирования обмена веществ, в качестве общеукрепляющего и предупреждающего старение средства. Известные данные о химическом составе этого растения позволяют рекомендовать его к использованию в диете больных сахарным диабетом [7].

При производстве специализированных напитков также предусмотрено использование фруктово-ягодных соков: клубники, клюквы, черной смородины и яблок [8]. Несмотря на то, что ягода клубники достаточно сладкая, она относится к категории низкокалорийных продуктов и имеет невысокий показатель гликемического индекса – 25 единиц, соответственно может быть рекомендована к употреблению при сахарном диабете. Ягода вполне безопасна для людей с уже развитым заболеванием сахарного диабета, а высокая концентрация адипонектина, содержащегося в клубнике, возвращает чувствительность клеток организма к инсулину и таким образом снижает риск развития диабета [9–11]. Гликемический индекс черной смородины всего 15 единиц. Смородина необходима в диете больных сахарным диабетом в силу того, что она поддерживает иммунитет благодаря витамину С; активизирует защитные функции клеток; снижает содержание холестерина; оказывает моче- и потогонное действие; сохраняет эластичность сосудов, кожных покровов; является бактерицидным средством; стимулирует функционирование пищеварительной системы, печени, почек;

помогает уменьшить выраженность воспалительных процессов [12, 13]. Влияние клюквы на организм человека с сахарным диабетом заключается в следующем: аскорбиновая кислота, входящая в состав ягод клюквы, снижает количество сахара в крови, защищает организм от негативного влияния окружающей среды; витамины группы В отвечают за выработку инсулина; микро- и макроэлементы укрепляют иммунитет, защищают ткани и сосуды от повреждений и преждевременного старения; кислоты, содержащиеся в клюкве, являются природными антиоксидантами и антисептиками, снижают выработку холестерина в крови, отвечают за восстановление обменных процессов в организме; растительные волокна активизируют работу пищеварительного тракта, отвечают за своевременное расщепление глюкозы. В клюкве содержится низкое количество сахаров, поэтому ее можно вводить в ежедневный рацион при сахарном диабете любого типа. Помимо всего этого, клюква помогает избавиться от отеков, помогает справиться с воспалительными процессами, а также является профилактическим средством при проявлении симптомов диабетической стопы.

Биоантиоксидантные соединения соков вносят свой вклад в защиту организма и снижают риски развития болезней, зарождающихся из-за окислительного стресса, в их число входит и сахарный диабет 2-го типа, эти вещества могут предотвращать или снижать окислительное повреждение клеточной структуры. Их роль имеет решающее значение для предотвращения развития хронических заболеваний, в том числе сахарного диабета [14–17].

Цель исследования – разработка технологии и рецептур новых видов безалкогольных напитков на основе экстрактов лекарственного растительного сырья и фруктово-ягодных соков, характеризующихся низким гликемическим индексом.

Общая научная задача заключалась в обосновании рецептурных композиций и оптимизации технологических параметров экстракции, обеспечивающих заданный микронутриентный состав.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследований являлись травы, относящиеся к группе лекарственного растительного сырья и включенные в перечень растений, разрешенных Минздравом для применения в пищевой промышленности: мята перечная, лофант анисовый, выращенные в 2022–2024 гг. в центральном ботаническом саду г. Минска, а также фруктово-ягодные соки. Объектами исследований также являлись водные экстракты лекарственных трав, полученные в лабораторных условиях учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий» и отнесенные к группе жидких экстрактов, супернатант стевии в качестве заменителя сахарного сиропа [18, 19] и специализированные напитки на натуральной основе.

При выполнении литературного обзора применялся главным образом аналитический метод изучения литературных источников при описании товароведных характеристик специализированных напитков, состояния рынка и изучении перспективных направлений в их разработке. Метод аналитических таблиц применялся в работе при построении таблиц для обработки данных, их систематизации, наглядного представления [20]. Отбор проб и подготовку к испытаниям проводили по стандартным методикам [21, 22].

Исследование процесса экстракции растительного сырья проводили в лабораторных условиях методом дробной мацерации [23, 24].

С помощью физико-химических исследований сырья и готовой продукции изучались следующие показатели: содержание сухих веществ в готовой продукции по ГОСТ 6687.2-90 рефрактометрическим методом [25]; кислотность напитков потенциометрическим титрованием по ГОСТ 6687.4-86 [26]; массовую долю золы по ГОСТ 24027.2-80 [27]; влажность по ГОСТ 24027.2-80 [27]. Органолептические показатели новых видов продукции определяли по следующим показателям: внешний вид, прозрачность, наличие посторонних включений [28]. Сенсорную оценку напитков проводили с использованием описательного

метода (метод дескрипторного анализа) по ISO СТБ ИСО 6564-2007 [29]. Маркетинговое исследование осуществлялось методом опроса с использованием Google форм [30, 31].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На основе проведенных маркетинговых исследований установлено, что большинство потребителей считают причиной заболевания сахарным диабетом неправильное питание и недостаточное использование специализированных продуктов. Потребители желали бы приобретать больше продуктов диабетического назначения, которых на сегодняшний день на отечественном рынке явно недостаточно. Установлено, что в целом опрошенные, большинство из которых – женщины в возрасте от 36 лет, достаточно хорошо знакомы с рынком безалкогольных напитков, приобретают их достаточно часто, в среднем раз в два – три дня, предпочитая соки и сокодержательные напитки с целью утоления жажды или без определенной причины. Анализ потребительских предпочтений в отношении безалкогольных напитков показал, что большинство респондентов при выборе напитка в первую очередь обращают внимание на его состав, затем на вкус и цену, менее всего внимания уделяют потребители торговой марке и упаковке напитков. Изучение степени осведомленности и мнения потребителей непосредственно о группе безалкогольных специализированных напитков было направлено на группу потребителей, которые имеют выставленный диагноз «сахарный диабет», повышенное содержание глюкозы в крови или же являются членами семей, родными, друзьями или знакомыми лиц, больных сахарным диабетом. Эти респонденты отметили, что, по их мнению, напитки специализированные должны одновременно иметь оздоровительный эффект, утолять жажду и быть приятными на вкус. Наиболее значимо для них содержание витаминов и минеральных веществ в напитках, в качестве основного сырья при выборе специализированных напитков респонденты отметили соки и лекарственное сырье. И, наконец, 90 % респондентов отметили, что на белорусском рынке нет безалкогольных напитков для больных сахарным диабетом, и только около 10 % опрошенных затруднились с ответом. Половина респондентов видит пути удовлетворения потребностей в диабетических продуктах питания за счет организации местного производства специализированных продуктов питания и напитков на основе местного сырья.

Полученные научные данные о химическом составе лопанта анисового и мяты перечной представлены в таблице 1.

Табл. 1. Химический состав лекарственного сырья

Table 1. Chemical composition of plant materials

Показатели	Лопант анисовый	Мята перечная
Влажность, %	6,80	5,04
Содержание растворимых сухих веществ, %	20,55	22,7
Содержание общих сахаров, %	7,20	7,40
Содержание редуцирующих сахаров, %	3,60	4,02
Содержание пектиновых веществ, %	6,80	5,60
Содержание титруемых кислот, %	0,88	0,44
Содержание полифенольных соединений, %	2,65	2,40
Содержание антоцианов, %	0,62	0,50
Содержание витамина С, мг/100 г	15,98	11,40
Содержание белковых веществ, %	0,46	1,11
Содержание минеральных веществ, %	2,88	2,06

Как следует из проведенных исследований, количество сахаров в исследуемом сырье, отвечающих за сладкий вкус и энергетическую ценность, составляет 7,2 и 7,4 %

соответственно, содержание кислот, обеспечивающих кислый вкус, антиоксидантные и асептические свойства сырья составляют 0,44 и 0,88 % соответственно. Отмечено наличие в исследуемом сырье пектиновых веществ в количестве 5,6 и 6,8 %, и витамина С в количестве 11,4 и 15,98 мг/100 г, которые обуславливают биологическую и пищевую ценность сырья. В значительной степени обеспечивают ценность сырья такие составляющие химического состава, как белковые (0,46 и 1,11 %) и минеральные вещества (2,06 и 2,88 %). Наибольший интерес представляет содержание полифенольных соединений и, в частности, антоцианов, которые не только участвуют в формировании вкуса, обладают антиоксидантной активностью, но и характеризуются антимуtagenным и антибактериальным действием. Установлено, что количество полифенольных соединений в изученном сырье составляет 2,40 и 2,65 %, а антоцианов – 0,50 и 0,62 %. Таким образом, на основании проведенных исследований установлено, что лофант анисовый и мяту перечную целесообразно использовать при разработке новых специализированных напитков. Данное сырье характеризуется богатым химическим составом, в том числе наличием биологически активных веществ.

Полученные в ходе эксперимента данные по содержанию микронутриентов в выбранном фруктово-ягодном сырье представлены в таблице 2.

Табл. 2. Содержание микронутриентов в фруктово-ягодном сырье

Table 2. Micronutrient content in fruit and berry raw materials

Сырье	Содержание микронутриентов								
	Na, мг%	K, мг%	Ca, мг%	Mg, мг%	P, мг%	B ₁ , мг%	B ₂ , мг%	PP, мг%	C, мг%
Клубника	18	161	40	18	23	0,03	0,05	0,3	60,0
Черная смородина	32	350	36	31	33	0,03	0,04	0,3	200,0
Клюква	21	208	30	29	32	0,01	0,05	0,4	15,0
Яблоки	26	278	16	9	11	0,03	0,02	0,3	10,0

Как упоминалось выше, при сахарном диабете необходимо снижение поступления натрия в организм, с одновременным его обогащением калием и магнием. Из представленных данных в таблице 2 видно, что выбранное сырье содержит в небольшом количестве натрий, и в значительно большем количестве калий.

По запасам витамина С черная смородина опережает остальные садовые плоды, 100 г смородины содержат 242 % суточной нормы аскорбиновой кислоты. Также достаточное количество витамина С содержится в клубнике, в остальных плодах и ягодах он содержится в меньшем количестве. Витамин В₁ содержится в выбранном сырье в небольшом количестве, но также необходим при сахарном диабете. Он играет ключевую роль в обеспечении нормального протекания энергетического метаболизма и сгорания в организме углеводов.

В таблице 3 приведены экспериментальные данные о физико-химических показателях изучаемых фруктово-ягодных соков.

Анализ результатов исследований показал, что в соках плодов и ягод выбранных сортов наибольший удельный вес среди растворимых органических веществ имеют сахара. Их количество находится в исследуемых соках в диапазоне 45–47 г/дм³. Наряду с сахарами, которые входят в число основных компонентов химического состава ягодного сырья и обуславливают их вкусовые качества, важную роль в формировании органолептических свойств играют титруемые кислоты (яблочная, янтарная, лимонная и др.). Кислотность исследуемых соков находится в пределах 11,2–24,3 г/дм³. Количество растворимых сухих веществ в соках – 10,8–11,8 %.

Полученные экспериментальные данные коррелируют с результатами, описанными различными авторами в работах, посвященных исследованиям химического состава растительного сырья [13, 14, 32–34].

Табл. 3. Физико-химические показатели фруктово-ягодных соков**Table 3.** Physicochemical properties of fruit and berry juices

	Исследуемые показатели					
	по ТНПА			Фактически		
	Массовая доля растворимых сухих веществ, %, не менее	Содержание сахара, г/дм ³ , не менее	Кислотность, не более, г/дм ³	Массовая доля растворимых сухих веществ, %	Содержание сахара, г/дм ³	Кислотность, не более, г/дм ³
Сок клубничный	7,0	45	12	10,8	89	11,2
Сок черной смородины	7,5	47	25	11,8	80	24,3
Сок клюквенный	7,2	46	25	11,2	82	25,2
Сок яблочный	7,0	47	9	10,6	76	14,6

На основании проделанной работы установлено, что выбранные соки целесообразно использовать при разработке специализированных напитков для лиц, больных сахарным диабетом.

В таблице 4 представлены данные гликемического индекса и калорийности выбранного сырья, которое будет использоваться в разработке специализированных напитков для больных сахарным диабетом.

Табл. 4. Гликемические индексы и калорийность сырья**Table 4.** Glycaemic indexes and caloric content of raw materials

Наименование продукта	Значение гликемического индекса	Калорийность, ккал
Яблочный сок	30	44
Черносмородиновый сок	15	38
Клубничный сок	32	32
Клюквенный сок	45	26
Мята перечная	18*	29
Лофант анисовый	12*	22

Примечание. *Данные ориентировочные.

При разработке технологии и рецептов напитков важным этапом является изучение различных технологических режимов экстракции для лекарственного сырья, закономерностей процесса и значимости влияния каждого фактора на выход сухих веществ. Определяющим показателем при выборе оптимальных режимов экстракции является концентрация растворимых сухих веществ полученных полуфабрикатов. В качестве экстрагента использовалась вода питьевая, поскольку наиболее ценные вещества изучаемого сырья, такие как полифенольные соединения, витамины, органические кислоты, сахара и др., являются водорастворимыми.

Изучалось влияние на эффективность экстракции лофанта анисового и мяты перечной следующих технологических параметров экстракции:

- различное соотношение сырья и экстрагента (гидромодуль): 1:10, 1:20, 1:30;
- различные температурные режимы при экстрагировании: 40, 60 и 80⁰С.
- различная продолжительность процесса экстрагирования: 30, 40 и 50 минут.

Для планирования и оптимизации эксперимента использовались такие инструменты

Microsoft Excel, как «Анализ данных» (регрессия) и «Поиск решения». Были проведены исследования для выявления оптимальных значений технологических параметров при получении экстракта мяты перечной и лофанта анисового. Установлено, что наиболее значимыми факторами планирования процесса экстракции являются гидромодуль, продолжительность экстрагирования и температура экстрагирования. Полученные модели многомерной линейной регрессии для экстракции мяты перечной и лофанта анисового имеют следующий вид:

– для экстракции мяты перечной: $Y = 12,55 + 3,70x_1 + 4,56x_2 + 7,10x_3$;

– для экстракции лофанта анисового: $Y = 10,275 + 3,05x_1 + 4,91x_2 + 5,57x_3$.

Из полученных данных провели анализ качества полученной регрессионной модели для экстракции мяты перечной: $R^2 = 0,916$, что говорит о том, что 91,6 % дисперсии значений прочности объясняется влиянием факторов; значение F-статистики при 5 %-м уровне значимости равен 14,66, что меньше табличного значения F-критерия (6,59 для анализируемой модели). Соответственно, уравнение регрессии статистически значимо, то есть имеется хорошее соответствие данным эксперимента; критическое значение t-статистики $t_{кр} = 2,776$ при уровне значимости $\alpha = 0,05$.

В случае с лофантом анисовым анализ качества полученной регрессионной модели имеет следующие значения: $R^2 = 0,899$, что говорит о том, что 89,9 % дисперсии значений прочности объясняется влиянием факторов; значение F-статистики при 5 %-м уровне значимости равен 11,95, что меньше табличного значения F-критерия (6,59 для анализируемой модели). Соответственно, уравнение регрессии статистически значимо, как и в случае с мятой перечной; критическое значение t-статистики $t_{кр} = 2,776$ при уровне значимости $\alpha = 0,05$.

Таким образом, для всех параметров модели регрессии расчетное значение t-статистики больше критического, что говорит о том, что все параметры модели регрессии статистически значимы.

После расчета параметров для перехода к натуральным факторам модели регрессии в натуральных переменных принимают следующий вид:

– для экстракции мяты перечной: $Y = -21,56 + 0,37x_1 + 0,23x_2 + 23,67x_3$;

– для экстракции лофанта анисового: $Y = -20,78 + 0,31x_1 + 0,25x_2 + 18,56x_3$.

Полученные уравнения позволяют выявить влияние технологических параметров на содержание сухих веществ экстракта. Значения факторов, влияющих на оптимальное содержание сухих веществ, получены с помощью инструмента «Поиск решения» в результате оптимизации линейной модели регрессии в процессе экстракции и позволяют выявить оптимальные параметры экстрагирования:

– для мяты перечной: гидромодуль (x_1) – 1:10; температура экстрагирования (x_2) – 80°C; продолжительность экстрагирования (x_3) – 35 минут;

– для лофанта анисового: гидромодуль (x_1) – 1:10; температура экстрагирования (x_2) – 80°C; продолжительность экстрагирования (x_3) – 50 минут.

Установленные режимы экстракции мяты перечной и лофанта анисового позволяют достичь максимально возможного содержания растворимых сухих веществ в экстрактах, что показано в таблице 5.

Данные, представленные в таблице 5, показывают, что при тепловой обработке растительного сырья происходит мягкий гидролиз, в результате которого разрушаются вещества, находящиеся в гликозидной форме, и высвобождаются вещества фенольной природы.

Дополнительного внимания требует обоснование выбора температурного режима экстракции (80 °C), ведь именно температурный режим имеет существенное значение для эффективной экстракции. Повышение температуры ускоряет диффузный процесс за счет ускорения движения молекул, однако повышение температуры проводилось с учетом термолабильности биологически активных веществ сырья и возможности клейстеризации и

последующей пептизации веществ, входящих в состав сырья.

Табл. 5. Физико-химические показатели полученных экстрактов

Table 5. Physicochemical properties of the obtained extracts

Показатели качества	Экстракт мяты перечной	Экстракт лопуха анисового
Массовая доля растворимых сухих веществ, %	2,8	2,5
Массовая доля общих сахаров, %	0,88	0,69
Массовая доля редуцирующих сахаров, %	1,40	0,58
Массовая доля титруемых кислот, %	0,066	0,081
Содержание полифенольных веществ, мг/100 г	0,560	0,520
Содержание антоцианов, мг/100г	0,402	0,380
Содержание витамина С, мг/100 г	3,04	4,40
Массовая доля пектиновых веществ, %	0,18	0,25

В ряде научных работ присутствует информация, что повышение температуры более 60 °С нежелательно в связи с необратимыми разрушениями биологически активных веществ, которые входят в состав экстрактивных веществ [33, 34], тогда как, по мнению других авторов, при температуре экстрагирования 80–100 °С происходит максимальное извлечение экстрактивных веществ, в том числе биологически активных, которые придают экстрактам лучшие вкусовые, ароматические и функциональные свойства. По исследованиям этих авторов установлено, что при температуре 60–80 °С большинство БАВ (термолабильны витамины, фенольные вещества, белки, летучие кислоты и т.д.) подвергаются разрушению, однако эти потери не критичны, что соотносится с полученными экспериментальными данными. Значительное же снижение содержания биологически активных веществ (особенно полифенолов) в экстрактах отмечается учеными при температуре 95 °С [23, 24].

Установлено, что с повышением температуры экстракции до 80 °С экстрактивность всех образцов экстрактов растительного сырья увеличивается и достигает своего максимума, что можно объяснить снижением вязкости воды и увеличением скорости молекулярной диффузии за счет повышения кинетической энергии молекул [24]. В то же время мягкий гидролиз приводит к переходу протопектина в растворимую форму – гидропектин, а также к максимально полному переходу антоцианов в водный экстракт (степень их экстрагирования составляет около 70 %). В ходе изучения химического состава полученных экстрактов установлено, что они характеризуются широким спектром и достаточно высоким содержанием химических веществ-биоантиоксидантов, таких как витамин С, органические кислоты, полифенольные соединения и пектиновые вещества. Далее при изучении качественных показателей полученных экстрактов была проведена их органолептическая оценка. Изучались такие органолептические показатели, как цвет, аромат, горечь, кислинка, терпкость и остаточное послевкусие.

При проектировании рецептур специализированных напитков важной задачей является осуществление подбора ингредиентов и определение их соотношения таким образом, чтобы обеспечить заданные физико-химические показатели. В первую очередь осуществлялся подбор модельных (базовых) композиций, которые обеспечивают баланс компонентов с низким гликемическим индексом и заданное содержание сухих веществ. Затем на основе модельных композиций проектировались рецептурные композиции посредством купажирования с соками, водой и подсластителем с учетом привлекательных для потребителя органолептических свойств. С этой целью производилась экспертная оценка рецептурных композиций новых напитков методом фокус-группы, которая показала, что они обладают

хорошими потребительскими свойствами, характеризуются приятным гармоничным вкусом и ароматом [30, 31].

Подобный алгоритм проектирования рецептурных композиций новых напитков (на основе создания модельных композиций) использовался нами ранее, при проектировании специализированных напитков для спортсменов [35], полученные результаты настоящего исследования подтверждают его валидность. Кроме того, целесообразность использования фокус-группы при разработке новых напитков подтверждается работами других ученых [фокус-группа], которыми были получены хорошие результаты при разработке различных продуктов.

В основе разработанных рецептов специализированных напитков – только натуральные компоненты: яблочный, клюквенный, клубничный и черносмородиновый соки, и экстракты мяты перечной и лофанта анисового: рецептурная композиция № 1: яблочный сок – 29 %; клюквенный сок – 45 %; экстракт мяты перечной – 5 %, супернатант стевии – 10 %, вода питьевая – 11 %; рецептурная композиция № 2: клубничный сок – 21 %; черносмородиновый сок – 44 %; экстракт мяты перечной – 5 %, супернатант стевии – 10 %, вода питьевая – 20 %; рецептурная композиция № 3: яблочный сок – 44,9 %; клюквенный сок – 30 %; экстракт лофанта анисового – 1 %, супернатант стевии – 10 %, вода питьевая – 14,1 %; рецептурная композиция № 4: клубничный сок – 39 %; черносмородиновый сок – 31 %; экстракт лофанта анисового – 1 %, супернатант стевии – 10 %, вода питьевая – 19 %.

Необходимо добавить, что теоретические предположения о низком гликемическом индексе напитков основаны на характеристиках использованного сырья, несмотря на это, прямое измерение гликемического индекса является перспективным направлением для будущих работ, которое позволит экспериментально подтвердить эти выводы. Ключевые направления дальнейших исследований включают также оценку биодоступности нутриентов *in vivo*, клинические испытания влияния напитков на гликемию и расширение продуктовой линейки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получены новые научные данные, устанавливающие количественное влияние гидромодуля, температуры и времени на эффективность экстракции биологически активных веществ (полифенолов, антоцианов, витамина С) из мяты перечной и лофанта анисового, описаны регрессионные модели процесса, позволяющие обеспечить заданные значения гликемического индекса и микронутриентного состава в напитках. Оптимальные режимы экстракции: для мяты перечной – гидромодуль 1:10, температура 80°C, время 35 мин; для лофанта анисового – 1:10, 80°C, 50 мин.

Практическим результатом исследования является разработка пакета технических нормативных правовых актов на серию из четырех специализированных напитков для больных сахарным диабетом. Получены научно обоснованные рецептуры (№ 1–4), включающие комбинации фруктово-ягодных соков (яблочного, клюквенного, клубничного, черносмородинового), водных экстрактов мяты перечной или лофанта анисового и натурального подсластителя стевии. Напитки характеризуются сбалансированным витаминно-минеральным составом, содержат пищевые волокна, пектин и имеют низкий гликемический индекс.

Рецептуры и технология могут быть внедрены на предприятиях пищевой отрасли, это позволит повысить объемы производства и создать дополнительные рабочие места, сократить импорт аналогичной продукции.

Социальная значимость заключается в возможности улучшения качества жизни и пищевого статуса пациентов с диабетом. Напитки могут быть рекомендованы не только для больных сахарным диабетом, но и для лиц с ожирением, нарушенной толерантностью к глюкозе, а также как дополнительный источник витаминов для широкого круга потребителей, ориентированных на здоровое питание.

Перспективными направлениями продолжения исследований являются изучение биологической доступности нутриентов из разработанных напитков *in vivo*, оценка их влияния на динамику гликемии в рамках клинических испытаний, а также расширение линейки продуктов за счет использования другого разрешенного лекарственного растительного сырья.

Исследование осуществлено в рамках заданий НИР, финансируемых Министерством образования Республики Беларусь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Министерство здравоохранения Республики Беларусь: офиц. Сайт. – Минск., 2025. – URL: <https://24health.by/chto-nado-znat-o-saxarom-diabete-profilaktika-pitanie-riski>. (дата обращения: 04.12.2025г.).
2. Зяцьков, Н. И. Сахарный диабет / Н. И. Зяцьков // Лекарственный справочник. – Минск., 2015. – №4. – С. 30–33.
3. Черникова, Н. А. Практические аспекты рационального питания при сахарном диабете / Н. А. Черникова // Российский медицинский журнал. – 2019. – №10. – С.110–119.
4. Дедов, И. И. Алгоритмы специализированной медицинской помощи больным сахарным диабетом / И. И. Дедов // Сахарный диабет. – Минск., 2017. – 121с.
5. Пасечникова, Е.А. Особенности рационального питания у пациентов с сахарным диабетом 2 типа / Е. А. Пасечникова // Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы. – 2019. – № 3. – С. 49–51.
6. Филонова, Г. Л. Поликомпонентный концентрат "Эндодар" из пектинсодержащего плодово-ягодного сырья / Г. Л. Филонова // Пиво и напитки. – М., 2019. – № 6. – С. 56–58.
7. Зуев, Е.Т. Функциональные напитки и их место в концепции здорового питания / Е.Т. Зуев // Санитарный врач. – 2021. – № 4. – С.18–26.
8. Зенькова, М. Л. Стратегическое управление качеством пищевой продукции / М. Л. Зенькова // Экономический рост Республики Беларусь: глобализация, инновационность, устойчивость: материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 14 мая 2020 г./ Белорусский государственный экономический ун-т; редкол.: В. Ю. Шутилин (отв.ред.) [и др.]. – Минск: БГЭУ, 2020 – С. 242–243.
9. Соболев, И. В. Новые виды продуктов для специализированного питания / И. В. Соболев, А. И. Аверкиева // Молодой ученый. – 2017. – № 4 (138). – С. 55–57.
10. Соболева, О. А. Напитки безалкогольные – социально значимые продукты здорового питания / О. А. Соболева // Актуальные вопросы индустрии напитков. – 2021. – № 2. – С.176–178.
11. Родионова, Н. С. Применение метода ультразвукового экстрагирования в приготовлении напитка направленного действия из ягод чёрной смородины / Н. С. Родионова // Вестник ВГУИТ. – 2022. – № 2 (68). – С. 162–169.
12. Посокина, Н. Е. Разработка функционального напитка на основе растительного сырья / Н. Е. Посокина, Н. М. Алабина, А. Ю. Давыдова // Актуальные вопросы индустрии напитков. – 2022. – № 3. – С. 174–178.
13. Ильина, И. А. Технологии производства продуктов здорового питания из растительного сырья: монография / И. А. Ильина. – Краснодар: СКФНЦСВВ, 2018. – 315 с.
14. Поляков, В. А. Плодово-ягодное и растительное сырье в производстве напитков / В.А. Поляков. – М.: ДеЛи плюс, 2021. – 523 с.
15. Елисеева, Т. М. Клубника (лат. *Fragária*) / Т. М. Елисеева, А. Н. Тарантул // Журнал здорового питания и диетологи. – 2019. – № 2. – С. 38–50.
16. Jurikova, T. Bioactive compounds, antioxidant activity, and biological effects of European cranberry (*Vaccinium oxycoccos*) / T. Jurikova, S. Skrovankova, J. Mlcek, S. Balla, L. Snopek // *Molecules*. – 2019. – Volume 24. – P. 24–44.
17. Nemzer, V. Cranberry: Chemical Composition, Antioxidant Activity and Impact on Human Health: Overview / V. Nemzer, F. Al-TaHER, A. Yashin // *Molecules*. – 2022. – Volume 27. – P. 1503–1521.
18. Mlambo, R. Stevia rebaudiana, a Versatile Food Ingredient: The Chemical Composition and Medicinal Properties / R. Mlambo, J. Wang, C. Chen // *Journal of Nanomaterials*. – 2022. – Volume 4. – P. 1–12.
19. Bolotko, A. New plant source of carbohydrates in the composition of drinks of isotonic action / A. Bolotko, N. Shelegova, N. Azarenok, N. Shelegov // *Scientific works of university of food technologies* 2020. – 2021. – Volume 67. – 58–61 p.
20. Колесник, А. А. Теоретические основы товароведения продовольственных товаров / А. А. Колесник, Л. Г. Елизарова. – М.: Экономика, 2021. – 296 с.
21. Продукция безалкогольной промышленности. Правила приемки и методы отбора проб – Прадукцыя безалкагольнай прамысловасці. Правілы прыёмкі і метады адбору проб: ГОСТ 6687.0-86.: введ. 01.01.1988. – Мн.: Госстандарт: Бел. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1986. – 8 с.
22. Продукты пищевые и продовольственное сырье. Методы отбора проб для определения показателей безопасности = Прадукты харчовыя і харчовая сыравіна. Метады адбору проб для вызначэння паказчыкаў

- бяспекі: СТБ 1036-97.: введ. 01.07.97. – Минск.: Госстандарт.: Бел. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1998. – 8 с.
23. Колядич, Е. С. Изучение свойств экстрактов из лекарственного и пряно-ароматического сырья / Е. С. Колядич, А. Н. Лилишенцева, О. В. Шрамченко // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2008. – № 1 (1). – С.83–87.
24. Рубанка, Е. В. Влияние температуры экстракции на физико-химические показатели ягодных экстрактов / Е. В. Рубанка, В. А. Терлецкая // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: III Международная научно-практическая конференция, 23–24 марта – Минск: БГАТУ, 2017. – С. 279.
25. Продукция безалкогольной промышленности. Методы определения сухих веществ – Прадукцыя безалкагольнай прамысловасці. Метады вызначэння сухіх рэчываў: ГОСТ 6687.2-90.: введ. 01.07.91. – Минск.: Госстандарт.: Бел. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2011. – 16 с.
26. Напитки безалкогольные, квасы и сиропы. Метод определения кислотности – Напоі безалкагольныя, квасы і сіропы. Метад вызначэння кіслотнасці: ГОСТ 6687.4-86.: введ. 01.01.87. – Минск.: Госкомстандарт, 1986. – 8 с.
27. Сырье лекарственное растительное. Методы определения влажности, содержания золы, экстрактивных и дубильных веществ, эфирного масла. Сыравіна лекавая раслінная. Метады вызначэння вільготнасці, утрымання попелу, экстрактыўных і дубільных рэчываў, эфірнага алею: ГОСТ 24027.2-80.: введ. 01.01.1981. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1999. – 10 с.
28. Продукция безалкогольной промышленности. Методы определения органолептических показателей и объема продукции: Прадукцыя безалкагольнай прамысловасці. Метады вызначэння арганалептычных паказчыкаў і аб'ёму прадукцыі: ГОСТ 6687.5-86.: введ. 01.07.87. – Минск.: Госстандарт.: Бел. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2011. – 8 с.
29. Органолептический анализ. Методология. Методы профильного анализа флейвора. Арганалептычны аналіз. Метадалогія. Метады профільнага аналізу флейвара: СТБ ИСО 6564-2007.: введ. 01.07.07. – Минск.: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2007. – 12 с.
30. Басовский, Л. Е. Маркетинг: учеб. пособие / Л. Е. Басовский, Е. Н. Басовская. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2025. – 233 с.
31. Абаев, А. Л. Современные тенденции маркетинга в отраслях и сферах деятельности: Монография / А. Л. Абаев. – М.: ИТК Дашков и К, 2025. – 242 с.
32. Бурак, Л. Ч. Достижение устойчивого развития за счет использования новых технологий переработки пищевых продуктов / Л. Ч. Бурак, Т. В. Ермошина, Н. В. Саманкова // Фундаментальные исследования. – 2024. – № 10. – С. 171–179.
33. Пехтерева, Н. Т. Функциональные напитки на основе растительного сырья / Н. Т. Пехтерева, Л. А. Догаева, В. Е. Понамарева // Пиво и напитки. – 2003. – № 2. – С.66–67.
34. Макарова, Н. В. Влияние параметров пастеризации на антиоксидантную активность яблочно-черничного сока / Н. В. Макарова, А. В. Зюзина // Пиво и напитки. – 2011. – № 5. – С.26–28.
35. Болотько, А. Ю. Характеристика, компонентный состав и технологические аспекты создания изотонических безалкогольных напитков / А. Ю. Болотько, Н. А. Шелегов // Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение: сб. науч. тр. / Воронежский государственный университет инженерных технологий. – Воронеж, 2023. – С. 399–406.

Поступила в редакцию 05.12.2025 г.

ОБ АВТОРАХ:

Наталья Анатольевна Шелегова, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры административной деятельности факультета милиции, Могилевский институт Министерства внутренних дел Республики Беларусь, e-mail: shelegova.natasha@yandex.ru.

Александр Юрьевич Болотько, кандидат технических наук, доцент, декан химико-технологического факультета, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: asb23@mail.ru.

Ольга Васильевна Крукович, кандидат технических наук, доцент кафедры товароведения и организации торговли, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: olkrukovich@yandex.ru.

ABOUT AUTHORS:

Natalia A. Shelegova, PhD, associate professor, associate professor of the Department of administrative activities, Mogilev Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Belarus, e-mail: shelegova.natasha@yandex.ru.

Alexander Yu. Bolotko, PhD, associate professor, dean of the faculty of chemical engineering at the Belarusian state university of food and chemical technologies, e-mail: asb23@mail.ru.

Olga V. Krukovich, PhD, associate professor of the department of commodity science and trade organization at the Belarusian state university of food and chemical technologies, e-mail: olkrukovich@yandex.ru.