

**BISCUITS WITH MODIFIED CARBOHYDRATE COMPOSITION FOR  
DIABETIC NUTRITION**

**ПЕЧИВО МОДИФІКОВАНОГО ВУГЛЕВОДНОГО СКЛАДУ ДЛЯ  
ДІАБЕТИЧНОГО ХАРЧУВАННЯ**

**G. Simakhina, O. Vysotsky**

*National University of Food Technologies*

**Г.О. Сімахіна, О.О. Висоцький**

*Національний університет харчових технологій*

*According to up-to-date notions, the proportion between proteins, fats, and carbohydrates for normal activity of human organism should be calculated as 1: 1.1...1.3: 4.4...5.0. in other words, the amount of carbohydrates is the largest, and just they are the main sources of energy. Based on the recommendations by WHO experts, a man must receive 50...60 percents of energy from carbohydrates. Their role is as well significant in removal of metabolism waste products, because they are the powerful natural enteric sorbents and complex-makers. Carbohydrates constrain and remove the toxic substances, heavy metals, radionuclides, bile acids etc. from human organism. They also essentially form the rheological, organoleptic, and physiological properties of foodstuffs.*

*Along with that, unreasonable nutrition, including consumption of refined foodstuffs, artificial food additives, together with other negative factors can cause obesity, diabetes mellitus, metabolic syndrome, atherosclerosis, premature aging etc. As for modern physiologists and physicians, the carbohydrate metabolism pathology is the primary cause for such diseases. Therefore, the necessity to cut down the amounts of mono and disaccharides (i. e. easily absorbed carbohydrates), particularly in confectionery items, has appeared.*

*This is a very important problem because the analysis of the data of their consumption level is the evidence that practically all the Ukrainian population prefers the baked confectionery items, as people include them into their everyday diets either at home or outside, and also into the children's diets in the organized collectives.*

*Henceforth, modern specialists in nutrition point out the excessive consumption of sugar in Ukraine, particularly by children of pre-school and school age, which is highly contributed by confectionery items. One of the utmost negative consequence of this problem is that mono and disaccharides absorbed fast by the organism lead to the increase of blood sugar level, which would furthermore cause and enhance the diabetes mellitus.*

*The authors of this article used the method to lower the glycemic index in the final product, which is to replace the high-glycemic carbohydrates by substances with low glycemic index and also to compensate the sweet taste (partly eliminated with mono and disaccharides removal) by the addition of natural sweeteners, wild berries and  $\beta$ -glucanes as the components of oats and barley. This became the purpose of this research.*

**Keywords:** *baked confectionery items, glycemic index, easily absorbed carbohydrates, grain cultures, stevia, wild berries, healthy foodstuffs.*

*Згідно з сучасними уявленнями, для нормальної життєдіяльності організму співвідношення білків, жирів та вуглеводів в раціоні має складати 1: 1,1 – 1,3: 4,4 – 5,0. Тобто, вміст вуглеводів найбільший і саме вони є основним джерелом енергії. Згідно з рекомендаціями експертів ВООЗ, людина має отримувати 50-60% енергії від споживання вуглеводів. Визначною є їхня роль і у видаленні продуктів метаболізму, оскільки вони – потужні натуральні ентеросорбенти і комплексоутворювачі. Вуглеводи зв'язують і видаляють із організму токсини, важкі метали, радіонукліди, жовчні кислоти тощо. Значною мірою вони формують реологічні, органолептичні та фізіологічні властивості їжі.*

*Разом з тим, нераціональне харчування, споживання рафінованих продуктів, штучних харчових добавок, поряд з іншими негативними чинниками викликає ожиріння, діабет, метаболічний синдром, атеросклероз, передчасне старіння тощо. І на думку сучасних учених-фізіологів та медиків, первинною причиною таких захворювань є патологія вуглеводного обміну. Тому виникає необхідність обмежувати кількість моно- та дисахаридів (тобто швидкозасвоюваних вуглеводів) у харчових продуктах, передусім у кондитерських виробках.*

*Це є досить важливою проблемою, адже аналіз даних рівня їх споживання свідчить, що практично все населення України віддає перевагу борошняним кондитерським виробам, включаючи їх до щоденних раціонів у домашніх умовах, а також у складі раціону дітей в організованих колективах.*

*І якщо в останні роки фахівці в галузі харчування акцентують увагу на надмірному споживанні цукру в Україні, в тому числі дітьми дошкільного і шкільного віку, то саме кондитерські вироби вносять значну частку у формування цієї проблеми. А один із її найбільш негативних наслідків полягає в тому, що моно- і дисахариди, які швидко засвоюються організмом, призводять до зростання рівня глюкози в крові, що з часом викликає формування і розвиток цукрового діабету.*

*У межах даної роботи використано спосіб зниження глікемічного індексу готового продукту шляхом заміни в його рецептурі високоглікемічних вуглеводів на сполуки з низьким глікемічним індексом, а компенсацію солодкого смаку (при вилученні моно- і дисахаридів) здійснено додаванням природних джерел натуральних підсолоджувачів, дикорослих ягід та  $\beta$ -глюканів у складі вівса та ячменю. Це і стало метою даного дослідження.*

**Ключові слова:** *борошняні кондитерські вироби, глікемічний індекс, легкозасвоювані вуглеводи, зернові культури, стевія, дикорослі ягоди, оздоровчі продукти.*

**Постановка проблеми.** Якісний та кількісний склад харчових раціонів має забезпечити потреби організму в сполуках, з яких у його клітинах та тканинах синтезуються власні структури, необхідні для процесів життєдіяльності, пристосувальних та захисних реакцій. Тому розроблення і введення до сфери раціонів харчування населення України борошняних кондитерських виробів, в яких повністю вилучено або знижено вміст легкозасвоюваних вуглеводів, є актуальним завданням сьогодення харчової промисловості і створення, в тому числі, діабетичного харчування.

У роботі [1] серед основних завдань, які постають у нинішніх умовах перед харчовою промисловістю України, зазначено, що пріоритетним і найбільш дієвим, перевіреним практикою способом корегування раціонів харчування у загальнодержавному масштабі є прискорений розвиток індустрії здорового харчування з її орієнтацією на виробництво продуктів спеціального призначення і надання так званої «дієтичної допомоги населенню» [2]. В межах теми даної роботи йдеться про те, що спеціальні харчові продукти, нутрієнтний склад яких адекватний потребам організму як для профілактики цукрового діабету, так і при його лікуванні, здатні формувати нові пристосувальні реакції організму, поліпшувати його адаптаційні можливості, активізувати різнобічні ланки гомеостазу.

Важливим аспектом запобігання і лікування цукрового діабету є медична харчова терапія, проте досі не існує специфічної «діабетичної дієти», про що доречно і об'єктивно зазначено у монографії «Углеводы в пищевых продуктах» (автори М.О. Полумбрик та ін.), а спектр наукових досліджень зі створення нових харчових продуктів зі зниженим глікемічним індексом постійно розширюється. В результаті таких досліджень встановлено, наприклад, що хлібобулочні вироби, в тому числі кондитерські, виготовлені із твердих сортів пшениці, мають менший глікемічний індекс порівняно із м'якими сортами, що визначається особливостями взаємодії білків та крохмалю у різних сортах пшениці. Великий інтерес науковців викликають безглютенові зернові культури; використання у рецептурах харчових продуктів модифікованих

крохмалів, що повільно розщеплюються, а також інгібіторів протеолітичних ферментів; залучення до сфери виробництва продуктів зі зниженим глікемічним індексом  $\beta$ -глюканів, отриманих з вівса та ячменю, тощо.

Всі ці дослідження свідчать про важливість даної проблеми і роль харчової промисловості у її розв'язанні, розуміння науковцями значення здорового харчування, адекватного рівню стану здоров'я і характеру метаболічних порушень в організмі людини, як дієтичної терапії. І це узгоджується з одним із основних положень фундаментальної медицини, сформульованих свого часу у працях М. Семашка [3], яке звучить таким чином «Профілактика захворювань – загальнодержавна, а не медична проблема».

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Серед комплексу заходів, спрямованих на оптимізацію раціонів харчування при профілактиці і лікуванні хвороб, пов'язаних із порушенням обміну речовин, в тому числі цукрового діабету, істотне значення має розроблення та виробництво борошняних кондитерських виробів (БКВ) зі зниженим глікемічним індексом [4]. Про це свідчить широкий спектр досліджень та виклад їхніх результатів у наукових публікаціях.

В авторитетній монографії [5], яка має всі підстави з часом стати класичною, проаналізовано декілька популярних методів зниження глікемічної відповіді організму при споживанні певних продуктів. Один із них – заміна вуглеводів з високим глікемічним індексом на сполуки, в яких цей показник значно знижено [6, 7]. Інший метод передбачає заміну в рецептурі БКВ цукру на фруктозу, хоча один із авторів монографії М.О. Полумбрик наводить застереження (з посиланням на роботу [8]) щодо небезпеки тривалого споживання значних кількостей фруктози з точки зору можливості виникнення небажаних ендокринних порушень в організмі людини [15]. Слід зазначити, що на сайтах деяких фірм-виробників і в торгівельній мережі представлено продукцію, в рецептурі якої цукор замінено на фруктозу і котра позиціонується як діабетична. Проте в технічних регламентах Митного союзу ТР ТС 027/2012 [9] вказано, що кондитерські вироби на фруктозі не є діабетичними. Таких

термінологічних понять і вимог до спеціалізованих харчових продуктів необхідно дотримуватись і розробникам, і виробникам продукції для діабетичного харчування.

Автори [10, 11] відносять модифіковані певним чином БКВ до сегменту продуктів функціонального призначення, які, згідно з прогнозами фахівців, повинні незабаром скласти до 30% світового ринку і навіть витіснити зі сфери реалізації 35-50% багатьох традиційних лікарських препаратів [10]. Розглядаються перспективи широкого застосування в рецептурах БКВ фітодобавок, вітамінних преміксів, мінеральних сполук, пов'язаного не лише з рецептурним складом та технологією виробництва, а й з функціональним призначенням таких продуктів.

Використання в якості підсолоджувача в рецептурі печива водного екстракту сухого листа стевії і кристалічного порошку – стевіозиду, в 300 разів солодшого за цукор – дало можливість авторам [12] отримати продукт діабетичного призначення з високими споживчими характеристиками.

Останнім часом великої популярності набуває введення до рецептури БКВ зі зниженим глікемічним індексом  $\beta$ -глюканів. Це розчинні компоненти харчових волокон зернових культур – високомолекулярні полімери глюкози, зв'язані глікозидними зв'язками.  $\beta$ -глюкани містяться у клітинних стінках зерна ячменю, вівса, пшениці, жита, кукурудзи, рису, сорго [13]. Джерелами  $\beta$ -глюканів є також деякі штами дріжджів та ряд грибів. Згідно з нормативними документами Європейського Союзу,  $\beta$ -глюкани належать до сполук, споживання котрих не підвищує рівень глюкози в крові після прийому їжі. І це відкриває принципово новий напрям у виробництві БКВ діабетичного призначення, особливо зважаючи на той факт, що українські науковці уже розробили технологію препаратів  $\beta$ -глюкану дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* у різних формах: структурній, водорозчинній, біомодифікованій [14], апробацію якої здійснено на ТОВ НВП «Аріадна» (м. Одеса).

**Мета статті** полягає в обґрунтуванні та розробленні рецептури цукрового печива модифікованого складу для сфери діабетичного харчування, а також технологічного способу його виробництва.

**Матеріали і методи.** Предметами дослідження в даній роботі є зернові культури – овес, ячмінь, гречка; стевія, ягоди журавлини, рецептура модифікованого печива.

Методи визначення основних біохімічних показників вихідної сировини та готового продукту стандартні.

**Викладення основних результатів дослідження.** У якості контрольного зразка при розробленні рецептури печива з модифікованих вуглеводним профілем обрано цукрове печиво, вироблене за класичною рецептурою і традиційною технологією. Тобто, в рецептурі присутні інгредієнти: масло вершкове або рослинна олія, яєчний порошок, молоко сухе незбиране, екстракт стевії, сухі подрібнені ягоди журавлини. Екстракт стевії та ягоди журавлини надають збалансованого смаку готовому виробу, оскільки цукор повністю виключено з рецептури. Борошно ячменю та вівса містить, як уже зазначали,  $\beta$ -глюкани, котрі, сповільнюючи процес усмоктування нутрієнтів, передусім вуглеводів, сприяють нормалізації рівня глюкози в крові у здорових осіб та його зниження у хворих на цукровий діабет [16].

Для обґрунтування і вибору харчових інгредієнтів, що мають гіпоглікемічну дію, проаналізували біохімічний склад таких видів борошна, як рисове, гречане, вівсяне, ячмінне, які позиціонуються як компоненти для діабетичних продуктів, за літературними даними. Потім розрахували інтегральний скор нутрієнтів кожного з видів борошна, а результати представили у таблиці 1.

*Таблиця 1. Розрахунок інтегрального скору для різних видів борошна*

Назва нутрієнта	Добові потреби	Борошно пшеничне	Борошно рисове	Борошно гречане	Борошно вівсяне	Борошно ячмінне
Білки, г	61	16,93	9,75	20,69	24,03	17,21

Жири, г	62	1,58	2,29	5,00	14,71	2,58
Вуглеводи, г	300	24,54	25,91	20,20	19,73	21,55
Харчові волокна, г	30	9,00	8,00	33,33	21,67	33,67
Е, мкг	15	0,40	0,73	2,13	4,67	3,80
В1, мг	1,3	9,23	10,77	32,31	53,08	28,46
В2, мг	1,6	2,50	1,25	11,88	8,13	6,88
В6, мг	1,8	2,22	24,44	32,22	7,22	22,22
Ніацин, мг	16	7,81	16,19	38,44	9,19	39,19
Фолат, мкг	400	6,50	1,00	13,50	8,00	2,00
К, мкг	100	0,30	0,00	7,00	3,20	2,20
Пантотенова к- та, мг	5	8,80	16,40	8,80	4,00	3,00
Натрій, мг	5000	0,04	0,00	0,22	0,38	0,08
Калій, мг	3700	2,89	2,05	15,59	10,03	8,35
Кальцій, мг	1100	1,36	0,91	3,73	5,00	2,91
Фосфор, мг	1200	9,00	8,17	28,08	37,67	24,67
Магній, мг	500	4,40	7,00	50,20	28,80	19,20
Залізо, мг	17	6,88	2,06	23,88	23,53	15,76
Цинк, мг	12	5,83	6,67	26,00	26,67	16,67
Селен, мкг	50	67,80	30,20	11,40	68,00	75,40
Мідь, мг	1	14,00	13,00	52,00	44,00	34,00
Марганець, мг	2	34,00	60,00	101,50	201,00	51,50

За показниками вмісту білку, харчових волокон, більшості вітамінів та мінеральних сполук для подальших досліджень обрано борошно гречане, вівсяне та ячмінне.

Для визначення впливу обраних інгредієнтів на якість готового продукту розроблено рецептури і вироблено модельні зразки печива з модифікованим вуглеводним профілем. Технологія отримання печива складається з таких послідовних стадій: підготовка суміші сипких компонентів; підготовка жирового компонента; приготування емульсії; замішування тіста; формування; випікання; охолодження; пакування; зберігання. Суміш сипких компонентів складалась із таких комбінацій: борошно гречане – 50%; борошно вівсяне і ячмінне – по 25%; наступна комбінація: борошно вівсяне – 50%; борошно гречане і ячмінне – по 25%; у третій комбінації борошно ячмінне – 50%; борошно вівсяне і гречане – по 25%. У кожній із рецептур екстракт стевії (6,8% СР) становить по 2%, а подрібнені сухі ягоди журавлини – по 5%.

Варіанти рецептур модифікованого цукрового печива порівняно із контрольним зразком наведено у таблиці 2.

*Таблиця 2. Варіанти рецептур модифікованого печива*

Назва компонента рецептури	Контроль (рецептура 1)	Рецептура 2	Рецептура 3	Рецептура 4
Борошно пшеничне	100,00	0,00	0,00	0,00
Борошно гречане	0,00	50,00	25,00	25,00
Борошно вівсяне	0,00	25,00	50,00	25,00
Борошно ячмінне	0,00	25,00	25,00	50,00
Яечний порошок	7,50	7,50	7,50	7,50
Маргарин	20,00	20,00	20,00	20,00
Сухе молоко	4,70	4,70	4,70	4,70
Сіль кухонна	0,74	0,74	0,74	0,74
Цукор білий кристалічний	33,00	0,00	0,00	0,00
Сода	0,74	0,74	0,74	0,74
Стевія	0,00	2,00	2,00	2,00
Ягоди журавлини	0,00	5,00	5,00	5,00
Разом	166,68	140,68	140,68	140,68

На основі літературних даних та результатів власних досліджень здійснено розрахунок біохімічного складу цукрового печива модифікованого та традиційного. За отриманими даними розраховано інтегральний скор нутрієнтів печива різних рецептур, котрий наведено у таблиці 3.

Порівняльна характеристика печива модифікованого складу (рецептури 2–4) та контролю (рецептура 1) показує явні переваги за нутрієнтним складом усіх трьох розроблених рецептур. Зокрема, частка білку зростає на 12...15%. Практично на таку ж кількість зменшується вміст вуглеводів, а частка харчових волокон з 5,4 г збільшується до 22,28 г (при добовій потребі в харчових волокнах 25...40 г, у середньому – 30 г). Зростає концентрація більшості вітамінів, особливо фолієвої кислоти та вітаміну К; істотно зростає частка калію, кальцію, фосфору, магнію, заліза.

**Таблиця 3. Розрахунок інтегрального скору печива модифікованого та традиційного складу**

Назва нутрієнта	Добові потреби	Контроль (рецептура 1)	Рецептура 2	Рецептура 3	Рецептура 4
Білки, г	61	14,97	20,40	21,00	19,79
Жири, г	62	20,21	27,68	29,40	27,25
Вуглеводи, г	300	21,83	15,55	15,47	15,79
Харчові волокна, г	30	5,40	22,23	20,15	22,28
Е, мкг	15	12,93	17,58	18,03	17,87
В1, мг	1,3	6,92	27,64	31,33	26,96
В2, мг	1,6	8,55	15,29	14,62	14,40
В6, мг	1,8	1,76	17,31	12,86	15,53
Ніацин, мг	16	5,15	22,83	17,63	22,96
Фолат, мкг	400	3,99	6,69	5,71	4,65
К, мкг	100	0,18	3,63	2,95	2,78
Пантотенова к-та, мг	5	8,88	8,85	8,00	7,82
Натрій, мг	5000	4,43	5,38	5,41	5,36
Калій, мг	3700	3,12	10,53	9,54	9,25
Кальцій, мг	1100	4,34	6,94	7,16	6,79
Фосфор, мг	1200	10,40	27,03	28,73	26,42
Магній, мг	500	3,87	27,89	24,08	22,38
Залізо, мг	17	6,99	18,67	18,61	17,23
Цинк, мг	12	4,83	18,55	18,67	16,89
Селен, мкг	50	40,68	29,54	39,60	40,92
Мідь, мг	1	9,96	35,83	34,40	32,63
Марганець, мг	2	20,68	81,92	99,60	73,03

Відомо, що важлива роль будь-якого харчового продукту визначається співвідношенням білків, жирів і вуглеводів. У межах нашої роботи його можна оцінити за даними таблиці 4.

**Таблиця 4. Співвідношення макронутрієнтів у різних видах печива**

Енергетична цінність	Контроль (рецептура 1)	Рецептура 2	Рецептура 3	Рецептура 4
Б (1)	1,00	1,00	1,00	1,00
Ж (1)	1,37	1,38	1,42	1,40
В (4)	7,17	3,75	3,62	3,93

У модифікованих видах печива співвідношення макронутрієнтів наближається до нормативного і, наприклад, для рецептури 4 становить  $B : Ж : В = 1 : 1,4 : 3,93$ .

## **Висновки**

Практично всім харчовим продуктам, що їх традиційно споживає населення, можна надати функціональних властивостей і таким чином зробити нашу їжу нашими ліками, як мріяв про це ще Гіппократ. І якщо синтезувати сучасні уявлення про рушійні сили життєзабезпечення організму людини, то на перший план виходить зміна способу життя, основною складовою якого є здорове харчування. Тому перед харчовою промисловістю постало надзвичайно важливе завдання – налагодити випуск продуктів спеціального призначення як елемента здорового харчування. В контексті даної статті йдеться про продукти для діабетичного харчування.

У результаті проведених теоретичних та експериментальних досліджень здійснено модифікацію вуглеводного профілю цукрового печива, котра полягає в заміні пшеничного борошна з досить високим глікемічним індексом, яке традиційно використовується в рецептурах борошняних кондитерських виробів, на композиційну суміш із вівсяного, ячмінного та гречаного борошна, узятих у певних співвідношеннях; у повному вилученні з рецептури цукру і його заміни на інгредієнти, що не викликають гіперглікемічного ефекту (екстракт стевії та  $\beta$ -глюкани у складі борошняної суміші), а також введення до рецептури порошку ягід журавлини, завдяки чому досягаються високі органолептичні характеристики і гармонійне поєднання усіх компонентів печива. Розроблена продукція за умови її впровадження у виробництво стане складовою діабетичного харчування, конче необхідного для значної частини населення України.

## **Література**

1. Сімахіна Г.О. Нові виклики перед харчовою промисловістю України в стратегії поліпшення національного здоров'я. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2019. №5. С. 197–206.

2. Здоровье – 2020: основы Европейской политики в поддержку действий всего государства и общества в интересах здоровья и благополучия. Мальта. 2012 (EUR/RCC 82/9).
3. Семашко Н. А. Прожитое и пережитое. Москва: Госполитиздат, 1960. 120 с.
4. Аксенова Л.М., Савенкова Т.В. Основные направления развития производства мучных кондитерских изделий. *Пищевые ингредиенты в производстве лучших кондитерских изделий*. Москва: ДеЛи ИМС. 2013. С. 14–33.
5. Полумбрик О.М., Литвяк В.В., Ловкис З.В., Ковбаса В.Н. Углеводы в пищевых продуктах: монография. Минск: ИВЦ Минфина, 2016. 592 с.
6. Wolever T.M.S. The glycaemic index: a physiological classification of dietary carbohydrate. 2010. Cabi Publishing: Cambridge. 240 p.
7. Brouns F., Bjorck I., Frayn K.N. et. al. Glycaemic index methodology. *Nutr. Res. Rev.* 2005. Vol. 18. P. 145–171.
8. Yoshikawa Y., Hirata R., Yasui H. et. al. Alpha-glucosidase inhibitory effect of anti-diabetic metal ions and their complexes. *Biochimie*. 2009. Vol. 91. P. 1339–1341.
9. Красина И.Б., Ходус Н.В. Разработка технологии мучных кондитерских изделий с использованием стевии. *Известия вузов. Пищевая технология*. 2004. Деп. в ВИНТИ 01.10.2004. №1555 – В 2004.
10. Резниченко И.Ю., Багаева А.В., Позняковский В.М. Сахаристые кондитерские изделия функционального назначения: состояние рынка, методологические аспекты. *Кондитерское производство*. 2004. №2. С. 14–15.
11. Ларионова И.И. Солодовые экстракты в производстве кондитерских и хлебобулочных изделий. *Кондитерское и хлебопекарское производство*. 2004. №9. С. 16–18.
12. Шарафетдинов Х.Х., Плотникова О.А. Современная стратегия лечебного питания при сахарном диабете типа 2. *Вопросы питания*. 2008. Т. 77, №2. С. 23–31.

13. Филлипс Г.О., Вильямс П.А. Справочник по гидроколлоидам / пер. с англ., под. ред.. А.А. Кочетковой, Л.А. Сарафановой. Санкт-Петербург: ГИОРД. 2006. 536 с.

14. Черно Н.К., Шапкина К.І., Коваленко О.В. Спосіб отримання бета-глюкану клітинних стінок дріжджів роду *Saccharomyces cerevisiae*. *Прогресивна техніка та технологія харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. Харків, 2012. №2. С. 321–326.

15. Полумбрик М.О. Пищевые продукты с низким гликемическим индексом в диетотерапии больных на ожирение. *Международ. эндокрин. журнал. (Int. J.Endocrinol.)*. 2008. №5. С. 81–83.

16. Behall K.M., Schoffield D.J., Hallfrisch J. Barley  $\beta$ -glucan reduces plasma glucose and insulin responses compared with resistant starch in men. *Nutr. Res.* 2006. Vol. 26. P. 644–650.