

УДК: 613.24+616.37+664.1

## HIGH INTENSITY SWEETENERS AND PROSPECTS FOR THEIR USE IN DIETS

N. Simurova, N. Zinchenko, A. Kushnir

*National University of Food Technologies*

Ya. Bal'on

*SI "V.P. Komisarenko Institute of Endocrinology and Metabolism NAMS of Ukraine"*

---

**Key words:**

*Sweeteners*

*Diet*

*Glycemic index*

*Acesulfame potassium*

---

**Article history:**

Received 20.09.2014

Received in revised form

20.10.2014

Accepted 01.11.2014

---

**Corresponding author:**

N. Simurova

**E-mail:**

npuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

---

The article presents a modern approach to the use of sweeteners in diets. The excess of physiological norms of consumption of sugar in the world caused an increase in the number of patients with diabetes, obesity and other endocrine pathologies. This is due to the use of substances with intensely sweet taste, but with fewer calories than sugar. The article describes the most common features of high intensity sweeteners. Their advantages and disadvantages are marked. The attention is focused on the safety of synthetic sweeteners, subject to the recommended standards. Particular attention is given to acesulfame potassium, as the most promising sweetener. Physical, chemical and consumer characteristics of acesulfame potassium are shown. Possibilities of its use for decrease the glycemic index foodstuff are shown. It is recommended for pastry flour products.

---

## ВИСОКОІНТЕНСИВНІ ПІДСОЛОДЖУВАЧІ І ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В ДІЄТИЧНОМУ ХАРЧУВАННІ

Н.В. Сімурова, Н.Ю. Зінченко, А.І. Кушнір

*Національний університет харчових технологій*

Я.Г. Бальон

*ДУ «Інститут ендокринології та обміну речовин ім. В.П. Комісаренка НАМН України»*

*У статті представлено сучасний погляд на використання цукрозаміників у дієтичному харчуванні. Зазначено, що перевищення фізіологічних норм вживання цукру у світі викликало збільшення кількості хворих на цукровий діабет, ожиріння та виникнення інших ендокринних патологій, що обумовило застосування речовин, які мають інтенсивний солодкий смак, але меншу калорійність, ніж цукор. Визначено особливості найбільш розповсюджених високоінтенсивних підсолоджувачів, переваги та недоліки цукрозаміників. Акцентовано увагу на безпеці їх застосування за умов дотримання рекомендованих норм.*

*Наведено фізико-хімічні та споживчі характеристики ацесульфаму калію як найбільш перспективного цукрозамінника. Показано можливості його застосування для зниження глікемічного індексу харчових продуктів, зокрема кондитерських борошняних виробів.*

**Ключові слова:** цукрозамінники, дієтичне харчування, глікемічний індекс, ацесульфам калію.

Суворі обмеження в споживанні цукру викликають дискомфорт у багатьох людей, що звикли до солодкого смаку, тому пошук солодких речовин, які б змогли замінити сахарозу, відноситься до пріоритетних напрямків науки в багатьох країнах. Це обумовлено як необхідністю раціонального харчування здорових людей, так і можливістю оптимізації харчування людей, які страждають на захворювання ендокринної та серцево-судинної систем. Альтернативою цукру можуть бути природні та синтетичні речовини, які мають інтенсивний солодкий смак. На відміну від сахарози, вони або не засвоюються організмом, або засвоюються не так швидко, тому не створюють значного навантаження на підшлункову залозу й не призводять до різкого підвищення рівня глюкози в крові. Оскільки солодкість цих сполук часто на декілька порядків перевищує солодкість сахарози, їх додають до харчових продуктів у дуже обмеженій кількості.

Необхідно підкреслити, що дієтичне харчування зі зниженим вмістом вуглеводів необхідне не тільки всім хворим на цукровий діабет I та II типів, але й людям, що страждають на серцево-судинні захворювання, порушення обміну речовин. Ожиріння та інсулінозалежний цукровий діабет набувають характеру епідемії як у розвинутих країнах, наприклад, у США, так і в країнах, що розвиваються, наприклад, в Індії та Китаї [1]. Очікується, що до 2025 р. кількість хворих на цукровий діабет перевищить 380 млн.

Хвороби сучасного світу — цукровий діабет, ожиріння, інші ендокринні патології, серцево-судинні захворювання наполегливо потребують створення нових харчових продуктів, оскільки науково обґрунтоване харчування стає невід'ємною частиною комплексної терапії цих захворювань.

Аналіз раціону харчування більшості громадян пострадянського простору свідчить, що він є незбалансованим за фізіологічною нормою вмісту білків, вуглеводів, вітамінів, ферментів, клітковини та інших життєво необхідних компонентів. Добова фізіологічна потреба в сахарозі складає 30—50 г, однак люди часто перевищують її. Світова статистика свідчить, що середньорічне вживання цукру в розрахунку на одну людину складає 40—50 кг (100—150 г на день), а це в 3—4 рази перевищує норму [2]. Згідно з рекомендаціями Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН, кількість сахарози в раціоні хворих на цукровий діабет обох типів не повинна перевищувати 50 г на тиждень [3].

На сьогодні у світі використовується більше 100 найменувань цукрозамінників, активно ведеться пошук нових і детальне вивчення вже відомих.

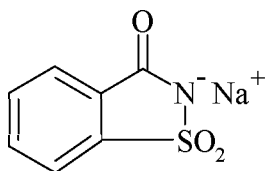
Найбільш розповсюдженими цукрозамінниками є фруктоза, сиропи різного походження на її основі, а також ксиліт і сорбіт. Однак ці підсолоджувачі,

хоча й вирішують певним чином проблему заміни сахарози, проте мають певні недоліки [4]. Останнім часом як цукрозамінник все частіше застосовується стевія. Важливо, що ця рослина може використовуватись як у свіжому вигляді, так і у висушеному, а також у вигляді екстракту. Комплекс солодких речовин стевії складається з восьми компонентів, які різняться між собою за ступенем солодкості і за кількісним складом у листі. За хімічною будовою солодкі речовини стевії є тетрациклічними дитерпеновими глікозидами, які солодші за сахарозу в 250—300 разів. Стевія нетоксична, добрий антиоксидант, знижує рівень цукру в крові хворих на цукровий діабет, кров'яний тиск і рівень холестерину в крові, підвищує імунітет, гармонізує роботу всіх систем організму. Всі наведені вище факти свідчать на користь інтенсивного застосування стевії та продуктів на її основі для дієтичного харчування. Прикладом в цьому плані може бути Японія, де стевію використовують у виробництві близько 40 % харчових продуктів [5].

Відомі й інші речовини природного походження з інтенсивним солодким смаком, наприклад, монелін — речовина білкової природи, яка солодша за сахарозу в 2000 разів. Проте монелін не знайшов широкого застосування у зв'язку зі складністю одержання й термічною нестабільністю. Ще один підсолоджувач рослинного походження — тауматин, який також має білкову природу, солодкість цієї речовини відносно цукру більша в декілька десятків тисяч раз. Тауматин дозволений для використання в багатьох країнах світу, в тому числі в США, Японії, країнах ЄС, Російській Федерації, Україні. Негативним у його застосуванні є низька термічна стабільність.

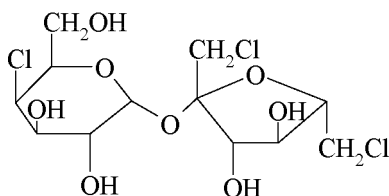
Звичайно, перерахованими речовинами список цукрозамінників природного походження не обмежується. Однак необхідно враховувати той факт, що сировинна база природних цукрозамінників безпосередньо залежить від сільськогосподарського виробництва, а це означає, що існують як об'єктивні, так і суб'єктивні проблеми. Також необхідно пам'ятати, що природні продукти містять біологічно активні речовини, які можуть чинити небажану дію при їх неконтрольованому вживанні. Очевидним вирішенням цієї проблеми стала розробка синтетичних підсолоджувачів. Проте застосування синтетичних цукрозамінників викликає питання їх безпечності для людини. Ця проблема залишається відкритою для дискусії як у спеціальній літературі, так і в засобах масової інформації. Необхідно зазначити, що обговорення цього питання часто має не науковий, а емоційний характер. Висновки про можливу небезпечність синтетичних цукрозамінників зроблені на основі дослідів, в яких застосовувалися дози препаратів, завищені в сотні разів відносно рекомендованих. Відповідно, такі висновки навряд чи можна вважати абсолютно коректними. Серйозний, зважений підхід до цієї проблеми свідчить, що застосування рекомендованих кількостей синтетичних підсолоджувачів є безпечним для здоров'я людини [6].

«Найстарішим» цукрозамінником вважається сахарин, який був синтезований у 1879 р. американськими хіміками К. Фальбергом і А. Ремсеном. Сахарин — імід ортосουλфобензойної кислоти — біла кристалічна речовина без запаху. Для кращої розчинності використовується у вигляді натрієвої солі:



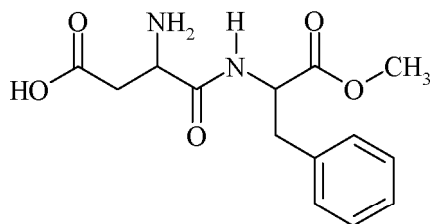
Сахарин має інтенсивний солодкий смак (солодший за цукор у 300 разів). Він добре поєднується з іншими цукрозамінниками, не бере участі в обмінних процесах і практично повністю виводиться в незмінному вигляді з сечею. Необхідно зазначити, що сахарин має неприємний металевий присмак, тому його часто використовують у сумішах з іншими підсолоджувачами.

Певну зацікавленість викликає такий цукрозамінник, як сукралоза (солодший за сахарозу в 600 разів). За хімічною структурою — це дисахарид, у якого три гідроксильні групи замінені на атоми хлору:



Сукралоза добре розчиняється у воді, термостабільна, нетоксична, не бере участі в метаболічних процесах, тому не має енергетичної цінності та не впливає на рівень глюкози в крові.

З малокалорійних синтетичних цукрозамінників широко застосовується аспартам, який вміщує у своїй молекулі дві протеїногенні амінокислоти — аспарагінову та фенілаланін (метиловий естер *L*-аспарагіл-*L*-фенілаланіну). Вперше був синтезований засновником російської школи хімії білка В.М. Степановим біокаталітичним методом в 1965 році.

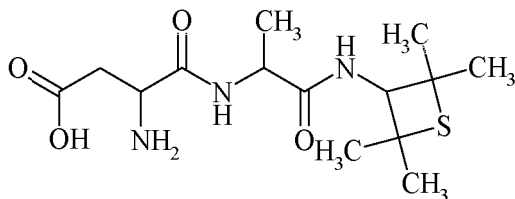


За ступенем солодкості аспартам у 200 разів перевищує сахарозу і не має побічної дії. На жаль, при кип'ятінні розкладається і втрачає солодкий смак, тому його неможливо нагрівати, використовувати для приготування варення і компотів.

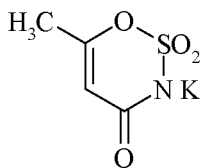
До синтетичних речовин, які мають солодкий смак, відноситься також алітам, який був розроблений компанією «Pfizer». Ця сполука, як і аспартам, є дипептидом, до складу якого входить аспарагінова кислота.

Цей цукрозамінник у 2000 раз солодший за цукор, має дуже низьку калорійність, яку можна не враховувати в дієтичному харчуванні. Алітам добре

розчиняється у воді, більш стійкий до кип'ятіння, ніж аспартам. Ретельні дослідження підтвердили безпечність алітаму для людей і тварин. На відміну від аспартаму до його складу не входить фенілаланін, тому його можуть застосовувати хворі на фенілкетонурію.



Вважаємо за необхідне особливо зупинитися на такому цукрозаміннику, як ацесульфам калію (калійна сіль 3,4-дигідро-6-метил-1,2,3-оксатизин-4-он-2,2-діоксиду). Ця речовина дозволена до застосування в більшості країн світу (США, країни ЄС, Російська Федерація, Україна тощо).



Вперше ацесульфам був отриманий К.Клаусом і Х. Йенсенем в 1967 р., в наступні роки схема його синтезу багаторазово модифікувалася. Оригінальний спосіб отримання ацесульфаму був розроблений в ДУ «Інститут ендокринології та обміну речовин ім. В.П. Комісаренка НАМН України». Спосіб ґрунтується на взаємодії доступних алкілових естерів *N*-хлорсульфонілкарбамінової кислоти з хлористим сульфурілом за кімнатної температури [7].

Ацесульфам калію — білий кристалічний порошок, добре розчинний у воді. За інтенсивністю солодкого смаку перевищує сахарозу в 200 разів, добре поєднується з іншими цукрозамінниками. Встановлено, що він не бере участі в обмінних процесах, не накопичується в організмі і за 24 години практично повністю виводиться нирками в незмінному вигляді. Проведені всебічні дослідження показали, що ця речовина не має мутагенних, канцерогенних, тератогенних і ембріотоксичних властивостей. У цілому можна сказати, що це «інертна субстанція». Ця сполука витримує високу температуру, тому може бути використана при виготовленні продуктів, які зазнають інтенсивної термічної обробки, зокрема стерилізації. Ацесульфам калію може бути також використаний для виробництва борошняних кондитерських виробів [8]. Це допоможе покращити асортимент цієї групи продукції з низьким глікемічним індексом (ГІ), яка зорієнтована на дієтичне харчування згідно з рекомендаціями експертів Продовольчої та сільськогосподарської організації при ООН (FAO) та Всесвітньої організації охорони здоров'я [3].

Використання синтетичних цукрозамінників, в тому числі ацесульфаму калію, має свої технологічні особливості. Як зазначалося раніше, ацесульфам

калію не розкладається при високих температурах. Однак проблема полягає в тому, що сахароза виконує не тільки функцію смакової добавки, але й структуроутворюючого елемента. При повному заміщенні сахарози виникає необхідність введення в склад рецептур речовин, які мають структуроутворюючі властивості, або суттєво збільшувати кількість борошна. Вирішити цю проблему можна або частковою заміною цукру ацесульфамом калію, або розробкою нових рецептур, які враховують технологічні особливості використання цукрозамінників. Як показали проведенні нами дослідження, навіть 50-відсоткова заміна сахарози цукрозамінником суттєво знижує глікемічний індекс продукту, тому при повному заміщенні цукру були отримані продукти з низькими показниками вказаного індексу (див. табл.).

**Таблиця. Глікемічний індекс (ГІ) деяких борошняних кондитерських виробів, у виробництві яких використовували ацесульфам калію**

| № п/п | Назва виробу   | ГІ виробу, виготовленого за стандартною рецептурою | ГІ виробу, виготовленого з використанням ацесульфаму калію |                       |
|-------|----------------|--|--|-----------------------|
|       |                |  | 50 % заміщення цукру                                       | 100 % заміщення цукру |
| 1     | Пісочне печиво | 88±9   | 62±4   | –                     |
| 2     | Печиво зтяжне  | 92±7   | –  | 42±3                  |
| 3     | Кекси          | 94±7   | –  | 49±4                  |

Впровадження ацесульфаму калію та інших некалорійних цукрозамінників у виробництво дієтичних продуктів і напоїв дасть змогу значно покращити якість життя хворих на цукровий діабет, ожиріння, зменшити інвалідність, пов'язану з ускладненнями цих патологій, а також у перспективі зменшити темпи росту цих захворювань.

### **Висновки**

Хвороби сучасного світу — цукровий діабет, ожиріння, інші ендокринні патології, серцево-судинні захворювання наполегливо потребують створення нових харчових продуктів, оскільки науково обгрунтоване харчування стає невід'ємною частиною комплексної терапії цих захворювань. Перевищення фізіологічних норм вживання цукру у світі викликало збільшення кількості хворих на цукровий діабет, ожиріння та виникнення інших ендокринних патологій, що обумовило застосування речовин, які мають інтенсивний солодкий смак, але меншу калорійність, ніж цукор. Визначення особливостей найбільш розповсюджених високоінтенсивних підсолоджувачів, переваг і недоліків цукрозамінників дає змогу використовувати їх у дієтичному харчуванні за умов дотримання рекомендованих норм. Аналіз фізико-хімічних і споживчих характеристик ацесульфаму калію підтвердив можливість його застосування для зниження глікемічного індексу харчових продуктів, зокрема кондитерських борошняних виробів.

**Література**

1. Дедов И.И. Резолюция ООН по сахарному диабету/ И.И. Дедов. — Сахарный диабет. — 2007. — № 3. — С. 2—3.
2. Корпачев В.В. Сахара и сахарозаменители / В.В. Корпачев. — К.: Книга плюс, 2004. — 320 с.
3. *Carbohydrates in human nutrition: report of a joint FAO/WHO Expert Consultations / Food and Agriculture Organization // FAO/WHO Experts Consultations., Rome, 14—18 April, 1997. — Rome: FAO Food and Nutrition, 1998. — P. 66.*
4. *Eliasson A.C. Carbohydrates in food: second edition / A.C.Eliasson. — N.Y.: CRC Press, 2006. — 521 p.*
5. Корпачев В.В. «Стевия медовая» и ее полезные свойства / В.В. Корпачев // Аптека. — 1999. — № 2. — С. 5.
6. *Weihrauch M.R. Artificial sweeteners — do they bear a carcinogenic risk? / M.R. Weihrauch, V. Diehl// Annals of Oncology. 2004. — V. 15 (10). — P. 1460—1465.*
7. Патент № 25856 Україна. МПК С 07 С 249/00, С 07 С 263/00. Процес одержання хлорсульфонілізоціанату — вихідної речовини для одержання цукроза-мінника ацесульфаму калію / Тронько М.Д., Корпачев В.В., Бальон Я.Г., Сімуров О.В.; заявник Інститут ендокринології та обміну речовин ім. В.П. Комисаренка АМН України. — Заявл. 06.04.2007; опубл. 27.08.2007, Бюл. №13, 2007.
8. *Frugia A.M. Acesulfame-K more acceptable than sucralose in baked products / A.M. Frugia, A.J. Goerl, M.Mc. Murry // J. Am. Diet. Assoc. — 2001. — 101, № 9. — P. 24.*

## **ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫЕ ПОДСЛАСТИТЕЛИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ДИЕТИЧЕСКОМ ПИТАНИИ**

**Н.В. Симурова, Н.Ю. Зинченко, А.И. Кушнир**  
*Национальный университет пищевых технологий*  
**Я.Г. Бальон**

*ГУ «Институт эндокринологии и обмена веществ*  
*им. В.П. Комисаренка НАМН Украины»*

*В статье представлен современный подход к использованию сахарозаменителей в диетическом питании. Отмечено, что превышение физиологических норм потребления сахара в мире вызвало увеличение количества больных сахарным диабетом, ожирением и возникновение других эндокринных патологий. Этим обусловлено использование веществ с интенсивно сладким вкусом, но имеющих меньшую калорийность, чем сахар. Определены особенности наиболее распространенных высокоинтенсивных подсластителей, подчеркнуты их достоинства и недостатки. Акцентировано внимание на безопасности применения синтетических сахарозаменителей при условии соблюдения рекомендуемых норм. Особое внимание уделено ацесульфаму калия как наиболее перспективному сахарозаменителю. Представлены его физико-химические и потребительские характеристики. Показаны возможности использования*

*этого вещества для уменьшения гликемического индекса пищевых продуктов, в частности кондитерских мучных изделий.*

**Ключевые слова:** *сахарозаменители, диетическое питание, гликемический индекс, ацесульфам калия.*