DOI https://doi.org/10.46845/2541-8254-2021-2(29)-12-12
УДК 664.38

ОБОСНОВАНИЕ СОСТАВА И БИОПОТЕНЦИАЛА ПОЛИКОМПОНЕНТНОЙ СУХОЙ СМЕСИ С ПРОФИЛАКТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ БОЛЬНЫХ ДИАБЕТОМ II-ГО ТИПА

А. А. Чижова, студентка 4 курса
e-mail: alena_chizhova_2019@mail.ru
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»

О. Я. Мезенова, доктор техн.. наук, профессор
e-mail: mezenona@klgtu.ru
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»

Обоснован состав биологически активной добавки (БАД) к пище, оказывающей профилактическое влияние на развитие сахарного диабета II-го типа. Основными компонентами добавки являются концентрат сывороточных белков, кедровый жмых, порошок околоплодника шиповника, гидролизат рыбной чешуи. Получена математическая модель рецептуры и определены оптимальные значения содержания основных компонентов БАД. Изготовлен экспериментальный образец добавки и оценены ее органолептические показатели в сухом виде и в составе напитка. Проведена оценка пищевой ценности БАД, биологической ценности белковой и жировой фракций. Определена суточная норма приема БАД для оказания антидиабетического эффекта. Разработаны рекомендации по применению добавки. Описаны механизмы профилактического метаболического воздействия на организм.

Ключевые слова: *сахарный диабет второго типа, биологически активная добавка, профилактика сахарного диабета, гомеостаз глюкозы, гипергликемия*

ВВЕДЕНИЕ

Сахарный диабет (СД) – группа метаболических нарушений, характеризующихся наличием гипергликемии, возникающей в результате нарушения секреции инсулина или действия инсулина на организм, либо того и другого одновременно.

В настоящее время сахарный диабет является одной из быстрорастущих глобальных проблем в мире. Распространенность СД неуклонно растет. Так, по последним данным, представленным в 9-м издании Всемирного диабетического атласа [1] на 2019 год, насчитывалось около 463 млн. людей, страдающих сахарным диабетом. Следует отметить, что сахарный диабет второго типа (СД II) составляет подавляющее большинство случаев диабета во всем мире (до 90 % всех случаев).

В связи с этим актуальным является разработка продуктов специализированного назначения, предназначенных для людей с СДII.

Целью настоящей работы является разработка продукта специализированного назначения в форме биологически активной добавки (БАД) к пище в виде сухой смеси полезных компонентов растительного и животного происхождения, оказывающей профилактическое воздействие на течение и развитие СДII.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

1) разработать научно обоснованный рецептурный состав БАД;
2) определить оптимальные массовые доли входящих компонентов посредством использования математического моделирования;

3) изготовить экспериментальный образец БАД, определить его качественные показатели, дать оценку пищевой ценности и определить основные направления профилактического влияния на организм людей с СД II;
4) разработать рекомендации по применению.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Все пищевые компоненты в составе проектируемой БАД соответствовали требованиям действующих технических документов: пищевая технологическая добавка «Ихтиоколлагеновый ферментализат» – ТУ 9283-004-00471544-2016; сухие плоды шиповника – ГОСТ 1994-93; кедровый жмых – ТУ 10.41.41-050-57339468-2018; КСБ – ГОСТ Р 53456-2009; ксантановая камедь – ГОСТ 33333-2015.

В работе использовались стандартные, общепринятые и авторские методики исследования. Органолептическая оценка исследуемых образцов БАД в сухом и растворенном виде проводилась в соответствии с разработанной 5-балльной шкалой органолептической оценки. Определение содержание дубильных веществ осуществлялось в соответствии с ГОСТ 24027.2-80. Содержание сырой клетчатки определяли в соответствии с методом Геннеберга и Штомана – ГОСТ 31675-2012. Содержание витамина С в образцах готовой смеси определяли в соответствии с ГОСТ 30627.2-98. Определение содержания влаги осуществлялось в соответствии с ГОСТ 30648.3-99. Количественное определение суммы каротиноидов осуществлялось с применением метода прямой спектрофотометрии [2].

Технологические показатели БАД определялись в соответствии с методиками, изложенными в [3]. Оценку пищевой ценности БАД осуществляли расчетным путем, определяя абсолютное и сравнительное содержание биологически активных веществ относительно рекомендуемой физиологической нормы. Биологическую ценность белковой фракции добавки определяли в соответствии с [4, с. 40]. Для оптимизации рецептуры БАД использовали ортогональный центральный композиционный план (ОЦКП) второго порядка для 2-х факторов [4, с. 59]. Математическую обработку полученных результатов проводили с применением методов математической статистики на 95 %-м доверительном уровне.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для разработки БАД были выбраны следующие основные источники биологически активных веществ, оказывающих благотворное влияние на организм людей с СД2.

Концентрат сывороточных белков (КСБ-80) – источник сывороточных белков, содержащих аминокислоты с разветвленными боковыми цепями и биологически активные пептиды (α-лактальбумин и β-лактоглобулин).

Сывороточные белки оказывают:

1) стимулирующее действие на секрецию инкретинов (глюкагоноподобный пептид-1 (ГПП-1) и глюкозозависимый инсулинотропный полипептид (ГИП)) и инсулина, которые способствуют нормализации уровня глюкозы в крови и снижению гипергликемии [5];
2) ингибирующее действие на активность фермента дипептидилпептидазы 4 (ДПП-4), снижающего выработку инкретинов [5];
3) иммуномодулирующую и антиоксидантную активность (снижение воспалительных процессов и окислительного стресса) [6], обеспечивают долгое чувство насыщения.

Порошок из кедрового жмыха – витаминно-минеральный комплекс, как источник:

1) витамина Е – природного антиоксиданта, снижающего повреждение стенок сосудов, прогрессию ретинопатии [7];

2) магния (Mg), необходимого для аутофосфорилирования β-субъединиц рецептора инсулина и его присоединения [8];
3) цинка (Zn), необходимого для нормальной секреции инсулина (участвует в формировании цинкосодержащего гексамера инсулина) [9];
4) марганца (Mn), являющегося структурным компонентом и активатором ферментов, участвующих в углеводном и энергетическом обменах [10, 11];
5) пищевых волокон, способствующих снижению количества всасываемой глюкозы и уровня холестерина в крови, улучшению моторики кишечника, развитию полезной микрофлоры [14–17].

Пищевая технологическая добавка «Ихтиоколлагеновый ферментолизат» – протеиновый сублимированный гидролизат чешуи сардины как источник биологически активных низкомолекулярных пептидов, аминокислот и минеральных веществ [18]. Способствует:

1) снижению окислительного стресса (антиоксидантная активность) [19];
2) снижению активности фермента ДПП-4 (противогипергликемическая активность) [19];
3) противовоспалительная активность – снижение экспрессии противоспалительных цитокинов[20];
4) источник аминокислот, необходимых для построения коллагена. Источник Zn и Cr, повышающего способность инсулина связываться со своим рецептором.

Порошок из мякоти (околоплодника) шиповника как источник:

1) полифенольных соединений, оказывающих благотворное влияние на гомеостаз глюкозы: улучшают как уровень глюкозы в крови, так и толерантность к инсулину [21];
2) витамина С, активно участвующего в формировании соединительной ткани, антиоксидант, поддержка иммунитета;
3) витамина Е – природного антиоксиданта, снижающего повреждение стенок сосудов, прогрессию ретинопатии;
4) минеральных веществ (Ca, Mg, K, S, Si, Mn и Fe), каротинодов, пищевых волокон.

В качестве вспомогательного компонента в состав БАД предложено введение ксантановой камеди, способствующей загущению и стабилизации консистенции при разведении порошка в жидкости. Она также является водорастворимым пищевым волокном, способствующим снижению количества всасываемой глюкозы [22].

Для достижения оптимальной комбинации ингредиентов, необходимых для получения многокомпонентной БАД в виде порошка, было использовано математическое моделирование с применением ОЦКП 2-го порядка для двухфакторного эксперимента.

В качестве основных варьируемых факторов были выбраны: количество вносимого порошка околоплодника шиповника (x_1), количество вносимого порошка из кедрового жмыха (x_2). Другие факторы, потенциально влияющие на качество добавки, были зафиксированы на одном количественном уровне (% от массы конечной смеси): протеиновый гидролизат – 14,5 %, ксантановая камедь – 0,5 %. В качестве частных откликов были выбраны: органолептическая оценка смеси (Y_1), содержание витамина С (Y_2) и пищевых волокон (Y_3). Данные отклики были использованы для расчета обобщенного параметра оптимизации (Y), применяемого в качестве обобщенной оценки качества по содержанию биологически активных веществ.

Условия проведения экспериментальной части, а также показатели ее реализации представлены в табл. 1.

Таблица 1 – План эксперимента по оптимизации рецептуры порошкообразной БАД антидиабетического назначения и результаты его осуществления

№	Значение измеряемых факторов в опытах					Частные отклики			Y
	X_0	Количество вносимого порошка околоплодника шиповника		Количество вносимого порошка кедрового жмыха		Y_1, балл	Y_2, мг%	Y_3, г/100г	
		X_1	Нат., %	X_2	Нат.,%				
1	+1	+1	15	+1	30	11,06	145,58	5,48	0,4124
2	+1	-1	5	+1	30	12,53	48,78	3,78	0,2962
3	+1	+1	15	-1	20	9,26	145,44	4,64	0,4295
4	+1	-1	5	-1	20	12,80	48,64	2,94	0,4117
5	+1	+1	15	0	25	12,60	145,52	5,08	0,3294
6	+1	-1	5	0	25	13,29	48,72	3,38	0,3287
7	+1	0	10	+1	30	13,13	97,18	4,64	0,0172
8	+1	0	10	-1	20	12,50	97,04	3,80	0,0588
9	+1	0	10	0	25	14,67	97,32	4,24	0,0053

В результате расчетов коэффициентов математической модели первоначально была получена кодированная полиномиальная модель второго порядка следующего вида:

$$Y = 0{,}254 - 0{,}022 \cdot x_1 - 0{,}029 \cdot x_2 + 0{,}025 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0{,}341 \cdot x_1^2 + 0{,}049 \cdot x_2^2 \qquad (1)$$

При переходе от кодированных значений факторов к их натуральным значениям была установлена натуральная математическая модель рецептуры БАД, которая пригодна не только для оптимизации, но и прогнозирования значений параметра оптимизации при варьировании факторами в виртуальных экспериментах:

$$Y = 0{,}014 \cdot x_1^2 + 0{,}002 \cdot x_2^2 + 0{,}001 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0{,}294 \cdot x_1 - 0{,}114 \cdot x_2 + 3{,}194 \qquad (2)$$

На основе натуральной модели были найдены оптимальные значения исследуемых факторов: массовая доля порошка околоплодника шиповника и кедрового жмыха, соответственно, $x_1 = 9{,}56$ %; $x_2 = 26{,}11$ %.

В соответствии с полученными оптимальными значениями двух основных компонентов смеси была предложена базовая рецептура БАД антидиабетического назначения, представленная в табл. 2.

Таблица 2 – Рецептура БАД к пище, предназначенной для профилактики СД2

Компонент смеси	% от массы конечной смеси
Концентрат сывороточных белков	49,3
Пищевая технологическая добавка «Ихтиоколлагеновый ферментолизат»	14,5
Порошок из кедрового жмыха	26,1
Порошок околоплодника шиповника	9,6
Камедь ксантановая	0,5
ИТОГО:	100,0

Разработанной БАД было присвоено коммерческое название «Diabetes Control». В соответствии с полученной базовой рецептурой был изготовлен экспериментальный обра-

зец. Внешний вид полученных образцов БАД в сухом и разведенном состоянии представлен на рисунках 1 и 2. Результаты органолептической оценки БАД в сухом и разведенном состоянии (25 г смеси на 200 мл жидкости), представлены в табл. 3 и 4.

Рисунок 1 – Внешний вид полученного образца БАД «Diabetes Control»

Рисунок 2 – Внешний вид готовой БАД «Diabetes Control», разведенной в обезжиренном молоке (слева) и воде (справа)

Таблица 3 – Результаты органолептической оценки БАД антидиабетической направленности «Diabetes Control» в сухом виде

Показатель	Характеристика
Внешний вид	Порошкообразный продукт, состоящий из единичных и агломерированных частиц с присутствием мелких частиц, характерных для входящих компонентов
Цвет	Однородный, светло-оранжевый с мелкими включениями характерного цвета, свойственными вносимым добавкам (от светло- до темно-оранжевых)
Запах	Приятный, сбалансированный, свойственный основным ингредиентам смеси с легким ароматом шиповника и сывороточных белков, посторонние запахи отсутствуют
Вкус	Приятный, сбалансированный свойственный основным ингредиентам смеси, без выраженного горького/кислого вкуса, посторонние привкусы отсутствуют

Таблица 4 - Результаты органолептической оценки БАД антидиабетической направленности «Diabetes Control» в разведенном в молоке виде

Показатель	Характеристика
Внешний вид	Однородный, светло-бежевый напиток. Видны мелкие включения, характерные для вносимых добавок, равномерно распределенные по всему объему
Консистенция	Однородная, в меру густая, ощущаются частицы внесенного кедрового жмыха и порошка шиповника, равномерно распределенные по всему объему. Присутствует небольшой слой пены после взбалтывания
Запах	Чистый молочный запах с легкими оттенками ароматов кедрового ореха и шиповника, сбалансированный с основным молочным запахом, без неприятных или порочащих оттенков
Вкус	Приятный молочный вкус, обогащенный сбалансированными с основным вкусом привкусами кедрового ореха, посторонние и неприятные привкусы отсутствуют

Исходя из представленных данных, можно сделать вывод, что полученная добавка обладает приятными органолептическими характеристиками, как в сухом, так и в разведенном состоянии. Это обусловливает ее желаемое применение как отдельно, так и в составе напитков. Результаты определения содержания основных биологически активных веществ в разработанной БАД представлены в табл. 5.

Таблица 5 – Физико-химические показатели качества БАД «Diabetes Control»

Показатель	Единица измерения	Среднее значение показателя
Массовая доля воды	%	6,43
Массовая доля пищевых волокон	%	4,22
Массовая доля суммы каротиноидов (в пересчете на β-каротин)	мг%	1,73
Массовая доля дубильных веществ (в пересчете на танин)	%	0,15
Массовая доля витамина С	мг%	92,66

Из табл. 5 видно, что полученный экспериментальный образец БАД характеризуется низкой влажностью, высоким содержанием ценных витамина С, пищевых волокон, дубильных веществ, а также каротиноидов, важных в антидиабетическом питании.

Результаты оценки технологических показателей полученного порошкообразного образца БАД, важных для технологических решений в производстве добавки, представлены в табл. 6.

Таблица 6 – Технологические показатели БАД «Diabetes Control»

Показатель	Значение показателя
Насыпная плотность, кг/м^3	380,0
Истинная плотность, кг/м^3	741,9
Относительная плотность,%	51,2
Пористость, %	48,7
Угол естественного откоса, °	32,2

Результаты, представленные в табл. 6, показывают, что исследуемый порошок характеризуется «хорошей» сыпучестью, так как значение угла естественного откоса составило менее 35º. В соответствии с полученным значением насыпной плотности (380 кг/м^3) порошок можно охарактеризовать как «легкий». Оценка остальных характеристик свидетельствует о достаточно высокой технологичности порошка, что позволит обеспечить возможность механизации и поточности производства.

Результаты оценки пищевой ценности разработанной добавки представлены в табл. 7 по показателям биологической и энергетической ценности.

По результатам, представленным в табл. 7, видно, что полученная БАД «Diabetes Control» является источников многих ценных веществ, количество которых превышает функциональный уровень (15% от суточной нормы) при приеме ежедневно 75 г добавки. Потребитель будет получать следующие функциональные ингредиенты на действенном физиологическом уровне: пищевые волокна, Mg, Zn, Mn, Cr, полифенольные соединения, витамины С и Е, а также К, Р, Ca, S, Fe, Mo, ПНЖК, каротиноиды.

Результаты оценки биологической ценности белковой фракции исследуемой БАД «Diabetes Control» представлены в таб. 8.

Таблица 7 – Показатели пищевой ценности БАД антидиабетической направленности «Diabetes Control» [18, 23–26]

Показатель	Единицы измерения	Среднее количество в 100 г продукта	Степень удовлетворения суточной потребности, %	Среднее количество в рекомендуемой суточной дозе (75 г)	Степень удовлетворения суточной потребности, %
1	2	3	4	5	6
Энергетическая ценность	ккал	417,8	–	313,4	–
Белки	г	62,7	83,6[1]	47,0	62,7[1]
1	2	3	4	5	6
Жиры:	г	10,7	12,9[1]	7,9	9,5[1]
включая полиненасыщенные жирные кислоты	г	5,4	49,2[1]	4,1	36,9[1]
Углеводы	г	15,5	4,3[1]	11,6	3,2[1]
Пищевые волокна	г	4,2	21,1[2]	3,2	15,8[2]
Вода	г	6,4	-	5,2	-
Дубильные вещества (в пересчете на танин)	мг	150,0	50,0[2]	112,5	37,5[2]
Макроэлементы					
Калий	мг	607,7	24,3[2]	455,8	18,2[2]
Фосфор	мг	595,7	74,5[1]	446,8	55,9[1]
Магний	мг	186,0	46,5[1]	139,5	34,9[1]
Кальций	мг	204,7	20,5[1]	153,5	15,4[1]
Натрий	мг	126,6	9,7[2]	94,9	7,3[2]
Сера	мг	60,3	30,1[2]	45,2	22,6[2]
Микроэлементы					
Марганец	мг	2,3	114,1[2,*]	1,7	42,8[2,*]
Железо	мг	7,3	52,4[1]	5,5	39,2[1]
Цинк	мг	5,6	37,6[1]	4,2	25,2[1]
Медь	мг	0,1	8,4[2]	0,06	6,3[2]
Хром	мкг	68,6	137,2[2,*]	51,4	102,9[2,*]
Молибден	мкг	16,1	22,9[2]	12,1	17,2[2]
Селен	мкг	4,4	6,2[1]	3,3	4,7[1]
Витамины					
Аскорбиновая кислота	мг	92,6	137,7[1,*]	69,4	102,8[1,*]
Токоферол (Е)	мг ток. экв	3,4	33,5[1]	2,5	25,1[1]
Каротиноиды (β-каротин)	мг	1,7	34,6[2]	1,3	25,8[2]
Тиамин (B_1)	мг	0,1	7,1[1]	0,07	5,0[1]
Витамин А	мкг рет. экв.	78,1	9,8[1]	58,6	7,3[1]
Рибофлавин (B_2)	мг	0,1	5,6[1]	0,07	4,3[1]
Холин (B_4)	мг	14,4	2,9[2]	10,8	2,2[2]
Ниацин (B_3)	мг	1,3	7,0[1]	0,9	5,3[1]
Пантотеновая кислота (B_5)	мг	0,1	1,3[1]	0,06	1,0[1]
Пиридоксин (B_6)	мг	0,03	1,5[2]	0,02	1,0[2]
Фолацин	мкг	8,9	4,4[1]	6,7	3,3[1]

1 – согласно ТР ТС 022/2011, приложение № 2; 2 – «Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю)», глава II, раздел 1, Приложение 5;*-не превышает верхний уровень потребления.

Таблица 8 – Результаты оценки биологической ценности белковой фракции БАД «Diabetes Control» [18, 23–25]

Аминокислоты	Содержание		АКС, %	КРАС, %	БЦ, %	U, доли ед.
	в белке «эталоне» ФАО/ВОЗ, г/100 г	в исследуемом продукте, г/100г				
Валин	5,0	2,76	55,26	20,98	79,02	0,76
Изолейцин	4,0	2,92	73,06			
Лейцин	7,0	5,94	84,96			
Лизин	5,5	4,68	85,11			
Метионин+цистин	3,5	2,32	66,39			
Треонин	4,0	2,60	65,19			
Фенилаланин+тирозин	6,0	3,84	64,14			
Триптофан	1,0	1,15	115,88			

Из данных табл. 8 видно, что белки, входящие в состав БАД «Diabetes Control», обладают высокой биологической ценностью (БЦ=79,02%), а также достаточной сбалансированностью состава аминокислот по отношению к эталонному белку.

Результаты расчетного анализа жирнокислотного состава липидной фракции разработанной БАД представлены в табл. 9.

Таблица 9 – Жирнокислотный состав липидной фракции БАД «Diabetes Control» [18, 23–26]

Наименование жирной кислоты	Содержание в сырье, г/массу вносимого сырья				Общее содержание жирных кислот, г/100г продукта	Массовая доля от общего количества жирных кислот, %
	Концентрат сывороточных белков	Околоплодник шиповника	ПД «Ихтиоколлагеновый ферментализат»	Кедровый жмых		
1	2	3	4	5	6	7
Насыщенные жирные кислоты						
Арахиновая ($C_{20:0}$)	-	-	-	0,057	0,057	19,98
Лауриновая ($C_{12:0}$)	0,069	-	0,022	-	0,091	
Капроновая ($C_{6:0}$)	0,032	-	-	-	0,032	
Каприловая ($C_{7:0}$)	0,025	-	-	-	0,025	
Миристиновая ($C_{14:0}$)	0,266	-	0,001	0,004	0,271	
Пальмитиновая ($C_{16:0}$)	0,610	0,011	0,052	0,367	1,040	
Стеариновая ($C_{18:0}$)	0,211	-	0,011	0,231	0,453	
Каприновая ($C_{10:0}$)	-	-	0,007	-	0,007	
Итого:	1,214	0,011	0,093	0,659	1,976	
Мононенасыщенные жирные кислоты						
Олеиновая ($C_{18:1}$)	0,587	0,044	0,020	1,768	2,419	25,30
Гадолеиновая ($C_{20:1}$)	-	-	-	0,067	0,067	
Пальмитоолеиновая ($C_{16:1}$)	-	-	0,014	-	0,014	
Итого:	0,587	0,044	0,034	1,835	2,500	

Окончание таблицы 9

1	2	3	4	5	6	7
Полиненасыщенные жирные кислоты						
γ-Линоленовая ($C_{18:3}$)	0,024	0,064	0,005	1,676	1,769	54,72
Линолевая ($C_{18:2}$)	0,061	-	0,007	3,551	3,619	
Арахидоновая ($C_{20:5}$)	0,016	-	-	-	0,016	
Эйкозапентаеновая ($C_{20:5}$)	-	-	0,002	-	0,002	
Докозагексаеновая ($C_{20:6}$)	-	-	0,003	-	0,003	
Итого:	0,101	0,064	0,017	5,227	5,409	
Итого:					9,885	100,00

Из данных табл. 9 видно, что в липидах разработанной БАД преобладают полиненасыщенные жирные кислоты, которые составляют 54,72 % от суммы всех жирных кислот, что свидетельствует об их высокой метаболистической эффективности, так как они являются предшественниками при синтезе простагландинов, структурными элементами клеточных мембран [26].

Полученные данные о высокой пищевой ценности БАД «Diabetes Control» позволили разработать следующие рекомендации по применению данной добавки. Рекомендуемая суточная доза потребления БАД «Diabetes Control» составляет 75 г, ее целесообразно принимать в 3 приема, по 25 г три раза в день. Данное количество позволит обеспечить адекватное поступление основных биологически активных веществ, благотворно влияющих на гомеостаз глюкозы, в следующих количествах (% от адекватной суточной дозы потребления): белков, содержащих биологически активные пептидные фракции – 62,7 %; пищевых волокон – 15,8 %; витамина Е – 25,1 %; витамина С – 102,8 %; Mg – 34,8 %; Zn – 25,2 %; Mn – 42,78 %; Cr – 102,8 %; полифенольных соединений (танины) – 37,5 %. Полученная добавка является источником таких функциональных ингредиентов, важных для поддержания основного уровня здоровья, как (% от адекватной суточной дозы потребления): К – 18,2 %; Р – 55,9 %; Ca – 15,4 %; S – 22,6 %; Fe – 39,2 %; Mo – 17,2 %; ПНЖК – 36,9 %, каротиноидов (в пересчете на β-каротин) – 25,8 %.

Использование биологически активной добавки «Diabetes Control» рекомендуется в качестве:

1) источника полноценного и легкоусвояемого белка, ПНЖК, а также аминокислот, необходимых для построения коллагена;
2) источника биологически активных пептидных фракций и низкомолекулярных пептидов, способствующих снижению активности фермента ДПП-4, увеличивающих секрецию инкретинов и инсулина, и, как следствие, способствующих нормализации уровня глюкозы в крови и снижению гипергликемии;
3) источника минеральных веществ, в частности Mn, Mg, Zn и Cr, необходимых для нормальной секреции и действия инсулина;
4) источника витаминов С и Е, полифенольных соединений, каротиноидов – природных антиоксидантов, способствующих снижению интенсивного окислительного стресса в организме людей с СД;
5) источника пищевых волокон, способствующих развитию полезной микрофлоры, улучшению перистальтики кишечника, снижению вероятности резких скачков уровня сахара в крови вследствие снижения количества всасываемой глюкозы в кишечнике, снижению уровня холестерина и нормализации липидного состава крови;
6) средства, повышающего эффективность иммунного ответа организма, вследствие присутствия биологически активных пептидных фракций, проявляющих иммуномодулирующую и противовоспалительную активность;

7) средства, позволяющего контролировать массу тела путем обеспечения пролонгированного чувства насыщения.

Данную добавку можно использовать как самостоятельный продукт в сухом виде или путем растворения 25 г смеси в 200-250 мл жидкости (молоке, соке, воде). Рациональным путем использования является ее введение в рецептуры других продуктов, например, каши, фруктовые пюре, йогурты, кисломолочные напитки, закуски, кондитерские изделия, мороженое, супы, батончики, коктейли и др.

Состав разработанной добавки БАД «Diabetes Control» позволяет прогнозировать потенциальное проявление основных антидиабетических свойств добавки, заключающихся в профилактическом влиянии на предупреждение состояния гипергликемии (путем ингибирования фермента ДПП-4 и стимуляции выработки инкретинов и инсулина); нормализации баланса минеральных веществ, необходимых для поддержания секреции инсулина и его действия; нормализации окислительно-восстановительных процессов в организме; профилактике избыточного веса и ожирения; поддержании работы иммунной системы организма, стимуляция синтеза коллагена и роста мышечной массы; снижение риска развития диабетических осложнений: ретинопатии и сердечно-сосудистых заболеваний.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обоснован рецептурный состав БАД, предназначенной для профилактики диабета второго типа, с учетов биохимического и фармакологического действия функциональных ингредиентов сырьевых источников. По результатам проведенного математического моделирования определены оптимальные дозировки основных компонентов, с учетом которых предложена базовая рецептура БАД, получившей название «Diabetes Control».

Изготовлен экспериментальный образец БАД, проведена оценка его качества в порошкообразном виде и в составе напитков по органолептическим, физико-химическим и технологическим показателям. Произведена расчетная оценка пищевой ценности разработанной БАД, свидетельствующая о полифункциональности добавки по многим биологически активным веществам. Получены данные о биологической ценности белковой и липидной фракций добавки, наличии в ней всех незаменимых аминокислот и 54 % полиненасыщенных жирных кислот. Предложена суточная норма употребления добавки для профилактики диабета II-го типа – 75 г. Определены основные направления профилактического влияния добавки, а также разработаны рекомендации по ее применению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. IDF Diabetes atlas, 9th ed. Brussels: International Diabetes Federatiom; 2019. Available from: https://www.diabetesatlas.org/upload/resources/material/20200302_133351_IDFATLAS9e-final-web.pdf.

2. Курегян, А. Г. Спектрофотометрия в анализе каротиноидов / А. Г. Курегян. // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 23. – С. 5166–5172.

3. Буракова, М. А. Таблетки. Микрокапсулы: методические указания к лабораторным работам / М. А. Буракова, А. Л. Марченко. – Санкт-Петербург: Изд-во СПХФА, 2012. – 84 с.

4. Мезенова, О.Я. Проектирование поликомпонентных пищевых продуктов: учебное пособие / О. Я. Мезенова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2015. – 216 с.

5. Smith Kieran, Kelly A Bowden Davies, Emma J Stevenson, Daniel J West. The Clinical Application of Mealtime Whey Protein for the Treatment of Postprandial Hyperglycaemia for People With Type 2 Diabetes: A Long Whey to Go. Frontiers in Nutrition 2020; 7: 587843. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/.

6. Milk proteins from expression to food / edited by Mike boland, Harjinder singh. – 3th edition, 2020. Available from: https://www.sciencedirect.com/book/9780128152515/milk-proteins.

7. Skyrme-Jones RA, O'Brien RC, Berry KL, et al. Vitamin E supplementation improves endothelial function in type 1 diabetes mellitus: a randomized, placebo-controlled study. J Am Coll Cardiol. 2000; 36:94–102.

8. Gommers LMM, Hoenderop JGJ, Bindels RJM, de Baaij JHF. Hypomagnesemia in type 2 diabetes: a vicious circle? Diabetes 2016; 65:3–13.

9. Textbook of Natural Medicine / edited by Jeseph E.Pizzorno, Michael T. Murray — 5th edition, 2020. Available from: https://www.elsevier.com/books/textbook-of-natural-medicine/pizzorno/978-0-323-43044-9.

10. Li L, Yang X. The essential element manganese, oxidative stress, and metabolic diseases: links and interactions. Oxid Med Cell Longev 2018: 7580707. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5907490/.

11. Gung Ho Gong , Kenneth Lo, Qing Liu et al. Dietary Manganese, Plasma Markers of Inflammation, and the Development of Type 2 Diabetes in Postmenopausal Women: Findings From the Women's Health Initiative. Diabetes Care 2020; 43(6):1344-1351.

12. Merenkova, S. P., Zinina, O. V., Stuart, M. Effects of dietary fiber on human health: a review. Human. Sport. Medicine 2020; 20 (1):106–113.

13. Kieffer, D. A., Martin, R. J., Adams, S. N. Impact of Dietary Fibers on Nutrient Management and Detoxification Organs: Gut, Liver, and Kidneys. Advances in Nutrition: An International Review Journal 2016; 7(6): 1111–1121.

14. Parker ED, Liu S, Van Horn L, et al. The association of whole grain consumption with incident type 2 diabetes: the Women's Health Initiative Observational Study. Ann Epidemiol 2013; 23:321–327.

15. Кравчун, Н. А. Использование пищевых волокон в комплексной терапии сахарного диабета 2-го типа / Н. А. Кравчун, И. П. Романова, Л. Г. Полозова, И. В.Чернявская, С. П.Олейникова // International journal of endocrinology. – 2014. – № 6. – С. 61–65.

16. Merenkova, S. P., Zinina, O. V., Stuart, M. Effects of dietary fiber on human health: a review. Human. Sport. Medicine 2020; 20(1): 106–113.

17. Soliman, G. A. Dietary Fiber, Atherosclerosis, and Cardiovascular Disease. Nutrients 2019; 11:1155. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/.

18. Мезенова, Н. Ю. Разработка технологии биопродукта для спортивного питания с использованием биомодифицированного коллагенсодержащего сырья: монография / Н. Ю. Мезенова, Л. С. Байдалинова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2019. – 216 с.

19. Rivero-Pino, F.; Espejo-Carpio, F.J.; Guadix, E.M. Production and identification of dipeptidyl peptidase IV (DPP-IV) inhibitory peptides from discarded Sardine pilchardus protein. Food Chem. 2020, 328, 127096. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32485583/.

20. Subhan F, Kang HY, Lim Yet. Fish scale collagen peptides protect against CoCl2/TNF-αinduced cytotoxicity and inflammation via inhibition of ROS, MAPK, and NF-κB pathways in HaCaT cells. Oxid Med Cell Longev. Oxidative Medicine and Cellular Longevity 2017; 1:17. Available from: https://www.hindawi.com/journals/omcl/2017/9703609/.

21. Liu Y-J, Zhan J, Liu X-L, Wang Y, Ji J, He Q-Q. Dietary flavonoids intake and risk of type 2 diabetes: a meta-analysis of prospective cohort studies. Clin Nutr 2014; 33:59–63. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23591151/.

22. Handbook of hydrocolloids / edited by G.O. Philips, P.A. Williams. – 2th edition, 2009. Available from: https://www.elsevier.com/books/handbook-of-hydrocolloids/phillips/978-1-84569-414-2.

23. Гуринович, Г. В. Применение жмыха кедрового ореха в технологии паштетов / Г.В. Гуринович, М.А. Субботина, А.Г. Гаргаева // Мясная индустрия. – 2013. - № 7. – С. 36-40.

24. Субботина, М. А. Использование кедрового жмыха в производство майонеза / М. А. Субботина, И. В. Долголюк // Современные технологии продуктов питания. – 2014. – № 5. – С. 197–200.

25. Баймуродов, Р. С. Шиповник – профилактическое лечебное средство / Р. С. Баймуродов, И. Д. Кароматов, А. У. Нурбобоев // Биология и интегративная медицина. – 2017. – № 10. – С.88–99.

26. Гладышев, М. И. Незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты и их пищевые источники для человека / М. И. Гладышев // Journal of Siberian Federal University. Biology. – 2012. – № 4. – С. 352–386.

SCIENTIFIC JUSTIFICATION OF THE COMPOSITION AND BIOPOTENTIAL OF A MULTICOMPONENT DRY MIXTURE FOR INDIVIDUALS WITH TYPE-2 DIABETES WITH PREVENTIVE PROPERTIES

A. A. Chizhova, 4th year student,
e-mail: alena_chizhova_2019@mail.ru
Kaliningrad State Technical University,

O. Ya. Mezenova, Doctor of Technical Sciences, Professor,
e-mail: mezenova@klgtu.ru
Kaliningrad State Technical University,

The composition of a dietary supplement to food that has a preventive effect on the development of type 2 diabetes mellitus is justified. The main components of the supplement are whey protein concentrate, pine nut oil cake, rosehip powder, fish scale hydrolysate. A mathematical model of the formulation was obtained and the optimal values of the content of the main components of dietary supplements were determined. An experimental sample of the additive was made and its organoleptic parameters were evaluated in dry form and in the composition of the drink. The nutritional value of dietary supplements, the biological value of protein and fat fractions were evaluated. The daily rate of taking dietary supplements to provide an antidiabetic effect is determined. Recommendations for the use of the supplement have been developed. The mechanisms of preventive metabolic effects in the body are described.

Key words*: diabetes mellitus type 2, dietary supplement, prevention of diabetes mellitus, glucose homeostasis, hyperglycemia*