МРНТИ 65.09.03 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.31-1383**

РАЗРАБОТКА СОСТАВА БАДА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЧИСТОГО ИНУЛИНА

Г.Е. Жумалиева, А.К. Шоман, А. Огазова
ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», Алматы, Казахстан
Корреспондент-автор: guljan_7171@mail.ru, shoman_a@mail.ru

В статье представлены исследования биологически активной добавки (БАД) на основе инулина, пророщенных зерновых культур (овса и ячменя) и корня солодки, предназначенной для профилактики эндокринных и метаболических нарушений, в том числе сахарного диабета. Обоснована целесообразность замены растительного сырья - клубней топинамбура - на очищенный инулин с целью повышения его содержания и пребиотической активности в составе продукта. Экспериментально установлено, что выход чистого инулина из клубней топинамбура составил 56,5%. Разработаны четыре варианта рецептур БАДов с различным соотношением компонентов и содержанием инулина от 43 до 53%.

Проведена оценка органолептических, физико-химических, и микробиологических показателей в соответствии с действующими ГОСТами. Показано, что все образцы соответствуют нормативным требованиям по качеству и безопасности. Установлено, что образец с содержанием инулина 53% обладает наилучшими органолептическими и технологическими свойствами, высокой водоудерживающей способностью и оптимальной сыпучестью.

Исследуемые композиции характеризуются значительным содержанием пищевых волокон, витаминов группы В, витаминов С и Е, а также сбалансированным аминокислотным составом. Полученные результаты подтверждают высокую биологическую и функциональную ценность разработанных БАДов. Разработанный биологически активная добавка обеспечивает потребность в инулине, проявляет выраженные пребиотические свойства, способствует поддержанию метаболических процессов и оказывает иммуномодулирующее действие.

Ключевые слова: инулин, клубни топинамбура, биологически активная добавка, корень солодки, пророщенный овес, пророщенный ячмень.

ТАЗА ИНУЛИНДІ ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ҚОСПАНЫҢ ҚҰРАМЫН ӘЗІРЛЕУ

Г.Е. Жумалиева, Ә.К. Шоман, А. Огазова
«Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсібі ғылыми-зерттеу институты» ЖШС, Алматы, Қазақстан, e-mail: guljan_7171@mail.ru, shoman_a@mail.ru

Мақалада эндокриндік және метаболикалық бұзылыстардың, соның ішінде қант диабетінің алдын алуға арналған инулин, өнген дәнді дақылдар (сұлы мен арпа) және мия тамыры негізіндегі биологиялық белсенді қоспаны (ББҚ) зерттеу нәтижелері ұсынылған. Өнім құрамындағы инулиннің мөлшерін және оның пребиотикалық белсенділігін арттыру мақсатында өсімдік шикізаты - топинамбур түйнектерін - тазартылған инулинге алмастырудың орындылығы негізделген. Топинамбур түйнектерінен таза инулиннің шығымы 56,5% екені тәжірибелік жолмен анықталды. Құрамындағы инулин мөлшері 43-53% аралығында болатын, компоненттердің әртүрлі арақатынасына ие ББҚ-ның төрт рецептуралық нұсқасы әзірленді.

Қолданыстағы ГОСТ талаптарына сәйкес органолептикалық, физика-химиялық және микробиологиялық көрсеткіштерге бағалау жүргізілді. Барлық үлгілердің сапа мен қауіпсіздік бойынша нормативтік талаптарға сәйкес келетіні анықталды. Құрамында 53% инулин бар үлгі ең жақсы органолептикалық және технологиялық қасиеттерге, жоғары су ұстау қабілетіне және оңтайлы сусымалдылыққа ие болды.

Зерттелген композициялар тағамдық талшықтарға, В тобы витаминдеріне, С және Е витаминдеріне бай, сондай-ақ аминқышқылдық құрамы теңдестірілген. Алынған нәтижелер әзірленген биологиялық белсенді қоспалардың жоғары биологиялық және функционалдық құндылығын растайды. Әзірленген биологиялық белсенді қоспа ағзаның инулинге деген қажеттілігін қамтамасыз етеді, айқын пребиотикалық қасиеттерге ие, метаболикалық үдерістерді қолдайды және иммуномодуляциялық әсер көрсетеді.

Түйін сөздер: инулин, топинамбур түйнектері, биологиялық белсенді қоспа, мия тамыры, өнген сұлы, өнген арпа.

DEVELOPMENT OF THE COMPOSITION OF A DIETARY SUPPLEMENT USING PURE INULIN

G.E. Zhumalieva✉, A.K. Shoman✉, A Ogazova

LLC "Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry", Almaty, Kazakhstan, e-mail: guljan_7171@mail.ru, shoman_a@mail.ru

The article presents the results of studies on a dietary supplement (DS) based on inulin, sprouted cereal grains (oats and barley), and licorice root, intended for the prevention of endocrine and metabolic disorders, including diabetes mellitus. The feasibility of replacing plant raw Materials-Jerusalem artichoke tubers-with purified inulin in order to increase its content and prebiotic activity in the product composition is substantiated. It was experimentally established that the yield of pure inulin from Jerusalem artichoke tubers amounted to 56.5%. Four variants of DS formulations with different ratios of components and inulin content ranging from 43 to 53% were developed.

Organoleptic, physicochemical, and microbiological parameters were evaluated in accordance with current GOST standards. It was shown that all samples comply with regulatory requirements for quality and safety. The sample containing 53% inulin demonstrated the best organoleptic and technological properties, high water-holding capacity, and optimal flowability.

The studied compositions are characterized by a significant content of dietary fiber, B-group vitamins, vitamins C and E, as well as a balanced amino acid composition. The obtained results confirm the high biological and functional value of the developed dietary supplements.

The developed dietary supplement meets the body' s requirement for inulin, exhibits pronounced prebiotic properties, supports metabolic processes, and has an immunomodulatory effect.

Keywords: inulin, Jerusalem artichoke tubers, dietary supplement, licorice root, sprouted oats, sprouted barley.

Введение. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), распространенность сахарного диабета среди населения продолжает неуклонно расти. Этот процесс вызван сочетанием генетической предрасположенности и изменяемых факторов образа жизни, включая низкий уровень физической активности, чрезмерное потребление легкоусвояемых углеводов и недостаточное потребление пищевых волокон. В связи с этим особую актуальность приобретают функциональные продукты питания и биологически активные добавки, разработанные для коррекции углеводного обмена и снижения риска развития и прогрессирования осложнений заболевания [1].

За последние два десятилетия концепция функционального питания претерпела значительное развитие. Функциональные пищевые продукты, свойства которых выходят за рамки удовлетворения основных потребностей в питании, демонстрируют потенциал для поддержания здоровья и снижения риска хронических неинфекционных заболеваний, что приводит к росту научного и практического интереса к этой категории. В последние годы биологически активные соединения функциональных продуктов привлекают значительное внимание исследова-

телей в контексте патогенеза и коррекции сахарного диабета. Защитные эффекты этих соединений и их пищевых источников были изучены в экспериментах in vitro и in vivo; ряд рандомизированных клинических исследований подтвердил их клиническую значимость у пациентов с сахарным диабетом [2].

Актуальность здорового питания подтверждается исследованиями, показывающими прямую связь между иммунным статусом человека и потребляемой им пищей. Производители расширяют ассортимент профилактических продуктов, используя различные функциональные ингредиенты: пищевые волокна, витамины, антиоксиданты, полиненасыщенные жирные кислоты, про - и пребиотики. Пробиотики-это физиологически функциональные пищевые ингредиенты в виде живых микроорганизмов, которые благотворно влияют на организм человека в результате селективной стимуляции роста и/или повышения биологической активности нормальной микрофлоры кишечника. Пребиотики-это физиологически функциональные пищевые ингредиенты в виде веществ, благоприятно воздействующих на организм человека при регулярном употреблении в виде препаратов или в составе пищевых продуктов в результате нормализации состава и/или биологической активности нормальной микрофлоры кишечника [3].

В последние годы наблюдается рост числа метаболических заболеваний, включая сахарный диабет, что требует разработки эффективных подходов к его профилактике и коррекции. Одним из перспективных направлений является использование биологически активных добавок (БАД), содержащих природные компоненты, способствующие нормализации обмена веществ и поддержке организма.

Распространенность сахарного диабета растет тревожными темпами во всем мире, что приводит к значительному увеличению преждевременной смертности, сопутствующих заболеваний и увеличению расходов на здравоохранение. Прогнозы на будущее также неутешительны, учитывая, что к 2030 году ожидается, что каждый десятый человек в мире будет страдать этим заболеванием. Общие определяющие факторы включают избыток жировой ткани, неправильное питание, малоподвижный образ жизни, высокое кровяное давление и семейный анамнез диабета. Соответствующие стратегии профилактики в основном направлены на изменение образа жизни, включая физическую активность и диетические стратегии, предназначенные для людей с преддиабетом и высоким риском, и убедительно демонстрируют значительное снижение заболеваемости 28% до 58% во всем мире [4].

Правильное питание является основой любого цивилизованного общества, поскольку оно является неотъемлемой частью профилактического здравоохранения. Потребители теперь лучше осведомлены о здоровом питании и перспективах использования лечебных продуктов в качестве диетического средства. Этот повышенный интерес связан с глубоким пониманием механизмов, посредством которых диета влияет на различные заболевания Радикальные изменения в рационе питания и образе жизни приводят к возникновению различных заболеваний, таких как гипергликемия, гиперхолестеринемия, сахарный диабет и заболевания раздраженного кишечника. Более того, такие осложнения являются взаимозависимыми и влияют на возникновение и тяжесть друг друга, поскольку было замечено, что 80% пациентов с сахарным диабетом подвержены сердечно-сосудистым заболеваниям. В настоящее время эти заболевания стремительно поражают развивающиеся страны, где отсутствуют рекомендации по питанию для различных слоев населения. Высокое бремя болезней может быть связано с отсутствием доступа к надлежащим лекарствам, образом жизни, режимом питании связанными с этими факторами риска, такими как гипертония, загрязнение окружающей среды и курение. Диетические мероприятия, включающие диверсификацию рациона питания, пищевые добавки, а также функциональные продукты питания и нутрицевтики, могут быть полезны для борьбы с этими заболеваниями [5].

В этом контексте особое значение имеют функциональные ингредиенты, обладающие

способностью нормализовать обменные процессы. Инулин, который относится к классу растворимых пищевых волокон, характеризуется низким гликемическим индексом и способен снижать концентрацию глюкозы и холестерина в плазме крови, модулируя липидный обмен и проявляя антиоксидантную активность. Кроме того, его пребиотические свойства способствуют восстановлению эубиоза кишечной микробиоты, которая играет ключевую роль в регуляции системного метаболизма [6].

Инулин получил достаточно широкое применение в пищевой промышленности. Имеются сведения о применение инулина в производстве различных видов хлеба из пшеничной и ржано-пшеничной муки, песочных изделий и кексах, пряниках и вафлях. Доказано, что внесение инулина не только делает хлеб более полезным, но и оказывает ряд технологических эффектов - улучшает показатели формоустойчивости, пористости, упека, усушки и выхода. Наряду с этим повышаются потребительские качества хлеба - улучшается его внешний вид и аромат, замедляется черствение. Рекомендуемая дозировка 2,5 - 3,0 % к массе муки [7].

Растительные компоненты натурального происхождения используются для повышения питательной ценности и биодоступности биологически активных добавок. Пророщенные зерна овса и ячменя служат источником витаминов группы В, антиоксидантных соединений, пищевых волокон и множества биологически активных веществ. Процесс проращивания сопровождается активацией эндогенных ферментов, гидролизом сложных углеводов и снижением содержания антипитательных веществ, что значительно повышает биодоступность микроэлементов. Включение пророщенных злаков в состав биологически активных добавок улучшает качество сырья и обеспечивает синергетический эффект компонентов рецептуры [8].

Корень солодки, обладающий выраженными противовоспалительными и иммуномодулирующими свойствами, считается важным компонентом комплексных пищевых добавок. Его основное действующее вещество, глицирризиновая кислота, способствует нормализации гликемического контроля и проявляет цитопротекторное действие в условиях окислительного стресса. Введение экстракта корня солодки в состав биологически активных добавок обеспечивает дополнительный иммуномодулирующий эффект, что имеет особое значение для больных сахарным диабетом [9].

Топинамбур (Helianthus tuberosus) является основным промышленным источником инулина. Благодаря своей высокой приспособляемости к неблагоприятным факторам окружающей среды — морозо- и засухоустойчивости, низким требованиям к плодородию почвы и минимальной потребности в минеральных удобрениях - эта культура получила широкое распространение. Выведенные отечественными селекционерами сорта топинамбура характеризуются клубнями правильной геометрической формы, пригодными для механизированной промышленной переработки. Таким образом, топинамбур обладает значительным потенциалом в качестве основного сырья для организации крупномасштабного производства инулина [10].

Материалы и методы. Исследования проведены в АО «Алматинский технологический университет» Научно-исследовательской лаборатории по оценке качества и безопасности продовольственных продуктов и использовались стандартные методы анализа и определения показателей качества в соответствии с действующими ГОСТами. Все анализы выполнены в лабораторных условиях с использованием современного оборудования и точных методик, что гарантирует высокую степень достоверности полученных данных. Влажность определяли по ГОСТ 13586.5–2015 [11] и ГОСТ 24027.2-80 [14], кислотность - по ГОСТ 27493–87 [12], микробиологические исследования проводили по ГОСТ ISO 7218–2015 [13]. Массовую долю жира определяли по ГОСТ 31700-2012 [15], белка - по ГОСТ 25011–81 [16], азота - по ГОСТ Р 50453–92 [17], зольность - по ГОСТ 10847–2019 [18]. Содержание кальция и магния определяли по ГОСТ 32343–2013 [19], общего фосфора - по ГОСТ Р 51482–99 [20], меди - по ГОСТ 26931–86 [21],

железа - по ГОСТ 26928–86 [22], свинца - по ГОСТ 26932–86 [23], кадмия - по ГОСТ 26933–86 [24].

Обсуждение и результаты. Разработана биологически активная добавка с заменой одного компонента растительного сырья -топинамбура на инулин, для профилактики эндокринных заболеваний. Из 100 г клубней топинамбура с содержанием инулина 14,8% получили 8,37 г чистого инулина, что составило 56,5% выхода продукта.

Получен образец, в котором топинамбур полностью заменён на инулин, с целью увеличения количество инулина в составе добавки. Исследованы варианты композиции БАДов с различными содержаниями инулина (Таблица 1).

Таблица 1 - Состав образцов БАДа с инулином

Образцы БАДа	Инулин (г)	Пророщенный овес (г)	Пророщенный ячмень (г)	Корень солодки (г)	Содержание инулина, %
Образец 1	50	20	20	10	53%
Образец 2	45	20	20	15	48%
Образец 3	42	25	18	15	45,4%
Образец 4	40	20	20	20	43%

Согласно результатам Таблицы 1, содержания инулина в представленных 4 Образцах композиции БАДов наибольшая массовая доля инулина (53%) наблюдается в Образце 1, Данный образец получен при введении 50 г чистого инулина на 100 г общей массы, при этом остальные компоненты включали 20 г пророщенного овса, 20 г пророщенного ячменя и 10 г корня солодки. Высокая концентрация инулина в этом образце обусловлена преобладанием в рецептуре непосредственно инулинсожержащего сырья.

Снижение количества вводимого инулина при одновременном сохранении или увеличении других растительных компонентов закономерно приводит к уменьшению его относительного содержания в конечном продукте. Так, в Образце 2 при уменьшении инулина до 45 г и повышении содержания корня солодки до 15 г массовая доля инулина составила 48 %, что на 5 % ниже по сравнению с образцом 1.

В Образце 3 содержание инулина снизилось до 42 г, а увеличение доли пророщенного овса до 25 г сопровождалось дальнейшим падением массовой доли инулина до 45,4 %. Наименьшее значение (43 %) зарегистрировано в Образце 4, где инулин был введён в количестве 40 г, а доля корня солодки повышена до 20 г.

Полученные данные свидетельствуют о том, что определяющим фактором уровня инулина в готовой композиции является абсолютная масса вводимого инулина, тогда как увеличение доли растительных ингредиентов, практически не содержащих эндогенного инулина (пророщенные злаки, корень солодки), приводит к эффекту разбавления и снижению его концентрации в конечном продукте.

Таким образом, Образец 1 характеризуется максимальной степенью обогащения инулином (53 %) и может быть признан оптимальным при разработке биологически активных добавок с выраженным пребиотическим действием, где приоритет отдаётся достижению высокой концентрации инулина. Варианты с более низким содержанием инулина (Образцы 2-4) целесообразно рассматривать в контексте создания поликомпонентных рецептур, обеспечивающих более широкий спектр нутритивных и функциональных свойств за счёт синергизма растительных ингредиентов.

Оценка органолептических и физико-технологических характеристик четырёх разработанных композиций биологически активных

добавок с различным содержанием инулина позволила установить существенные различия как по сенсорным, так и по технологическим показателям, что имеет принципиальное значение для выбора рациональной рецептуры.

Результаты изучения органолептических и физико-химических показателей исследуемых композиций Бад представлены в Таблице 2.

Таблица 2 - Органолептические и физико-химические показатели образцов БАДа с различным содержанием инулина

Показатели	Образцы БАДов с инулином			
	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Внешний вид	однородный порошок	слегка неоднородный	неоднородный	однородный
Цвет	светло-бежевый	бежевый	серо-бежевый	серо-бежевый
Запах	нейтральный	растительный	ярко выраженный, резкий	слабый
Вкус	умеренно сладкий	сладкий	сладкий с послевкусием	слишком сладкий с послевкусием
Влажность, %	6,2	6,5	6,8	7,1
ВУС,г/г	2,8	2,6	2,6	2,4
Угол откоса, °	34	36	30	38
Насыпная плотность, г/мл	0,60	0,58	0,65	0,70
Уплотненная плотность, г/мл	0,75	0,74	0,85	0,90

Согласно результатам оценки органолептических и физико-химических показателей, четырёх экспериментальных образцов композиции биологически активной добавки таблица 2, наилучшие значения по органолептическим характеристикам зафиксированы для Образца 1. Данный образец характеризуется однородной структурой, светло-бежевым цветом, нейтральным запахом и умеренно сладким вкусом. В отличие от этого, Образец 3 отличается неоднородной консистенцией и выраженным, резким запахом, что может свидетельствовать о нежелательных сенсорных отклонениях. Образец 4 обладает чрезмерно сладким вкусом, что при длительном применении может снижать органолептическую приемлемость продукта. Образец 2 демонстрирует наиболее сбалансированные органолептические свойства среди всех вариантов. Анализ технологических параметров показал, что все образцы соответствуют нормативным требованиям по содержанию влаги (не более 8,0 %). Тем не менее, наблюдается тенденция к постепенному увеличению влажности от образца 1 (6,2 %) до образца 4 (7,1 %). Указанное повышение влажности может негативно влиять на микробиологическую стабильность и сроки годности готового продукта.

По показателю водоудерживающей способности (ВУС) максимальное значение зарегистрировано для образца 1 - 2,8 г/г, что свидетельствует о высокой способности материала связывать влагу и потенциально обеспечивает лучшую струк-

турную стабильность в водных средах. Наименьшее значение ВУС (2,4 г/г) характерно для Образца 4, что существенно ограничивает его технологическую применимость, особенно при разработке продуктов с высокой влажностью.

Угол естественного откоса, характеризующий сыпучесть и поведение материала при дозировании и фасовке, варьировал в диапазоне от 30° (Образец 3) до 38° (Образец 4). Оптимальными значениями для большинства технологических процессов считаются 30-35°. В связи с этим Образцы 1 (34°) и 3 (30°) обладают хорошей сыпучестью, тогда как повышенный угол откоса Образца 4 указывает на склонность к слёживанию и осложнения при транспортировке и автоматизированном дозировании.

По показателям насыпной и уплотнённой плотности наименьшие значения зафиксированы для Образцов 1 и 2, что положительно сказывается на удобстве фасовки, экономичности упаковки и скорости растворения/диспергирования. Образец 4 характеризуется максимальными значениями плотности (0,70 г/мл - насыпная и 0,90 г/мл - утрясённая), что может создавать дополнительные технологические ограничения.

Таким образом, комплексная оценка технологических свойств позволяет заключить, что Образец 1 является наиболее предпочтительным вариантом с позиции достижения оптимального сочетания органолептических, гидратационных и реологических характеристик.

Таблица 3 - Физико-химические и качественные показатели образцов БАДа с инулином

Наименование показателей	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Физико-химические показатели				
Массовая доля белка, %	7,22±0,05	7,47±0,06	8,81±0,06	8,43±0,07
Массовая доля влаги, %	6,43±0,07	6,84±0,04	6,66±0,06	6,73±0,05
Массовая доля золы, %	1,61±0,01	1,98±0,02	1,98±0,02	2,00±0,03
Массовая доля клетчатки, %	15,51±0,11	15,83±0,09	15,01±0,12	14,86±0,07
Титруемая кислотность, ^{0}Т	8,8°Т	10,0°Т	10,2°Т	12,6°Т
Витаминный состав				
Витамин Е	1,38	1,69	1,38	1,21
Витамин С	0,020±0,006	0,038±0,013	0,024±0,008	0,023±0,007
Витамин В1	0,147±0,029	0,141±0,028	0,150±0,03	0,118±0,023
Витамин В2	0,129±0,053	0,133±0,056	0,144±0,060	0,136±0,057
Витамин В3	0,701±0,140	0,625±0,125	0,711±0,142	0,572±0,114
Витамин В5	0,675±0,135	0,547±0,116	0,639±0,127	0,480±0,096
Витамин В6	0,174±0,034	0,178±0,035	0,197±0,039	0,161±0,032
Витамин Вс	0,040±0,008	0,032±0,006	0,045±0,009	0,035±0,007

Качественные и микробиологические показатели безопасности разработанных композиций биологически активных добавок с инулином были определены в аккредитованной научно-исследовательской испытательной лаборатории по оценке качества и безопасности пищевой продукции АО «Алматинский технологический университет» лаборатории, по оценке качества

и безопасности продовольственных продуктов.

Физико-химические показатели и качественные показатели образцов Бада с инулином, представлены в таблицах 3, 4.

По результатам Таблицы 3 показан анализ физико-химических характеристик, где массовая доля белка варьирует от 7,22±0,05 до 8,81±0,06%, что отражает вклад белковых компонентов пророщенных зерновых культур, с более высоким содержанием белка в Образцах 3 и 4, что связано с увеличением концентрации растительных компонентов. Установлено, что массовая доля влаги во всех Образцах стабильна и колеблется в пределах от 6,43±0,07 до 6,84±0,04%, что указывает на одинаковые условия инфракрасной сушки, обеспечивающие сохранность биологически активных веществ. Минеральный состав, отражённый массовой долей золы (1,61±0,01%–2,00±0,03%), свидетельствует о присутствии значимого количества микроэлементов, характерных для корня солодки и пророщенных зерновых. Значительный уровень клетчатки, особенно в Образце 2 (15,83±0,09%), обусловлен высоким содержанием пищевых волокон из инулина и растительных компонентов, что способствует улучшению пищеварительных свойств и пребиотическому эффекту. Увеличение показателя титруемой кислотности от $8,8^0$Т до $12,6^0$Т, свидетельствует о накоплении органических кислот в процессе биохимических процессов, что типично для продуктов с высоким содержанием корня солодки и пророщенных зерен.

Результаты исследования витаминного состава композиции БАДов с инулином, показали наличие широкого спектра водо- и жирорастворимых витаминов, подтверждающих высокую биологическую ценность композиций. Из таблицы 3 следует, что содержание витамина Е, обладающего выраженной антиоксидантной активностью, варьирует от 1,21 до 1,69 мг, с наибольшей концентрацией в Образце 2. Это может быть связано с более высоким содержанием липидной фазы, в частности, из-за пророщенного зерна, где наблюдается активное накопление токоферолов в процессе прорастания. По содержанию витамина С, играющего ключевую роль в антиоксидантной защите и иммунной функции, который присутствует во всех Образцах в пределах 0,020–0,038 мг, с максимальным содержанием в Образце 2. Хотя уровень аскорбиновой кислоты относительно невысокий, её наличие может быть обусловлено корнем солодки, содержащим флавоноиды и другие биологически активные соединения с синергетическим действием. Комплекс витаминов группы В, участвующих в углеводном, белковом и жировом обмене, представлен на достаточно высоком уровне. Наиболее сбалансированное и высокое содержание витаминов группы В наблюдается в Образце 3, что, связано с оптимальным соотношением компонентов смеси, обеспечивающим более благоприятные условия для сохранения или синтеза данных витаминов при проращивании.

Таким образом, физико-химические показатели и витаминный состав исследуемых образцов указывает на сбалансированный витаминный состав, в качестве функциональных ингредиентов, Образцы 2 и 3 демонстрируют наилучшие характеристики по суммарной витаминизации.

По результатам Таблицы 4 показан анализ аминокислотного состава композиции БАДов с инулином, при этом наибольшее содержание аргинина отмечается в Образце 3 (1,100±0,440), тогда как минимальное значение наблюдается в Образце 2 (0,688±0,275). По содержанию лизина лидирует также Образец 1 (1,298±0,441), в то время как наименьший уровень выявлен в Образце 2 (0,331±0,113).

Отмечено, что наибольшие значения пролина характерны для Образцов 2 и 4 (2,240±0,582% и 2,460±0,640% соответственно). По содержанию фенилаланина наибольшие показатели отмечены у Образцов 3 и 4 (1,950±0,507 и 1,852±0,482).

Таким образом, каждый из исследованных образцов композиции БАДов с инулином отличается определённым аминокислотным составом. Образец 1 характеризуется повышенным содержанием аргинина и лизина, что указывает на его высокую биологическую ценность. В Образцах 2 и 4 отмечено увеличение пролина, в то время как Образцы 3 и 4 характеризуются более высоким содержанием фенилаланина.

Таблица 4 - Результаты аминокислотного состава образцов БАДа с инулином

Наименование показателя, %	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Аргинин	0,809±0,324	0,688±0,275	1,100±0,440	1,045±0,418
Лизин	0,292±0,099	0,206±0,070	0,135±0,046	0,128±0,044
Тирозин	0,387±0,116	0,378±0,113	0,390±0,117	0,370±0,111
Фенилаланин	0,774±0,232	0,843±0,253	0,975±0,293	0,926±0,278
Гистидин	0,102±0,051	0,088±0,044	0,279±0,139	0,265±0,132
Лейцин+изолейцин	0,668±0,174	0,722±0,188	0,808±0,210	0,767±0,199
Метионин	0,278±0,094	0,310±0,105	0,348±0,118	0,331±0,112
Валин	0,528±0,211	0,602±0,241	0,655±0,262	0,622±0,249
Пролин	1,407±0,366	1,462±0,380	1,950±0,507	1,852±0,482
Треонин	0,457±0,183	0,550±0,220	0,585±0,234	0,556±0,222
Серин	0,457±0,119	0,533±0,139	0,571±0,148	0,542±0,141
Аланин	0,352±0,091	0,378±0,098	0,404±0,105	0,384±0,100
Глицин	0,306±0,104	0,361±0,123	0,418±0,142	0,397±0,135

Поскольку разработанные Бады предназначены для обогащения мучных кондитерских изделий и придания им функциональных свойств, особое значение приобретают показатели микробиологической безопасности. В образцах определяли микробиологические показатели. В Таблице 5 представлены микробиологические показатели образцов БАДа с чистым инулином.

Таблица 5 - Результаты микробиологических показателей образцов композиции БАДов с инулином

Наименование показателей, ед.изм.	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
КМАФАнМ, КОЕ/г	$1,7*10^3$	$2,3*10^3$	$3,1*10^3$	$2,7*10^3$
БГКП (колиформы) в 1.0 $см^3$ продукта	Не обнаружено			
Дрожжи, КОЕ/г	21	21	31	17
Плесени, КОЕ/г	19	29	22	19

По микробиологическим показателям во всех образцах показания КМАФАнМ (КОЕ/г), БГКП (колиформы) в 1,0 $см^3$ продукта, дрожжи и плесени соответствуют по требованиям СанПИН.

Выводы. По результатам физико-химического и качественного анализа установлено, что все образцы БАДов соответствуют нормативным показателям качества. Анализ аминокислотного состава показал, что исследуемые образцы богаты как заменимыми, так и незаменимыми аминокислотами. Исследование витаминного состава показало, что все образцы содержат все необходимые витамины, для поддержания нормального обмена веществ.

Таким образом, разработанные композиции БаДов подтверждают высокую питательную ценность и функциональную направленность исследуемых образцов БАДов.

Разработанный БАД не предназначен для полного покрытия суточной потребности в инулине, однако способствует её частичному восполнению и оказывает поддерживающее действие на метаболические процессы у пациентов с сахарным диабетом и оказывает иммуномодулирующее действие.

Финансирование: *Материалы подготовлены в рамках выполнения проекта ИРН* ***AP23485292*** *«Разработка технологии комплексной биологически активной добавки (БАД) иммуномодулирующей направленности» по бюджетной программе 217 «Развитие науки» по подпрограмме 102 «Грантовое финансирование научных исследований» Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан на 2024-2026 годы.*

Литература

1. Global report on diabetes/ World Health Organization. -2016. -88 p. ISBN 9789241565257.

2. Mirmiran P., Bahadoran Z., Azizi F. Functional foods-based diet as a novel dietary approach for management of type 2 diabetes and its complications: A review// World Journal of Diabetes. -2014. -Vol.5(3). -P.267-281. DOI 10.4239/wjd. v5.i3.267.

3. Назаренко М.Н., Бархатова Т.В., Кожухова М.А., Хрипко И.А., Бурлакова Е.В. Изменение инулина в клубнях топинамбура при хранении// Научный журнал КубГАУ. -2013. - № 94(10).

4. IDF. The Diabetes Atlas. -2015. -5th ed. URL: http://www.diabetesatlas.org/. - Date accessed: 09.02.2026.

5. Butt M.S., Sultan M.T., Butt M.S., Iqbal J.2009. Garlic: Nature’s protection against physiological threats// Critical Reviews in Food Science and Nutrition. -2009. -Vol.49(6). -P.538-551. DOI 10.1080/10408390802145344.

6. Зяблицева Н.С., Белоусова А.Л., Компанцев В.А. и др Топинамбур, химическое и фармакогностическое исследования, применение в медицинских и пищевых целях/Пятигорская ГФА Росздрава,2010. - 134 с. ISBN 978-5-94122-069-4

7. Корячкина С.Я., Байбашева Д.К. Влияние степени полимеризации молекул инулина и олигофруктозы на остаточное содержание их в ржано-пшеничном заварном хлебе функционального назначения //Известия Вузов. Пищевая технология. -2010. - № 1. С.28-30.

8. Xue X., et al. A review of the processed Polygonum multiflorum (Thunb.) for hepatoprotection: Clinical use, pharmacology and toxicology// Journal of Ethnopharmacology. -2020. -Vol.261: 113121. DOI 10.1016/j.jep.2020.113121

9. Aune D, Schlesinger S, Neuenschwander M, et al. Diabetes mellitus, blood glucose and the risk of heart failure: A systematic review and meta-analysis of prospective studies// Nutrition, Metabolism, and Cardiovascular Diseases. -2018.- Vol.28(11). -P.1081-1091. DOI 10.1016/j.numecd.2018.07.005.

10. Назаренко М.Н. и др. Гидролиз инулина топинамбура ферментным препаратом инвертазы// Материалы IV международной научно-практической конференции «Инновационные пищевые технологии в области хранения и переработки сельскохозяйственного сырья». С.А.Пермяков. - 2014. -С.170- 174.

11. ГОСТ 13586.5–2015. Зерно. Метод определения влажности. - Введ. 2016–07–01. - Москва: Стандартинформ, 2015. - 12 с.

12. ГОСТ 27493–87. Зерно и продукты его переработки. Метод определения кислотности. - Москва: Издательство стандартов, 1987. – 6 с.ГОСТ ISO 7218–2015. Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Общие требования и рекомендации по микробиологическим исследованиям. - Введ. 2017–01–01. - Москва: Стандартинформ, 2016. - 74 с.

13. ГОСТ 24027.2–80. Сырье лекарственное растительное. Методы определения влажности, содержания золы, экстрактивных и дубильных веществ, эфирного масла. - Москва: Издательство стандартов, 1980. - 12 с.

14. ГОСТ 23042–86. Мука и отруби. Методы определения жира. - Москва: Издательство стандартов, 1986. - 8 с.

15. ГОСТ 25011–81. Мясо и мясные продукты. Методы определения белка. – Москва: Издательство стандартов, 1981. - 10 с.

16. ГОСТ Р 50453–92 (ИСО 937–78). Мясо и мясные продукты. Определение содержания азота (контрольный метод). - Москва: Издательство стандартов, 1992. - 8 с.

17. ГОСТ 10847–2019. Зерно и продукты его переработки. Методы определения зольности. – Введ.2020–07–01. - Москва: Стандартинформ, 2019. - 16 с.

18. ГОСТ EN 15505–2013. Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение натрия и магния методом атомно-абсорбционной спектрометрии. – Москва: Стандартинформ, 2014. - 20 с.

19. ГОСТ 32343–2013. Продукты переработки фруктов и овощей. Методы определения кальция и магния. – Введ.2015–01–01. – Москва: Стандартинформ, 2014. - 14 с.

20. ГОСТ Р 51482–99 (ИСО 13730–96). Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли общего фосфора. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 1999. - 8 с.

21. ГОСТ 26931–86. Сырье и продукты пищевые. Метод определения меди. - Москва: Издательство стандартов, 1986. - 8 с.

22. ГОСТ 26928–86. Продукты пищевые. Метод определения железа. - Москва: Издательство стандартов, 1986. - 8 с.

23. ГОСТ 26932–86. Сырье и продукты пищевые. Методы определения свинца. - Москва: Издательство стандартов, 1986. - 10 с.

24. ГОСТ 26933–86. Сырье и продукты пищевые. Методы определения кадмия. - Москва: Издательство стандартов, 1986. -10 с.

References

1. Global report on diabetes/ World Health Organization. -2016. -88 p. ISBN 9789241565257.

2. Mirmiran P., Bahadoran Z., Azizi F. Functional foods-based diet as a novel dietary approach for management of type 2 diabetes and its complications: A review// World Journal of Diabetes. -2014. -Vol.5(3). -P.267-281. DOI 10.4239/wjd. v5.i3.267.

3. Nazarenko M.N., Barhatova T.V., Kozhuhova M.A., Hripko I.A., Burlakova E.V. Izmenenie inulina v klubnjah topinambura pri hranenii// Nauchnyj zhurnal KubGAU. -2013. - № 94(10). [in Russian]

4. IDF. The Diabetes Atlas. -2015. -5th ed. URL: http://www.diabetesatlas.org/. - Date accessed: 09.02.2026.

5. Butt M.S., Sultan M.T., Butt M.S., Iqbal J.2009. Garlic: Nature’s protection against physiological threats// Critical Reviews in Food Science and Nutrition. -2009. -Vol.49(6). -P.538-551. DOI 10.1080/10408390802145344.

6. Zjabliceva N.S., Belousova A.L., Kompancev V.A. i dr Topinambur, himicheskoe i farmakognosticheskoe issledovanija, primenenie v medicinskih i pishhevyh celjah/Pjatigorskaja GFA Roszdrava,2010. - 134 s. ISBN 978-5-94122-069-4. [in Russian]

7. Korjachkina S.Ja., Bajbasheva D.K. Vlijanie stepeni polimerizacii molekul inulina i oligofruktozy na ostatochnoe soderzhanie ih v rzhano-pshenichnom zavarnom hlebe funkcional' nogo naznachenija //Izvestija Vuzov. Pishhevaja tehnologija. -2010. - № 1. S. 28-30. [in Russian]

8. Xue X., et al. A review of the processed Polygonum multiflorum (Thunb.) for hepatoprotection: Clinical use, pharmacology and toxicology// Journal of Ethnopharmacology. -2020. -Vol.261: 113121. DOI 10.1016/j.jep.2020.113121

9. Aune D, Schlesinger S, Neuenschwander M, et al. Diabetes mellitus, blood glucose and the risk of heart failure: A systematic review and meta-analysis of prospective studies// Nutrition, Metabolism, and Cardiovascular Diseases. -2018.- Vol.28(11). -P.1081-1091. DOI 10.1016/j.numecd.2018.07.005.

10. Nazarenko M.N. i dr. Gidroliz inulina topinambura fermentnym preparatom invertazy// Materialy IV mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Innovacionnye pishhevye tehnologii v oblasti hranenija i pererabotki sel' skohozjajstvennogo syr' ja». S.A. Permjakov. - 2014. -S.170- 174. [in Russian]

11. GOST 13586.5-2015. Zerno. Metod opredelenija vlazhnosti. - Vved. 2016–07–01. - Moskva: Standartinform, 2015. - 12 s. [in Russian]

12. GOST 27493–87. Zerno i produkty ego pererabotki. Metod opredelenija kislotnosti. - Moskva: Izdatel' stvo standartov, 1987. – 6 s. GOST ISO 7218–2015. Mikrobiologija pishhevyh produktov i kormov dlja zhivotnyh. Obshhie trebovanija i rekomendacii po mikrobiologicheskim issledovanijam. - Vved.2017–01–01. - Moskva: Standartinform, 2016. - 74 s. [in Russian]

13. GOST 24027.2–80. Syr' e lekarstvennoe rastitel' noe. Metody opredelenija vlazhnosti, soderzhanija zoly, jekstraktivnyh i dubil' nyh veshhestv, jefirnogo masla. - Moskva: Izdatel' stvo standartov, 1980. - 12 s. [in Russian]

14. GOST 23042–86. Muka i otrubi. Metody opredelenija zhira. - Moskva: Izdatel' stvo standartov, 1986. - 8 s. [in Russian]

15. GOST 25011–81. Mjaso i mjasnye produkty. Metody opredelenija belka. – Moskva: Izdatel' stvo standartov, 1981. - 10 s. [in Russian]

16. GOST R 50453–92 (ISO 937–78). Mjaso i mjasnye produkty. Opredelenie soderzhanija azota (kontrol' nyj metod). - Moskva: Izdatel' stvo standartov, 1992. - 8 s. [in Russian]

17. GOST 10847–2019. Zerno i produkty ego pererabotki. Metody opredelenija zol' nosti. – Vved.2020–07–01. - Moskva: Standartinform, 2019. - 16 s. [in Russian]

18. GOST EN 15505–2013. Produkty pishhevye. Opredelenie sledovyh jelementov. Opredelenie natrija i magnija metodom atomno-absorbcionnoj spektrometrii. – Moskva: Standartinform, 2014. - 20 s. [in Russian]

19. GOST 32343–2013. Produkty pererabotki fruktov i ovoshhej. Metody opredelenija kal' cija i magnija. – Vved.2015–01–01. – Moskva: Standartinform, 2014. - 14 s. [in Russian]

20. GOST R 51482–99 (ISO 13730–96). Mjaso i mjasnye produkty. Metod opredelenija massovoj doli obshhego fosfora. – Moskva: IPK Izdatel' stvo standartov, 1999. - 8 s. [in Russian]

21. GOST 26931–86. Syr' e i produkty pishhevye. Metod opredelenija medi. - Moskva: Izdatel' stvo standartov, 1986. - 8 s. [in Russian]

22. GOST 26928–86. Produkty pishhevye. Metod opredelenija zheleza. - Moskva: Izdatel' stvo standartov, 1986. - 8 s. [in Russian]

23. GOST 26932–86. Syr' e i produkty pishhevye. Metody opredelenija svinca. - Moskva: Izdatel' stvo standartov, 1986. - 10 s. [in Russian]

24. GOST 26933–86. Syr’ e i produkty pishhevye. Metody opredelenija kadmija. - Moskva: Izdatel’ stvo standartov, 1986. -10 s. [in Russian]

Сведения об авторах

Жумалиева Г.Е. - кандидат технических наук, ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», Алматы, Казахстан, e-mail: guljan_7171@mail.ru;

Шоман А.К - магистр технических наук, ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», Алматы, Казахстан, e-mail: shoman_a@mail.ru;

Огазова А. - ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», Алматы, Казахстан, e-mail: aogazova@inbox.ru

Information about the authors

Zhumalieva G.E. - Candidate of Technical Sciences, Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry LLP, Almaty, Kazakhstan, email: guljan_7171@mail.ru;

Shoman A.K. - Master of Technical Sciences, Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry LLP, Almaty, Kazakhstan, email: shoman_a@mail.ru;

Ogazova A. Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry LLP, Almaty, Kazakhstan, email: aogazova@inbox.ru