

УДК 634.737:581. 5: 581. 522.4(476)

Поступила в редакцию 22.09.2025  
Received 22.09.2025

<sup>1</sup>Ж. А. Рупасова, <sup>1</sup>С. Н. Авраменко, <sup>2</sup>Т. А. Мадзиевская,  
<sup>2</sup>С. В. Далидович, <sup>2</sup>П. М. Бычковский

<sup>1</sup>Государственное научное учреждение «Центральный ботанический сад НАН Беларуси»,  
г. Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup> Учебно-научно-производственное республиканское унитарное предприятие  
«УНИТЕХПРОМ БГУ», г. Минск, Республика Беларусь

## БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

**Аннотация.** Приведены результаты сравнительного исследования образцов созданных в «УНИТЕХПРОМ БГУ» Беларуси 4 видов биологически активных пищевых добавок (БАДов) для производства хлебобулочной продукции, способствующих нормализации углеводного обмена и различающихся набором растительных компонентов - №10, принятого за эталон сравнения, а также №№14, 16 и 17, по 24 биохимическим характеристикам, в том числе содержанию сухих, пектиновых и дубильных веществ (танинов), свободных органических и гидроксикоричных кислот, растворимых сахаров, инулина, целлюлозы, антоциановых пигментов (собственно антоцианов и лейкоантоцианов), флавонолов и катехинов, общему количеству биофлавоноидов (Р-витаминов), витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, К<sub>1</sub>, РР, макро- и микроэлементов – кальция, меди, цинка, общему количеству хрома и уровню антиоксидантной активности.

Установлено, что все тестируемые БАДы превосходили эталонный объект по интегральному уровню нутриентной ценности в 1,8-3,0 раза при наибольших различиях с ним образца №16, у которого данный показатель превышал таковой у образцов №№14 и 17 в 1,4-1,7 раза, что позволяло рекомендовать его как наиболее перспективный для практического использования при производстве хлебобулочной продукции.

**Ключевые слова:** биологические пищевые добавки, нутриентная ценность, органические кислоты, углеводы, фенольные соединения, витамины, антиоксидантная активность.

<sup>1</sup>J. A. Rupasova, <sup>1</sup>S. N. Avramenko, <sup>2</sup>T. A. Madziewskaya,  
<sup>2</sup>S. V. Dalidovich, <sup>2</sup>P. M. Bychkovsky

<sup>1</sup>State Scientific Institution «Central Botanical Garden of the National Academy  
of Sciences of Belarus», Minsk, Republic of Belarus;

<sup>2</sup> Educational, Scientific, and Production Republican Unitary Enterprise «UNITECHPROM BSU»,  
Minsk, Republic of Belarus

## BIOCHEMICAL COMPOSITION OF FUNCTIONAL FOOD ADDITIVES FOR BREAD PRODUCTION

**Abstract.** The results of a comparative study of samples of 4 types of biologically active food additives (dietary supplements) created at UNITECHPROM BSU of Belarus for the production of bakery products that contribute to the normalization of carbohydrate metabolism and differ in a set of plant components are presented - No. 10, adopted as a reference standard, as well as No. 14, 16 and 17, according to 24 biochemical characteristics, in including the content of dry, pectin and tannins (tannins), free organic and hydroxycinnamic acids, soluble sugars, inulin, cellulose, anthocyanin pigments (anthocyanins and leucoanthocyanins proper), flavonols and catechins, the total amount of bioflavonoids (P-vitamins), vitamins B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, K<sub>1</sub>, PP, macro- and trace elements – calcium, copper, zinc, the total amount of chromium and the level of antioxidant activity.

All the tested dietary supplements exceeded the reference object in terms of the integral level of nutritional value by 1.8-3.0 times, with the greatest differences between them in sample No. 16,

which exceeded the values of samples No. 14 and No. 17 by 1.4-1.7 times, making it the most promising for practical use in the production of bakery products.

**Keywords:** biologically active food supplements, biochemical composition, organic acids, carbohydrates, phenolic compounds, vitamins, antioxidant activity, nutritional.

**Введение.** Одним из приоритетов в развитии пищевой и перерабатывающей промышленности Республики Беларусь является создание и производство специализированных продуктов, в том числе биологически активных добавок (БАДов) с направленным функциональным действием, основанное на комплексной оценке их качества, безопасности и эффективности [1]. Анализ отечественного и зарубежного опыта в области коррекции обменных процессов в организме человека свидетельствует о высокой доступности, эффективности и экономической целесообразности использования в питании населения биологически активных добавок, способствующих нормализации процессов его жизнедеятельности [2]. В их состав непременно должны входить соединения, синтезируемые в организме либо в незначительных количествах, либо не синтезируемые вовсе, к которым следует отнести пищевые волокна, незаменимые аминокислоты, некоторые жирные кислоты, минеральные элементы и витамины [3].

В последние десятилетия широкое распространение в мире получило весьма опасное хроническое заболевание – сахарный диабет, связанное с нарушением многих обменных процессов в организме человека и, в первую очередь, углеводного метаболизма, сопровождающееся серьезным комплексом осложнений макро- и микрососудистого, а также неврологического типов [4]. В этой связи особую актуальность обретает разработка новых научно обоснованных составов биологически активных функциональных добавок (БАДов), способствующих нормализации углеводного обмена, с определением широкого спектра их качественных характеристик и оптимальных регламентов использования при производстве продуктов питания, предназначенных для профилактики и лечения сахарного диабета. С целью конструирования данных продуктов в соответствии с принципами пищевой комбинаторики, учитывающей компонентный состав, органолептические и физико-химические свойства создаваемых композиций направленного функционального действия, белорусскими учеными Республиканского унитарного предприятия «УНИТЕХПРОМ БГУ» создан ряд биологически активных добавок, представляющих собой порошкообразные смеси, изготовленные на основе растительного сырья овощных, плодовых и зерновых культур, использование которых при производстве пищевых продуктов, предположительно, будет способствовать нормализации углеводного обмена в организме человека.

Целью настоящей работы являлась комплексная сравнительная оценка биохимического состава нескольких видов биологически активных пищевых добавок подобного направленного действия для использования при производстве хлебобулочных изделий. Данные исследования выполнены при активном участии сотрудников РУП «УНИТЕХПРОМ БГУ» и Центрального ботанического сада НАН Беларуси А. В. Ушаковой и А. С. Саян, за что авторы выражают им искреннюю благодарность.

**Объекты и методы исследований.** Объектами исследований являлись образцы 4 видов биологически активных пищевых добавок (БАДов), различающихся набором входящих в них растительных компонентов, в том числе №10, в состав которого входят куркума, яблоко, гибискус, имбирь и листья шалфея, №14, в составе которого присутствуют куркума, анис, черный перец и базилик, №16 – в состав которого входят анис, имбирь и корица, а также №17 – в составе которого присутствуют куркума, яблоко, корица и цедра апельсина.

Исследование биохимического состава обозначенных пищевых добавок осуществляли по 24 показателям с использованием общепринятых методов получения аналитической информации, предусматривавшие определение содержания:

- ♦ сухих веществ – по ГОСТ 28561-90 [5];
- ♦ свободных (титруемых) органических кислот - общей кислотности – объемным методом [6];
- ♦ гидроксикоричных кислот - спектрофотометрическим методом [7];
- ♦ растворимых сахаров – ускоренным фенол-серноокислотным полумикрометодом [8];
- ♦ пектиновых веществ - кальциево-пектатным методом [6];
- ♦ инулина (в пересчете на фруктозу) – спектрометрическим методом с использованием резорцинового реактива [9];
- ♦ целлюлозы – по методу В.И. Геннеберга и Ф.К. Штомана [10];
- ♦ дубильных веществ (танинов) – титрометрическим методом Ю.К. Левенталя [11];

- ♦ основных компонентов биофлавоноидного комплекса, в том числе, антоциановых пигментов – по методу Т. Swain, W. E. Hillis [12], с построением градуировочной кривой по кристаллическому цианидину, полученному из плодов аронии черноплодной и очищенному по методике Ю.Г. Скориковой и Э.А. Шафтан [13]; собственно антоцианов и катехинов (с использованием ванилинового реактива) – спектрофотометрическим методом [6, 14]; флавонолов (в пересчете на рутин) – спектрофотометрическим методом [6];
- ♦ витаминов В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub> – спектрофотометрическим методом с использованием ферроцианида калия [15];
- ♦ витамина К<sub>1</sub> (филлохинона) – спектрофотометрическим методом с использованием 2,6-дихлорфенол-индофенолята натрия в щелочной среде [10];
- ♦ витамина РР (никотиновой кислоты) - спектрофотометрическим методом с использованием родано-бромного реактива [15];
- ♦ макро- и микроэлементов, в том числе:
- ♦ кальция - комплексонометрическим методом [16];
- ♦ меди и цинка - спектрофотометрическим методом с использованием дитизионового реактива [17];
- ♦ хрома (общее количество) - спектрофотометрическим методом [18];
- ♦ уровня антиоксидантной активности (АОА) – спектрофотометрическим методом с использованием 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила [8, 19];

В аналитической работе использованы следующие приборы: весы электронные RV214 (США, 2010 г.), спектрофотометр E-1000 UV Peak Instruments (США, 2023 г.) и спектрофотометр ПЭ-5400 ВИ (Россия, 2018 г.). Все определения выполнены в 2-кратной биологической и 3-кратной аналитической повторностях. Данные статистически обработаны с использованием программы Excel.

Т а б л и ц а 1. Диапазоны варьирования биохимических характеристик в сухой массе образцов биологически активных пищевых добавок

Table 1. Ranges of variation of biochemical characteristics in the dry mass of samples of biologically active food additives

Показатели	Диапазоны варьирования
Сухие вещества, %	89,1 – 91,6
Свободные органические кислоты, %	1,64 – 9,75
Гидроксикоричные кислоты, мг/100 г	1037,3 – 2236,4
Растворимые сахара, %	4,91 – 9,33
Сахарокислотный индекс	0,73 – 3,02
Пектиновые вещества, %	9,7 – 13,8
Инулин, мг/100 г	24,3 – 268,3
Целлюлоза, %	16,7 – 26,0
Собственно антоцианы, мг/100 г	64,0 – 1344,0
Лейкоантоцианы, мг/100 г	301,2 – 957,0
Сумма антоц. пигментов, мг/100 г	369,2 – 2301,0
Катехины, мг/100 г	85,8 – 1180,4
Флавонолы, мг/100 г	1294,3 – 4666,2
Сумма биофлавоноидов, мг/100 г	2843,9 – 6031,2
Дубильные вещества, %	0,15 – 0,48
АОА, мкмоль экв тролокса /г	74,6 – 194,2
Витамин В <sub>1</sub> , мг/100 г	0,78 – 1,27
Витамин В <sub>2</sub> , мг/100 г	0,09 – 0,78
Витамин РР, мг/100 г	4,4 – 28,2
Витамин К <sub>1</sub> , мг/100 г	0,67 – 1,31
Кальций, мг/100 г	50,3 – 167,5
Цинк, мг/100 г	1,12 – 2,01
Медь, мг/100 г	0,20 – 0,70
Хром, мкг/100 г	0,71 – 2,00

**Результаты исследований и их обсуждение.** Полученная в результате выполненных исследований информация о количественном содержании определявшихся соединений в образцах

биологически активных пищевых добавок свидетельствовала о весьма высоком содержании в них органических кислот, углеводов, фенольных соединений, витаминов, макро-и микро-элементов, а также о значительном уровне антиоксидантной активности. При этом были выявлены весьма широкие диапазоны варьирования в линейке БАДов 24 характеристик их биохимического состава, указывавшие на наличие между ними существенных различий, о степени проявления которых можно судить по данным табл. 1. На основании приведенной в ней информации определены образцы с максимальными и минимальными значениями данных характеристик (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. Биологически активные пищевые добавки с наибольшими (max) и наименьшими (min) значениями биохимических характеристик

Table 2. Biologically active food additives with the highest (max) and lowest (min) values of biochemical characteristics

Показатель	Биологически активные добавки			
	№ 10 (эталон)	№ 14	№ 16	№ 17
Свободные органич. кислоты	max		min	
Гидроксикоричные кислоты		max	min	
Растворимые сахара	max		min	
Сахарокислотный индекс		min	max	
Пектиновые вещества	min		max	max
Инулин			max	min
Целлюлоза		min		max
Собственно антоцианы	max		min	min
Лейкоантоцианы	max		min	min
Сумма антоц. пигментов	max		min	min
Катехины	min		max	
Флавонолы		max	min	
Сумма биофлавоноидов	max		min	
Дубильные вещества	max		min	
АОА		max	min	
Витамин В <sub>1</sub>		min	max	min
Витамин В <sub>2</sub>	min	max		
Витамин РР	max		min	
Витамин К <sub>1</sub>			max	min
Кальций		max	min	
Цинк	max	max		min
Медь	max			min
Хром	max	min	max	min

Так, эталонный образец №10 отмечен наиболее высоким содержанием свободных органических кислот, растворимых сахаров, дубильных веществ, витамина РР, хрома, цинка и меди, а также обоих компонентов антоцианового комплекса и их общего количества, что обусловило наибольшее среди исследуемых БАДов суммарное содержание биофлавоноидов при минимальном количестве пектиновых веществ, катехинов и витамина В<sub>2</sub>.

Образец №14 характеризовался максимальным содержанием гидроксикоричных кислот, флавонолов, витамина В<sub>2</sub>, кальция и столь же высоким, как у эталонного объекта, содержанием цинка при наиболее значительном уровне антиоксидантной активности, но при этом был отмечен минимальным количеством хрома, целлюлозы, витамина В<sub>1</sub> и самым низким показателем сахарокислотного индекса.

Образец №16 занимал лидирующие позиции в линейке БАДов по содержанию хрома, пектиновых веществ, инулина, катехинов, витаминов В<sub>1</sub> и К<sub>1</sub>, а также, несмотря на наиболее низкое содержание растворимых сахаров, из-за минимального количества свободных органических кислот, характеризовался максимальным показателем сахарокислотного индекса, но при этом отличался наименьшим содержанием не только титруемых, но и гидроксикоричных кислот, а также кальция, дубильных веществ, витамина РР и обладал наиболее обедненным антоциановым комплексом при наименьшем количестве флавонолов и биофлавоноидов в целом, что в совокупности обусловило минимальный уровень его антиоксидантной активности.

Образец №17 характеризовался столь же высоким, как у образца №16, содержанием пектиновых веществ при наиболее высоком в линейке БАДов содержании целлюлозы, но при этом был отмечен столь же низким, как у предыдущего объекта, содержанием собственно антоцианов и лейкоантоцианов, а также наименьшим количеством инулина, цинка, меди, витамина К<sub>1</sub> и сопоставимым с таковым у образца №14 минимальным содержанием хрома и витамина В<sub>1</sub>.

Вместе с тем при несомненно высокой физиологической значимости для человеческого организма исследуемых органических соединений разной химической природы особый научный и практический интерес представлял сравнительный анализ состава биофлавоноидного комплекса пищевых добавок, обладающего значительным уровнем Р-витаминной и антиоксидантной активности. При этом в зависимости от соотношения в нем основных групп полифенолов, представленных, главным образом, флавонолами, а также катехинами и антоциановыми пигментами, в том числе, собственно антоцианами и лейкоантоцианами, оказывающими индивидуальное позитивное действие на организм человека [20, 21], будет проявляться тот или иной специфический эффект от использования данных продуктов. К примеру, антоцианы способны образовывать выводимые из организма комплексы с ионами радиоактивных элементов. Катехины обладают мощной Р-витаминной активностью и повышают устойчивость антоцианов, тогда как флавонолы оказывают стабилизирующее влияние на витамин С, что исключительно выгодно в плане продления витаминной ценности растительных продуктов.

Значительная ширина диапазонов варьирования в линейке БАДов содержания основных групп полифенолов (см. табл. 1) однозначно указывала на наличие различий между ними не только в количестве, но и в соотношении основных компонентов биофлавоноидного комплекса, что следует из табл. 3, показавшей, что в групповом составе последнего у исследуемых образцов выявлены как черты определенного сходства, так и весьма выразительные различия.

**Т а б л и ц а 3. Долевое участие основных групп биофлавоноидов в составе Р-витаминного комплекса биологически активных пищевых добавок, %**  
**Table 3. Proportion of the main groups of bioflavonoids in the P-vitamin complex of biologically active food supplements, %**

Образец	Собств. антоцианы	Лейкоантоцианы	Сумма антоц. пигм.	Катехины	Флавонолы
№10 – эт.	22	16	38	2	60
№14	2	11	13	3	84
№16	2	11	13	42	45
№17	2	9	11	14	75

Так, у всех исследуемых образцов доминирующее положение в Р-витаминном комплексе принадлежало флавонолам при варьировании их долевого участия от 45 % у образца №16 до 84 % у образца №14. Наиболее высокой относительной долей содержания антоциановых пигментов, достигавшей 38 %, характеризовался эталонный образец №10, для которого показано самое значительное в линейке БАДов участие в биофлавоноидном комплексе собственно антоцианов, достигавшее 22 %, благодаря, на наш взгляд, присутствию в этом объекте обогащенных данными соединениями цветков гибискуса. При этом в нем отмечено также весьма высокое доленое участие и лейкоформ антоциановых пигментов, достигавшее 16 %. Заметим, что сравниваемые с эталонным объектом образцы всех тестируемых БАДов характеризовались практически одинаковой, причем весьма незначительной относительной долей как общего количества антоциановых пигментов, не превышавшей 11-13 %, так и их индивидуальных компонентов. Что касается катехинов, то их доля в составе Р-витаминного комплекса образца №14 была сопоставима с таковой эталонного объекта и не превышала 3 %, тогда как наиболее значительной, достигавшей 42 % и вполне сопоставимой с таковой флавонолов, она оказалась у образца №16 при промежуточном положении по данному признаку образца №17 (см. табл.3).

Анализ этих данных свидетельствовал о том, что в составе Р-витаминного комплекса всех тестируемых БАДов при доминирующем положении флавонолов наиболее обогащенным данными соединениями следовало признать образец №14, антоциановыми пигментами – эталонный образец №10, а катехинами – образец №16.

Поскольку основной задачей настоящих исследований являлось выявление пищевой добавки с наиболее высоким интегральным уровнем нутриентной ценности по совокупности всех 24 определявшихся биохимических характеристик, то необходимым условием для этого было определение степени статистически значимых различий тестируемых образцов с эталонным объектом № 10 по каждому анализируемому показателю, результаты которого приведены в табл.4.

Т а б л и ц а 4. Относительные различия тестируемых образцов биологически активных пищевых добавок с эталонным образцом №10 по характеристикам биохимического состава, %

T a b l e 4. Relative differences of the tested samples of biologically active food additives with the reference sample No. 10 in terms of biochemical composition characteristics, %

Показатель	Образцы		
	№ 14	№ 16	№ 17
Сухие вещества	-	-	-
Свободные органические кислоты	-27,6	-83,2	-65,7
Гидроксикоричные кислоты	<b>+45,4</b>	-32,6	-26,4
Растворимые сахара	-45,1	-47,4	-13,3
Сахарокислотный индекс	-24,0	<b>+214,6</b>	<b>+152,1</b>
Пектиновые вещества	<b>+20,6</b>	<b>+40,2</b>	<b>+42,3</b>
Инулин	-26,3	<b>+606,1</b>	-36,0
Целлюлоза	-8,2	-	<b>+42,9</b>
Собственно антоцианы	-92,9	-94,9	-95,2
Лейкоантоцианы	-36,1	-68,5	-67,6
Сумма антоциан. пигментов	-69,3	-84,0	-83,7
Катехины	<b>+66,7</b>	<b>+1275,8</b>	<b>+460,6</b>
Флавонолы	<b>+28,0</b>	-64,5	-28,5
Сумма биофлавоноидов	-8,5	-52,8	-42,6
Дубильные вещества	-25,0	-68,8	-43,8
АОА	<b>+78,0</b>	-31,6	<b>+56,8</b>
Витамин В <sub>1</sub>	-23,3	<b>+23,3</b>	-24,3
Витамин В <sub>2</sub>	<b>+766,7</b>	<b>+177,8</b>	<b>+655,6</b>
Витамин РР	-46,8	-84,4	-57,8
Витамин К <sub>1</sub>	-	<b>+65,8</b>	-15,2
Кальций	<b>+168,4</b>	-19,4	-
Цинк	-	-14,9	-44,3
Медь	-41,4	-50,0	-71,4
Хром	-62,8	-	-62,8

*Примечание:* Прочерк означает отсутствие статистически значимых по t-критерию Стьюдента различий с эталонным образцом при  $p < 0,05$

Заметим, что при варьировании в линейке БАДов содержания сухих веществ в диапазоне 89,1 – 91,6 % (см. табл.1) достоверных различий между ними по данному признаку не выявлено, тогда как для остальных биохимических характеристик в подавляющем большинстве случаев установлены весьма значительные, причем разнонаправленные расхождения с таковыми у образца № 10. При этом в основном они указывали на отставание тестируемых объектов от эталонного БАДа по содержанию действующих веществ, но при разной степени его проявления. Так, все без исключения пищевые добавки достоверно уступали образцу № 10 по содержанию свободных органических кислот (на 28-83 %), растворимых сахаров (на 13-47 %), дубильных веществ (на 25-69%), витамина РР (на 47-84 %), меди (на 41-71 %), собственно антоцианов (на 93-95 %), лейкоантоцианов (на 36-69 %) и их суммарному содержанию (на 69-84 %), а также по общему количеству биофлавоноидов (на 9-53 %).

При этом в наибольшей степени обозначенные различия проявились у образца № 16, а в наименьшей – у образца № 14, для которого в ряде случаев установлено превышение эталонного уровня на фоне отставания от него образцов №№ 16 и 17. В частности, для данного объекта показано на 45 % более высокое, чем у образца № 10, содержание гидроксико-

ричных кислот при отставании от последнего по данному признаку на 26-33 % образцов №№ 16 и 17. Подобная картина наблюдалась и в различиях по содержанию флавонолов – превышение эталонного уровня в первом случае на 28 % и отставание от него на 29-65 % во втором, а также по содержанию кальция с размером превышения в первом случае на 168 % при отставании на 19 % образца № 16 и отсутствии значимых различий у образца № 17 (см. табл. 4). Вместе с тем в образцах №№ 16 и 17 установлено на 15 % и 44 % более низкое, чем у эталонного образца № 10, содержание цинка при отсутствии значимых различий с ним у образца № 14, для которого, как и для образца № 17, показано идентичное отставание от эталонного уровня на 63 % по общему содержанию хрома при отсутствии значимых различий с ним у образца № 16 (см. табл. 4).

Заметим, что в отдельных случаях в характере расхождений тестируемых БАДов с эталонным объектом обозначились и противоположные тенденции. В частности, у образца № 14 показатель сахарокислотного индекса оказался ниже, чем у него, на 24 %, тогда как у образцов №№ 16 и 17, напротив, выше на 152-215 %, а содержание целлюлозы в первом случае также уступало эталонному уровню на 8 % при его превышении на 43 % у образца № 17 и отсутствии значимых различий с ним у образца № 16.

Весьма неоднозначными оказались данные различия и по уровню антиоксидантной активности, для которого у образцов №№ 14 и 17 выявлено превышение эталонного уровня на 78 и 57% на фоне отставания от него на 32 % образца № 16. При этом для содержания инулина и витамина В<sub>1</sub> показана противоположная картина различий тестируемых БАДов с эталонным объектом, в которой на фоне отставания от него по данным показателям образцов №№ 14 и 17 на 26–36 % и 23-24 % соответственно, у образца № 16 установлено, напротив, превышение их значений у эталонного БАДа на 606 % и 23 %. Однако для некоторых биохимических характеристик у всех тестируемых БАДов показаны более высокие значения, нежели у эталонного образца №10. В частности, для содержания пектиновых веществ относительные размеры данного превышения составляли 21-42 %, катехинов – 67-1276 %, витамина В<sub>2</sub> – 178-767 %, причем в двух первых случаях наименьшими они были опять-таки у образца № 14, а в последнем – у образца № 16 (см. табл.4).

Заметим, что при столь разноплановой картине различий тестируемых БАДов с эталонным объектом по исследуемым характеристикам биохимического состава представлялось затруднительным выявление БАДа с наиболее высоким интегральным уровнем нутриентной ценности. С этой целью был использован авторский, защищенный патентом, методический прием, основанный на сопоставлении у тестируемых образцов относительных размеров, амплитуд и соотношений статистически достоверных положительных и отрицательных отклонений от эталонных значений исследуемых характеристик биохимического состава [23].

По величине суммарной амплитуды выявленных отклонений, независимо от их знака, можно судить о выразительности различий каждого тестируемого БАДа с эталонным образцом № 10 по совокупности 24 анализируемых признаков, что позволяло провести их ранжирование в порядке снижения степени данных различий. Соотношение же относительных размеров совокупностей положительных и отрицательных различий с эталонными значениями являлось оценочным критерием различий интегрального уровня нутриентной ценности каждого тестируемого образца с эталонным БАДом, если исходить из посыла, что все анализируемые признаки одинаково важны для оценки их качественного состава.

Представленные в табл. 5 данные, полученные на основании табл. 4 и характеризовавшие направленность и степень выразительности сдвигов в биохимическом составе тестируемых БАДов относительно эталонного образца № 10, показали наличие заметных различий в направленности и величине вышеуказанных сдвигов.

**Т а б л и ц а 5. Относительные размеры, амплитуды и соотношения разноориентированных различий в биохимическом составе тестируемых образцов биологически активных пищевых добавок с эталонным образцом №10**

**Table 5. Relative sizes, amplitudes and ratios of differently oriented differences in the biochemical composition of the tested samples of biologically active food additives with reference sample № 10**

Образец	Относительные различия, %			
	положит.	отрицат.	амплитуда	положит./ отрицат.
№ 14	1174,0	537,3	1711,3	2,2
№ 16	2404,0	797,0	3201,0	3,0
№ 17	1410,3	778,6	2188,9	1,8

При этом амплитуда разноориентированных сдвигов в биохимическом составе исследуемых образцов варьировалась от 1711,3 % до 3201,0 % при расхождении крайних позиций в 1,9 раза. Заметим, что наибольшим ее значением характеризовался образец №16, а наименьшим – образец №14, что указывало на наибольшую степень различий с эталонным объектом по совокупности исследуемых показателей в первом случае и наименьшую во втором. Вместе с тем у всех тестируемых БАДов кратный размер превышения суммарных значений положительных различий по совокупности анализируемых признаков относительно таковых отрицательных по сравнению с образцом №10, условно принятым за 1, и дающий представление о величине различий между ними по интегральному уровню нутриентной ценности, оказался выше 1 и варьировался в диапазоне 1,8–3,0, что свидетельствовало о более высокой, чем у эталонного объекта, величине этого показателя. По мере снижения данного соотношения, а, следовательно, и качества БАДов по совокупности биохимических характеристик, они были расположены в следующей последовательности: №16 > №14 > №17 > №10

Нетрудно убедиться, что лидирующее положение в приведенном ряду принадлежало образцу №16, у которого величина данного показателя оказалась выше, чем у эталонного объекта, в 3,0 раза, а по сравнению с другими БАДами – в 1,4–1,7 раза, что, принимая во внимание наиболее высокое содержание в нем инулина, позволяло рекомендовать его как наиболее перспективный для практического использования при производстве хлебобулочной продукции, способствующей нормализации углеводного обмена у больных сахарным диабетом.

**Заключение.** В результате сравнительного исследования образцов 4 видов биологически активных пищевых добавок для производства хлебобулочной продукции, различающихся набором растительных компонентов - №10, принятого за эталон сравнения, а также №№14, 16 и 17 по 24 биохимическим характеристикам, в том числе содержанию сухих, пектиновых и дубильных веществ (танинов), свободных органических и гидроксикоричных кислот, растворимых сахаров, инулина, целлюлозы, антоциановых пигментов (собственно антоцианов и лейкоантоцианов), флавонолов и катехинов, общему количеству биофлавоноидов (Р-витаминов), витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, К<sub>1</sub>, РР, макро- и микроэлементов – кальция, меди, цинка, общему количеству хрома и уровню антиоксидантной активности, установлено следующее.

В ряду исследуемых БАДов эталонный образец №10 характеризовался наиболее высоким содержанием свободных органических кислот, растворимых сахаров, дубильных веществ, витамина РР, хрома, цинка и меди, а также обоих компонентов антоцианового комплекса, а также общим количеством биофлавоноидов, но при этом отличался минимальным содержанием пектиновых веществ, катехинов и витамина В<sub>2</sub>.

Образец №14 отмечен максимальным содержанием гидроксикоричных кислот, флавонолов, витамина В<sub>2</sub>, кальция и столь же высоким, как у эталонного объекта, содержанием цинка и наиболее значительным уровнем антиоксидантной активности, но при этом характеризовался минимальным количеством хрома, целлюлозы, витамина В<sub>1</sub> и самым низким значением сахарокислотного индекса.

Образец №16 занимал лидирующие позиции в линейке БАДов в содержании хрома, пектиновых веществ, инулина, катехинов, витаминов В<sub>1</sub> и К<sub>1</sub>, а также характеризовался наиболее высоким показателем сахарокислотного индекса, но при этом отличался наименьшим содержанием титруемых и гидроксикоричных кислот, кальция, дубильных веществ, витамина РР и обладал наиболее обедненным антоциановым комплексом при минимальном количестве флавонолов и биофлавоноидов в целом, что в совокупности обусловило у него наименьший уровень антиоксидантной активности.

Образец №17 характеризовался столь же высоким, как у образца №16, содержанием пектинов при наибольшем содержании целлюлозы, но при этом был отмечен столь же низким, как у предыдущего объекта, содержанием собственно антоцианов и лейкоантоцианов, а также минимальным количеством инулина, цинка, меди, витамина К<sub>1</sub> и сопоставимым с таковым у образца №14 наименьшим содержанием хрома и витамина В<sub>1</sub>.

В линейке исследуемых БАДов выявлены существенные различия в составе биофлавоноидного (Р-витаминного) комплекса при доминирующем положении в нем флавонолов, наиболее высоким содержанием которых характеризовался образец №14, антоциановых пигментов – эталонный образец №10, а катехинов – образец №16.

Установлены относительные размеры разноориентированных различий тестируемых образцов БАДов с эталонным образцом №10 по всему спектру исследуемых биохимических

характеристик, варьирувавшиеся в диапазоне от 8 до 1276 %. При этом наибольшей степенью различий с эталонным объектом по совокупности 24 показателей характеризовался образец № 16, а наименьшей — образец № 14. Показано, что все тестируемые образцы БАДов превосходили эталонный образец № 10 по интегральному уровню нутриентной ценности в 1,8–3,0 раза при наибольших различиях с ним образца № 16, у которого данный показатель превосходил таковой у образцов № 14 и 17 в 1,4–1,7 раза, что, учитывая наиболее высокое содержание в нем инулина и принимая во внимание основную нацеленность данных исследований, позволяло рекомендовать его как наиболее перспективный образец для производства хлебобулочной продукции, способствующей нормализации углеводного обмена у больных сахарным диабетом.

#### Список использованных источников

1. Оттавей П. Б. Обогащение пищевых продуктов и биологически активные добавки: технология, безопасность и нормативная база / Пер. с англ. – СПб.: Профессия, 2010. – 312 с.
2. Могильный М. П. Пищевые и биологически активные вещества в питании. — М.: ДеЛи принт, 2007. – 240 с.
3. Shimizu M. Functional food in Japan: Current status and future of gut-modulating food // *Journal of Food and Drug Analysis*. – 2012. – № 20. – С. 213–216.
4. Sagawa T.I.H., Kato I. Fucoidan as functional foodstuff: Structure and biological potency // *Japan J Phycol.* – 2003. – № 51. – С. 19–25.
5. Методы определения сухих веществ или влаги: ГОСТ 28561-90 // Введен в действие 01.07.1991. – М.: Стандартинформ, 1991. – 11 с.
6. Методы биохимического исследования растений / Под ред. А.И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Ленинград: [Издательство], 1987. – 430 с.
7. Марсов, Н. Г. Фитохимическое изучение и биологическая активность брусники, клюквы и черники : диссертация кандидат фармацевтических наук / «Пермская государственная фармацевтическая академия». – Пермь, 2006. – С. 99–101.
8. Большой практикум «Биохимия». Лабораторные работы : учебное пособие / сост. М. Г. Кусакина, В. И. Суворов, Л. А. Чудинова; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Пермь : [Издательство], 2012. – 148 с.
9. Saengkanuk, Araya. Simplified spectrophotometric method for determination of inulin in Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers // *Food Research Technology*. – 2011. – Т. 233. – С. 609–616.
10. Гамаюрова, В. С., Ржечицкая, Л. Э. Пищевая химия: учебник для студентов вузов: учебное пособие, электронное издание сетевого распространения / В. С. Гамаюрова, Л. Э. Ржечицкая. – М.: КДУ, Добросвет, 2018. – 496 с.
11. Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье // Государственная фармакопея СССР. – М.: Медицина, 1987. – Вып. 1: Общие методы анализа. – С. 286–287.
12. Swain T., Hillis W. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. 1. The quantitative analysis of phenolic constituents // *J. Sci. Food Agric.* – 1959. – Vol. 10, № 1. – С. 63–68.
13. Скорикина Ю. Г., Шафтан Э. А. Методика определения антоцианов в плодах и ягодах // Тр. 3 Всесоюз. семинара по биологически активным (лечебным) веществам плодов и ягод. – Свердловск, 1968. – С. 451–461.
14. Андреев В. Ю. Методика определения антоцианов в плодах аронии черноплодной // *Фармация*. – 2013. – № 3. – С. 19–21.
15. Спектрофотометрический анализ смесей витаминов с применением метода множественной линейной регрессии / И. В. Власова, А. С. Шелпакова, Е. Н. Масыкова // *Аналитика и контроль*. – 2009. – Т. 13. – № 2. – С. 86–90.
16. Основы аналитической химии / под ред. академика Ю. А. Золотова. — М.: Высшая школа, 2001. – 384 с.
17. Ринькис Г. Я., Ноллендорф В. Ф. Сбалансированное питание растений макро- и микроэлементами. – Рига: Зинатне, 1982. – 301 с.
18. Агрохимия / под ред. В. Г. Минеева. – М.: «Агрохимэкокодружество», 2017. – 854 с.
19. Dung N. T., Kim J. M., Kang S. C. Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil and the ethanol extract of *Cleistocalyx* (Roxb.) Merr. and Perry buds // *Food and Chemical Toxicology*. 2008. Vol. 46, no. 12. P. 3632–3639.
20. Карабанов И. А. Флавоноиды в мире растений / И. А. Карабанов. – Минск: Ураджай, 1981. – 80 с.
21. Шмерко Е. П., Мазан И. Ф. Лечение и профилактика растительными средствами / Е. П. Шмерко, И. Ф. Мазан. – Баку: Азербайджан, 1992. – 316 с.

22. Домаш В. И., Иванов О. А., Шарпио Т. П. Антиоксидантная активность белков отдельных видов дикорастущих растений Беларуси и Монголии // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. / Ин-т эксперимент. ботаники НАН Беларуси. – Минск, 2017. – Вып. 46. – С. 190–199.
23. Рупасова Ж. А., [и др.] Способ ранжирования таксонов растений / Мн.: Патент на изобретение №17648 от 08.07.2013.

### Информация об авторах

*Рупасова Жанна Александровна*, главный научный сотрудник лаборатории биохимии и биотехнологии растений ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси» (ул. Сурганова, 2в, 220072, г. Минск, Республика Беларусь)

E-mail: J.Rupasova@cbg.org.by

*Авраменко Станислав Николаевич*, младший научный сотрудник лаборатории биохимии и биотехнологии растений ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси» (ул. Сурганова, 2в, 220072, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: avramenko@cbg.org.by

*Мадзиевская Татьяна Афанасьевна*, начальник центра пищевых технологий УП «Унитехпром БГУ», (ул. Академика Курчатова, 1, 220045, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: matafa@mail.ru

*Далидович Сергей Владимирович*, ведущий научный сотрудник центра пищевых технологий УП «Унитехпром БГУ», (ул. Академика Курчатова, 1, 220045, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: npcpt@unitehprombsu.by

*Бычковский Павел Михайлович*, главный специалист по научной и научно-инновационной деятельности, УП «Унитехпром БГУ», (ул. Академика Курчатова, 1, 220045, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: info@unitehprombsu.by

### Information about authors

*Rupasova Zhanna Aleksandrovna*, Chief Researcher at the Laboratory of Plant Biochemistry and Biotechnology at the Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Surganova str., 220072, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: J.Rupasova@cbg.org.by

*Avramenko Stanislav Nikolaevich*, Junior Researcher at the Laboratory of Plant Biochemistry and Biotechnology at the Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Surganova str., 220072, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: avramenko@cbg.org.by

*Madzievskaya Tatyana Afanasievna*, Head of the Food Technology Center of the University of Technology and Management of BSU, (1, Akademika Kurchatova str., 220045, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: matafa@mail.ru

*Dalidovich Sergey Vladimirovich*, Leading Researcher of the Food Technology Center of the University of Technology and Management of BSU, (1, Akademika Kurchatova str., 220045, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: npcpt@unitehprombsu.by

*Bychkovsky Pavel Mikhailovich*, Chief Specialist for Scientific and Research and Innovation Activities, UP «Unitehprom BSU», (1, Akademika Kurchatova str., 220045, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: info@unitehprombsu.by