

К.т.н., докторант Дорохович В.В.

Київський національний торговельно-економічний університет

Аспірант Соловйова О.Л.

Київський національний університет харчових технологій

### **Кваліметрична оцінка цукрозамінників–поліолів**

Здоров'я людини є однією з головних, якщо не найголовнішою цінністю. Від стану здоров'я залежить тривалість та якість життя, працездатність, душевний комфорт. Недарма є висловлювання – „в здоровому тілі – здоровий дух”. Збереження здоров'я людини є важливою державною проблемою.

Аналіз стану здоров'я населення, який був проведений в останні декілька десятиліть фахівцями в галузі охорони здоров'я, доводить значне збільшення осіб, що мають захворювання які називають „хвороби цивілізації” або схильність до них. До цих захворювань відносять хвороби серця та судин, онкологічні захворювання, сечокам'яну та жовчнокам'яну хвороби, діабет, алергічні захворювання, ожиріння, остеопороз, остеохандроз та інші.

У 1985 році S.B. Eaton та M. Konnor висунули гіпотезу, що ріст „хвороб цивілізації” в другій половині ХХ сторіччя обумовлений тим, що гени сучасної людини, які адаптовані протягом майже мільйону років еволюції до життєвих устоїв та їжі древніх прашурів, виявились недостатньо стійкими до різких змін життя людини за останні 100-200 років [1]. Видатний російський фізіолог І.П. Павлов при врученні йому у 1904 році Нобелівської премії зазначив, що „над всеми явлениями человеческой жизни господствует забота о хлебе насущном. Она представляет собой ту древнейшую связь, соединяет все живые существа, в том числе и человека, со всей остальной окружающей их природой”.

Аналіз раціону харчування пересічної сучасної людини показав, що він недостатньо збалансований: надмірне вживання жирів та вуглеводів, особливо легкозасвоюємих, недостатній вміст повноцінного білку, вітамінів, мінеральних речовин, харчових волокон. Значна частина серйозних захворювань та порушень провокується вживанням рафінованих продуктів, в тому числі і цукру.

Найбільш розповсюджений та серйозний наслідок надлишкового споживання рафінованого цукру – порушення обміну речовин, перш за все обміну вуглеводів. По мірі виснаження від надмірного навантаження механізмів переробки цукру гіпоглікемія, що проявляється спочатку, може переходити в гіперглікемію та цукровий діабет, які нерідко ускладнюються іншими захворюваннями такими як серцево-судинні, ожиріння тощо [2].

Як вважає відомий дієтолог Г. Кемпбелл, організм людини може витримати надлишкове споживання рафінованого цукру протягом 20 років, після чого може виникнути діабет. Обмежувати споживання цукру доцільно з дитинства. Нормальне споживання цукру знаходиться на рівні 50 г на добу [2]. Слід зазначити, що в цю кількість повинен входити цукор, який ми споживаємо з усіма харчовими продуктами, більш оптимально коли переважна частина цукру потрапляє до організму не в рафінованому вигляді а з овочами, фруктами, ягодами тощо. Отже звідси можна зробити висновок, що реальна кількість рафінованого цукру, який можна без шкоди для здоров'я споживати значно менша.

Основною сировиною кондитерських виробів є цукор, вміст якого в різних кондитерських виробках різний, однак у переважній кількості кондитерських виробів він високий. Так, у борошняних кондитерських виробках вміст цукру знаходиться в межах від 30 до 40 %, в цукерках до 50 %, в мармеладі, зефірі та пастильних виробках від 80 до 95 %. Враховуючи такий значний вміст цукру у кондитерських виробках виникає доцільність зменшення цукроємності цих виробів з метою надання їм більш безпечних властивостей. Необхідність застосування альтернативних цукру солодких

речовин обумовлюється збільшенням кількості хворих на цукровий діабет, споживання цукру яким не рекомендовано.

Групою канадських вчених у 1984 році був введений термін „глікемічний індекс” (ГІ), який відображує швидкість адсорбції вуглеводів і представляє собою відношення площини під глікемічною кривою після споживання 50 г вуглеводів, які містяться у певній кількості продукту, що досліджується до площини під глікемічною кривою, яка отримана після споживання 50 г глюкози (еталон) [3]. Як еталон деякі вчені пропонують білий хліб.

Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ) ще у 1997 році було рекомендовано для покращення стану здоров'я населення притримуватись дієти з низьким глікемічним індексом. Але дотримання низькоглікемічної дієти можливо в тому випадку, коли є продукти з низьким глікемічним індексом, що в першу чергу відноситься до кондитерських виробів, які завдяки своєму традиційному рецептурному складу мають високий вміст вуглеводів і, відповідно, відносно високий глікемічний індекс.

Отже виникає необхідність застосування при розробленні кондитерських виробів цукрозамінників з якомога нижчим глікемічним індексом. Поліоли – сорбіт, лактитол, ізомальт, як раз і характеризуються дуже низьким глікемічним індексом, що робить доцільним їх застосування як у кондитерських виробках для хворих на цукровий діабет, так і для усіх шарів населення.

Відомо, що на загальний стан здоров'я в значній мірі впливає мікрофлора кишечника на яку вагомий вплив має харчування. Згідно сучасної наукової концепції виділяють речовини – пребіотики, які є компонентами їжі, що не засвоюються, але здатні сприятливо діяти на здоров'я людини шляхом селективної стимуляції росту або активності одного чи декількох родів корисних бактерій товстого кишечника [4]. Найбільша кількість пребіотиків має вуглеводну природу, серед них поліоли займають вагоме місце. Це є ще одним аргументом для їх застосування.

Традиційним заміником цукру з яким розроблений ряд кондитерських виробів є сорбіт. Сорбіт – шестиатомний спирт, його отримують з глюкози шляхом гідролізу. Молекулярна вага 182,13. Температура плавлення безводного сорбіту 110-111°C, гідратного - 100°C. Солодкість сорбіту 0,48 SES. Енергетична цінність 1 г. чистого сорбіту дорівнює 3,4 ккал/г [5]. Сорбіт має від’ємну теплоту плавлення, внаслідок чого утворюється прохолоджуючий ефект, котрий не завжди бажаний.

Аналізуючи технологічні властивості сорбіту можна зробити висновок, що він має як позитивні, так і негативні ознаки. Так, висока гігроскопічність сорбіту буде мати позитивне значення при виробництві БКВ для яких характерне утворення м’якушки, для цукрекок, мармеладу і негативне для печива, крекерів, білково-збивного напівфабрикату, карамелі тощо. До недоліків сорбіту можна віднести також дещо „металевий” присмак, який проявляється у виробках, та відносно низьку солодкість сорбіту.

Головною позитивною властивістю сорбіту є те, що він не порушує вуглеводного обміну у хворих на цукровий діабет, не підвищує рівня глюкози у крові та не викликає глікозурії (виведення цукру з сечею). Відомо, що сорбіт при засвоєнні частково переходить у фруктозу, частково, через ряд проміжних з’єднань в аскорбінову кислоту, яка відіграє істотну роль при засвоєнні цукру. Сорбіт сприяє збільшенню виділення жовчі, шлункового соку, покращує перистальтику кишкового тракту [7]. Перевагою сорбіту є його низький ГІ, що дорівнює 7%. ФАО/ФОЗ не встановив будь-яких обмежень відносно допустимої дози сорбіту як харчової добавки, або харчового продукту. Разом з тим, вважається, що при споживанні сорбіту понад 30 г на добу можливий розлад шлунку.

На теперішній час на ринку України пропонуються цукрозамінники нового покоління – лактитол та ізомальт.

Лактитол виробляє фірма „Пурак” (PURAC), Нідерланди, під торговою маркою „Лакті” (LACTY), з лактози шляхом каталітичної гідрогенізації.

Лактитол за своїми фізико-хімічними показниками наближається до цукрози. Він має чистий солодкий смак, подібний до цукрози, але солодкість його складає 0,3-0,4 SES. Лактитол добре розчиняється у воді при 20°C - 57%, з підвищенням температури 50°C майже однаково, як у цукрози [7]. Він не гігроскопічний і це має істотні переваги по відношенню до інших цукрозамінників, так як використання лактитолу буде мати вплив на подовження термінів зберігання певних груп кондитерських виробів при зберіганні яких важливе значення має їх низька сорбційна здатність.

Лактитол відносно термостабільний цукрозамінник. Температура плавлення його дорівнює 122-123°C [8]. В порівнянні з такими цукрозамінником як сорбіт, лактитол має низький прохолоджувальний ефект.

Поряд з технологічними перевагами лактитол має і значні позитивні фізіологічні властивості. Калорійність лактитолу дорівнює 2-2,4 Ккал /г (8,4-10 кДж/г), що майже на 50% менше у порівнянні з цукрозою та фруктозою. Це дає можливість виробляти на основі лактитолу кондитерські вироби з зниженою (редукованою) калорійність. Лактитол має явно виражені пребіотичні властивості, що робить його перспективною речовиною при розробленні кондитерських виробів, зі статусом „функціональний”.

Головна перевага лактитолу в тому, що він не підвищує вміст цукру у крові. Тому його можна рекомендувати при виробництві кондитерських виробів для хворих на цукровий діабет. Лактитол має дуже низький глікемічний індекс – 3%, що дозволяє виробляти на його основі кондитерські вироби з істотно зниженим глікемічним індексом.

Науковцями доведено, що лактитол безпечний цукрозамінник і його добова доза не лімітується. Однак в наслідок того, що лактитол може мати легкий послаблюючий ефект, науковим комітетом по харчовим продуктам ЄС рекомендовано споживати його до 50 г на добу. На сьогоднішній день лактитол дозволений до застосування також в Канаді, Японії, Ізраїлі. У США дозволений до застосування з 1993 року [7].

Ізомальт, як і лактитол, відноситься до групи поліолів. Розробником ізомальту є фірма „Палатініт” (Німеччина). На сьогоднішній день ізомальт (C\* IsoMaltidex 16500) виробляється фірмою Cerestar company. Його отримують з цукру шляхом двоступеневого процесу з цукру.

Солодкість ізомальту дорівнює 0,5 SES. Він стабільний по відношенню до дії кислот, ферментів, температур. Температура плавлення ізомальту 145-150°C. Ця властивість має можливість рекомендувати використовувати ізомальт при виробництві кондитерських виробів, які підлягають дії високих температур. Ізомальт розчиняється у воді, але розчинність його значно менше ніж у цукрози – при 20°C – 27% [7,9]. Ізомальт як і лактитол має низьку гігроскопічність, яка при вологості 20°C та відносній вологості повітря 80% дорівнює 5 ммоль/г

Головною перевагою ізомальту є те, що його можна використовувати у кондитерських виробках для хворих на цукровий діабет. Дослідження [9] показали, що підвищення рівня глюкози у крові після споживання ізомальту незначне у порівнянні з цукрозою. Так, при споживанні 30 г цукру (цукрози) через 30 хв. рівень глюкози збільшується до 26 ммоль/л, при споживанні 31,6 г ізомальту (перерахунок проводився з урахуванням сухих речовин) рівень глюкози збільшується лише на 0,2 ммоль/л.

Ізомальт відноситься до речовин з пребіотичними властивостями, що робить його цінною сировиною для застосування у виробках спеціального призначення. Калорійність ізомальту дорівнює 2-2,4 Ккал/г, що дає можливість виробляти при його використанні низькокалорійні вироби, які можуть споживати особи з підвищеною масою тіла. Ізомальт, як і лактитол, має дуже низький глікемічний індекс. Глікемічний індекс (ГІ) дорівнює 3%, що є його істотною перевагою.

Об'єднаний комітет по харчовим добавкам ВООЗ визнав його нешкідливість та схвалив його щоденне споживання без обмежень. На сьогоднішній день він застосовується більш ніж в 40 країнах світу [7].

Важливим аспектом який обумовлює доцільність застосування цукрозамінників при розробленні різних груп кондитерських виробів є кількісне визначення їх якісних показників. Ми вважаємо, що найбільш важливими показниками, які обумовлюють технологічні та фізіологічні властивості цукрозамінників є: солодкість, гігроскопічність, розчинність, калорійність, термостабільність, глікемічний індекс. Кількісну оцінку якості цукрозамінників ми пропонуємо проводити саме за цими показниками. Вважаємо за доцільне кількісну оцінку якості цукрозамінників проводити за комплексним показником з врахуванням основних принципів теоретичної кваліметрії.

Кількісну оцінку якісних показників цукрозамінників ми проводили в балах за 10 бальною шкалою. За 10 балів приймали значення показника того цукрозамінника у якого цей показник оптимальний. Так, наприклад, чим більша розчинність цукрозамінника, тим легше проведення технологічного процесу виготовлення кондитерських виробів. Оскільки серед цукрозамінників, що досліджуються максимальну розчинність має сорбіт (67% при 20<sup>0</sup>C), то саме це значення приймалось за 10 балів. Розчинність лактитолу та ізомальту менша, і відповідно бальна оцінка менша. Таким чином була розрахована бальова оцінка усіх зазначених показників цукрозамінників окрім солодкості. За оптимальний рівень солодкості (10 балів) була прийнята солодкість цукру (цукрози), оскільки солодкість цукрозамінників, що досліджується набагато нижча за неї, а високий рівень солодкості є одним з вимог до якості цукрозамінників. Результати проведених розрахунків наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Оцінка якісних показників за 10 бальною шкалою

Найменування сировини	Солодкість		Гігроскопічність (відносна вологість 80%)		Розчинність T=20°C		Калорійність		Термостійкість (Температура плавлення)		Глікемічний індекс (ГІ)	
	SES	Бали	Ммоль/г	Бали *	%	Бали	ККал	Бали	°C	Бали	%	Бали
Сорбіт	0,48	4,8	50	10/0,5	67	10	3,4	5,9	110	7,6	7,0	4,3
Лактитол	0,35	3,5	1	0,2/10	56	8,4	2,0	10	122	8,4	3,0	10
Ізомальт	0,45	4,5	5	1/5,0	27	4,0	2,0	10	145	10	3,0	10

\* – для одних груп кондитерських виробів оптимальним є висока гігроскопічність цукрозамінника (чисельник), для інших низька (знаменник).

Згідно показників, що наведені в таблиці 1, нами побудовані профілограми властивостей сорбіту, лактитолу та ізомальту Рис. 1 наведені значення показників в балах з урахуванням високої гігроскопічності, як позитивної властивості, котрій надається 10 балів

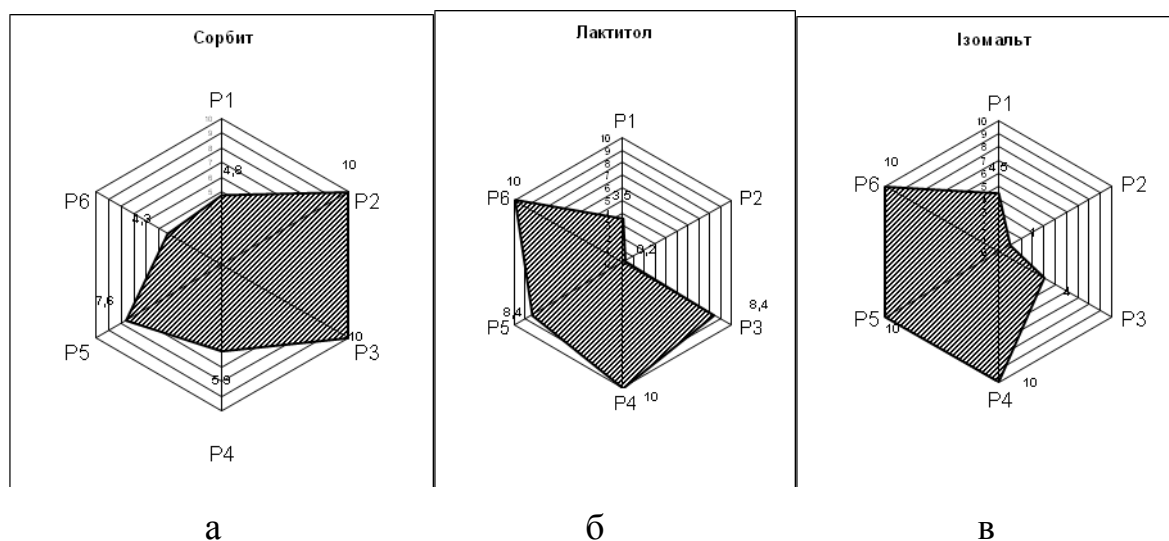


Рис. 1. Профілограми показників якості а-сорбіт, б-лактитол, в-ізомальт (оптимум висока гігроскопічність)

На рисунку 2 наведені профілограми показників якості поліолів, з урахуванням низької гігроскопічності (лактитол), котрій надається 10 балів



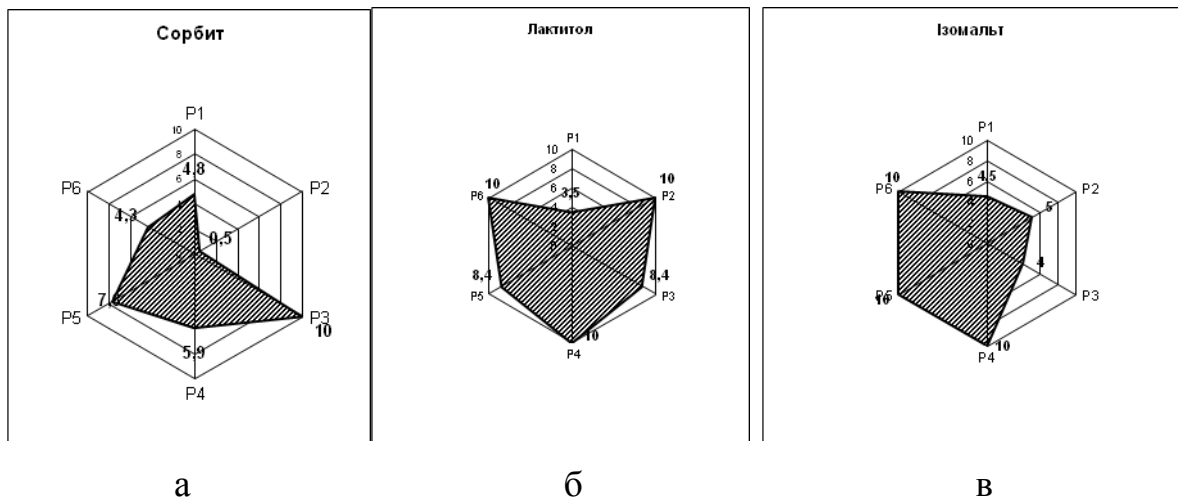


Рис. 2. Профілограми показників якості: а-сорбіт, б-лактитол, в-ізомальт (оптимум – низька гігроскопічність)

При визначенні комплексного показника якості, а також згідно принципів кваліметрії, необхідно враховувати коефіцієнт вагомості.

Коефіцієнти вагомості визначали методом експертного опитування по Деллфі (таблиця 2). При визначенні коефіцієнтів вагомості експертним методом, було враховано високу гігроскопічність, як позитивну властивість, тоді коефіцієнт вагомості відповідав 0,15 (Таблиця 2. чисельник), це має значення для виробництва пряників, кексів, бісквітів, мармеладу, пастили, зефіру, маршмелоу, помадних цукерок.

При виробництві таких кондитерських виробів як печиво, крекери, галети, карамель, пралінові цукерки, шоколад; підвищена гігроскопічність виконує негативну роль. Тому у другому варіанті визначення комплексного показника коефіцієнта вагомості  $M_2$ , було зменшено до 0,05.

Загальний вигляд формули для розрахунку комплексного показника (К) буде мати вигляд:

$$K = M_1 \frac{P_1}{P_1^{\bar{o}}} + M_2 \frac{P_2}{P_2^{\bar{o}}} + M_3 \frac{P_3}{P_3^{\bar{o}}} + M_4 \frac{P_4}{P_4^{\bar{o}}} + M_5 \frac{P_5}{P_5^{\bar{o}}} + M_6 \frac{P_6}{P_6^{\bar{o}}},$$

де:  $M_i$  – коефіцієнти вагомості показників;  $P_i$  – відповідний показник властивість цукрозамінника, що досліджується (в балах);  $P_i^{\bar{o}}$  – показник якості базового зразка.

Таблиця 2. Коефіцієнти вагомості показників якості цукрозамінників

Солодкість	Гігроскоп - пічність	Розчинність	Калорійність	Термо- стабільність	Глікемічний індекс
М <sub>1</sub>	М <sub>2</sub>	М <sub>3</sub>	М <sub>4</sub>	М <sub>5</sub>	М <sub>6</sub>
0,15/0,15	0,15/0,05	0,10/0,20	0,10/0,10	0,15/0,15	0,35/0,35

Нами були розраховані комплексні показники якості сорбіту, лактитолу, ізомальту за 2 варіантами.

1-й варіант коли оптимальною є висока гігроскопічність,

2-й варіант коли оптимальною є низька гігроскопічність.

*Згідно 1-го варіанта:*

Комплексний показник якості сорбіту  $K_c = 0,646$ ; лактитолу  $K_{л} = 0,716$ ; ізомальту  $K_{із} = 0,723$ .

*Згідно 2-го варіанта:*

комплексний показник якості сорбіту  $K_c = 0,599$ ; лактитолу  $K_{л} = 0,847$ ; ізомальту  $K_{із} = 0,773$ .

При порівнянні величини комплексних показників видно, що згідно 1-го варіанту комплексний показник якості лактитолу більше ніж комплексний показник якості сорбіту на 10,6%, а комплексний показник якості ізомальту більше ніж комплексний показник якості сорбіту на 11,9%; згідно 2-го варіанту комплексний показник якості лактитолу більше ніж комплексний показник якості сорбіту на 41,4%, а комплексний показник якості ізомальту на 29% більше, ніж комплексний показник якості сорбіту.

Проведені розрахунки показали, що із розглянутих поліолів, найвищу оцінку заслуговує поліол нового покоління - лактитол; котрий може бути використаний при виробництві різних кондитерських виробів: печиво, пряники, мармелад, цукерки, бісквіти, кекси, що доцільно споживати всім групам населення в тому числі хворим на цукровий діабет.

## Література

1. Доронин А.Ф., Шендеров Б.А. Функциональное питание. – М.: ГРАНТЬ, 2002. – 296 с.
2. Рациональное питание / Смоляр В.И. – Киев: Наук. думка, 1991. – 368 с.
3. Jenkins D. J.A., Wolewer T.M.S., Jenkins A.L.// Lancet. – 1984. – Vol.2. – P. 388-391.
4. Капрельянц Л.В., Йоргачова К.Г. функціональні продукти. – Одеса: Друк, 2003. – 312 с.
5. Булгаков А.С. Пищевые добавки. Справочник.- Санкт-Петербург, «Ut», 1996.-240С.
6. Полищук Т.Я. Разработка рациональных технологий диабетических мучных кондитерских изделий
7. Корпачев В.В. Сахара и сахарозаменители. – К.: Книга плюс, 2004. – 320с.
8. Інформаційно-рекламний проспект фірми PURAC
9. Інформаційно-рекламний проспект фірми „Палатініт”

In this article the authors define different qualities of polyols with the help of a complex index. The qualities are sweetness, solubility, absorbability, calorie content, heat resistance and glycaemic index. The necessary diagrams are made. The composite index of the main principles of qualimetry is calculated for two variants. Variant 1, when absorbability is high ( $K_{\text{sorbit}}=0,646$ ,  $K_{\text{lacty}}=0,716$ ,  $K_{\text{izomalt}}=0,723$ ). And variant 2, when absorbability is low ( $K_{\text{sorbit}}=0,599$ ,  $K_{\text{lacty}}=0,847$ ,  $K_{\text{izomalt}}=0,773$ ).