

**М. Д. Тронько, Я. Г. Бальон, О. В. Сімуrow,
О. В. Корпачева-Зінич, А. І. Українець*, М. О. Полумбрик***

ЦУКРОЗАМІННИКИ В ХАРЧОВИХ ПРОДУКТАХ ДЛЯ ХВОРИХ НА ЦУКРОВИЙ ДІАБЕТ (огляд літератури та власних досліджень)

Представлений сучасний підхід до використання цукрозамінників у дієтотерапії хворих на цукровий діабет. Згідно з рекомендаціями ВООЗ, для попередження виникнення і розвитку цукрового діабету слід вживати харчові продукти з низьким глікемічним індексом. Запропоновано два шляхи до зменшення глікемічного індексу в харчових продуктах з високим вмістом вуглеводів (>55 %): перший базується на використанні цукрозамінників з інтенсивним солодким смаком (зокрема, ацесульфаму калію), другий полягає в неповному заміщенні сахарози на суміш об'ємних цукрозамінників, що має синергічну дію. Обидва шляхи дозволили отримати борошняні кондитерські вироби з низьким глікемічним індексом.

Ключові слова: цукрозамінник, ацесульфам калію, дієтичне харчування, цукровий діабет, ожиріння, глікемічний індекс.

Цукровий діабет (ЦД) — одне з найпоширеніших захворювань ендокринної системи у населення світу. Кількість хворих на ЦД у світі становить більше 400 млн. чол., а в Україні їх нараховується більше 1 млн. [1]. На думку спеціалістів, захворювання набуває характеру епідемії. Ще в 1994 р. прогнозувалось, що в 2010 р. кількість хворих на ЦД буде нараховувати 239 млн. чол., а сьогодні (за підрахунок до цієї дати) ця цифра значно перевищена — в світі нараховується 410 млн. людей, хворих на ЦД [1,7]. У значній мірі це зумовлено епідемією ожиріння — на сьогодні в світі нараховується 1,6 млрд. людей, старших 15 років, з надмірною масою тіла [2,3,50]. Ожиріння та інсуліннезалежний ЦД (ІІЦД) мають характер епідемії, причому як в розвинених країнах (наприклад, в США [8,10,27,34]), так і в тих, що розвиваються (наприклад, в Індії та

*Результати роботи "Інститут ендокринології та обш. раціоналізації їжі" Б. П. Колосівська АМН України", ДН ІІІ Київ.

© Інститут ендокринології та обш. раціоналізації їжі, м. Київ, вул. Гоголя, 10, 01011 Україна.

ISSN 1607-0002. Журнал АМН України. Випуск 14, № 3, 2008 р. С. 470-483

Китаї [36,38]). Майбутнє уявляється ще більш хмарним — очікується, що в 2025 р. хворих на ЦД буде біля 380 млн. людей (це більше, ніж все населення Африки на сьогоднішній день). За визначенням Сент-Вінтсентської декларації, гострота цієї проблеми зумовлена не лише широкою розповсюдженістю ЦД, а й виникненням його тяжких ускладнень. Хвороби сучасного світу — ЦД, ожиріння, серцево-судинні та ін. — потребують розробки нових харчових продуктів, оскільки науково обґрунтоване харчування є одним із провідних факторів вальних чинників і невід'ємною частиною комплексної терапії цих захворювань [2,7,11,13,29].

Аналіз раціону харчування у більшості громадян України вказує на його незбалансованість за фізіологічною нормою вмісту білків, вуглеводів, вітамінів, ферментів, клітковини та інших життєво необхідних компонентів. Нерівноваженість харчового раціону людини вуглеводами дуже небажана для хворих на ЦД. Добова потреба у сахарозі становить 30–50 г, проте людина часто перевищує її [2,3,7,32]. Загальносвітова статистика свідчить про те, що середньорічне споживання цукру у розрахунку на одну людину становить 40–50 кг (тобто 100–150 г/добу), що в 3–4 рази перевищує норму [7,19]. Одним з найбільш поширених рекомендацій дієтологів при інсулінзалежних та інсуліннезалежних діабетах було зменшення вживання простих вуглеводів, зоклад сахарози. Згідно з рекомендаціями Продовольчої та Сільськогосподарської організації ООН, кількість сахарози в раціоні хворих на ЦД обов'язково має бути обмежена до 50 г на тиждень [19]. У зв'язку з необхідністю обмежити кількість цукру в раціоні людей з порушеннями ендокринної системи виникла проблема цукрозамінників [3,9,29].

За даними літератури, найчастіше приводиться класифікація цукрозамінників, згідно з якою вони розподіляються на калорійні, із зменшеною калорійністю та низькокалорійні [3,9,16,35]. Однак енергетична цінність не є визначальним чинником при виборі замітника цукру з огляду на його функціональність сахарози в харчових продуктах.

Синтетичні та природні цукрозамінники з інтенсивним солодким смаком

Альтернативою цукру є речовини природного або синтетичного походження, що мають інтенсивний солодкий смак. Оскільки солодкість цих продуктів на декілька порядків перевищує солодкість сахарози (табл. 1), вони додаються до харчових продуктів в дуже обмеженій кількості [4]. Найпоширенішими синтетичними підсолоджувачами є сахарин, аспартам, ліксин, сукралоза, цикламат, стевіозид та неамлітосин. На відміну від натуральної сахарози цукрозамінники зазвичай не мають гілікозидної структури, вони не створюють переканчальності, не викликають ефекту «солодкого голоду», не містять калорійних зв'язаних водних молекул, не впливають на рівень цукру в крові, не мають властивості змінювати

логу, зменшує температуру замерзання в заморожених виробах і, звичайно, надає харчовим продуктам солодкий смак. Тому часткове чи повне заміщення сахарози призводить до істотних змін структурно-механічних та смакових характеристик як напівфабрикатів, так і готових виробів з ними.

На жаль, всі цукрозамінники з інтенсивним солодким смаком здатні виконувати лише одну функцію сахарози — надання продуктам солодкого смаку. Тому ці речовини застосовують лише в безалкогольних напоях, а в інших харчових продуктах вони використовуються в суміші з цукрозамінниками, які здатні виконувати інші функції сахарози. Останні часто називають об'ємними цукрозамінниками (табл. 2).

Таблиця

Відносна солодкість найбільш поширених об'ємних цукрозамінників

Підсолоджувач	Відносна солодкість
Фруктоза	1,2–1,7
КСВФ 90 %	1–1,2
КСВФ 55 %	1
Ксиліт	1
Тагатоза	0,92
Мальтитол	0,9
Еритріол	0,7
Сорбіт	0,6
Манніт	0,5
Трегалоза	0,45
Лактитол	0,4

Примітка: КСВФ — кукурудзяний сироп з великим вмістом фруктів.

Моно- та дисахариди та їх похідні

В середині 70-х років минулого століття було запропоновано використовувати для хворих на ЦД об'ємні цукрозамінники, які при споживанні не викликають гіперглікемію: наприклад, фруктозу та поліолі (сорбіт, ксиліт, мальтит, манніт тощо). Проте більшість поліолів мають "металевий" присмак [4]. Крім того, всі поліолі мають проблеми, пов'язані з толерантністю до них в травно-кишковому тракті. Поліолі практично не розщеплюються і, залишаючись, адсорбуються в кишечнику, що призводить до ряду таких ускладнень, як збільшення метеоризму, транзитного часу в кишечнику, діареї, збільшення кількості запорів та проносів. Ці симптоми шлунково-кишкової нестатковості характерні для всіх об'ємних підсолоджувачів, які повністю не розщеплюються в організмі людини.

гази (наприклад, метан та водень) [3,22,31]. Такий послаблюючий ефект різних поліолів призводить до того, що при формуванні низькокалорійних продуктів їх додають в обмеженій кількості [3,17].

У кінці 70-х років минулого століття в якості цукрозамінника в харчових продуктах для хворих на ЦД почали використовувати фруктозу та кукурудзяний сироп з великим вмістом фруктози (КСВФ). Використання цих сиропів у різних дієтичних продуктах, особливо в безалкогольних напоях, зумовлює зростання на них попиту. У січні 2008 р. ціна КСВФ всього вдвічі перевищувала ціну цукру сирцю. Проте зараз перекопливо доведено, що широке використання цих інгредієнтів призводить до тригліцеридемії, серцево-судинних захворювань та зменшення чутливості до інсуліну, що звичайно характеризується глибокою метаболічною дисліпідемією, яка виникає внаслідок синтезу надлишкової кількості атерогенних ліпопротеїнових часток у печінці і тонкому кишечнику [10,17,18,33]. Все це в комплексі є причиною стрімкого зростання ризику виникнення та розвитку ЦД при споживанні великої кількості фруктози. Оскільки асортимент харчових продуктів, до складу яких входить фруктоза, постійно розширюється, слід більш детально вивчити можливість її використання для харчування людей з різними ендокринопатіями.

D-тагатоza (чи просто тагатоza) являє собою моносахарид, який належить до кетогексоз, в яких оптично активний четвертий атом вуглецю є дзеркальним відображенням відповідного атому вуглецю фруктози. Тагатоza присутня в природі і може бути виділена з камеді *Sterculia setigera* як частково апетильована кислотними полісахаридами. Вона має низьку енергетичну цінність (1,5 ккал/г), пребіотичний ефект, не викликає карієсу і за солодкістю майже не поступається сахарозі [14]. При споживанні тагатози лише 20 % її абсорбуються в тонкому кишечнику. Ця частина тагатози метаболізується в печінці за тим же механізмом, що і фруктози. У розвинених країнах тагатоza використовується для виробництва безалкогольних напоїв, жувальних гумок, кондитерських виробів, морозива тощо [9,14].

На думку багатьох дослідників, трегалоза – унікальний дисахарид із важливими функціональними властивостями. Завдяки здатності утримувати воду в склоподібній матриці трегалоза захищає білки та фосфоліпіди від руйнування в процесах заморожування та висушування набагато ефективніше, ніж інші моно- та дисахариди [37]. Трегалоза також здатна ефективно стабілізувати дисульфідні зв'язки в білках і таким чином зменшує кількість небажаних зв'язків та присмаків. Додавання трегалози до крохмальовмісних харчових виробів зменшує швидкість ретроградації крохмалю, результатом чого є подовження терміну їх зберігання. Недоліком трегалози є її менша солодкість порівняно з сахарозою (див. табл. 2). В тонкому кишечнику трегалоza гідролізується з утворенням шохуватих і глікозидів як допоміжною ферментною трегалозою. При використанні цієї речовини в їжі необхідно врахувати, що трегалоза є

Харчові волокна та інші низькокалорійні структуроутворювачі

Харчові волокна входять до складу багатьох харчових продуктів, поліпшують вуглеводний і ліпідний обмін і таким чином зменшують ризик виникнення і розвитку ЦД. До харчових волокон належить ряд харчових компонентів, які широко використовуються в якості замісників цукру, жирів, борошна та інших інгредієнтів. Найбільш чисельною є група харчових волокон, які не розчиняються у воді і є стійкими до дії ензимів. Розчинні харчові волокна стійкі до дії ензимів, однак можуть випадати в осад у системі етанол-вода. Таким чином, вуглеводи, які не адсорбуються і не розщеплюються в тонкому кишечнику і не випадвають в осад у водно-етанольній суміші, не належать до харчових волокон, навіть незважаючи на те, що вони мають ряд корисних властивостей для здоров'я людини. Це, зокрема, полідекстроза, фруктоолігосахариди, інулін, поліюлі, *D*-галактоза та ін. Такі сполуки не враховуються при розрахунку загального вмісту дієтичних волокон [44].

Целюлоза – найбільше джерело перозчищених харчових волокон. Найбільш поширеними її похідними, що входять до складу харчових продуктів, є мікрокристалічна целюлоза, карбоксиметилцелюлоза, метилцелюлоза тощо. Ці сполуки використовуються в багатьох харчових продуктах завдяки їх здатності до утримання великої кількості вологи і утворення в'язких середовищ [24,30]. Завдяки здатності до гелеутворення, а також низької енергетичної щільності ці сполуки викликають практичний інтерес для створення харчових продуктів для хворих на ЦД [20,25,39,40]. Перозчищені харчові волокна зазвичай речовинами багатоцільового призначення і часто використовуються як повні замісники цукру.

Властивості сахарози в харчових продуктах найбільш повно інтегровані в похідні крохмалю та інуліну – полідекстроза та олігофруктоза. Полідекстроза за являє собою продукт часткового гідролізу крохмалю, який складається з фрагментів глюкози, що з'єднані між собою за допомогою глікозидних зв'язків, і має ступінь полімеризації від 12 до 15. Полідекстроза не викликає ситості при її вживанні, має низьку енергетичну цінність (1 ккал/г), здатна утримувати більшу кількість вологи, ніж сахароза; вона утворює більш в'язке середовище, ніж сахароза, виступає як наповнювач у харчових продуктах [15]. Полідекстроза не виконує лише одну функцію сахарози – не надає солодкого смаку харчовим продуктам. Саме тому її використовують у суміші з цукрозамінниками як інтенсивним солодким смаком [3,9,15].

Найбільш перспективними цукрозамінниками є похідні інуліну – олігофруктози. Вони являють собою фруктолігосахариди, які складаються з фрагментів фруктози, що з'єднані між собою за допомогою глікозидних зв'язків, основна фракція (до 90 %) яких має ступінь полімеризації від 2 до 6. Експериментально встановлено, що вони не викликають ситості, а також є ефективними засобами для зменшення вмісту жиру в їжі, зменшення ризику

та плазмі крові [43]. Ці фруктоолігосахариди підтримують гормональний рівень інсуліну та глюкагону, які відповідно регулюють метаболізм вуглеводів та ліпідів, зменшуючи рівень глюкози в крові. Фруктоолігосахариди отримують шляхом кислотного гідролізу інсуліну, екстрагованого з коренів цикорію чи топінамбуру. Ці сполуки мають солодкість, рівну солодкості сахарози, і їх властивості є дуже подібними до полідекстрози. На жаль, висока ціна стає на заваді широкого використання фруктоолігосахаридів у харчових продуктах. Слід також відзначити, що всі дієтичні волокна слід додавати до харчових продуктів в обмеженій кількості, оскільки їх надмірне споживання призводить до диспепсичних явищ, що характерно для харчових продуктів, які містять поліоли.

Для отримання продукту з високими технологічними характеристиками найчастіше використовують суміш із декількох структуроутворювачів. Одна з найбільш розповсюджених сумішей структуроутворювачів випускається під назвою *Litesse* і складається з рівних кількостей сорбіту та полідекстрози. Слід відзначити, що вказані сполуки мають характерні для поліолів проблеми, пов'язані з їх толерантністю в шлунково-кишковому тракті [3,15].

Таким чином, жоден з індивідуальних цукрозамінників не відповідає характеристикам "ідеального цукрозамінника", а саме: він має виконувати відповідні функції в харчових продуктах, сприяти підтриманню постійної чи зменшенню маси тіла, бути чинником зменшення ризику виникнення і розвитку ЦД та карієсу, а також використовуватися в фармацевтичній та косметичній промисловості; він має вироблятися без використання значної кількості сироїни та енергоресурсів.

Глікемічний індекс та його значення в харчуванні хворих на ЦД

Відсутність цукрозамінника, який відповідає наведеним вище вимогам, призводить до того, що в харчових продуктах використовується суміш з декількох сполук, які виконують різні функції. Найбільш поширеними є суміші, що складаються з одного або декількох структуроутворювачів (полідекстрози, фруктоолігосахариди, галактоолігосахариди) та підсолоджувач з інтенсивним солодким смаком. Останній надає виробам необхідну солодкість, а суміш структуроутворювачів виконує інші функції сахарози та істотно зменшує енергетичну цінність готових виробів.

D. Jenkins та співавт. у 1981 р. ввели поняття глікемічного індексу (ГІ) в якості кількісної характеристики, яка визначає зміни рівня цукру в крові при споживанні вуглеводів та харчових продуктів, що їх містять [28]. ГІ визначається за формулою

$$ГІ = \frac{S_f}{S_g} \cdot 100,$$

ся також білий хліб, споживання якого збільшує продукцію інсуліну. Величини ГІ для білого хліба ($ГІ_{б.х.}$) є більшими, ніж значення ГІ ($ГІ_{б.х.} = 100/73 \approx 1.37$). Хоча ГІ визначається як процентне співвідношення площ підйому рівня глюкози крові під кривою після вживання харчового продукту та стандарту, в літературі значення ГІ харчових продуктів, як правило, наводяться як безрозмірні величини, для визначення яких в якості стандарту була обрана глюкоза.

За останнє десятиліття було проведено велику кількість досліджень з визначення ГІ різних харчових продуктів. У 1997 р. комітет експертів Продовольчої та Сільськогосподарської організації при ООН (FAO) та ВООЗ на спільному засіданні обговорили питання щодо значення вуглеводів у харчуванні людини [19]. Комітет схвалив рішення про використання величини ГІ для класифікації вуглеводмісних харчових продуктів у поєднанні з даними щодо їх складу для вибору дієти. Для покращення здоров'я людей комітет запропонував використовувати дієту з високим вмістом вуглеводів (45% від необхідної енергії людина отримує з вуглеводів) з різних вуглеводмісних харчових продуктів, збагачених харчовими волокнами, що мають низький ГІ. Значення ГІ харчових продуктів надзвичайно важливе, тому що воно впливає навантаження на підшлункову залозу, час відчуття ситості, частоту і кількість вживання їжі, регулювання маси тіла тощо [45-47].

Згідно з рекомендаціями ВООЗ та Продовольчої і Сільськогосподарської організації при ООН, харчові продукти за величинами їх ГІ розподіляються на три групи: з величинами ≤ 55 вони вважаються продуктами з низьким ГІ, в межах від 55 до 75 — продуктами з середнім ГІ, з величинами >75 — продуктами з високим ГІ. Харчові продукти, які належать до останньої групи, необхідно виключити з раціону харчування хворих на ЦД, а споживання продуктів із середнім ГІ — істотно обмежити. На жаль, використання вказаних вище мішечків, які відіграють роль цукрозамінника, в більшості випадків не призводить до зменшення ГІ готових виробів [21]. Отже, вони не можуть бути використані для зменшення ГІ у високоглікемічних харчових продуктах, зокрема в борошняних кондитерських виробах. Як видно з табл. 3, лише деякі цукрозамінники, які використовуються для отримання виробів із пониженою калорійністю, можуть бути використані для створення харчових продуктів із низьким ГІ.

У 1997 р. було введено поняття глікемічного навантаження (ГН), яке визначається за формулою

$$ГН = \frac{ГІ \cdot g}{100},$$

де g — загальна маса вуглеводів, які містяться в одній порції харчового продукту.

ГН є кількісною характеристикою, яка визначає підйом рівня цукру в крові людини після споживання харчового продукту. Величина порції харчового продукту, яку вживають, залежить від величини розрахованого навантаження

Таблиця 3

Глікемічний індекс речовин, які використовуються в якості цукрозамінників

Шідсолоджувач	Глікемічний індекс
Глюкоза	100
Мальтодекстрин	90
Мальтит	73
Сахароза	65
Лактоза	44
Фруктоза	20
Ксиліт	8
Полідекстроза	8
Лактит	2
Олігофруктоза	0

Борошняні кондитерські вироби з низьким глікемічним індексом

В Інституті ендокринології та обміну речовин АМН України та Національному університеті харчових технологій проводяться дослідження, метою яких є створення харчових продуктів із низьким ГІ. У нашому інституті розроблений оригінальний метод синтезу цукрозамінника — ацесульфаму калію [6]. Він добре розчиняється у воді, негігроскопічний, стійкий до високих температур (тому його можна використовувати при випіканні кондитерських виробів), нетоксичний (LD_{50} при пероральному введенні — 7,4 г/кг маси тіла). Ацесульфам калію не акумулюється і повністю виводиться нирками в незмінному стані. Всобічними дослідженнями не виявлено мутагенних, канцерогенних, тератогенних і ембріотоксичних властивостей, тому він вважається ідеальним цукрозамінником для хворих на ЦД, з ожирінням і для створення дієтичних продуктів харчування [3,23]. Його використання дозволяє істотно зменшити ГІ борошняних кондитерських виробів (БКВ). Так, заміщення 50 % сахарози в рецептурі пісочного печива зменшує ГІ продукту з 88 до 62. Оскільки часткове заміщення сахарози не дозволило отримати готові вироби з низьким ГІ, було запропоновано повністю виключити сахарозу із рецептур БКВ. Це дозволило отримати готові вироби з низьким ГІ (табл. 4). Проте повне заміщення сахарози зумовлює необхідність введення до складу рецептур речовин, які мають властивості структуроутворювача, або істотного зменшення кількості борошна та шортенінгу. Таким чином, заміщення сахарози ацесульфамом калію дозволяє істотно зменшити ГІ готових виробів. Недоліком даного методу є необхідність кардинальних змін технології виробництва

Таблиця

ГІ деяких борошняних кондитерських виробів (БКВ) з ацесульфамом калію

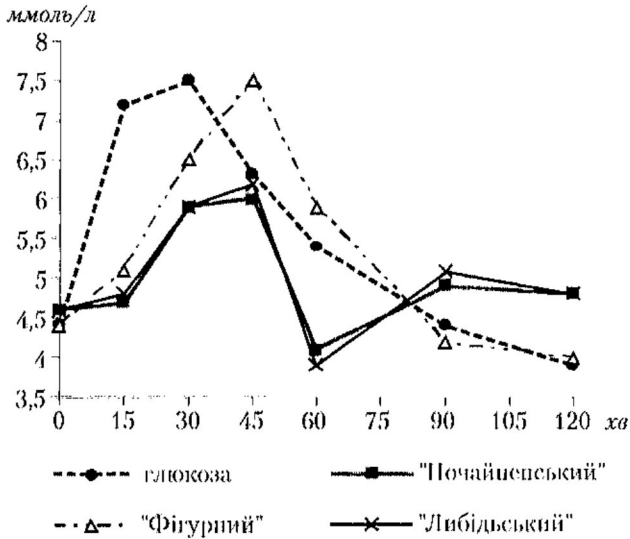
БКВ	ГІ виробу, виготовленого за стандартною рецептурою	ГІ виробу, виготовленого з використанням ацесульфаму калію
Пісочні печива	88 ± 9	62 ± 4*
Затяжні печива	92 ± 7	42 ± 3*
Кекси	94 ± 7	49 ± 4*

Примітка: * - $P < 0,001$ порівняно зі стандартною рецептурою.

рих на ЦД обох типів, спортсменів, а також інших людей, які зацікавлені в приємних та корисних для здоров'я харчових продуктах.

У Національному університеті харчових технологій проводиться робота, спрямована на пошук сумішей цукрозамінників, використання яких дозволить отримати вироби з низьким ГІ, подовженим терміном зберігання і надієтими певними органолептичними властивостями. У БКВ (зокрема, в сирцевих пряниках) зниження ГІ досягається за рахунок часткового (менше 50 %) заміщення сахарози на суміш цукрозамінників, а саме фруктози, лактози, сорбіту та поліолігосахариду *Beneo Raftilose P95*. За даними американських дослідників галузі технології харчових продуктів спеціального призначення, суміш фруктози, фруктози і сахарози має синергічну дію, яка полягає в істотно меншій підйомі рівня цукру в крові при його споживанні разом із крохмалем, ніж будь-який розраховується теоретично [48]. Саме тому ця суміш є найбільш ефективною для зменшення ГІ харчових продуктів з великим вмістом крохмалю зокрема в БКВ.

Підйом рівня глюкози крові після вживання глюкози та пряників "Фігурний", що виготовляється промисловістю, та "Почайненський" та "Либідський" (що є у стадії розробки), в яких сахароза була частково замінена на розроблену суміш цукрозамінників, показано на рисунку. Споживання цих пряників менш істотно знижує продукцію інсуліну, ніж при споживанні пряників "Фігурний", що, в свою чергу, відбивається на величинах ГІ вказаних виробів. Як показали наші дослідження, заміщення сахарози на розроблену суміш цукрозамінників в рецептурі пряника "Фігурний" дозволило істотно зменшити ГІ для сирцевих пряників "Почайненський" та "Либідський" (рис. 4 та 42, відповідно (див. рис.). Крім того, тісто пряників, яке було отримано з використанням цих цукрозамінників, характеризується зменшеною діаметром готові вироби мають подовжений термін зберігання. Слід також зазначити, що варіювання процентного співвідношення компонентів в суміші цукрозамінників дозволяє легко змінювати технологічні характеристики виробів, наприклад, формувати з них різні вироби.



Залежність рівня глюкози крові від часу після вживання глюкози та цукриків.

тання композицій цукрозамінників, в яких сахароза замінюється лише частково. Це дозволяє отримувати як півфабрикати, так і готові вироби із заданими технологічними властивостями. Виробадження у виробництво нового методу синтезу ацесульфаму калію і його використання в харчових продуктах дозволяє отримати готові вироби, які можуть бути рекомендовані для хворих на ЦД. Асортимент продуктів з використанням підсолоджувачів з інтенсивним солодким смаком, а також сумішей цукрозамінників безінервно розширюється, що пов'язано з тенденціями здорового харчування загалом і потребами хворих на ЦД та з ожирінням, зокрема.

Таким чином, наведені вище дані свідчать про необхідність створення цільової державної програми з виробництва цукрозамінників і на їх основі — дієтичних харчових продуктів для хворих на ЦД та з ожирінням, що дозволить у перспективі значно зменшити темпи росту цих захворювань і інвалідності через ускладнення даних патологій.

Литература

1. Дедов И. И. Резолюция ООН по сахарному диабету // Сахарный диабет. — 2007. — № 3. — С. 2-3.
2. Ефимов А. С., Карабул И. М., Эпштейн Е. В. Ожирение и сахарный диабет. — Киев: Здоров'я, 1987. — 144 с.
3. Корнатиш В. В. Сахары и сахарозаменители. — Киев: Книголюб, 2001. — 120 с.
4. Корнатиш В. В. "Сладкое здоровье" и его перспективы. — Киев: АС, 1999. — С. 1-4.

- калію: Пат. № 25856 Україна. МПК С 07 С 249/00, С 07 С 263/00 // Заявл. 06.04.2004. Опубл. 27.08.2007. Бюл. №13.
7. Троцько М. Д., Єфімов А. С., Кравченко В. І. та ін. Епідеміологія цукрового діабету. І. Ін-т ендокр. та обміну речовин АМН України, 1996. – 152 с.
 8. ABC of diabetes: 5th / Ed. P. J. Watkins. – London: BMJ Books, 2003. – 110 p.
 9. Alternative Sweeteners: 3th (Food science and Technology) / Ed. L. O’brien. – N.Y.: CRC Press, 2001. – 553 p.
 10. Basciano H., Federico L., Adeli K. Fructose, insulin resistance, and metabolic dislipidemia // Nutrition & Metabolism. – 2005. – 2, № 5. – P. 186–201.
 11. Bell S. J., Forse R. A. Nutritional management of hypoglycemia // Diabetes Educ. – 1999. – 25, № 1. – P. 41–47.
 12. Bloomgarden Z. T. Glycemic treatment in type 1 and type 2 diabetes // Diabetes Care. – 2006. – 29, № 11. – P. 2549–2555.
 13. Boobier W. J., Baker J. S., Davies B. Development of a healthy biscuit: an alternative approach to biscuit manufacture // Nutr. J. – 2006. – 5, № 1. – P. 7–14.
 14. Buemann B., Toubro S., Raben A. et al. The acute effect of D-tagatose on food intake in human subjects // Br. J. Nutr. – 2000. – 84, № 2. – P. 227–231.
 15. Burdock G. A., Flamm W. G. A review of the studies of the safety of polydextrose in food // Food Chem. Toxicol. – 1999. – 37, № 2. – P. 233–264.
 16. Carbohydrates in food: 2th / Ed. A. C. Eliasson. – N. Y.: CRC Press, 2006. – 521 p.
 17. Duffy V. D., Sigman-Grant M., Powers M. A. et al. Position of the american dietetic association: use of nutritive and nonnutritive sweeteners // J. Am. Diet. Assoc. – 2001. – 101, № 2. – P. 255–275.
 18. Elliott S. S., Klein N. L., Stern J. S. et al. Fructose, weight gain, and the insulin resistance syndrome // Am. J. Clin. Nutr. – 2002. – 76, № 5. – P. 911–922.
 19. FAO/WHO Experts Consultations. Carbohydrates in human nutrition: report of a joint FAO/WHO Expert Consultations (Rome, 14–18 April, 1997) // FAO Food Nutr. Pap. – 1998. – 66. – P. 1–140.
 20. Food, diet and obesity / Ed. D. J. Mella. – N. Y.: CRC Press, 2005. – 570 p.
 21. Foster-Powell K., Holt S., Brand-Miller J. et al. International table of glycemic index and glycemic load values // Am. J. Clin. Nutr. – 2002. – 76, № 1. – P. 5–56.
 22. Frandia C., Vermia P., Bilotta T. et al. Sorbitol malabsorption and nonspecific abdominal symptoms in type II diabetes // Metabolism. – 1995. – 4, № 6. – P. 796–799.
 23. Frugia A. M., Goerl A. J., McMurry M. et al. Acesulfame-K more acceptable than sucralose in baked products // J. Am. Diet. Assoc. – 2001. – 101, № 9. – P. A–24.
 24. Glueck C. J., Streicher P., Illig E. Dietary fat substitutes // Nutr. Res. – 1994. – 13, № 10. – P. 1605–1619.
 25. Hodge A. M., English D. R., O’Dea K. et al. Glycemic index and dietary fiber and the risk of type 2 diabetes // Diabetes Care. – 2004. – 27, № 11. – P. 2701–2706.
 26. Isbrucker R. A., Burdock G. A. Risk and safety assessment on the consumption of *Glycyrrhiza* (Glycyrrhiza sp.), its extract and powder as a food ingredient, with emphasis on the pharmacology and toxicology of glycyrrhizin // Reg. Toxicol. Pharm. – 2006. – 36, № 1. – P. 167–192.
 27. Janghorbani M., van Dam R. M., Willett W. C., Hu F. B. Systematic Review of Type 1 and Type 2 Diabetes Mellitus and Risk of Fracture // Am. J. Epidemiol. – 2007. – 166. – P. 273–281.
 28. Jenkins D., Wolever T., Taylor E. et al. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange // Am. J. Clin. Nutr. – 1981. – 34, № 4. – P. 362–366.
 29. Kellan P. L. Nutrition and health: the diet and management of children with diabetes // Nutr. J.

31. *Lee A., Wils D., Zumbo A. et al.* The comparative gastrointestinal responses of children and adults following consumption of sweets formulated with sucrose, isomalt and lycasin HBC // *Eur. J. Clin. Nutr.* – 2002. – **56**, № 8. – P. 755–764.
32. *Levine R.* Monosaccharides in health and disease // *Annu. Rev. Nutr.* – 1986. – **6**, № 2. – P. 211–224.
33. *Melanson K. J., Zukley L., Lowndes J. et al.* Effects of high-fructose corn syrup and sucrose consumption on circulating glucose, insulin, leptin, and ghrelin and on appetite in normal-weight women // *Nutrition.* – 2007. – **23**, № 2. – P. 103–112.
34. *Mokdad A. H., Ford E. S., Browman B. A. et al.* Diabetes trends in the U.S.: 1990–1998 // *Diabetes Care.* – 2000. – **23**, № 9. – P. 1278–1283.
35. *Moran M.* The evolution of the nutritional management of diabetes // *Proc. Nutr. Soc.* – 2004. – **63**, № 4. – P. 615–620.
36. *Pan X. R., Yang W. Y., Li G. W. et al.* Prevalence of diabetes and its risk factors in China, 1994. National Diabetes Prevention and Control Cooperative group // *Diabetes Care.* – 1997. – **20**, № 11. – P. 1664–1669.
37. *Patist A., Zoerb, H.* Preservation mechanisms of trehalose in food and biosystems // *Coll. Surf. B: Biointerf.* – 2005. – **40**, № 2. – P. 107–113.
38. *Ramachandran A., Snehaltha C., Latha E. et al.* Rising prevalence of NIDDM in an urban population in India // *Diabetologia.* – 1997. – **40**, № 2. – P. 232–237.
39. *Redgwell R. J., Fischer M.* Dietary fiber as a versatile food component: an industrial perspective // *Mol. Nutr. Food Res.* – 2005. – **49**, № 6. – P. 521–535.
40. *Salmeron J., Ascheiro A., Rimm E., et al.* Dietary fiber, glycemic load, and risk of NIDDM in men // *Diabetes Care.* – 1997. – **20**, № 4. – P. 545–550.
41. *Scheinin A.* Caries control through the use of sugar substitutes // *Int. Dental J.* – 1976. – **26**, № 1. – P. 4–13.
42. *Schiffman, S. S., Booth B. J., Losee M. L. et al.* Bitterness of sweeteners as a function of concentration // *Brain Res. Bull.* – 1995. – **36**, № 5. – P. 505–513.
43. *Scholz-Ahrens K., Schreyenmeier J.* Inulin and oligofructose and mineral metabolism: the evidence from animal trials // *J. Nutr.* – 2007. – **137**, № 11. – P. 2513–2523.
44. *Turovski M., Deshmukh B., Harfmann R. et al.* A method for determination of soluble dietary fiber in methylcellulose and hydroxypropyl methylcellulose food gums // *J. Food Compos. Anal.* – 2007. – **20**, № 5. – P. 420–429.
45. *Venn B. J., Green T. J.* Glycemic index and glycemic load: measurement issues and their effect on diet-disease relationships // *Eur. J. Clin. Nutr.* – 2007. – **61**, suppl. 1. – P. S122–S131.
46. *Wolever T. M. S.* The glycaemic index. A physiological classification of dietary carbohydrate. Cambridge: CAB International, 2006. – 272 p.
47. *Wolever T. M., Jenkins D. J., Jenkins A. L. et al.* The glycemic index: methodology and clinical implications // *Am. J. Clin. Nutr.* – 1991. – **54**, № 5. – P. 846–854.
48. *Zehner L. R., Zehner V. L.* Mixtures of fructose and lactose as a low-calorie bulk sweetener with reduced glycemic index. Issued on August 17, 2004. – <http://www.patentstorm.us/patents/6777397>.
49. *Abumy J. V., Kerney M. P.* Taste masking analysis in pharmaceutical formulation development using an electronic tongue // *Int. J. Pharm.* – 2006. – **310**, № 2. – P. 118–124.
50. *Simmet P., Alberti K. G., Shaw J. et al.* Global and societal implications of the diabetes epidemic // *Nature* – 2001. – **414**, № 6865. – P. 782–787.

САХАРОЗАМЕНИТЕЛИ В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ ДЛЯ БОЛЬНЫХ САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ (обзор литературы и собственных исследований)

**Н. Д. Троцько, Я. Г. Бальон, А. В. Симуров,
О. В. Корпачева-Зинич, * А. И. Украинец*,
М. О. Полумбрик***

Государственное учреждение "Институт эндокринологии и обмена веществ им. В. П. Комисаренко АМН Украины", 04114 Киев
*Национальный университет пищевых технологий МОН Украины,
01033 Киев

Представлен современный подход к использованию сахарозаменителей в диетотерапии больных сахарным диабетом. Согласно рекомендациям ВОЗ, для предупреждения возникновения и развития сахарного диабета следует употреблять пищевые продукты с низким гликемическим индексом. Предложено два пути к уменьшению гликемического индекса в пищевых продуктах с высоким содержанием углеводов (>55 %): первый основывается на использовании сахарозаменителей с интенсивным сладким вкусом (в частности, ацесульфам калия), второй состоит в неполном замещении сахарозы смесью объемных сахарозаменителей, обладающих эффектом синергизма. Оба пути позволяют получить мучные кондитерские изделия с низким гликемическим индексом.

ALTERNATIVE SWEETENERS IN DIABETES NUTRITION (review of literature and own data)

**M. D. Tronko, Y. G. Balion, A. V. Simurov,
O. V. Korpacheva-Zynich, A. I. Ukrainec*, M. O. Polumbryk ***

State institution "V. P. Komisarenko Institute of Endocrinology and Metabolism AMS Ukraine", 04114 Kyiv

**National University of Food Technologies, Ministry of Education and Science of Ukraine, 01033 Kyiv

Presented is the latest information on numerous alternative sweeteners and their use by patients with diabetes mellitus. According to the WHO recommendations, food stuff with low glycemic index should be used to prevent onset and development of diabetes. Proposed are the two pathways for reducing glycemic index in the food with high carbohydrate content (>55 %). The first one is based on the use of sweetener with an intensive sweet taste (particularly potassium acesulfame), while another one – on partial substitution of sucrose by bulk sweeteners, which have a synergic effect. Both paths are enabled to produce confectionery products