

Цукри, цукрозамінники, підсолоджувачі та їх використання при виробництві кондитерських виробів

Дорохович А.М.

Національний університет харчових технологій

Основна відмінність кондитерських виробів від інших продуктів харчування це їх солодкий смак, який обумовлено наявністю в рецептурах цукрів. Коли говорять цукор, то більша кількість населення має на увазі цукор білий кристалічний (сахароза).

Експерти Продовольчої та сільськогосподарської організації при ООН (ФАО) і Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) вживають термін «сахара» маючи на увазі моно- та дисахариди. В назві цукрів існує суфікс «-оза» (ФАО/ВООЗ): цукор білий – сахароза, виноградний цукор – глюкоза, фруктовый цукор – фруктоза, молочний цукор – лактоза. Згідно стандарту CODEX STAN 212-1999 до групи цукрів відносять: білий цукор, білий цукор пісок, цукрова пудра, жовтий цукор, коричневий цукор, глюкоза безводна, глюкоза кристалічна гідратна, пудра із глюкози, глюкозний сироп, сухий сироп глюкози, лактоза, фруктоза, цукор сирець з цукрової тростини.

Основні фізико-хімічні та фізіологічні властивості цукрів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Основні фізико-хімічні та фізіологічні властивості ди- і моносахаридів

Назва цукру	Розчинність при 20°C P ₁	Глікемічний індекс, од P ₂	Калорійність, ккал/г P ₃	Температура плавлення, °C P ₄	Коефіцієнт солодкості, од. P ₅
Сахароза	69,0	68,0	4,0	180,0	1,0
Глюкоза	47,0	100,0	4,0	146,0	0,8
Фруктоза	78,0	20,0	4,0	104,0	1,5
Мальтоза	47,0	105,0	4,0	108,0	0,4
Лактоза	16,0	45,0	4,0	252,0	0,35
Тагатоза	58,0	3,0	1,5	134,0	0,92
Трегалоза	68,9	72,0	3,46	210,5	0,45
Лактулоза	75,20	46,00	4,00	169,0	0,50

Нами проведено порівняльний аналіз якості цукрів на основі наведених властивостей, які мають різні розмірності. Для порівняння їх якості всі властивості були переведені у безрозмірні показники за допомогою використання 10-ти бальної шкали.

Таблиця 2 – Фізико-хімічні показники цукрів за бальною шкалою

Назва цукру	Розчинність при 20°C	Глікемічний індекс, од	Калорійність, ккал/г	Температура плавлення, °C	Коефіцієнт солодкості, од.
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅
Сахароза	8,80	0,44	3,75	5,80	6,60
Глюкоза	6,00	0,30	3,75	7,10	5,30
Фруктоза	10,00	1,50	3,75	10,00	10,00
Мальтоза	6,00	0,29	3,75	9,60	2,70
Лактоза	2,00	0,66	3,75	4,10	2,30
Тагатоза	7,40	10,00	10,00	7,70	6,10
Трегалоза	8,80	0,41	4,20	4,90	3,00
Лактулоза	9,60	0,65	3,75	6,15	3,33

На основі отриманих даних були побудовані профілограми (рис. 1)

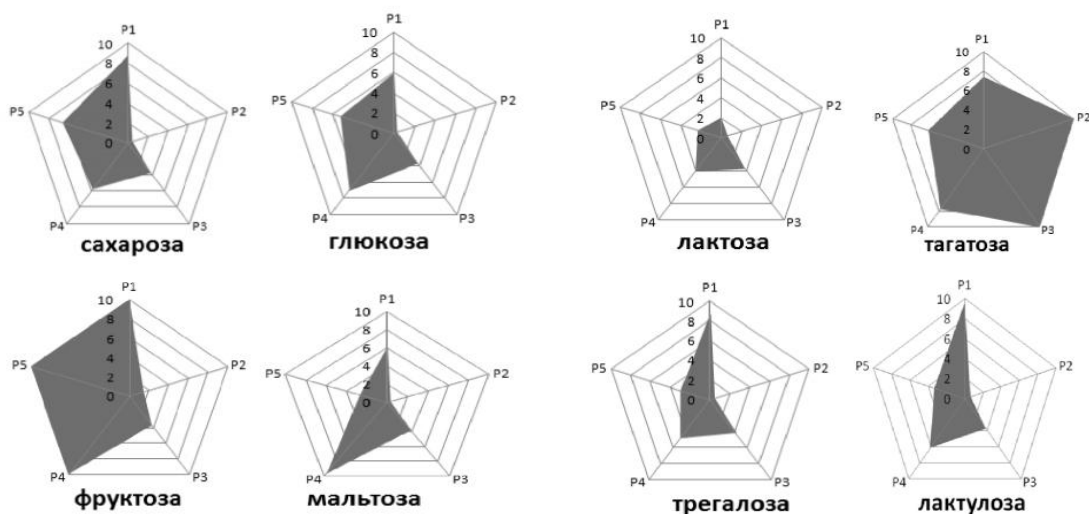


Рис.1 – Профілограми порівняльної оцінки якості цукрів

За площею профілограм можливо провести порівняння їх якості. Однак, в профілограмах не враховано вагомість показників. Ми вважаємо за доцільне загальну якість продукції визначати за комплексним показником, який враховує основні принципи теоретичної кваліметрії, тобто $\sum_{s=1}^5 M_s \frac{P_{in}}{P_{in}^{\sigma}}$, $P_{in}^{\sigma} = 10$ балів, значення, P_{in} в балах в таблиці. За допомогою експертного опитування за методом Делфі було визначено коефіцієнти вагомості при умові, що $\sum_{s=1}^5 M_s = 1,0$

Таблиця 3 - Визначення коефіцієнтів вагомості цукрів

Номер експерта	Значення коефіцієнта вагомості					Сума коефіцієнтів вагомості
	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	
Перший експерт	0,20	0,15	0,25	0,20	0,20	1,00
Другий експерт	0,20	0,15	0,25	0,15	0,25	1,00
Третій експерт	0,15	0,20	0,20	0,15	0,30	1,00
Четвертий експерт	0,25	0,15	0,20	0,15	0,25	1,00
П'ятий експерт	0,20	0,10	0,20	0,20	0,25	1,00
Шостий експерт	0,10	0,20	0,25	0,20	0,25	1,00
Сьомий експерт	0,30	0,10	0,25	0,10	0,25	1,00
Восьмий експерт	0,25	0,15	0,25	0,10	0,25	1,00
Дев'ятий експерт	0,20	0,15	0,25	0,15	0,25	1,00
Середнє значення	0,20	0,15	0,24	0,16	0,25	1,00

Комплексний показник якості цукрів розраховується за наступною формулою:

$$K_0^1 = M_1 \frac{P_1}{P_1^{\bar{6}}} + M_2 \frac{P_2}{P_2^{\bar{6}}} + M_3 \frac{P_3}{P_3^{\bar{6}}} + M_4 \frac{P_4}{P_4^{\bar{6}}} + M_5 \frac{P_5}{P_5^{\bar{6}}}$$

де $P_i^{\bar{6}}=10,0$ балів

значення P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 – наведено в таблиці 2,

значення M_1, M_2, M_3, M_4, M_5 – наведено в таблиці 3.

Розрахунок комплексного показника якості характеризує якість цукрів наведено в таблиці 4.

Таблиця 4 – Значення комплексного показника якості цукрів

Найменування цукру	Значення комплексного показника якості
Сахароза	0,53
Глюкоза	0,46
Фруктоза	0,72
Мальтоза	0,44
Лактоза	0,26
Тагатоza	0,81
Трегалоza	0,44
Лактулоza	0,47

Аналіз даних показав, що найбільший комплексний показник якості має тагатоza, яка в кондитерській галузі України поки що не була відома, але закордоном тагатоza знайшла широке використання при виробництві дієтичних кондитерських виробів. В НУХТі вперше в Україні був використаний цукор тагатоza аспірантом Божком Олександром (керівник проф. Дорохович А.М.) при виробництві жувальної карамелі дієтично-функціонального призначення. Зараз докторантом Камбуловою Ю.В. проводиться робота по використанню тагатоzi при виробництві мармеладу, зефіру, пастили, з метою зниження калорійності і глікемічності.

Цукри, окрім того, що є носіями солодкого смаку, приймають участь в утворенні аморфної, кристалічної, гелеподібної, пастоподібної, піноподібної структури кондитерських виробів, тому на нашу думку, речовини, які мають солодкий смак і які, як і цукор, приймають участь в структуроутворенні заслуговують назву «цукрозамінники». Відносно назви «цукрозамінник» існують різні тлумачення. На нашу думку це поняття відповідає правилам номенклатури IUPAC (Міжнародний союз теоретичної і прикладної хімії), які сформульовану в 1996 році, і в яких вказано, до цукрозамінників відносяться поліоли, цукроспирти, гідрогенізовані вуглеводи - це все синоніми одного підкласу похідних вуглеводів. Всі цукрозамінники мають суфікс «-ітол»: сорбітол, ксилітол, лактитол.

Цукрозамінники поліоли мають калорійність, яка майже вдвічі менша ніж калорійність моно- та дисахаридів (табл. 5).

Таблиця 5 – Калорійність поліолів у різних країнах світу

Цукрозамінник (поліол)	ЄС	США	Японія
Сорбітол	2,4	2,6	3,0
Ксилітол	2,4	2,4	3,0
Манітол	2,4	1,6	2,0
Мальтитол	2,4	3,0	2,0
Ізомальтитол	2,4	2,0	2,0
Лактитол	2,4	2,0	2,0

Калорійність еритритолу 0,2-0,5 ккал/г, в більшості країн вважають, що еритритол безкалорійний продукт.

Основні фізико-хімічні і фізіологічні показники найбільш відомих цукрозамінників наведено в таблиці 6.

Таблиця 6 - Основні фізико-хімічні показники цукрозамінників

Назва цукру	Розчинність при 293 К (20 °С), %	Глікемічний індекс (ГІ), %	Калорійність		Температура плавлення		Солодкість, од.
			кДж/г	ккал/г	К	°С	
			P1	P2	P3		
Сорбітол	75,0	9,0	8,62	2,6	373,0	100,0	0,6
Ксилітол	58,0	8,0	17,01	4,06	367	94,0	0,6
Манітол	18,5	7,0	15,87	3,79	439,0	166,0	0,5
Ізомальт	24,5	9,0	10,05	2,4	419,0	146,0	0,55
Мальтитол	65,0	36,0	10,05	2,4	421,0	148,0	0,9
Еритритол	37,0	0,2	2,09	0,5	399,0	126,0	0,65
Лактитол	55,0	2,0	10,05	2,4	423,0	150,0	0,35

За методикою, яка була показана на прикладі цукрів проведена оцінка якості цукрозамінників (табл.7)

Таблиця 7 – Фізико-хімічні показники цукрозамінників за бальною шкалою

Назва цукру	Розчинність при 293 К (20 °С)	Глікемічний індекс (ГІ)	Калорійність	Температура плавлення	Солодкість
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅
Сорбітол	10,0	0,22	1,92	9,4	5,4
Ксилітол	7,73	0,25	1,23	10,0	5,4
Манітол	2,47	0,29	1,32	5,66	5,56
Ізомальт	3,27	0,22	2,08	6,44	6,11
Мальтитол	8,67	0,06	2,08	6,35	10,0
Еритритол	4,93	10,0	10,0	7,46	7,22
Лактитол	7,33	1,0	2,08	6,26	3,89

Згідно показників наведених в таблиці 7 побудовано профілографи (рис.

2)

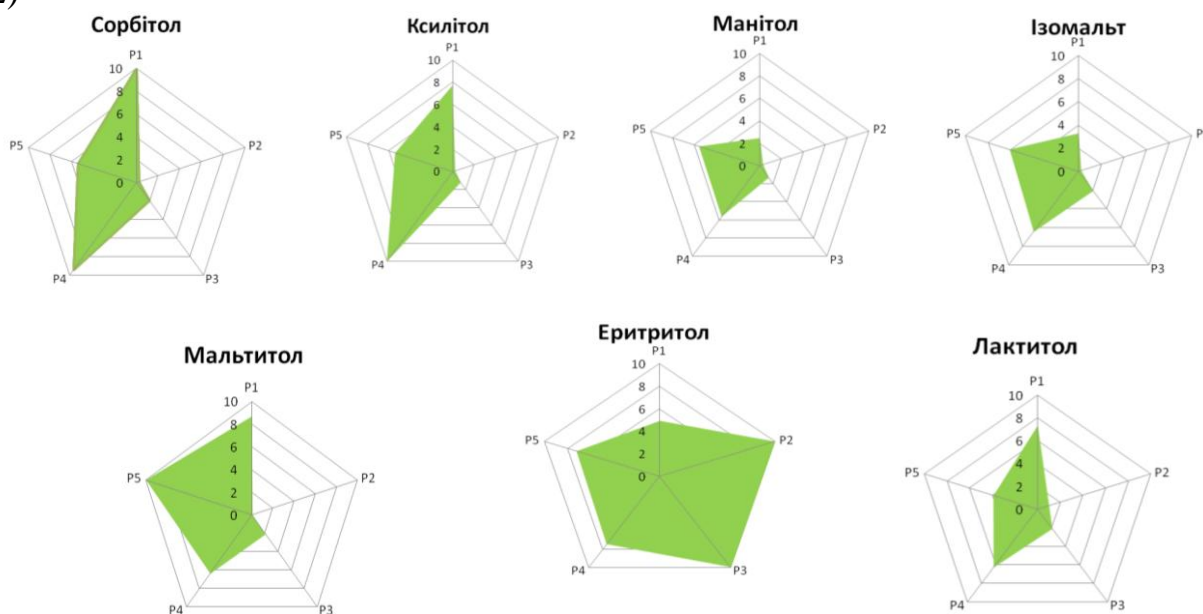


Рис. 2 – Профілографи якості цукрозамінників

Комплексний показник якості розраховується за наступною формулою:

$$K_0^1 = M_1 \frac{P_1}{P_1^6} + M_2 \frac{P_2}{P_2^6} + M_3 \frac{P_3}{P_3^6} + M_4 \frac{P_4}{P_4^6} + M_5 \frac{P_5}{P_5^6} + M_6 \frac{P_6}{P_6^6} + M_7 \frac{P_7}{P_7^6} + M_8 \frac{P_8}{P_8^6}$$

де P_i⁶=10,0 балів

значення P₁, P₂, P₃, P₄, P₅ – наведено в таблиці 6,

значення M₁, M₂, M₃, M₄, M₅ – наведено в таблиці 7.

Розрахунок комплексного показника якості характеризує якість цукрозамінників наведено в таблиці 8.

Таблиця 8 – Значення комплексного показника якості цукрозамінників

Найменування цукрозамінника	Значення комплексного показника якості
Сорбітол	0,53
Ксилітол	0,48
Манітол	0,31
Ізомальт	0,37
Мальтитол	0,57
<i>Еритритол</i>	0,79
Лактитол	0,41

Згідно отриманих даних визначено, що найвищий показник якості має цукрозамінник еритритол. В НУХТі вперше в Україні при виробництві кондитерських виробів був використаний еритритол аспіранткою Абрамовою А.Г. (науковий керівник проф. Дорохович В.В.) при виробництві бісквіту, який можливо маркувати, як «харчовий продукт пониженої калорійності» і зі статусом «дієтично-функціональний харчовий продукт».

Якщо в характеристиці цукрів в світі існує одна думка і яка відображена в стандарті CODEX STAN 212-1999, то в характеристиці цукрозамінників єдиної думки не існує. Згідно Кодексу Аліментаріус поліоли відносяться до групи синтетичних підсолоджувачів.

В таблиці 9 наведено підсолоджувачі та їх норми споживання.

Таблиця 9 – Синтетичні підсолоджувачі та їх норма споживання

Назва	Е-номер	Перевищення солодкості в порівнянні з сахарозою	Добова норма вживання (ADI)	Схвалено ЄС	Дата останнього перегляду
Ацесульфам К	E950	200	0-9 мг/кг	1984	2000
Аспартам	E951	160-200	0-40 мг/кг	1984	2002
Цикламаг і його солі	E952	30	0-7 мг/кг	1984	2000
Неогесперидин дигідрохалкон	E959	1500	0-5 мг/кг	1988	1988
Сахарин і його солі	E954	300-500	0-5 мг/кг	1977	1995
Сукралоза	E955	600	0-15 мг/кг	2000	2000
Тауматин	E957	2000-3000	немає обмежень при врахуванні послаблюючого ефекту	1984	1988

Еритритол	E968	0,6-0,8	те ж саме	2003	2003
Ізомальтитол	E953	0,5	те ж саме	1984	1988
Лактитол	E966	0,4	те ж саме	1984	1999
Мальтитол і сироп мальтитолу	E965	0,9	те ж саме	1984	1999
Манітол	E421	0,7	те ж саме	1984	1999
Сорбітол	E420	0,6	те ж саме	1984	1984
Ксилітол	E967	1	те ж саме	1984	1984

Підсолоджувач – це речовина з високими одиницями солодкості і така речовина, яка не приймає участь в утворенні структури. Підсолоджувач є тільки носієм солодкого смаку.

На нашу думку, всі речовини з солодким смаком доцільно поділити на цукри, цукрозамінники, підсолоджувачі (природні і синтетичні). Наші пропозиції відповідають класифікації солодких речовин, запропонованої німецьким вченим Ф. Рудхардом згідно з якою всі солодкі речовини поділяють на 3 групи:

1) цукор і цукропродукти, одержані з сировини вуглеводної природи, що мають високу калорійність, засвоюються організмом і є харчовими продуктами;

2) солодкі речовини, які одержують з рослинної сировини або шляхом хімічної чи ферментативної модифікації речовин першої групи. Ця група солодких речовин має калорійність, але для їх засвоєння організм людини не потребує гормону підшлункової залози – інсуліну. Ці речовини називаються цукрозамінниками. Вони мають солодкість, близьку до солодкості сахарози, виконують у продукті ролі не лише солодкої речовини, а й наповнювача маси;

3) солодкі речовини природного і синтетичного походження, що не засвоюються організмом, вони без калорійні, мають високий цукрозний еквівалент і називаються підсолоджувачами або харчовими добавками.

Вважаємо, що в Україні потрібно на законодавчому рівні чітко дати характеристику речовин з солодким смаком і поділити їх на 3 групи: цукри, цукрозамінники, підсолоджувачі (природні і синтетичні), а також встановити безпечні норми їх споживання.

Список використаної літератури

1. Carbohydrates in human nutrition. Division: Nutrition Division. (FAO Food and Nutrition Paper - 66). Table of Contents. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation Rome, 14-18 April 1997.

2. Дорохович, А. Н. Сахара и оценка их качества по комплексному показателю / А.Н. Дорохович, Е.А. Кохан, А.С. Божок // Продукты & Ингридиенты. - Київ, 2014. - № 5 (113). – С.22-24.
3. Carbohydrate Chemistry and Biochemistry. Structure and Mechanism. M. L. Sinnott. 2007. Cambridge.: RSC Publishing. 705 p.
4. D. McNaught Nomenclature of carbohydrates / McNaught A. D. // Pure & Appl. Chem., Vol. 68, No. 10, pp. 1919-2008, 1996.
5. Полумбрик, М. О. Вуглеводи в харчових продуктах і здоров'я людини./ М. О. Полумбрик // – К. : Академперіодика, 2011. – 487 с.
6. Inglis, G.D. Trichosporonoides megachiliensis, a new hyphomycete associated with alfalfa leafcutter bees, with notes on Trichosporonoides and Moniliella / Inglis G.D., Sigler L., Goettel M.S. // Mycologia. - Vol. 84, No. 4 (Jul. - Aug., 1992), pp. 555-570.
7. Codex standard for formula foods for use in weight control diets codex stan 181-1991.
8. Livesey G. Tolerance of low-digestible carbohydrates: A general view. Br J Nutr. 2001;85(suppl 1):S7-S16
9. Дорохович, А.Н. Анализ рынка сахарозаменителей нового поколения / А.Н. Дорохович, А.В. Мурзин // Продукты & Ингридиенты. - Київ, 2015. - №1-2. — С. 19-21.
10. Мировые тенденции законодательного регулирования использования искусственных подсластителей в продуктах питания: рекомендации для Украины http://www.davinci.org.ua/docs/sweeteners_regulation.pdf
11. Корпачев, В. В. Сахара и сахарозаменители./ В.В. Корпачев// – К.: Книга плюс, 2004. – с. 320.