

УДК 663.8

doi:10.20998/2413-4295.2023.04.07

## ПІДСОЛОДЖУВАЛЬНІ РЕЧОВИНИ: КЛАСИФІКАЦІЯ, ВЛАСТИВОСТІ, ЗАСТОСУВАННЯ В ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗАЛКОГОЛЬНИХ НАПОЇВ

**Р. Б. КОСІВ**

кафедра технології органічних продуктів, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, УКРАЇНА  
e-mail: ruslana.b.kosiv@lpnu.ua

**АНОТАЦІЯ** З огляду на тенденції здорового харчування, потреби хворих на цукровий діабет, економічні переваги виробництво підсолоджувальних речовин, їх асортимент і асортимент напоїв з їх використанням безперервно розширюються. Водночас з'являються труднощі, пов'язані з необхідним вибором підсолоджувальних добавок для вирішення конкретних завдань. Узагальнено дані сучасної наукової літератури щодо технологічних аспектів застосування підсолоджувальних речовин у виробництві безалкогольних напоїв і обґрунтовано їх вибір для отримання напоїв відповідного функціонального спрямування. Усі підсолоджувальні речовини умовно можна розділити на шість груп: цукри, цукрозамінники (солодкі спирти), синтетичні підсолоджувачі, природні підсолоджувачі, природні цукристі продукти, цукристі продукти, отримані з крохмалю чи цукру. Здійснено порівняння основних властивостей різноманітних підсолоджувальних речовин: коефіцієнта солодкості, калорійності, глікемічного індексу. Проаналізовано потенційно несприятливі ефекти, які можуть виникати при споживанні напоїв, приготовлених з їх використанням. Природні цукристі продукти здебільшого менш солодкі ніж цукор, тоді як штучні підсолоджувачі мають більшу від сахарози солодкість. Проте ризики й недоліки синтетичних підсолоджувачів переважають переваги їх використання. Зважаючи на це, доцільно зменшувати або повністю виключати з раціону людини споживання харчових продуктів, що містять підсолоджувачі. З іншого боку, щоб усунути негативні наслідки, пов'язані зі споживанням цукру, потрібно використовувати природні джерела підсолоджувальних речовин. При виборі підсолоджувальних речовин для отримання функціональних напоїв відповідного спрямування беруть до уваги чимало критеріїв: коефіцієнт солодкості, калорійність, вплив на рівень інсуліну в крові (глікемічний індекс), вплив на травну систему людини, вплив на здоров'я зубів, допустиму добову норму споживання. Для широкого введення природних підсолоджувальних речовин до рецептур напоїв потрібно проводити детальні дослідження способів їх оброблення й використання в промислових масштабах.

**Ключові слова:** цукри; цукрозамінники; підсолоджувачі; сиропи; мед.

## SWEETENERS: CLASSIFICATION, PROPERTIES, APPLICATION IN THE TECHNOLOGY OF SOFT DRINKS

**R. KOSIV**

Department of Organic Products Technology, Lviv Polytechnic National University, Lviv, UKRAINE

**ABSTRACT** Due to healthy eating trends, the needs of diabetics, and economic advantages, the production of sweeteners, their range, and the range of beverages containing them are constantly expanding. At the same time, there are difficulties associated with the necessary selection of sweetening agents to solve specific problems. The data of modern scientific literature on the technological aspects of the use of sweeteners in the production of soft drinks are summarized and their choice for obtaining drinks of the corresponding functional direction is substantiated. All sweeteners can be divided into six groups: sugars, sweeteners (sweet alcohols), synthetic sweeteners, natural sweeteners, natural sugary products, and sugary products derived from starch or sugar. The main properties of various sweeteners are compared: sweetness factor, caloric content, glycemic index. The potential adverse effects that may occur when consuming beverages prepared with their use are analyzed. Natural sugary products are generally less sweet than sugar, while artificial sweeteners have a higher sweetness than sucrose. However, the risks and disadvantages of synthetic sweeteners outweigh the benefits of their use. In this regard, it is advisable to reduce or completely eliminate the consumption of food products containing sweeteners from the human diet. On the other hand, natural sources of sweeteners should be used to eliminate the negative effects associated with sugar consumption. When choosing sweeteners for functional beverages, many criteria are taken into account: sweetness factor, caloric content, effect on blood insulin levels (glycemic index), effect on the human digestive system, effect on dental health, and allowable daily intake. For the widespread introduction of natural sweeteners into beverage formulations, detailed research into how they are processed and used on an industrial scale is required.

**Keywords:** sugar; sweeteners; sugar substitutes; syrups; honey.

### Вступ

Концепція усвідомленого споживання й здорового способу життя впливає на розвиток харчової промисловості. Функціональні харчові продукти є інноваційним способом забезпечення

організму людини необхідними поживними й біологічно активними речовинами, які сприяють збереженню здоров'я й доброму самопочуттю. Водночас найбільш раціональною формою харчових продуктів для збагачення раціону біологічно активними речовинами й створення продуктів

спеціального призначення є безалкогольні напої. Серед інноваційних продуктів у галузі безалкогольних напоїв набувають популярності напої, отримані лише з натуральних компонентів, функціональні напої, низько- й середньокалорійні напої, енергетичні напої, концентрати напоїв, а також бутильовані води [1]. У широкому асортименті безалкогольних напоїв, які випускають вітчизняні й закордонні підприємства, значну частку займають солодкі напої.

Останнім часом з урахуванням вимог науки про харчування отримало інтенсивний розвиток виробництво низькокалорійних напоїв, напоїв для людей, які страждають на низку захворювань (насамперед цукровий діабет), що зумовило розширення застосування цукрозамінників і підсолоджувачів. Вони можуть мати таку саму солодкість як сахароза або значно більшу, навіть у сотні разів. Не маючи глюкозного фрагмента в складі молекули, такі замінники можуть бути успішно використані у виробництві напоїв для хворих на цукровий діабет. Високий коефіцієнт солодкості дає змогу при їх застосуванні виробляти низькокалорійні, дешеві дієтичні напої, повністю або частково позбавлені легкозасвоюваних вуглеводів.

З огляду на тенденції здорового харчування, потреби хворих на цукровий діабет, економічні переваги виробництво підсолоджувальних речовин, їх асортимент і асортимент напоїв з їх використанням безперервно розширюються. Водночас з'являються труднощі, пов'язані з необхідним вибором підсолоджувальних добавок для вирішення конкретних завдань.

### Мета роботи

Метою роботи є узагальнення даних сучасної наукової літератури щодо технологічних аспектів застосування підсолоджувальних речовин у виробництві безалкогольних напоїв і обґрунтування їх вибору для отримання напоїв відповідного функціонального спрямування.

### Виклад основного матеріалу

У харчовій промисловості широко використовують підсолоджувальні речовини, що мають солодкий смак. На практиці до цієї групи часто включають усі солодкі добавки (інгредієнти).

Смак напоїв посідає друге місце після зовнішнього вигляду серед критеріїв вибору напоїв споживачами. Солодкий смак відчувається в продуктах харчування за дуже низького порогового значення концентрації підсолоджувальних речовин. Порогова концентрація сахарози становить  $0,01 \text{ моль/дм}^3$ , глюкози –  $0,08 \text{ моль/дм}^3$ , сахаринату натрію (сахарину) –  $0,000023 \text{ моль/дм}^3$ .

Є різні класифікації підсолоджувальних речовин. За походженням їх поділяють на природні й

синтетичні (штучні); за калорійністю – на висококалорійні, низькокалорійні, практично некалорійні; за рівнем солодкості – з високим або низьким сахарозним еквівалентом.

Усі підсолоджувальні речовини умовно можна розділити на шість груп (табл. 1) [2-6].

Таблиця 1 – Класифікація підсолоджувальних речовин

№	Назва групи речовин	Представники групи речовин
1	Цукри	цукор кристалічний, пресований, рафінований; моносахариди (глюкоза, фруктоза, галактоза, тагалоza); дисахариди (сахароза, мальтоза, лактоза, лактулоза, трегалоza)
2	Цукрозамінники	сорбітол, ксилітол, манітол, мальтитол, ізомальтитол, лактитол, еритритол
3	Синтетичні підсолоджувачі	адвантам, неотам, неогесперидин дигідрохалкон, сукралоза, сахарин, ацесульфам калію, аспартам, цикламат
4	Природні підсолоджувачі	тауматин, монелін, бразейн, пентадин, міракулін, стевіозид, гліциризин
5	Природні цукристі продукти	мед, кленовий сироп, пальмовий цукор, фруктовий цукор
6	Цукристі продукти, отримані з крохмалю чи цукру	патоки (високооцукрена, низькооцукрена, карамельна, мальтозна); глюкозно-фруктозні сиропи; інвертний цукровий сироп; солодовий екстракт; рисовий сироп

Підсолоджувальні речовини характеризують такі основні показники: коефіцієнт солодкості, що показує, у скільки разів речовина є солодшою від сахарози; калорійність, що характеризує загальну енергетичну цінність продукту й відповідає кількості енергії в калоріях, яка одержується при згоранні одного грама речовини до кінцевих продуктів (ккал/г); глікемічний індекс – відносний показник впливу вуглеводів на зміну рівня глюкози в крові. Вуглеводи з низьким рівнем глікемічного індексу (55 і нижче) повільніше засвоюються, тому спричиняють менше й повільніше підняття рівня цукру й інсуліну в крові. Глікемічний індекс глюкози прийнято за 100.

### Цукри

До цукрів належать моно- й дисахариди. Вони відіграють важливу роль у формуванні властивостей напоїв. Окрім того, що цукри є носіями солодкого смаку, вони беруть участь в утворенні структури харчових продуктів: аморфної, кристалічної, геле-, пасто-, піноподібної. Властивості цукрів, які

використовують як підсолоджувальні речовини, наведено в табл. 2 [2,3].

Таблиця 2 – Цукри

Назва цукру	Коефіцієнт солодкості	Калорійність ккал/г	Глікемічний індекс
Сахароза	1,00	4,0	68,0
Глюкоза	0,80	4,0	100,0
Фруктоза	1,50	4,0	20,0
Тагалоza	0,92	1,5	3,0
Мальтоза	0,40	4,0	105,0
Лактоза	0,35	4,0	45,0
Трегалоza	0,45	3,5	72,0
Лактулоза	0,50	4,0	46,0

Споживання великої кількості цукрів може мати шкідливий вплив на організм людини. Доведено, що легкозасвоювані вуглеводи в надмірній кількості можуть призвести до виникнення серцево-судинних і ендокринних захворювань, підвищення рівня холестерину й глюкози в крові, надлишкової маси тіла. Надмірне споживання цукру викликає резистентність до інсуліну, внаслідок чого організм не може функціонувати повноцінно [7,8]. Зважаючи на це, виникає потреба зниження вмісту цукру в напоях, адже високе його споживання здебільшого пов'язане саме з напоями.

### Цукрозамінники

Відповідно до правил номенклатури IUPAC до цукрозамінників належать похідні вуглеводів – поліоли, цукроспирти, гідрогенізовані вуглеводи [6].

Цукрозамінники можуть замінити цукри як за органолептичними, так і за структурно-механічними показниками, адже вони беруть участь в утворенні аморфної, кристалічної, геле-, пасто-, піноподібної структури харчових продуктів. Проте цукрозамінники не беруть участі в реакції меланоїдиноутворення, бо не мають редукуючих властивостей.

Усі цукрозамінники, крім еритритолу, отримують каталітичним гідруванням відповідних вуглеводів. Сорбітол отримують з глюкози, ксилітол – з D-ксилози, ізомальт – із сахарози, лактитол – з лактози, мальтитол – з мальтози [6]. Еритритол є єдиним цукрозамінником, який отримують не каталітичним гідруванням вуглеводів, а мікробіологічним синтезом. Як мікроорганізми-продуценти використовують осмофільні дріжджі й гриби *Moniliella*, *Trigonopsis* або *Torulopsis*. Властивості цукрозамінників подано в табл. 3 [2,3].

Цукрозамінники мають калорійність, що майже вдвічі менша від калорійності моно- й дисахаридів. Калорійність еритритолу становить 0,2 ккал/г, здебільшого вважають, що він не містить калорій. Надмірне споживання поліолів може викликати гастроентерологічні ускладнення, тому встановлено допустиму добову норму їх споживання (г/добу): сорбітолу – 24, ксилітолу – 60, мальтитолу – 87, ізомальтитолу – 66, лактитолу – 54, еритритолу – 132.

Таблиця 3 – Цукрозамінники

Назва цукро-замінника	Коефіцієнт солодкості	Калорійність ккал/г	Глікемічний індекс
Сорбітол	0,60	2,6	9,0±4
Ксилітол	1,00	2,4	8,0±1
Мальтитол	0,90	3,0	35,0
Ізомальтитол	0,55	2,0	9,0±3
Лактитол	0,37	2,0	3,0±2
Еритритол	0,65	0,2	0,2

Цукрозамінники безпечні, стабільні й практично не містять калорій. З огляду на це вони поступово витісняють традиційні висококалорійні джерела підсолоджувальних речовин і штучні підсолоджувачі. Природні підсолоджувачі видобувають з рослин, що часто потребує високого рівня енергії й спричиняє забруднення довкілля. Біосинтез за допомогою мікробних клітин може бути екологічною альтернативою для виробництва природних замінників цукру [8]. У промислових масштабах цим способом виробляють лише еритритол, хоча біосинтез інших цукрозамінників є перспективним.

### Синтетичні підсолоджувачі

Підсолоджувачі – це речовини з високою солодкістю. Вони не мають властивостей структуроутворювачів і забезпечують харчовим продуктам лише солодкий смак. Підсолоджувачі поділяють на природні й синтетичні [2,6].

Синтетичні підсолоджувачі все частіше використовують у різноманітних дієтичних напоях. Вони забезпечують менше калорій і набагато інтенсивнішу солодкість, ніж цукровмісні продукти [9].

Серед синтетичних підсолоджувачів на території країн Європейського Союзу в продуктах харчування дозволено використовувати сахарин, ацесульфам калію, аспартам, цикламат, сукралозу, неотам, адвантам.

Властивості синтетичних підсолоджувачів наведено в табл. 4 [2].

Таблиця 4 – Синтетичні підсолоджувачі

Назва підсолоджувача	Коефіцієнт солодкості	Калорійність ккал/г	Глікемічний індекс
Адвантам	20 000	0	0
Неотам	8 000	0	0
Неогесперидин дигідрохалкон	1 500-2 000	0	0
Сукралоза	600	2,7-3,4	0
Сахарин	300-500	0	0
Ацесульфам калію	200	0	0
Аспартам	160-200	3,7-4,0	0
Цикламат натрію	30-50	0	0

Дедалі більше уваги приділяють сумішам різних підсолоджувачів. При складанні сумішей враховують їхню солодкість, можливе поліпшення смаку, тривалість відчуття солодкості, синергійний ефект, технологічні характеристики, можливість повної або часткової заміни цукру, вартість суміші.

Результати численних досліджень свідчать про прямий зв'язок між більшим споживанням деяких синтетичних підсолоджувачів і підвищеним ризиком серцево-судинних захворювань [9], ожиріння, алергічних реакцій, метаболічного ацидозу й онкологічних захворювань [7]. З огляду на це встановлено допустиму добову норму споживання синтетичних підсолоджувачів (г/добу): неотаму – 0,14, сукралози – 1,05, сахарину – 0,35, ацесульфаму калію – 0,63, аспартаму – 2,8, цикламату натрію – 0,49.

Зважаючи на негативний вплив синтетичних підсолоджувачів на організм людини, деякі з них, зокрема ацесульфам калію, аспартам, цикломат натрію, сахарин, частково або повністю заборонені до використання в окремих розвинених країнах [10].

#### Природні підсолоджувачі

Природні підсолоджувачі є безпечнішою альтернативою синтетичним. Це підсолоджувачі з невеликою або відсутньою калорійністю, мають нульовий глікемічний індекс, можуть мати присмак, подібний до синтетичних підсолоджувачів. Природні підсолоджувачі – стевіозид, тауматин, монелін, бразеїн, пентадин тощо – видобувають з відповідних рослин. Їхні властивості наведено в табл. 5 [2].

Таблиця 5 – Природні підсолоджувачі

Назва підсолоджувача	Коефіцієнт солодкості	Калорійність ккал/г	Глікемічний індекс
Тауматин	2 000	4	0
Монелін	1 500	4	0
Бразеїн	1 000	4	0
Пентадин	500	4	0
Стевіозид	300	0	0
Гліциризин	50-100	-	0

Натуральні підсолоджувачі широко використовують у технології напоїв, проте низький вміст природних цукристих речовин у рослинній сировині робить традиційний процес їх екстрагування економічно й екологічно не вигідним [11].

#### Природні цукристі продукти

Альтернативою використанню штучних підсолоджувачів, окрім цукру, є природні цукристі продукти [2]. До них, зокрема, належать: мед – багатий на ферменти, антиоксиданти, залізо, цинк, кальцій тощо; кокосовий (пальмовий) цукор – натуральний цукор, який виготовляють із соку кокосової пальми й використовують для заміни цукру завдяки низькому глікемічному навантаженню, багатому вмісту мінералів і фенолів, високій антиоксидантній активності; кленовий сироп – один з

найкращих натуральних замінників цукру завдяки високому вмісту мінералів, антиоксидантів, здатності знижувати глікемічні показники внаслідок інгібування активності  $\alpha$ -глюкозидази.

Властивості природних цукристих продуктів наведено в табл. 6 [2].

Таблиця 6 – Природні цукристі продукти

Назва продукту	Коефіцієнт солодкості	Калорійність ккал/г	Глікемічний індекс
Мед	1,1	4	50
Кленовий сироп	1,0	4	54
Кокосовий цукор	1,0	4	35
Сироп сорго	1,0	4	50

Актуальним є використання різноманітних натуральних цукристих продуктів, що усувають ризики впливу штучних підсолоджувачів на здоров'я людини, а також мають більшу поживну цінність.

#### Цукристі продукти, отримані з крохмалю чи цукру

Сиропи є водними розчини цукрів або гідролізатами крохмалю. Це густі в'язкі рідини, що містять здебільшого розчинені сахариди, які мають невелику тенденцію до утворення кристалів. В'язкість сиропу зумовлена утворенням численних водневих зв'язків між присутніми у водному розчині цукрами, що містять велику кількість гідроксильних груп [12].

Основною сировиною для виробництва сиропів, які містять продукти гідролізу з низькою молекулярною масою (глюкозу, декстрозу, мальтозу, мальтотріозу, декстрини), є крохмаль. Сиропи виготовляють з різних джерел крохмалю, як-от картоплі, кукурудзи, сорго, рису, маніоки, амаранту, батату.

Патока є продуктом неповного гідролізу крохмалю – сумішшю глюкози, мальтози й декстринів. У харчовій промисловості використовують крохмальну, мальтозну, рафінадну й глюкозну високоцукрену патоку. Вміст сухих речовин у них становить не менш як 78 %, у рафінадній – не менш як 73 %, а вміст редуруючих речовин (у % від сухих речовин): у крохмальній – 30-44, у мальтозній – 30-80, у рафінадній – 53, у глюкозній – 44-60.

Крохмальну патоку одержують кислотним гідролізом картопляного або кукурудзяного крохмалю-сирцю з подальшим очищенням одержаного сиропу та його упарюванням під вакуумом до відповідної густини. Патока складається здебільшого з декстринів і редуруючих речовин (глюкози, мальтози тощо). Чим більше декстринів у патоці, тим вищі її антикристалізаційні властивості й тим нижча солодкість.

Мальтозо-глюкозні патоки отримують двоступінчастим ферментативним гідролізом кукурудзяного або пшеничного крохмалю. На першому етапі крохмаль розщеплюється до декстринів. Потім під дією β-амілази солоду або амілази бактеріального походження перебігає розщеплення декстринів до моно-, ди- й трисахаридів. Збільшення вмісту мальтози в сиропі досягають застосуванням ферменту пулуланизи. Мальтозо-глюкозні сиропи містять цукри (глюкозу, мальтозу, мальтотріозу), не кристалізуються, мають низьку кольоровість і не змінюють свій склад під час нагрівання. Глюкозна високооцукрена патока є найбільш солодкою й гігроскопічною.

Рафінадна патока – відхід виробництва цукру-рафінаду – густа рідина темного кольору й гіркуватого смаку, що містить не менш як 53 % сахарози.

Широко використовують глюкозно-фруктозні сиропи (ГФС), які отримують з крохмалевмісної сировини (картоплі, кукурудзи, пшениці, сорго, ячменю, рису тощо) методом ферментативного гідролізу. За допомогою ферменту інвертази глюкозу перетворюють на фруктозу. Завдяки зміні умов ферментативного гідролізу отримують ГФС з різним вмістом фруктози: HFCS-42 містить 42 % фруктози, HFCS-55 – до 55-60 %, HFCS-90 – до 90-95 %. З огляду на те, що ГФС солодші від сахарози, їх все більше використовують замість цукру. Виробництво ГФС є економічно вигіднішим порівняно з виробництвом цукру з буряків, оскільки вирощування картоплі, кукурудзи, сорго потребує менших трудовитрат. Ціни на ГФС суттєво нижчі за ціни на цукор.

Інвертований цукровий сироп відрізняється від звичайного цукрового сиропу тим, що під час його варіння сахароза під впливом органічних кислот або ферментного препарату β-фруктофуранозидози розщеплюється на глюкозу й фруктозу. Отриманий унаслідок гідролізу сахарози інвертний цукор має солодший і м'якший смак, водночас зменшується глікемічний індекс. Унаслідок приєднання молекули води молекулярна маса глюкози й фруктози збільшується за повної інверсії сахарози на 5,3 %.

Екстракти солоду одержують згущенням солодового суслу внаслідок випарювання води за зниженого тиску.

Рисовий сироп одержують з коричневого рису, піддаючи дії ферментів, які розщеплюють крохмаль і перетворюють його на цукри. Рисовий сироп містить три цукри: мальтотріозу (52 %), мальтозу (45 %) і глюкозу (3 %) [12].

Властивості цукристих продуктів, отриманих з крохмалю чи цукру, наведено в табл. 7 [2].

Вибір сировини, технології й параметрів отримання із цукру чи крохмалю цукристих речовин зумовлює їх вуглеводний склад і в такий спосіб впливає на фізико-хімічні й фізіологічні властивості, як-от ступінь гігроскопічності, антикристалізаційні

властивості, рівень солодкості, глікемічний індекс тощо. Дослідження застосування цих джерел підсолоджувальних речовин показують можливість отримання напоїв із заданими органолептичними, сенсорними й дієтичними властивостями.

Таблиця 7 – Цукристі продукти, отримані з крохмалю чи цукру

Назва джерела речовин	Коефіцієнт солодкості	Калорійність ккал/г	Глікемічний індекс
Патока:			
високооцукрена	0,6	3,2	-
низькооцукрена	0,3	3,2	-
карамельна	0,42	3,2	-
мальтозна	0,42	3,2	-
Глюкозо-фруктозний сироп:			
HFCS-90	1,6	4,0	31
HFCS-55	1,2	4,0	58
HFCS-42	1,1	4,0	68
Інвертований цукровий сироп	1,1	4,0	60
Солодовий екстракт	0,5	4,0	42
Рисовий сироп	0,5	4,0	25

Серед цукристих продуктів, отриманих з крохмалю чи цукру, ГФС є одними з найперспективніших. Вони широко визнані на світовому ринку, оскільки за солодкістю й харчовою цінністю конкурують з буряковим і тростинним цукром. Особливу увагу приділяють ГФС з високим вмістом фруктози, що за своїми властивостями найбільшою мірою наближені до цукру й можуть безпосередньо його замінювати в різних напоях.

### Обговорення результатів

Останніми роками стійкої тенденції у світі набуло зростання виробництва й споживання функціональних харчових продуктів. З технологічного погляду найкращою моделлю для їх отримання є безалкогольні напої.

Для надання напоям потрібних властивостей у їх рецептурах використовують відповідні інгредієнти, зокрема цукор для надання солодкого смаку. Цукор має високу енергетичну цінність, тому його все ширше замінюють цукрозамінниками чи підсолоджувачами. Норми внесення останніх строго регламентуються. При виборі джерел підсолоджувальних речовин для отримання функціональних напоїв відповідного спрямування беруть до уваги чимало критеріїв: коефіцієнт солодкості, калорійність, вплив на рівень інсуліну в крові (табл. 8), вплив на травну систему людини, вплив на здоров'я зубів, допустиму добову норму споживання.

Природні підсолоджувачі не впливають на травну систему людини, цукри й цукристі речовини

мають нейтральний вплив, а цукрозамінники й синтетичні підсолоджувачі можуть негативно впливати на процеси травлення. Цукри й цукристі продукти можуть спричиняти карієс, тоді як цукрозамінники і підсолоджувачі не впливають на здоров'я зубів. Через те, що надмірне споживання поліолів може викликати гастроентерологічні ускладнення, а споживання синтетичних підсолоджувачів пов'язане з підвищеним ризиком виникнення різних захворювань, визначено допустиму добову норму їх споживання, що для цукрозамінників коливається в діапазоні 24-132 г/добу, а для синтетичних підсолоджувачів – 0,14-2,8 г/добу.

Таблиця 8 – Порівняльна характеристика підсолоджувальних речовин

Джерела речовин	Коефіцієнт солодкості	Калорійність ккал/г	Глікемічний індекс
Цукор	1,0	4,0	68
Цукристі продукти	1,0-1,1	4,0	35-54
Цукристі продукти, отримані з крохмалю чи цукру	0,3-1,6	3,2-4,0	25-68
Фруктоза	1,2	4,0	20
Цукрозамінники	0,4-1,0	0,2-3,0	0,2-35
Синтетичні підсолоджувачі	30-20 000	0	0
Природні підсолоджувачі	50-2 000	4,0	0

В Україні виробляють дуже малу кількість безалкогольних напоїв на основі цукру. Це пов'язано передусім з економічними вигодами від використання цукрозамінників і підсолоджувачів – дешевша сировина, не потрібне спеціальне обладнання, спрощений технологічний процес. Збільшення випуску продукції, яку виробляють на цукрі, є важливим, оскільки безалкогольні напої широко споживають діти й підлітки. Цукор у фізіологічних кількостях є джерелом корисних вуглеводів та енергії, відіграє важливу роль у розвитку дитячого організму.

Найпоширенішими заміниками цукру, які використовують в Європі, є калорійні підсолоджувачі ксиліт, сорбіт, ліказин (гідрогенізований гідролізат крохмалю), мальтит і маніт, а також некалорійні підсолоджувачі ацесульфам калію, аспартам, цикламат і сахарин. Вони замінюють цукор у широкому спектрі харчових продуктів, зокрема безалкогольних напоїв.

Використання підсолоджувачів у виробництві напоїв має бути обґрунтованим не з економічного погляду, а з огляду на потреби певних категорій населення, які з відповідних показань не можуть споживати харчові продукти з цукром. Використовувати синтетичні підсолоджувачі,

повністю замінюючи ними цукор завдяки їхній технологічній перевазі, недопустимо.

## Висновки

Природні цукристі продукти здебільшого менш солодкі ніж цукор, тоді як штучні підсолоджувачі мають більшу від сахарози солодкість. Проте ризики й недоліки синтетичних підсолоджувачів переважають переваги їх використання. Зважаючи на це, доцільно зменшувати або повністю виключати з раціону людини споживання харчових продуктів, що містять підсолоджувачі. З іншого боку, щоб усунути негативні наслідки, пов'язані зі споживанням цукру, потрібно використовувати природні джерела підсолоджувальних речовин. Для широкого введення природних підсолоджувальних речовин до рецептур напоїв потрібно проводити детальні дослідження способів їх оброблення й використання в промислових масштабах.

## Список літератури

1. Kosiv R. Dietary fibers: structure, properties, application in soft drink technology. *Science, technology and innovation in the modern world: Scientific monograph*. Riga: Latvia, Baltija Publishing, 2023. P. 34-68.
2. Singh P., Ban Y. G., Kashyap L., Siraree A., Singh J. Sugar and Sugar Substitutes: Recent Developments and Future Prospects. *Sugar and Sugar Derivatives: Changing Consumer Preferences*. Springer, Singapore, 2020. doi: 10.1007/978-981-15-6663-9\_4.
3. Дорохович А. М., Дорохович В. В. Цукри, цукрозамінники, підсолоджувачі. *Хлебный и кондитерский бизнес*. 2017. № 6. С. 28-30.
4. Дорохович А. М., Божок О. С., Мазур Л. С. Тагатоza і мальтитол – інноваційна сировина при виробництві жувальної карамелі. *Харчова наука і технологія*. 2016. № 10(1). С. 43-48.
5. Дорохович А., Дорохович В., Мазур Л., & Писарець О. Комплексний індикатор якості цукру і цукрозамінників та їх використання у виробництві кондитерських виробів. *Продовольчі ресурси*. 2018. № 6(10). С. 88-100. doi: 10.31073/foodresources2018-10-11.
6. Кравченко І. Й. Підходи до визначення оцінки та класифікації речовин із солодким смаком. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2020. № 26(1). С. 71-81.
7. Jaggi A., Marya C. M., Oberoi S. S., Nagpal R., Kataria S., Taneja P. Sugar substitute: Key facts for their use – A review. *J Global Oral Health*. 2020. № 3(1). P. 63-71.
8. Li J., Li H., Liu H., & Luo Y. Recent Advances in the Biosynthesis of Natural Sugar Substitutes in Yeast. *Journal of fungi (Basel, Switzerland)*. 2023. № 9(9). P. 907. doi: 10.3390/jof9090907.
9. Sharma A., Amarnath S., Thulasimani M., Ramaswamy S. Artificial sweeteners as a sugar substitute: Are they really safe? *Indian journal of pharmacology*. 2016. № 48(3). P. 237-240. doi: 10.4103/0253-7613.182888.
10. Лівак П. Є., Терещенко В. І., Полухін Ю. В., Вятюха В. В. Здоровий спосіб життя громадян країни в контексті застосування харчових добавок-цукрозамінників та їх вплив на здоров'я людини. *Науковий часопис*

Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 15: Науково-педагогічні проблеми фізичної культури (фізична культура і спорт): зб. наук. праць. Київ: Вид-во НПУ імені М. П. Драгоманова. 2021. № 7(138). С. 73–77. doi: 10.31392/NPU-nc.series15.2021.7(138).15.

11. Yameng Xu, Yaokang Wu, Yanfeng Liu, Jianghua Li, Guocheng Du, Jian Chen, Xueqin Lv, Long Liu. Sustainable bioproduction of natural sugar substitutes: Strategies and challenges. *Trends in Food Science & Technology*. 2022. № 129. P. 512–527. doi: 10.1016/j.tifs.2022.11.008.
12. Ofoedu C. E., Osuji C. M., & Ojukwu M. Sugar Profile of Syrups from Malted and Unmalted Rice of Different Varieties. *Journal of Food Research*. 2019. 8(1). P. 52. doi: 10.5539/jfr.v8n1p52.

#### References (transliterated)

1. Kosiv R. Dietary fibers: structure, properties, application in soft drink technology. *Science, technology and innovation in the modern world: Scientific monograph*. Riga. Latvia, Baltija Publishing, 2023, pp. 34–68.
2. Singh P., Ban Y. G., Kashyap L., Siraree A., Singh J. Sugar and Sugar Substitutes: Recent Developments and Future Prospects. *Sugar and Sugar Derivatives: Changing Consumer Preferences*. Springer, Singapore, 2020, doi: 10.1007/978-981-15-6663-9\_4.
3. Dorokhovych A. M., Dorokhovych V. V. Tsukry, tsukrozaminnyky, pidsolodzhuvachi [Sugars, sugar substitutes, sweeteners]. *Khlebnyi i konditerskii biznes*, 2017, no. 6, pp. 28–30.
4. Dorokhovych A. M., Bozhok O. S., Mazur L. S. Tahatoza i maltitol – innovatsiina syrovyna pry vyrobnytstvi zhuvalnoi karameli [The tagatose and maltitol are innovation raw materials for production of masticatory caramel]. *Kharchova nauka i tekhnolohiia*, 2016, no. 10(1), pp. 43–48.
5. Dorokhovych A., Dorokhovych V., Mazur L., Pysarets O. Kompleksnyi indyktor yakosti tsukru i tsukrozaminnykyv ta yikh vykorystannia u vyrobnytstvi kondyterskykh vyrobiv [Complex indicator of quality of sugars and sugar substitutes and their use in the production of confectionery products].

*Prodovolchi resursy*, 2018. no. 6(10), pp. 88–100, doi: 10.31073/foodresources2018-10-11.

6. Kravchenko I. Y. Pidkhydy do vyznachennia otsinky ta klasyfikatsii rečovyn iz solodkym smakom [Approaches to determination of assessment and classification of substances with sweet taste]. *Naukovi pratsi Natsionalnoho universytetu kharchovykh tekhnolohii*, 2020, no. 26(1), pp. 71–81.
7. Jaggi A., Marya C. M., Oberoi S. S., Nagpal R., Kataria S., Taneja P. Sugar substitute: Key facts for their use – A review. *J Global Oral Health*, 2020, no. 3(1), pp. 63–71.
8. Li J., Li H., Liu H., & Luo Y. Recent Advances in the Biosynthesis of Natural Sugar Substitutes in Yeast. *Journal of fungi (Basel, Switzerland)*, 2023, no. 9(9), pp. 907, doi: 10.3390/jof9090907.
9. Sharma A., Amarnath S., Thulasimani M., Ramaswamy S. Artificial sweeteners as a sugar substitute: Are they really safe? *Indian journal of pharmacology*, 2016, no. 48(3), pp. 237–240, doi: 10.4103/0253-7613.182888.
10. Livak P. Ye., Tereshchenko V. I., Polukhin Yu. V., Viatokha V. V. Zdorovyi sposib zhyttia hromadian krainy v konteksti zastosuvannia kharchovykh dobavok-tsukrozaminnykyv ta yikh vplyv na zdorovia liudyny [On the healthy lifestyle of citizens in the context of the use of sugar supplements and their impact on human health]. *Naukovyi chasopys Natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni M. P. Drahomanova. Serii 15: Naukovo-pedahohichni problemy fizychnoi kultury (fizychna kultura i sport): zb. nauk. prats*. Kyiv. Vyd-vo NPU imeni M. P. Drahomanova, 2021, no. 7(138), pp. 73–77, doi: 10.31392/NPU-nc.series15.2021.7(138).
11. Yameng Xu, Yaokang Wu, Yanfeng Liu, Jianghua Li, Guocheng Du, Jian Chen, Xueqin Lv, Long Liu. Sustainable bioproduction of natural sugar substitutes: Strategies and challenges. *Trends in Food Science & Technology*, 2022, no. 129, pp. 512–527, doi: 10.1016/j.tifs.2022.11.008.
12. Ofoedu C. E., Osuji C. M., & Ojukwu M. Sugar Profile of Syrups from Malted and Unmalted Rice of Different Varieties. *Journal of Food Research*, 2019, 8(1), pp. 52, doi: 10.5539/jfr.v8n1p52.

#### Відомості про авторів (About authors)

**Косів Руслана Богданівна** – кандидат технічних наук, доцент, Національний університет «Львівська політехніка», доцент кафедри технології органічних продуктів; м. Львів, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6357-0316>; e-mail: [ruslana.b.kosiv@lpnu.ua](mailto:ruslana.b.kosiv@lpnu.ua).

**Kosiv Ruslana** – Ph. D., Docent, Docent, Lviv Polytechnic National University, Department of Organic Products Technology, Lviv, Ukraine; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6357-0316>; e-mail: [ruslana.b.kosiv@lpnu.ua](mailto:ruslana.b.kosiv@lpnu.ua).

Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:

Косів Р. Б. Підсолоджувальні речовини: класифікація, властивості, застосування в технології безалкогольних напоїв. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». 2023. № 4 (18). С. 51-57. doi:10.20998/2413-4295.2023.04.07.

Please cite this article as:

Kosiv R. Sweeteners: classification, properties, application in the technology of soft drinks. *Bulletin of the National Technical University "KhPI"*. Series: New solutions in modern technology. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2023, no. 4(18), pp. 51-57, doi:10.20998/2413-4295.2023.04.07.

Надійшла (received) 12.11.2023  
Прийнята (accepted) 13.12.2023