

Національний університет харчових технологій м. Київ

## ФРУКТОЗА – ПЕРСПЕКТИВНИЙ ЦУКРОЗАМІННИК В ТЕХНОЛОГІЇ ДІАБЕТИЧНИХ ХЛІББУЛОЧНИХ ВИРОБІВ

*В матеріалах статті розглянуто можливість використання фруктози у виробництві хлібобулочних виробів для розширення асортименту діабетичних виробів. Встановлено вплив фруктози на перебіг процесу бродіння в тісті, формування його структурно-механічних властивостей та якість готових виробів порівняно з сахарозою.*

**Ключові слова:** хлібобулочні вироби, діабет, цукрозамінники, фруктоза, бродіння, клейковина, в'язкість, об'єм хліба.

*In the materials paper considers the use of fructose in the production of bakery products for the expansion of the range of diabetic products. The effect of fructose on the process of fermentation in the dough, forming its structural and mechanical properties and quality of finished products compared with sucrose.*

**Key words:** bakery, diabetes, sweeteners, fructose, fermentation, gluten, viscosity, volume of bread.

За даними комітету експертів ВООЗ, найбільш поширеним ендокринним захворюванням у світі є цукровий діабет, що зумовлює серйозні ускладнення, які призводять до ранньої інвалідності працездатного населення.

У лікуванні цього захворювання важливе місце посідає дієтотерапія, яка рекомендує заміну в продуктах харчування цукру білого кристалічного (далі сахарози) інтенсивними підсолоджувачами (ацесульфам-К, сахарин, стевіозид та ін.) або цукрозамінниками (це в основному спирти-поліоли – сорбіт, ксиліт, лактит та ін.) [1].

З технологічної точки зору перевага надається цукрозамінникам, адже ці харчові добавки поряд з підсолоджувачами продукту, подібно сахарозі, беруть участь у перебігу технологічного процесу.

В Україні асортимент хлібобулочних діабетичних виробів дуже обмежений. Як цукрозамінники використовують, в основному, сорбіт (в кількості 5–7 %), рідше – ксиліт (7–8 % до маси борошна).

Останнім часом увага дослідників і виробничників звернута до використання в якості цукрозамінника моносахариду фруктози, яка завдяки інноваційним технологіям її виробництва стала доступною за ціною для використання в харчових продуктах.

Фруктоза має солодкість 1,7, порівняно з солодкістю цукру, її засвоєння не потребує інсуліну, не впливає на рівень цукру в крові. Цей моносахарид краще, ніж сахароза, розчиняється у воді (її розчинність за температури 30° С – 84,34 г, сахарози – 70,42 г). Розчин фруктози має меншу густину, зброджується дріжджами.

Рекомендована добова доза фруктози для хворих на діабет – 0,5–1 г/на 1 кг маси тіла [2].

В Національному університеті харчових технологій досліджували вплив фруктози, порівняно з сахарозою, на технологічний процес і якість виробів. Тісто готували з борошна першого сорту безопарним способом з внесенням 3, 6 і 9 % цукру до маси борошна та з адекватною кількістю фруктози.

Встановлено (табл. 1), що кислотність тіста і готових виробів із сахарозою та фруктозою ідентична за однією тривалості бродіння тіста.

Тривалість вистоювання тістових заготовок з фруктозою була довшою на 5–7 хв, зменшилося газоутворення.

Вироби з фруктозою за органолептичними показниками якості не поступалися виробам із сахарозою, проте мали інтенсивніше забарвлену скоринку і більш виражений аромат, що є наслідком більш високої ніж у сахарозі реакційної здатності фруктози щодо реакції Майєра.

Таблиця 1

**Порівняльна оцінка впливу сахарози і фруктози  
на технологічний процес та якість виробів**

Показники	Контроль (без цукру)	Внесено, % до маси борошна					
		3		6		9	
		сахароза	фруктоза	сахароза	фруктоза	сахароза	фруктоза
Тісто							
Масова частка вологи, %	41,8	42,3	42,5	42,0	42,2	41,8	42,2
Тривалість бродіння, хв		170					
Кислотність кінцева, град.	2,0	2,2	2,0	2,3	2,4	2,4	2,2
Тривалість вистоювання, хв	55	50	54	46	50	42	48
Газоутворення за час бродіння і вистоювання, см <sup>3</sup> /100 г тіста	1080	1184	1128	1322	1203	1670	1553

Продовження табл. 1

Розпливання за час бродіння, %	165	168	173	172	176	180	184
Питомий об'єм в кінці бродіння, см <sup>3</sup> /г	0,27	0,46	0,45	0,50	0,51	0,52	0,49
Готові вироби							
Питомий об'єм, см <sup>3</sup> /г	2,75	3,18	3,10	3,30	3,22	3,34	3,28
Формостійкість, Н/D	0,38	0,41	0,41	0,40	0,39	0,40	0,38
Пористість, %	74	76	75	76	75	77	76
Кислотність, град	2,0	2,0	2,2	2,1	2,0	2,2	2,2
Стан поверхні	Гладка, без тріщин і підривів						
Забарвлення поверхні	Світло золотисте	Золотисте				Золотисто-коричневе	
Стан м'якушки	Еластична						
Структура пористості	Середня, рівномірна, тонкостінна						
Аромат	Притаманний булочним виробам						

Вироби з фруктозою за питомим об'ємом, пористістю та формостійкістю незначно (на 1,5–3%) поступалися виробам із сахарозою. За станом м'якушки, структурою пористості були ідентичними.

Для обґрунтування встановленого впливу фруктози на технологічний процес і якість виробів визначали її вплив на газоутворення в тісті (як комплексний показник інтенсивності бродіння, який впливає на формування об'єму і розпушеності тістових напівфабрикатів і готових виробів).

Як показали результати досліджень, фруктоза, порівняно з сахарозою, знижує газоутворення в тістових напівфабрикатах тим більше, чим більше її внесено. Так, у разі дозування фруктози 3 % до маси борошна кількість виділеного CO<sub>2</sub> зменшується на 4,8 %, а 9 % - на 7,1 %. Аналіз динаміки виділення CO<sub>2</sub> показав (рис. 1), що в тісті з фруктозою, як і в тісті з сахарозою, спостерігається одностадійне бродіння, тобто швидкість газоутворення зростає до максимуму один раз, що є наслідком достатньої кількості цукрів для живлення дріжджів.

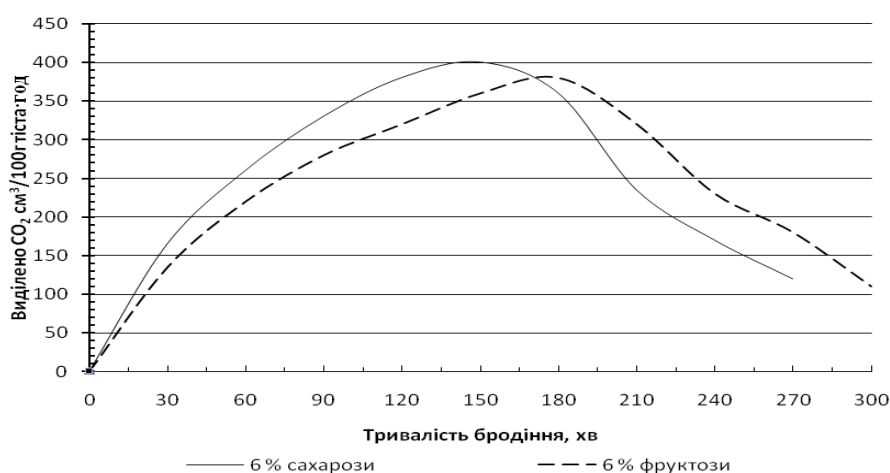


Рис. 1 Динаміка газоутворення в тісті з сахарозою та фруктозою

Проте максимальне газоутворення в тісті з сахарозою спостерігається через 150 хв бродіння, а з фруктозою – через 180 хв

Зменшення загальної кількості газоутворення та пізніший його пік у тісті з фруктозою можна пояснити тим, що фруктоза зброджується дріжджами лише після ізомеризації її ферментом фруктозидазою в глюкозу, а цей фермент є індукованим, і на адаптацію дріжджів до зброджування фруктози потрібен час. Разом з тим у рідкій фазі тіста з фруктозою вищий осмотичний тиск, що пригнічує бродильну активність дріжджів [3].

Пригнічуюча дія фруктози на дріжджові клітини підтверджується зниженням їх підйимальної сили і підвищенням осмотичності в середовищі з цим цукрозамінником порівняно з сахарозою.

Формування структурно-механічних властивостей тіста обумовлюється вмістом клейковини, її пружністю, розтяжністю, гідратаційною здатністю. На поглинання білками клейковини води впливають дегідруючі рецептурні компоненти, до яких відносяться цукри. Результати визначення впливу фруктози, порівняно з сахарозою, на кількість і якість клейковини, відмиті зі зразків бездріжджового тіста, які містили 6 % сахарози і таку ж кількість фруктози, через 20 хв після замішування і після 120 хв ферментації показали (табл. 2), що із тіста з

цукрозамінником відмивалося менше на 2,8 % клейковини. В той час як гідратаційна здатність її збільшується на 3,3 %, зменшується пружність, підвищується розтяжність.

Таблиця 2

**Кількість та якість клейковини в тісті з сахарозою та фруктозою**

Додано солодких речовин, % до маси борошна	Маса клейковини,г		Гідратацій- на здатність, %	Показник ИДК, од. приладу	Розтяжність, см
	сирої	сухої			
Без додання:					
початкова	27,62	8,38	184,3	76	16
кінцева	26,91	7,46	198,5	81	18
Сахароза 6 %:					
початкова	26,58	7,72	172,2	66	14,5
кінцева	25,46	7,15	180,6	74	16,0
Фруктоза 6 %:					
початкова	25,84	7,64	175,5	68	15
кінцева	25,32	7,12	186,6	79	17

Зменшення кількості клейковини можна пояснити тим, що внаслідок вищої реакційної здатності, ніж у сахарози, фруктоза утворює з клейковинними білками борошна комплекси, що послаблює структуру клейковини, частина їх не відмивається у вигляді клейковини, і кількість відмитої клейковини зменшується [4].

Зменшення гідратаційної здатності клейковини до ферментації і після можна пов'язати з високим дегідратуючим впливом цукрів, проте дегідратуюча дія фруктози менша ніж сахарози, що очевидно зумовлює кращу еластичність білків, більшу розтяжність клейковини, оскільки розчинність фруктози більша, тобто вона розчинна у меншій кількості води і білки краще набухають.

Зменшення пружності та збільшення розтяжності клейковини при використанні фруктози корелює з даними отриманими за допомогою фаринографа, що характеризують його пружно-еластичні властивості.

Для досліджень на фаринографі готували модельні зразки тіста без цукру (контроль) і з доданням 3, 6 і 9 % сахарози до маси борошна, а також зразки з ідентичною кількістю фруктози. Результати досліджень свідчать (рис 2,3,4), що фруктоза в кількості, ідентичній сахарозі, в більшій мірі, порівняно з сахарозою, зменшує водопоглинальну здатність тіста, ідентично впливає на тривалість його утворення і стійкість. Спостерігається поліпшення еластичності тіста, збільшення його розрідження, очевидно, внаслідок певних змін у структурі молекули білка та утворення комплексів цукрозамінника з білком.

Зменшення водопоглинальної здатності тіста з фруктозою, порівняно з сахарозою можна пояснити кращою розчинністю. Внаслідок цього в рідкій фазі тіста з фруктозою міститься більше вільної води, що зумовлює його розрідження.

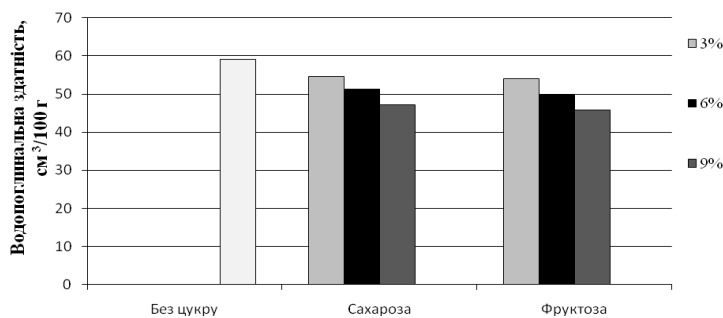


Рис.2 Водопоглинальна здатність тіста з сахарозою та фруктозою

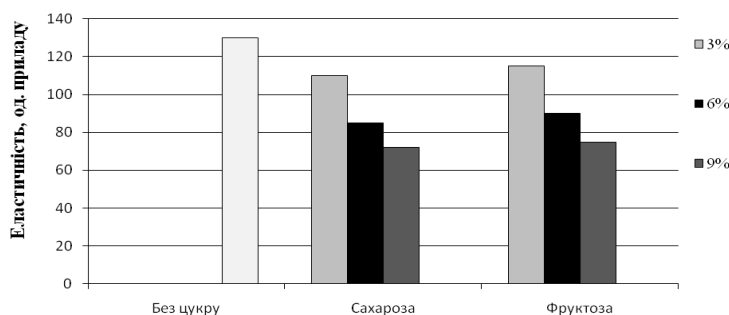


Рис.3 Еластичність тіста з сахарозою та фруктозою

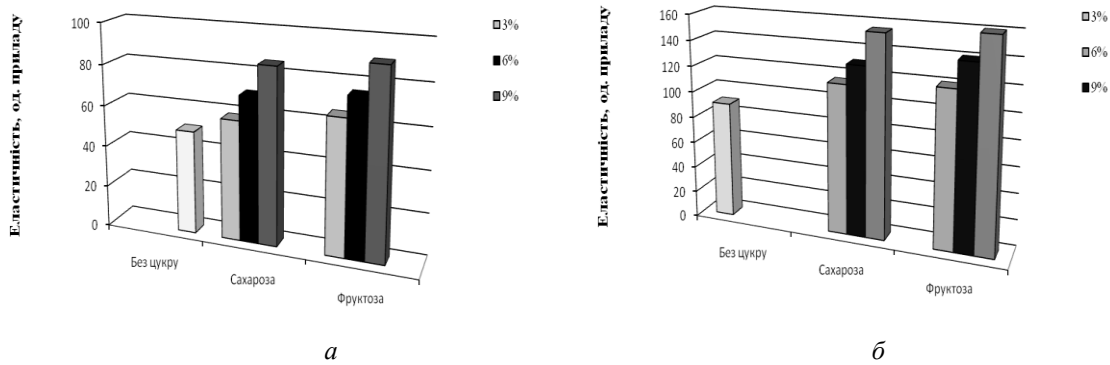


Рис. 4 Розрідження тіста з сахарозою та фруктозою: а – після замішування; б – через 60 хв

Більша еластичність тіста з фруктозою, порівняно з сахарозою, також пов'язана з кращою розчинністю та меншою молекулярною масою цього цукру, що сприяє легшому проникненню його розчинів у структуру білкової молекули, клейковина послаблюється і тісто набуває кращої еластичності [ 5]. Ці зміни очевидно пов'язані з пептизуючою дією як сахарози, так і фруктози, тобто укріплення структури клейковини відбувається внаслідок взаємодії цукрів з молекулами білків клейковини і в значній мірі це відноситься до фруктози, як більш реакційно здатного цукру ніж сахароза. Внаслідок цього вміст сухої клейковини після ферментації тіста без цукру зменшується на 8,5 %, з цукром – на 7,9 %, з фруктозою – на 7,3 %.

За даними альвеограм, відношення P/L (пружності до еластичності) в тісті з фруктозою – 0,69, тоді як з сахарозою – 0,75. Це свідчить про покращання еластичності тіста з цим цукрозамінником.

Оскільки тістова система разом з пружно-еластичними має в'язко-пластичні властивості, визначали вплив цукрозамінників на в'язкість тіста за розпливанням кульки тіста.

Установлено, що за 3 год бродіння тісто з фруктозою розпливається на 3,8 % більше, ніж з такою ж кількістю сахарози. Це свідчить про зменшення в'язкості тіста. Однією з причин цього може бути більший вміст рідкої фази в тісті з цукрозамінником внаслідок різної гігроскопічності цукрів.

Зменшення в'язкості тіста з цукрозамінниками підтверджують дослідження, проведені за допомогою ротацийного віскозиметра «Реотест–2».

Для проведення досліджень готували модельні водно-борошняні системи вологістю 65 %, які містили 6 % сахарози та адекватну кількість фруктози. Визначали ефективну в'язкість приготовлених систем через 3 год ферментації, під час якої поглиблюються колоїдні, біохімічні та мікробіологічні процеси, на перебіг яких певним чином впливає сахароза та фруктоза, внесені у напівфабрикат.

Визначали зміну ефективної в'язкості залежно від напруги зсуву. Встановлено (рис. 5), що при використанні фруктози в якості цукрозамінника ефективна в'язкість напівфабрикатів зменшується на 14,9 %. Цим можна пояснити зниження формостійкості виробів за умови заміни сахарози фруктозою.

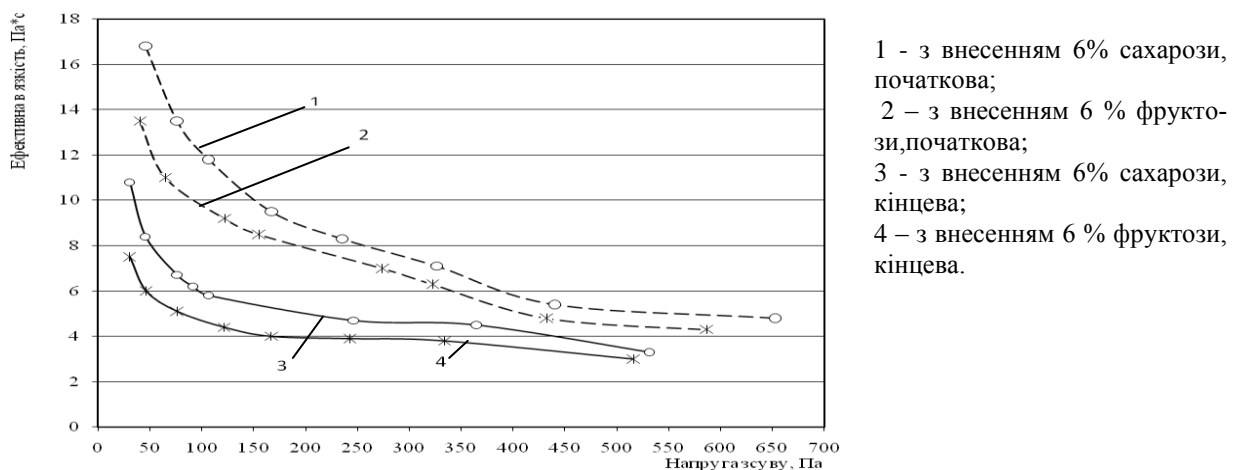


Рис. 5 Реологічні криві в'язкості тіста

Таким чином, фруктоза при заміні нею цукру, покращує еластичність клейковини і тіста, що при нижчому газоутворенні в тісті позитивно впливає на формування об'єму готових виробів, забезпечує належну структуру пористості та еластичність м'якшки виробів. Проте, внаслідок деякого зниження в'язкості тіста з цукрозамін-

никами зменшується їх формостійкість, підвищенню якої може сприяти внесення в тісто 0,006 % до маси борошна аскорбінової кислоти.

Отже, використання фруктози у виробництві хлібобулочних виробів забезпечує їх належну якість і є перспективним напрямом розширення асортименту діабетичних виробів.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Цукровий діабет / За редакцією М.В. Рішка. – Ужгород: Ліра, - 2006. – 88 с.
2. Дорохович В.В. Фруктоза: новые технологии производства и актуальность применения в пищевой промышленности // Продукты и ингредиенты. – 2006. – № 1. – С. 14–16.
3. Елецкий И.К. Адаптация дрожжей к условиям среды хлебопекарного производства // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. – 1987. – № 2. – С. 25–27.
4. Белок клейковины и его преобразования в процессе хлебопечения / К.Н. Чижова. - М. : Пищ. пром-сть, 1979. – 135 с.
5. Лазоренко Н.П. Удосконалення технології мафінів спеціального призначення: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.18.01 “Зберігання і технологія переробки зерна, виготовлення зернових і хлібопекарських виробів та комбікормів” / Н. П. Лазоренко. – Київ, 2011. – 20 с.