



Научная статья
4.3.3 – Пищевые системы (технические науки)
УДК 663.051.2

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.04.007



ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК В ВИДЕ МИКРОКАПСУЛИРОВАННЫХ СИНБИОТИКОВ

Владимир Григорьевич Попов ¹, Виктория Вячеславовна Аксентьева ²

^{1,2} Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

¹ popovvg@tyuiu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5902-1768>

² aksentevavv@tyuiu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7154-8944>

Аннотация. Природные биоактивные соединения и живые микроорганизмы являются перспективными источниками конструирования пищевых продуктов с полезными свойствами для здоровья человека. Главной проблемой широкого использования данных компонентов является их деградация в процессе тепловой обработки и хранения. Решение проблемы может быть найдено в процессе микрокапсулирования биологически активных веществ с целью сохранения и стабилизации функциональных соединений, а также способность внешней оболочки высвободить их в необходимые разделы ЖКТ.

Актуальность исследований обусловлена проектированием синбиотика, состоящего из каллусной массы арктического фитосырья, содержащего значительное количество полифенольных соединений, полученной методом культивирования листовых продуцентов в стерильных лабораторных условиях, а также пробиотических микроорганизмов, выпускаемых промышленностью. Установлено, что содержание гликозидов в каллусной ткани ниже, чем в растении, содержание бензойной кислоты также понижено. Однако наблюдается увеличение содержания флавоноидов от 12,6 % до 16,5 % в каллусной массе. По результатам исследований установлено, что наибольшие объёмы прироста биомасс выявлено через 35 суток. Комплексное соединение содержало в значительном количестве клетчатку до 18,2 мг/100, полифенольные соединения до 515,5 мг/10. Полученная продукция представляла собой светло-коричневый порошок с влажностью 5,8–7,0 %, направлялась для процесса микроинкапсуляции в качестве ядра.

Ключевые слова: синбиотик, комплексная пищевая добавка, пребиотик, пробиотик, дисбактериоз, кондитерские изделия.

Для цитирования: Попов В. Г., Аксентьева В. В. Проектирование комплексных пищевых добавок в виде микрокапсулированных синбиотиков // Ползуновский вестник. 2023. № 4, С. 54–61. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.04.007. EDN: <https://elibrary.ru/FOURPP>.

DESIGN OF COMPLEX FOOD SUPPLEMENTS IN THE FORM OF MICROCAPSULATED SYNBIOTICS

Vladimir G. Popov ¹, Victoria V. Aksentieva ²

^{1,2} Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

¹ popovvg@tyuiu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5902-1768>

² aksentevavv@tyuiu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7154-8944>

Abstract. Natural bioactive compounds and living microorganisms are promising sources for the design of food products with beneficial properties for human health. The main problem of the widespread use of these components is their degradation during heat treatment and storage. The solution

to the problem can be found in the process of microencapsulation of biologically active substances in order to preserve and stabilize functional compounds, as well as the ability of the outer shell to release them into the necessary sections of the gastrointestinal tract.

The relevance of research is due to the design of a synbiotic consisting of the callus mass of Arctic phyto-raw materials containing a significant amount of polyphenolic compounds, obtained by cultivating leaf producers in sterile laboratory conditions, as well as probiotic microorganisms produced by industry. It has been established that the content of glycosides in the callus tissue is lower than in the plant, the content of benzoic acid is also reduced. However, there is an increase in the content of flavonoids from 12.6% to 16.5% in the callus mass. According to the results of the research, it was found that the largest volumes of biomass growth were detected after 35 days. The complex compound contained a significant amount of fiber up to 18.2 mg/100, polyphenolic compounds up to 515.5 mg/10. The resulting product was a light brown powder with a moisture content of 5.8-7.0%, sent for the microencapsulation process as a core.

Keywords: synbiotic, complex nutritional supplement, prebiotic, probiotic, dysbacteriosis, confectionery.

For citation: Popov, V. G. & Aksentieva, V. V. (2023). Design of complex food supplements in the form of microcapsulated synbiotics. *Polzunovskiy vestnik*, (4), 54-61. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.04.007. EDN: <https://elibrary.ru/FOURPP>.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие функциональных продуктов питания в РФ сдерживается из-за практически полного отсутствия пищевых ингредиентов и субстанций с экспериментально доказанными физиологическими свойствами, методами оценки и подтверждением эффективности [1].

Профессор Николаев Ю.А. с группой ученых выявили, что благодаря содержанию полифенольных соединений дикорастущие листья брусники, подорожника и зверобоя проявляют антиоксидантный эффект, прежде всего, за счёт содержания флавоноидов. Однако полезные свойства сырья не могут являться суммой фармакологически активных компонентов. Ценность сырья возрастает с наличием в них веществ, образующих биологические комплексы, действующие как синергетики [4].

Хорошо известно, что пребиотики – это углеводы, которые не расщепляются в верхних отделах желудочно-кишечного тракта, но являются источником питания для нормальной микрофлоры кишечника. В высокоширотных условиях всасывание углеводов из растительной пищи через кишечную стенку затруднено, поэтому важность совершенствования «арктического питания» заключается в обеспечении организма клетчаткой и витаминами в необходимых объёмах [4].

В данных исследованиях получены комплексные пребиотики, способные функционировать в качестве «питательной среды» для полезных видов бактерий кишечника, оказывающие повышенный профилактический эффект. Известны эксперименты Distrutti E. и других итальянских ученых, установивших,

что при выраженной тревожности у пациентов с синдромом раздражённого кишечника при ежедневном приёме пребиотической смеси, состоящей из галактоолигосахаридов в течение четырёх недель, снижалось чувство тревоги, что положительно влияло на качество жизни [5].

Пребиотики – это полезные микроорганизмы с иммуностимулирующей активностью, которые способствуют защите от желудочно-кишечных инфекций [6].

Среди специалистов и диетологов однозначного мнения о пользе приёма пробиотиков для лечения желудочно-кишечных заболеваний пока нет, несмотря на многочисленные исследования, в которых отмечаются положительные эффекты.

Например, при диабете II степени добавление пробиотиков в течение восьми недель предотвращает повышение FPG, снижает уровень hs-CRP в сыворотке и увеличивает общий GSH в плазме [7].

При диарее живые пробиотики высокой концентрации (10^{10} КОЕ/мл) замедляют сокращение мышц толстой кишки [8].

При ревматоидном артрите приём добавок пробиотика в течение 8 недель снижает активность заболевания, уровень инсулина и его выделение [9].

Полезные бактерии вырабатывают короткоцепочечные жирные кислоты, которые усиливают связи между клетками кишечника, препятствуя попаданию токсичных соединений в кровотоки [10]. Когда численность нормальной микрофлоры снижается, изменяется состав кишечной слизи – муцина. В связи с этим защитный барьер слабеет, развивается так называемый «синдром дырявого кишеч-

ника» – токсины из пищеварительной системы попадают в кровоток, запуская системное воспаление [11]. Пробиотики и пребиотики предотвращают рецидив колита по мнению китайских ученых [12].

Специалистами установлена взаимосвязь между нарушениями антиоксидантной защиты и нарушением микробиологического равновесия в кишечном биоценозе, провоцирующем развитие дисбактериоза [15].

Ценность дикорастущих листьев брусники обусловлено наличием в растении фенольного гликозида арбутина, а также урсоловой кислоты и фитонцидов. Фитонциды листьев подавляют рост золотистого стафилококка, оказывают деминерализующее действие, повышают эффективность антибиотиков, стимулируют фагоцитоз и другие защитные силы организма [16].

По мнению Лубсандоржиевой Н.Б., во флавоноидный состав листьев *Vaccinium vitis-idaea* L. входят: кемпферол, кверцитрин, рутин, лютеолин обладающие высокой антиоксидантной активностью, в которую большой вклад вносит 3',4'-дигидроксибензильная группировка кольца В [17].

По уровню содержания флавоноидов в органах *V. Vitis-idaea* формируется следующая закономерность: листья текущего года (28,0 мг/г) > многолетние листья (24,1 мг/г) > побеги (19,2 мг/г) > корни (12,0 мг/г). Повышенное содержание флавоноидов у молодых органов *V. vitis-idaea* объясняется особенностями биосинтеза (более интенсивный обмен веществ в молодых тканях).

Химический состав *V. vitis-idaea* значительно изменяется с увеличением возраста листьев, что выражается в уменьшении концентраций целлюлозы, лигнина и стехиометрических показателей (лигнин/целлюлоза, лигнин/N), но значительно повышается содержание фенольных соединений и конденсированных танинов. Содержание лигнина и целлюлозы определяли путем обработки пробы 72 % серной кислотой, после предварительного кипячения в растворе ЦТАБ (10 г) цетилтриметиламмония бромид в 1 л 0,5 M H₂SO₄) [18].

Дикорастущие листья подорожника большого (*Plantago major* L.) содержат белки – 4,0 г/100, углеводы – 15,2 г/100, пищевые волокна – 2,1 г/100, содержат фенольный гликозид аукубин, флавоноиды (байкалин, скутеллярин), полисахариды, дубильные вещества, слизи, каротиноиды (ксантофил), кремниевую, олеановую, цитриновую и аскорбиновую кислоты, витамин К [19].

Дикорастущие листья зверобоя проды-

рявленного (*Hypericum perforatum* L.) содержат флавоноиды (1,5–5 %), дубильные вещества (10–13 %), эфирное масло (0,1–0,33 %). Флавоноиды представлены такими соединениями, как гиперозид 1,2 %, рутин, кверцитрин, изокверцитрин, кверцетин, антоцианы (5–6 %) [20].

Сухая выжимка плодов тыквы содержит не более 6,0 % воды. Сухой остаток состоит из 4,6–15 % сахаров, 24,5 % клетчатки, 3,54 % пектинов, 0,18 % сырого жира, 0,56 % кислот, 0,52 % золы, 1,41 мг на 100 г аскорбиновой кислоты, 68,3 мг на 100 г ретинола [13].

Каллусная культура, полученная на питательной среде Андерсона, представляет собой продукт с высоким содержанием витаминов и гликозидов, способная адсорбировать воду и набухать, вызывая слабительное действие [22].

Целью научных исследований является проектирование комплексной пищевой добавки в виде синбиотика на основе каллусной биомассы, полученной из листовых продуцентов арктического растительного сырья в стерильных условиях, содержащего значительное количество полифенольных соединений, олиго- и полисахаридов, а также клетчатки, выполняющих функции пребиотика и пробиотика, представляющего живые непатогенные микроорганизмы, способные восстанавливать слизистую оболочку кишечника.

МЕТОДЫ

Объектами исследований являются культуры клеток листьев брусники обыкновенной *V. vitis-idaea* L. (сорт Костромичка), подорожника большого (*P. major*), зверобоя продырявленного (*Hypericum perforatum* L.), собранных на арктической территории ЯНАО и сушеную мякоть тыквы, произведённой компанией ООО "ЯГОДЫ СИБИРИ" (г. Тюмень), микрокапсулы.

Процентное содержание гликозидов, количество полифенольных соединений, бензойной кислоты, витаминов В₉ определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Содержание танинов, водорастворимых титриметрическим методом.

Количество ликопина спектрофотометрическим методом.

Содержание клетчатки, каротина определяли по содержанию сырой клетчатки методом Геннеберга и Штомана.

Процентное содержание флавоноидов фотоколориметрическим методом, содержание лигнина колориметрическим методом Фолина–Дениса.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК В ВИДЕ МИКРОКАПСУЛИРОВАННЫХ СИНБИОТИКОВ

Количество витамина С определяли титриметрическим методом по ГОСТ 24556-89, витамина РР (НЭ) фотометрическим методом по ГОСТ Р 50479-93, витамина В₂, мг – методом Бейта–Смита.

Основным этапом исследований являлось культивирование тканей и клеток *in vitro* в культуральной комнате, полученных из культуры клеток молодых листьев арктических растений, собранных в мае месяце, с целью их применения для получения комплексных пищевых добавок. В качестве эксплантов использовали стерильные листья растений, которые в условиях ламинарного бокса предварительно выдерживали в 75 % этаноле в течение 2 минут, затем в 15 % перекиси водорода 3 минуты, затем промывкой в стерильной дистиллированной воде [21]. Использовали поверхностный способ культивирования на полутвердой агаризованной среде в течение 5 недель для получения биомассы. После получения БАВ их подвергли высушиванию методом распылительной сушки в течение 25 сек. После процесса сушки и измельчения были получены порошкообразные сухие вещества с влажностью не более 6,0 % и размером не более 0,4 мкм. Концентраты полученных из культуры клеток листьев брусники, подорожника, зверобоя, а также семян тыквы, представленных в порошкообразном виде, соединяли в биохимическом реакторе марки Unik-150-2 при температуре 65 °С в соотношении 40:10:30:15, в качестве эмульгатора использовали рапсовый лецитин, в количестве 5,0 % от общей массы для получения комплексного соединения. Осуществляли физические и химические условия культивирования БАВ, для достижения максимального содержания вторичных метаболитов.

На следующем этапе полученную смесь обогащали сухим пробиотиком, промышленного изготовления, содержащих бактерии *Lactobacillus acidophilus* и *Streptococcus salivarius* наиболее термолабильные, выдерживающие максимальную температуру до +75 °С. После интенсивного перемешивания обогащенную смесь подвергли распылительной сушке при температуре входящего воздуха 120 °С, продолжительностью 15 сек., охлаждению до температуры +25 °С и измельчения до размеров 10⁻⁹ мкм. Полученная продукция представляла собой светло-коричневый порошок с влажностью 5,8–7,0 %, направлялась для процесса микроинкапсуляции в качестве ядра.

В качестве оболочки капсул использовали модифицированный картофельный крахмал, лецитин из сибирского рапса и мальто-

декстрин в соотношении 7:2:1. На лабораторной установке методом напыления в псевдоожоженном слое получали микрокапсулы с размером 10⁻⁶ мкм, с соотношением оболочка (скорлупа) : ядро как 40:60. Полученные микрокапсулы хранили в закрытом сосуде при температуре -18 °С.

Концентрацию полифенольных соединений в образцах кондитерских изделий проводили на высокоэффективном жидкостном хроматографе фирмы GILSTON, модель 305 с последующей компьютерной обработкой результатов исследований. Содержание кверцетина составило 2,15±0,21 %, дегидрокверцетина – 2,75±0,21 %. Количественное определение флавоноидов в пробах проводили фотоколориметрическим методом при длине волны 650 нм. Расчет количества флавоноидов и фенольных соединений производили по калибровочным графикам, построенным по кверцетину. Содержание суммы флавоноидов в готовой мармеладной начинке составило 750,5±8,50 мг/100 г.

Основу кексов готовили по рецептуре из Сборника рецептур мучных кондитерских и булочных изделий для предприятий общественного питания № 82 Кекс "Столичный". Начинку по рецептуре № 118 «Начинка фруктовая». Принято решение разработанный синбиотик использовать в качестве пищевой добавки при производстве ягодной начинки, используемой для производства кондитерских изделий после проведения теплового воздействия.

При охлаждении мучного полуфабриката до 30 °С заполняли ягодной начинкой. Начинка содержит в рецептуре ягодное брусничное пюре, сахар 2:1 и агар-агар 100:1 по отношению к пюре, обогащенная синбиотиком в количестве 12/100 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ

После очистки целевого продукта из сложной питательной смеси проведены сравнительные исследования по определению химического состава, пищевой ценности и содержанию вторичных метаболитов в калусных культурах и дикорастущих нативных листьях.

Определено, что концентрация полифенолов для многолетних листьев и листьев текущего года, собранных на арктической территории ЯНАО и на юге Тюменской области, отличается незначительно и составляет в среднем 32,5 мг/г и 28,2 мг/г. В молодых побегах арктического сырья полифенолов содержится 38,1,1 мг/г, а в корнях – 26,5 мг/г.

Результаты исследований химического

состава нативного дикорастущего арктического сырья и каллусных масс, полученных синтезом из культур клеток, представлены в таблице 1. Как видно из таблицы 1, содержание гликозидов в каллусной ткани ниже, чем в растениях, содержание бензойной кислоты также меньше. Однако наблюдается увеличение содержания флавоноидов от 12,6 % до 16,5 % в каллусной массе. Результаты исследований позволили подтвердить эффективность использования метода культивирования каллусной культуры клеток с целью получения каллусных масс, содержащих значительное количество биологически активных веществ, прежде всего, полифенольных соединений, и данная технология может быть рекомендована в качестве потенциального источника сырьевых ресурсов для получения биологически активных веществ.

На рост биомассы оказывает влияние температура и pH среды. Установлен оптимальный уровень pH $5,7 \pm 0,3$, температура в пределах 25–26 °C. Содержание витаминов в натуральном растении и в каллусных массах представлено в таблице 2. По результатам таблицы видно, что содержание в каллусе витамина С, каротина, витаминов группы В больше, чем в нативном растении.

Формирование комплексного соединения обеспечивает более полное усвоение минеральных веществ, вторичных метаболитов из растительного сырья в организме человека, по сравнению со смесью аналогичных концентратов [23]. Прирост биомассы каллусных клеток в течение 35 суток изображен на рисунке 1.

По результатам исследований установлено, что наибольший прирост биомассы наблюдался в период между 30 и 40 сутками. На рисунке 1 отражены результаты контроля-

ных точек измерений. Наибольшие объемы прироста биомассы выявлено через 35 суток. Комплексное соединение содержало в значительном количестве клетчатку до 18,2 мг/100, полифенольные соединения до 515,5 мг/100 и их вторичные метаболиты (ресвератрол, гемперидин, антоцианы, фенольные кислоты). Содержание клетчатки и полифенольных соединений в комплексной пищевой добавке является важнейшим компонентом для обогащения пищевых продуктов, используемых в рационах питания населения, проживающего и работающего на арктических территориях.

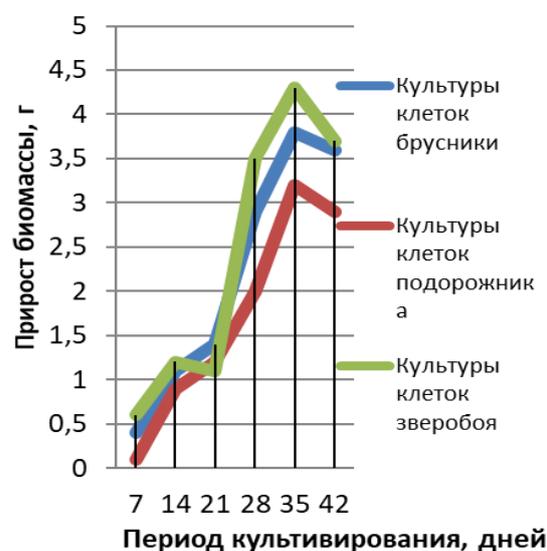


Рисунок 1 – Прирост биомассы каллусных клеток в процессе культивирования в течение 42 суток

Figure 1 – The increase in the biomass of callus cells during cultivation for 42 days

Таблица 1 – Химический состав нативного дикорастущего арктического сырья и каллусных масс, полученных синтезом из культур клеток

Table 1 – Chemical composition of native wild-growing Arctic raw materials and callus masses obtained by synthesis from cell cultures

Показатели	Содержание в 100 г. сырья					
	Листья брусники		Листья подорожника		Листья зверобоя	
	природные	каллус	природные	каллус	природные	каллус
Гликозиды, %	9,0±0,1	8,4±0,08	12,2±0,09	7,5±0,08	7,2±0,1	8,6±0,08
Танины водорастворимые, %	5,1±0,01	7,9±0,02	4,3±0,1	6,3±0,02	9,8±0,09	11,7±0,01
Бензойная кислота, мг	95,5±0,1	75,2±1,2	64,1±1,5	58,7±0,9	72,5±1,0	60,1±0,1
Ликопин	1,5±0,08	2,1±0,1	0,5±1,0	0,7±0,5	1,2±0,01	0,8±0,08
Клетчатка, мг	1,6±0,01	1,8±0,1	7,4±0,01	8,2±0,01	1,2±0,01	0,9±0,01
Флавоноиды, %	12,3±1,5	15,5±1,6	5,7±0,1	7,2±0,9	14,8±0,9	17,2±1,3
Полифенольные соединения, мг.	162,5±0,1	184,1±0,09	215,5±0,01	243,1±0,5	480,4±0,09	415,7±0,1
Лигнин, %	3,2±0,05	2,5±0,05	1,7±0,02	1,5±0,01	2,7±0,05	2,1±0,02

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК В ВИДЕ МИКРОКАПСУЛИРОВАННЫХ СИНБИОТИКОВ

Результаты исследований позволили использовать исследуемое растительное сырьё для выращивания каллусных культур с целью получения стерильных растительных концентратов, пригодных для проектирования натурального пребиотика, способного транс-

портировать активные вещества в нижние отделы желудочно-кишечного тракта для наиболее эффективного всасывания клетками слизистой оболочки действующих веществ растений.

Таблица 2 – Содержание витаминов и минеральных веществ в нативных растениях и каллусных массах

Table 2 – The content of vitamins and minerals in native plants and callus masses

Показатели	Содержание в 100 г. сырья					
	Листья брусники		Листья подорожника		Листья зверобоя	
	природные	каллус	природные	каллус	природные	каллус
Витамин С, мг	170,0±0,1	205,2±0,1	85,0±0,1	98,2±0,1	150,0±0,1	125,0±0,1
Витамин РР, (НЭ) мг	8,5±0,8	7,2±0,8	6,3±0,6	8,2±0,6	4,2±0,9	5,1±0,6
Каротин, мг	5,2±0,4	7,3±0,4	4,3±0,5	6,1±0,5	2,7±0,9	3,4±0,9
Витамин В ₂ , мг	0,6±0,1	0,9±0,1	0,2±0,2	0,5±0,2	0,3±0,3	0,3±0,3
Витамин В ₉ , мг	0,05±0,01	0,09±0,1	0,02±0,01	0,03±0,1	0,07±0,02	0,04±0,1

ОБСУЖДЕНИЕ

Основная цель микроинкапсулирования – способность защитить заключенные в капсулы действующие вещества от деструктивного воздействия среды желудка, доставить это вещество в нижние отделы желудочно-кишечного тракта, где оно наиболее эффективно всасывается клетками слизистой оболочки, что обеспечит стабильное высвобождение активного вещества.

Полученная комплексная пищевая добавка в виде синбиотика предназначена для включения в рецептуру мучного кондитерского изделия для придания функциональных свойств с целью реализации профилактических мероприятий по снижению заболеваний дисбактериозом ЖКТ.

Проведенные экспериментальные исследования показали слабую термолabileность пробиотиков, составной части синбиотика, при включении в рецептуру образцов кондитерских изделий в процессе замеса теста, которые погибали до 60–65 % при следующих условиях: температура 120 °С, продолжительность 15 минут.

Продолжаются исследования по увеличению выживаемости пробиотических микроорганизмов, содержащихся в синбиотике, в процессе тепловой обработки для повышения профилактической эффективности функционального продукта. Начинка из ягодного мармелада оказывает наименьшее отрицательное воздействие при заболеваниях желудочно-кишечного тракта в отличие от шоколадной или молочной начинки. При производстве кондитерского изделия начинка не подвергается

термической обработке, поэтому целесообразно вносить синбиотик именно в нее.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённые исследования позволили получить синбиотик для обогащения мучных кондитерских изделий, состоящий из полифенольных соединений арктического фитосырья, полученных из культур клеток, а также пробиотиков, содержащих бактерии *Lactobacillus acidophilus* и *Streptococcus salivarius*. Результаты исследований продемонстрировали эффективность получения каллусных масс по пищевой ценности, биологически активным веществам, показывающим целесообразность круглогодичного производства дефицитных растительных ингредиентов, создания комплексных пищевых соединений с пробиотиками.

Практическая значимость проектирования синбиотиков обусловлена профилактикой заболевания дисбактериоза ЖКТ среди взрослого населения, прежде всего работающего вахтовым методом на арктических территориях. Физиологическая эффективность достигается за счёт формирования синергизма, получаемого за счет увеличения скорости размножения полезных бактерий в 2 раза, обусловленных способностью пробиотиков закрепляться в кишечнике с помощью пребиотиков, повышающих скорости доставки пробиотиков к месту назначения за счет транзита на пребиотиках [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения националь-

ной безопасности на период до 2035 года. Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 26 октября 2020 года. Москва : Проспект ; Санкт-Петербург : Кодекс, 2020. 24 с.

2. Попов В.Г. Развитие технологии производства специализированных продуктов питания для населения Арктики / В.Г. Попов, С.А. Белина, О.С. Федорова // Ползуновский вестник. 2017. № 3. С. 14–19.

3. Корочинский А.В. Технологическая разработка иммобилизованных лекарственных форм с биоспорином и их исследования / автореф. дис. ... канд. фарм. наук. Пятигорск, 2014. 4 с.

4. Николаев Ю.А., Пальцев А.И., Кузнецова Т.В. Особенности клинического течения заболеваний органов пищеварения у пришлого населения на севере. Бюллетень СОРАМН, № 3 (121), 2006 г. С. 121–125.

5. Distrutti E., Monaldi L., Ricci P., Fiorucci S. Gut microbiota role in irritable bowel syndrome: New therapeutic strategies // World J Gastroenterol. 2016; 22 (7): 2219–2241.

6. Arslan S., Derak A.N., Erbas M., Tanriverdi E., Gulkan U. (2015). Determination of microbiological and chemical properties of a probiotic dose and its consumer acceptability. J Am Coll Nutr 34(1): 56–64. <https://doi.org/10.1080/07315724.2014.880661>.

7. Asemi Z., Zare Z., Shakeri H., Sabihi S.S., Esmailzadeh A. Effect of multispecies probiotic supplements on metabolic profiles, hs-CRP, and oxidative stress in patients with type 2 diabetes // Ann Nutr Metab. 2013; 63 (1–2): 1–9.

8. Gong J., Bai T., Zhang L., Qian W. [et al.]. Inhibition effect of Bifidobacterium longum, Lactobacillus acidophilus, Streptococcus thermophilus and Enterococcus faecalis and their related products on human colonic smooth muscle in vitro // PLoS One. 2017; 12 (12): e0189257.

9. Zamani B., Golkar H.R., Farshbaf S., Emadi-Baygi M. [et al.]. Clinical and metabolic response to probiotic supplementation in patients with rheumatoid arthritis: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial // Int J Rheum Dis. 2016; 19 (9): 869–79.

10. Giancchetti E., Fierabracci A. Recent advances on microbiota involvement in the pathogenesis of autoimmunity // Int J Mol Sci. 2019; 20 (2): 283.

11. Qin J., Li Y., Cai Z., Li S. A metagenome-wide association study of gut microbiota in type 2 diabetes // Nature. 2012; 490 (7418): 55–60.

12. Bennet S.M.P., Öhman L., Simrén M. Gut microbiota as potential orchestrators of irritable bowel syndrome // Gut Liver. 2015; 9 (3): 318–331.

13. Емельянов А.А., Кузнецова Е.А. Составляющие мякоти тыквы // Пиво и напитки. 2009. № 4. С. 40–43.

14. Vyas P., Curran N.H., Igamberdiev A.U., Debnath S.C. Antioxidant properties of lingonberry (Vaccinium vitis-idaea L.) leaves within a set of wild clones and cultivars // Canadian Journal of Plant Science. 2015. Vol. 95. № 4. Pp. 663669. DOI: 10.1139/CJPS-2014-400.

15. Гапон М.Н. дисс. ... к.б.н. по специальности ВАК РФ 03.00.04, Показатели антиоксидантной защиты организма при экспериментальном дисба-

ктериозе кишечника, обусловленном применением антибиотика широкого спектра действия, 2007, Ростов-на-Дону.

16. Охрименко Л.П., Калинкина Г.И., Лукша Е.А., Коломиец Н.Э. Исследование фенольных соединений листьев голубики, брусники, толокнянки, черники и зимолоубки, произрастающих в Республике Саха (Якутия) // Химия растительного сырья. 2009. № 3. С. 109–115.

17. Лубсандоржиева Н.Б. Антиоксидантная активность экстрактов из Bergenia Crassifolia (L.) Fritsch и Vaccinium vitis-idaea L. in vitro // Химия растительного сырья. 2006. № 4. С. 45–48.

18. Артёмкина Н.А. Фенольные соединения Vaccinium vitis-idaea и их ответ на воздействие различных факторов окружающей среды // Химия растительного сырья. 2019. № 2. С. 59–66.

19. Олейников Д.Н., Samuelsen A.B., Танхаева Л.М. Подорожник большой (Plantago Major L.). Химический состав и применение // Химия растительного сырья. 2007. № 2. С. 37–50.

20. Постраш И.Ю. Трава зверобоя продырявленного: химический состав, свойства, применение. Вестник АПК Верхневолжья. № 1 (53). 2021. С. 57–63.

21. Патент 2720916 (RU) Способ стерилизации зелёных растительных эксплантов перед вводом в культуру in vitro / М.С. Трофимова, А.Н. Ребров ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр».

22. Попов В.Г., Аксентьева В.В. Получение полифенольных соединений из фитосырья методом микрочлонального размножения клеток in vitro // Индустрия питания / Food Industry. 2022. Т. 7, № 4. С. 102–108.

23. Попов В.Г. Теоретико-методологические подходы к разработке и практическому применению функциональных напитков для школьного питания : дисс. ... докт. тех. наук / В.Г. Попов. Кемерово, 2014. 421 с.

Информация об авторах

В. Г. Попов – доктор технических наук, заведующий кафедрой товароведения и технологии продуктов питания. Тюменский индустриальный университет.

В. В. Аксентьева – ассистент кафедры товароведения и технологии продуктов питания. Тюменский индустриальный университет.

REFERENCES

1. Strategy for the development of the Arctic zone of the Russian Federation and ensuring national security for the period up to 2035 (2020). Moscow, Standards Publishing House (In Russ.)

2. Popov, V.G. (2017). Development of technology for the production of specialized food products for the population of the Arctic. Polzunovskiy vestnik, (3), 14-19. (In Russ.).

3. Korochinsky, A.V. (2014). Technological development of immobilized dosage forms with biosporin and their research. Abstract of the thesis. dis. cand. farm. Sciences. 14 p. (In Russ.).

4. Nikolaev, Yu.A., Paltsev, A.I., Kuznetsova, T.V. (2006). Features of the clinical course of diseases of the

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК В ВИДЕ МИКРОКАПСУЛИРОВАННЫХ СИНБИОТИКОВ

digestive system in the alien population in the north. Bulletin of the SO RAMN, (3), 121-125. (In Russ.).

5. Distrutti, E., Monaldi, L., Ricci, P., Fiorucci, S. (2016). Gut microbiota role in irritable bowel syndrome: New therapeutic strategies. World J Gastroenterol. 22 (7), 2219-2241.

6. Arslan, S., Derak, A.N., Erbas, M., Tanriverdi, E., Gulkan, U. (2015). Determination of microbiological and chemical properties of a probiotic dose and its consumer acceptability. J Am Coll Nutr 34(1): 56-64. <https://doi.org/10.1080/07315724.2014.880661>.

7. Asemi, Z., Zare, Z., Shakeri, H., Sabihi, S.S., Esmailzadeh, A. Effect of multispecies probiotic supplements on metabolic profiles, hs-CRP, and oxidative stress in patients with type 2 diabetes. Ann Nutr Metab. 2013; 63 (1-2): 1-9.

8. Gong, J., Bai, T., Zhang, L., Qian, W. [et al.]. Inhibition effect of Bifidobacterium longum, Lactobacillus acidophilus, Streptococcus thermophilus and Enterococcus faecalis and their related products on human colonic smooth muscle in vitro // PLoS One. 2017; 12 (12): e0189257.

9. Zamani, B., Golkar, H.R., Farshbaf, S., Emadi-Baygi, M. (2016). Clinical and metabolic response to probiotic supplementation in patients with rheumatoid arthritis: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. Int J Rheum Dis. (9). 869-79.

10. Giancchetti, E., Fierabracci, A. (2019). Recent advances on microbiota involvement in the pathogenesis of autoimmunity. Int J Mol Sci. 20 (2): 283.

11. Qin, J., Li, Y., Cai, Z., Li, S. A metagenome-wide association study of gut microbiota in type 2 diabetes // Nature. 2012; 490 (7418): 55-60.

12. Bennet, S.M.P., Ohman, L., Simrén, M. Gut microbiota as potential orchestrators of irritable bowel syndrome // Gut Liver. 2015; 9 (3): 318-331.

13. Emelyanov, A.A., Kuznetsova, E.A. (2009). Components of pumpkin pulp. Beer and drinks. (4). 40-43. (In Russ.).

14. Vyas, P., Curran, N.H., Igamberdiev, A.U., Debnath, S.C. Antioxidant properties of lingonberry (Vaccinium vitis-idaea L.) leaves within a set of wild clones and cultivars // Canadian Journal of Plant Science. 2015. Vol. 95. No. 4. Pp. 663-669. DOI: 10.1139/CJPS-2014-400.

15. Gapon, M.N. (2007). dissertation Ph.D. in the specialty VAK RF 03.00.04, Indicators of antioxidant defense of the organism in experimental intestinal

dysbacteriosis caused by the use of a broad-spectrum antibiotic, Rostov-on-Don. (In Russ.).

16. Okhrimenko, L.P., Kalinkina, G.I., Luksha, E.A., Kolomiets, N.E. (2009). The study of phenolic compounds in the leaves of blueberries, lingonberries, bearberry, blueberries and winter-loving, growing in the Republic of Sakha (Yakutia). Chemistry of vegetable raw materials. (3). 109-115. (In Russ.).

17. Lubsandorzheeva, N.B. (2006). Antioxidant activity of extracts from Berberis Crassifolia (L.) Fritsch and Vaccinium vitis-idaea L. in vitro. Chemistry of Plant Materials. (4). 45-48. (In Russ.).

18. Artyomkina, N.A. (2019). Phenolic compounds of Vaccinium vitis-idaea and their response to the impact of various environmental factors. Chemistry of vegetable raw materials. (2). 59-66. (In Russ.).

19. Oleinikov, D.N., Samuelson, A.B., Tankhaeva, L.M. (2007). Plantain large (Plantago Major L.). Chemical composition and application. Chemistry of vegetable raw materials. (2). 37-50. (In Russ.).

20. Postrash, I.Yu. (2021). wort herb: chemical composition, properties, application Bulletin of the Upper Volga Agroindustrial Complex. (1) (53). 57-63. (In Russ.).

21. Trofimova, M.S., Rebrov, A.N. (2017). Method for sterilization of green plant explants before introduction into culture in vitro Pat. 2350477. Russian Federation, published on 27.12.2017. Bull. No. 36. (In Russ.).

22. Popov, V.G., Aksent'eva, V.V. (2022). Obtaining polyphenolic compounds from phyto-raw materials by in vitro cell micropropagation. Nutrition Industry. Food Industry. (4). 102-108. (In Russ.).

23. Popov, V.G. (2014). Theoretical and methodological approaches to the development and practical application of functional drinks for school meals dis. doc. those. Sciences. Kemerovo (In Russ.).

Information about the authors

V. G. Popov - Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Commodity Science and Food Technology. Tyumen Industrial University.

V. V. Aksent'eva - Assistant of the Department of Commodity Science and Food Technology. Tyumen Industrial University.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 17 мая 2023; одобрена после рецензирования 18 сентября 2023; принята к публикации 20 ноября 2023.

The article was received by the editorial board on 17 May 2023; approved after editing on 18 Sep 2023; accepted for publication on 20 Nov 2023.