

DEVELOPMENT OF DIETETIC SPONGE CAKES BASED ON THE NEW GENERATION OF SUGAR REPLACERS

V. Dorohovych, A. Abramova

National University of Food Technologies

Key words:

*Flour confectionery
Sponge cakes
Technology
Sugar replacers
Glycemic index*

Article history:

Received 17.03.2017
Received in revised form
07.04.2017
Accepted 25.04.2017

Corresponding author:

V. Dorohovych
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

It has been proved that it is feasible to use sugar replacers in the technology of dietetic sponge cakes. We have done the research of using isomaltitol, erythritol and maltitol in sponge cakes technology. Also we researched viscosity and surface tension of sugar replacers in water solutions, the influence of sugar replacers on lathering and melange foam resistance, organoleptic, physicochemical and structural factors of a product. We found out that erythritol and isomaltitol decrease porosity and volumetric weight while producing of bisquits by standard technology. New bisquits with erythritol and isomaltitol were made by using complex technological decisions. They are close to traditional sponge cakes by organoleptical and structural indicators. The compositions and technologies of sponge cake with new generation sugar replacers (isomaltitol, erythritol, maltitol) were developed using the research results.

РОЗРОБЛЕННЯ БІСКВІТІВ ДІЄТИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ НА ОСНОВІ ЦУКРОЗАМІННИКІВ НОВОГО ПОКОЛІННЯ

В.В. Дорохович, А.Г. Абрамова

Національний університет харчових технологій

У статті науково обґрунтовано доцільність застосування цукрозамінників поліолів у технології бісквітів дієтичного призначення. Визначено можливості застосування ізомальтиту, еритриту, мальтиту у технології бісквітів. Проведено дослідження в'язкості і поверхневого натягу водних розчинів цукрозамінників, впливу цукрозамінників на піноутворюючу здатність і стійкість піни меланжу, органолептичні, фізико-хімічні та структурні показники готових виробів. Встановлено, що еритритол та ізомальтитол при виготовленні бісквітів за традиційними технологіями зменшують пористість та об'ємну масу. У результаті реалізації комплексу технологічних рішень було отримано бісквіти на еритритолі та ізомальтитолі, які за органолептичними і структурними показниками наближаються до традиційних бісквітів на цукрі. За результатами досліджень розроблено рецептури й технології бісквітів на цукрозамінниках нового покоління: ізомальтитолі, еритритолі, мальтитолі.

Ключові слова: борошняні кондитерські вироби, бісквіти, технологія, цукрозамінники, глікемічний індекс.

Постановка проблеми. На даному етапі розвитку людства спостерігається погіршення стану здоров'я населення, збільшується кількість різних неінфекційних захворювань: цукровий діабет, целиакія, фенілкетонурія. Одним з найбільш поширених ендокринних захворювань є цукровий діабет.

Цукровий діабет — синдром хронічної гіперглікемії та глюкозурії, обумовлений абсолютною або відносною недостатністю інсуліну, що призводить до порушення всіх видів обміну речовин, враження судин, нейропатії та патологічних змін у різних органах і тканинах. За даними Міжнародної федерації діабету (IDF) зараз у світі зареєстровано 285 млн хворих на цукровий діабет, а через 20 років кількість хворих зросте до 552 млн [1]. На теперішній час в Україні зареєстровано 1,3 млн хворих на цукровий діабет [2], тому доцільним та актуальним є розроблення харчових продуктів спеціального призначення, а саме: кондитерських виробів із застосуванням цукрозамінників для хворих на цукровий діабет.

Метою статті є теоретичне та експериментальне обґрунтування раціонального використання цукрозамінників нового покоління еритритолу, мальтитолу, ізомальтитолу в технології бісквітів зниженої глікемічності та калорійності, які можуть споживати всі групи населення, в тому числі хворі на цукровий діабет.

Викладення основних результатів дослідження. Зараз у світі перспективним і актуальним є застосування низькоглікемічних цукрозамінників, які відносяться до класу поліолів: лактитол, мальтитол, ізомальтитол, еритритол (табл. 1), що мають низький глікемічний індекс, невисоку калорійність, пребіотичні властивості [3; 4].

Таблиця 1. Показники якості цукрів/цукрозамінників [3]

Назва цукру/ цукрозамінника	Солодкість SES	Калорійність ккал/г	Глікемічний індекс	Пребіотичні властивості
Цукри				
Сахароза	1,0	4,1	65±9	–
Поліоли				
Лактитол	0,37	2,0	3±2	+
Ізомальтитол	0,55	2,0	9±3	+
Мальтитол	0,9	3,0	30±2	+
Еритритол	0,65	0,5	0±0,5	+

Серед кондитерських виробів у населення завжди особливою популярністю користувались вироби на бісквітній основі — тістечка, торти, рулети. Тому ми вважали за доцільне встановити можливість застосування цукрозамінників-поліолів при виробництві бісквітів і для цього провели комплекс необхідних досліджень.

Для бісквітних напівфабрикатів важливим у формуванні структури є процес піноутворення, який відбувається при збиванні меланжу з цукром. Нами були проведені дослідження з визначення піноутворюючої здатності

(ПУЗ) та стійкості піни (СП) системи меланж-цукрозамінник. Вплив на ПУЗ меланжу досліджували за температури 20 °С, яка є традиційною температурою збивання.

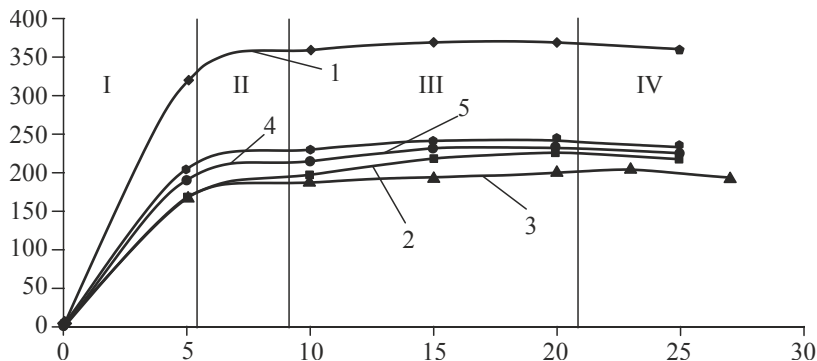


Рис. 1. Кінетика піноутворення системи меланж-цукор/цукрозамінник:
 1 — меланж; 2 — меланж-цукор; 3 — меланж-ізомальтитол;
 4 — меланж-еритритол; 5 — меланж-мальтитол

Під час дослідження кінетики піноутворення систем меланж-цукор/ цукрозамінник спостерігається чотири періоди: I — збільшення ПУЗ з великою швидкістю, II — період збивання характеризується поступовим зменшенням швидкості збільшення ПУЗ, III — максимальне стає значення ПУЗ, IV — зменшення об'єму піни.

Таблиця 2. Піноутворююча здатність системи меланж-цукрозамінник у різних періоди піноутворення

Досліджувана система	Максимальне значення ПУЗ, %	I період		II період		III період		IV період
		ПУЗ	Тривалість періоду, хв	ПУЗ	Тривалість періоду, хв	ПУЗ	Тривалість періоду, хв	
Меланж	370	320	5	360	3	370	12	Відбувається зменшення ПУЗ
Меланж-цукор	227	168	5	218	3	227	12	
Меланж-ізомальтитол	204	167	5	194	3	204	12	
Меланж-еритритол	241	205	5	230	3	241	12	
Меланж-мальтитол	232	191	5	214	3	232	12	

Аналізуючи отримані дані, можна зробити висновок, що позитивний вплив на піноутворення має еритритол. Максимальна піноутворююча здатність за його наявності на 14—15% більша, ніж ПУЗ меланжу з цукром. А системи з ізомальтитолом мають невисоку піноутворюючу здатність, яка на

23% менша, ніж у систем з цукром, і на 37% менша, ніж у систем з еритритолом, що обумовлює пошук технологічних заходів, здатних забезпечити підвищення ПУЗ.

За результатами дослідження стійкості піни (рис. 2) встановлено, що застосування ізомальтітолу сприяє утворенню більш стійкої піни, а системи (маси) з еритритолом, порівняно з іншими цукрозамінниками, характеризуються найменшою стабільністю піни.

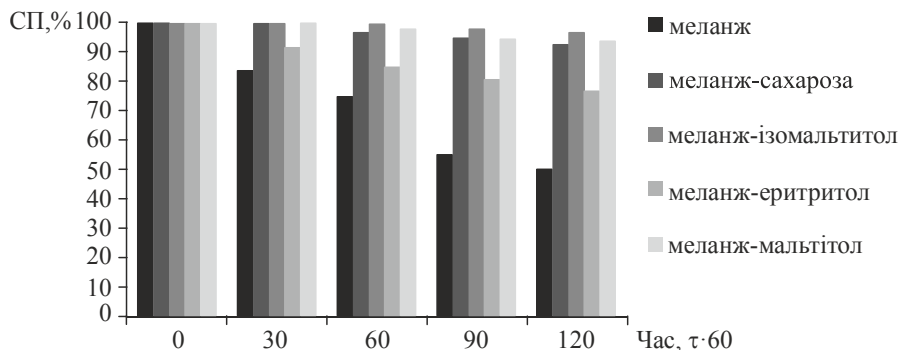


Рис. 2. Стійкість піни системи меланж-цукор/ цукрозамінник

Загалом під стійкістю піни прийнято розуміти здатність піни протягом певного часу незмінно зберігати свої основні властивості: дисперсність пухирців повітря, вміст рідини (кратність піни), об'єм піни в цілому [5].

Грунтуючись на отриманих під час дослідження ПУЗ даних, нами були розраховані структурні характеристики піни.

Таблиця 3. Структурні характеристики піни

Показник	меланж-цукор	меланж-ізомальтитол	меланж-еритритол	меланж-мальтітолу
Об'єм дисперсного середовища, $V_{д.с.}, \text{см}^3$	165,86	165,86	165,86	165,86
Об'єм піни, $V_{п.}, \text{см}^3$	376,96	345,54	399,57	384,50
Об'єм повітряної фази, $V_{п.ф.}, \text{см}^3$	211,10	179,68	233,71	218,64
Об'ємна концентрація повітря в піні, C_v	0,56	0,51	0,58	0,57
Кратність піни, $n_{п.}$	2,27	2,08	2,41	2,32

Встановлено, що максимальне насичення повітряною фазою притаманне системі з еритритолом, а мінімальне — з ізомальтітолом. Так, якщо об'єм повітряної фази системи меланж-цукор прийняти за 100%, то об'єм повітряної фази системи меланж-еритритол буде дорівнювати 110,7%, системи меланж-мальтітолу — 103,6%, меланж-ізомальтітолу — 85,2%.

Для пояснення впливу цукрозамінників на процес піноутворення та стійкість піни нами були проведені дослідження з визначенню поверхневого натягу та в'язкості 30% водних розчинів цукрозамінників.

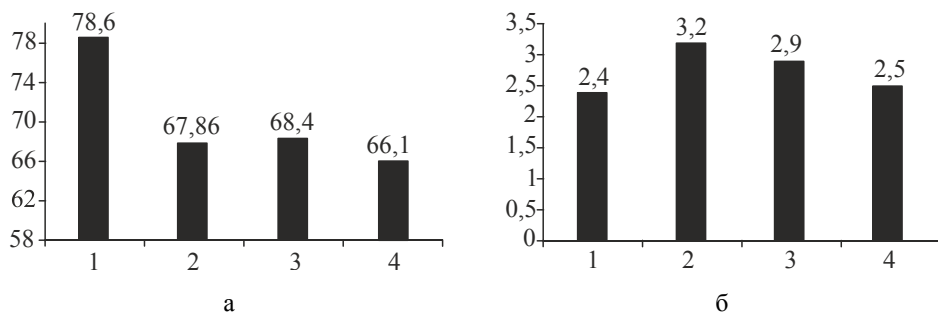


Рис. 3. Поверхневий натяг (а) і в'язкість 30% розчинів:
1 — цукор; 2 — ізомальтитол; 3 — мальтитол; 4 — еритритол

Встановлено, що поліюли мають менший поверхневий натяг, ніж цукор, що буде позитивно впливати на процес піноутворення. Серед поліюлів найменший поверхневий натяг мають розчини еритритолу. Порівняно з контролем на цукрі поверхневий натяг розчинів ізомальтитолу менший на 14%, розчинів мальтитолу — на 13%, розчинів еритритолу — на 16%.

При дослідженні в'язкості встановлено, що порівняно з водними розчинами цукру, в'язкість розчинів ізомальтитолу більша на 33%, розчинів мальтитолу — на 21%, в'язкість розчинів еритритолу наближається до в'язкості розчинів цукру. Максимальна в'язкість притаманна розчинам ізомальтитолу, що пояснює високу стабільність піни з ізомальтитолом.

З метою пояснення стійкості піни з різними цукрозамінниками нами були проведені дослідження мікроструктури піни: зроблені фотографії та розраховані характеристики мікроструктури піни.

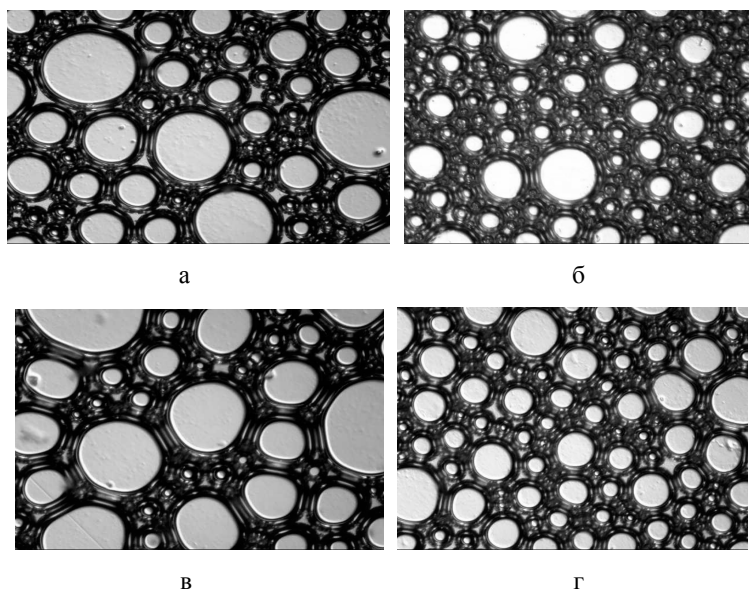


Рис. 4. Мікрофотографії піни: а — меланж-цукор; б — меланж-мальтитол;
в — меланж-еритритол; г — меланж-ізомальтитол

Згідно з отриманими даними (рис. 4) можна зробити висновок, що при збиванні меланжу з цукрозамінниками утворилась полідисперсна піна, чарунки піни мають сферичну форму.

Відомо, що піни являють собою дисперсну систему, яка складається з двох фаз: газу та рідини, при цьому чарунки піни можуть мати сферичну або багатогранну (поліедричну) форму. При концентрації газу в піні менше 50% чарунки мають форму кульок, при концентрації газу більше 50% — поліедричну форму [5].

Оскільки піни (рис. 4) мають сферичну структуру, вони не такі стабільні, як поліедричні піни. Однак у цьому випадку велике значення має дисперсність піни — чим більш високодисперсна піна, тим вона стабільніша.

Дисперсність піни характеризується середнім розміром пухирців повітря або розподіленням пухирців за розміром. Значною мірою дисперсність піни залежить від фізико-хімічних властивостей піноутворювача (тип і концентрація ПАР, в'язкість і поверхневий натяг), а також способу отримання піни. При збільшенні концентрації ПАР дисперсність піни при всіх способах піноутворення збільшується за рахунок зниження поверхневого натягу розчину.

Таблиця 4. Характеристика мікроструктури піни меланж-цукор/цукрозамінник

Зразок піни	Сума площі кругів мкм ²	Об'ємна концентрація повітря у зразку піни	Кількість пухирців повітря в дослідному зразку	Кількість пухирців повітря в дослідних зразках, % з розмірами					
				до 10 мкм	11...30 мкм	31...50 мкм	50...70 мкм	70...100 мкм	більше 100 мкм
1	61820	4,97	59	49,1	8,5	10,2	15,2	6,8	10,2
2	50108	6,13	60	30	41,7	8,3	8,3	5	6,7
3	72496	4,24	35	25,7	28,6	11,4	8,6	8,6	17,1
4	54307	5,66	54	13	44,4	16,7	18,5	3,7	3,7

Згідно з отриманими даними встановлено, що піна на основі ізомальтитулу має дрібнодисперсну структуру, що пояснює її високу стабільність і стійкість. У зразку піни меланж-еритритол домінують більші за розміром пухирці повітря, порівняно з контролем. Отже, отримані результати мікрофотографії піни меланж-цукор/цукрозамінник збігаються з результатами попередніх досліджень щодо стійкості піни.

Коли йде мова про обґрунтування стабільності пін, потрібно брати до уваги не тільки їх дисперсність, кратність, а й товщину плівок чарунок піни. Тому при дослідженні впливу цукрозамінників на процес піноутворення нами було розраховано товщину плівок чарунок піни.

Таблиця 5. Товщина плівок чарунок піни меланж-цукор/ цукрозамінник

Зразок	Товщина плівок чарунок піни, % з розмірами		
	до 10 мкм	10...20 мкм	більше 20 мкм
1	4,3	85,1	10,6
2	2,6	79,5	17,9
3	—	37,9	62,1
4	—	96,7	3,3

Як відомо, з моменту утворення піни в ній проходять різноманітні фізичні процеси, що незмінно призводять до її руйнування. З них найбільш

важливими є потоншення плівок і витікання рідини з піни під дією гравітаційного поля, дифузія газу з дрібних пухирців через рідкі плівки в пухирці, більші за розміром, і руйнування плівок з подальшим злиттям суміжних пухирців [5].

Згідно з теоретичними даними, пухирці повітря дрібнодисперсної піни мають більшу товщину плівок, що забезпечує кращу стабільність пінної системи. Отже, виходячи з результатів дослідження товщини плівок чарунок піни (табл. 5), можна зробити висновок, що системі меланж-ізомальтитол притаманна висока стабільність піни, а для системи меланж-еритритол характерним є більш швидке руйнування структури піни. Система меланж-мальтитол за своїми структурними характеристиками й товщиною пінних плівок є схожою до контролю на основі цукру. Проведений аналіз товщини плівок чарунок піни підтвердив висунуті раніше припущення стосовно стійкості піни у досліджуваних системах.

Для підтвердження отриманих результатів щодо стійкості та ступеня руйнування піни нами проаналізовані мікрофотографії бісквітного тіста. Тісто готували традиційним «холодним» способом.

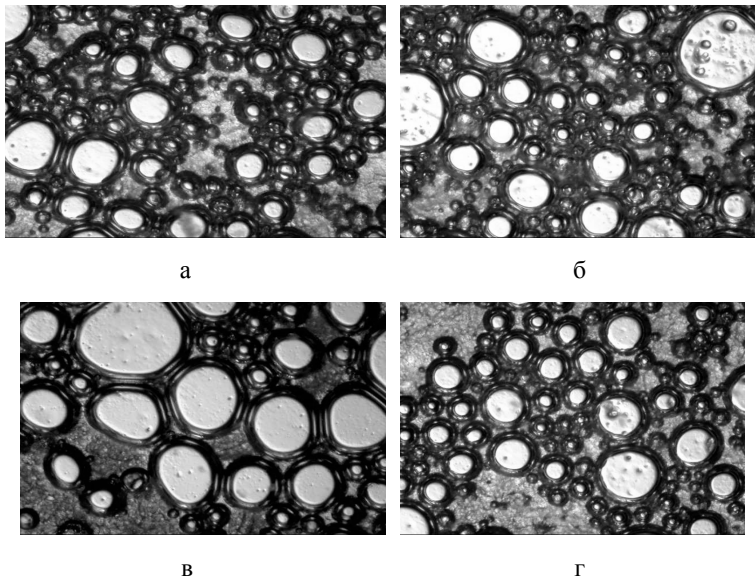


Рис. 5. Мікрофотографії піни бісквітного тіста на основі:
а — цукру; б — мальтитолу; в — еритритолу; г — ізомальтитолу

Таблиця 6. Характеристика мікроструктури піни бісквітного тіста на основі цукру/ цукрозамінника

Зразок піни	Сума площі кругів мкм ²	Об'ємна концентрація повітря у зразку піни	Кількість пухирців повітря в дослідному зразку
1	35106	8,75	35
2	84997	3,61	32
3	104930	2,93	14
4	49367	6,22	40

Отримані дані підтверджують результати проведених досліджень структурних характеристик пінних мас на основі цукру/цукрозамінника. Встановлено, що в процесі змішування з борошном найменшого руйнування зазнала піна на основі ізомальтитулу. У системі на основі еритритулу чарунки піни зазнали більшого руйнування, в результаті чого відбулося злиття суміжних пухирців повітря та утворення низько дисперсної системи.

Оскільки ізомальтитол суттєво знижує ПУЗ меланжу, це потребує застосування технологічних заходів. У дисертаційній роботі В.В. Дорохович встановлено, що недоцільно використовувати холодний спосіб виробництва бісквітів на ізомальтитулі, але не це питання не було повністю вирішено. Тому нами досліджено вплив температури збивання на зміну ПУЗ у системі меланж-ізомальтитол.

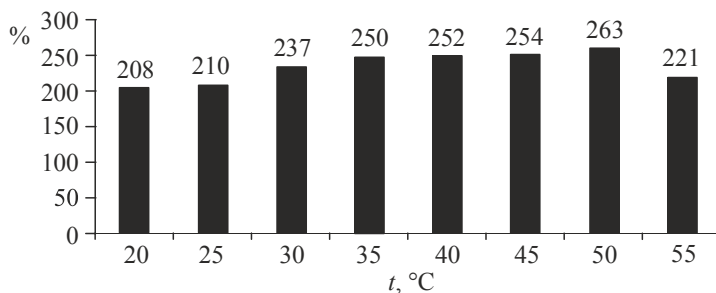


Рис. 6. Максимальне піноутворення в системі меланж-ізомальтитол при різних температурах

Визначено, що при збільшенні температури збивання з 20 °C до 50 °C ПУЗ системи меланж-ізомальтитол збільшується на 26%.

Таблиця 7. Параметри структурних характеристик пін системи меланж-ізомальт

Показник	Температура збивання, °C							
	20	25	30	35	40	45	50	55
Об'єм дисперсійного середовища, $V_{д.с}, \text{см}^3$	180,9	180,9	180,9	180,9	180,9	180,9	180,9	180,9
Об'єм піни, $V_{п}, \text{см}^3$	376,9	380,7	429,7	452,4	456,1	459,9	475,0	399,6
Об'єм повітряної фази, $V_{п.ф}, \text{см}^3$	196,0	199,8	248,8	271,4	275,2	278,9	294,0	218,6
Об'ємна концентрація повітря у піні, C_v	0,52	0,52	0,58	0,6	0,6	0,6	0,62	0,55
Кратність піни, n_n	2,08	2,1	2,37	2,50	2,52	2,54	2,63	2,21

Згідно з даними, які були отримані, максимальне насичення повітряною фазою і відповідно максимальна кратність піни притаманна системі меланж-ізомальт за температури збивання 50 °C, а мінімальне — при 20 °C. При збільшенні температури збивання від 20 °C до 50 °C об'ємна концентрація повітря у піні збільшується на 19,2%. При подальшому збільшенні температури спостерігається зменшення піноутворення, що ймовірно обумовлене початком коагуляції білків. Нами встановлено, що температура коагуляції білків меланжу за наявності ізомальтитулу дещо вища, ніж за наявності цукру.

Температура коагуляції меланжу 62 °C, за наявності цукру температура коагуляції збільшується на 4 °C, ізомальтитулу — на 6 °C. Отже, це пояснює

чому для ізомальтитулу оптимальною є температура збивання 50 °С, порівняно з теплим способом збивання для системи меланж-цукор 40...45 °С. Тому в подальших дослідженнях раціонально рекомендувати для виготовлення бісквітів на ізомальтитолі теплий спосіб приготування.

За результатами попередніх досліджень встановлено, що піна на еритритолі має більшу кількість чарунок великих розмірів, що призводить до швидкого руйнування піни. Тому для покращення структурних характеристик піни нами було запропоновано проводити збивання при більш високих температурах.

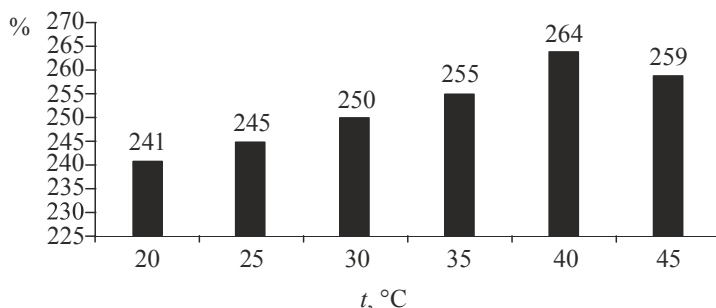


Рис. 7. Максимальне піноутворення в системі меланж-еритритол при різних температурах

Встановлено, що при підвищенні температури збивання з 20 до 40 °С піноутворююча здатність системи збільшується на 10%.

Таблиця 8. Параметри структурних характеристик піни системи меланж-еритритол

Показник	Температура збивання, °С					
	20	25	30	35	40	45
Об'єм дисперсійного середовища, $V_{д.с.}, \text{см}^3$	165,86	165,86	165,86	165,86	165,86	165,86
Об'єм піни, $V_{п.}, \text{см}^3$	399,57	407,11	414,65	422,19	437,27	429,73
Об'єм повітряної фази, $V_{п.ф.}, \text{см}^3$	233,71	241,25	248,79	256,33	271,41	263,87
Об'ємна концентрація повітря у піні, C_v	0,58	0,59	0,60	0,61	0,62	0,61
Кратність піни, n_n	2,41	2,45	2,50	2,55	2,64	2,59

За отриманими даними встановлено, що максимальне насичення повітряною фазою у системі меланж-еритритол спостерігається за температури 40 °С, а мінімальне — при 20 °С. При збільшенні температури збивання з 40 до 20 °С об'ємна концентрація повітря у піні збільшується на 5%, а кратність піни — на 7%. Також нами визначено, що при підвищенні температури збивання системи меланж-еритритол стійкість піни збільшується на 15%. Тому в подальшому при виготовленні бісквітів на еритритолі ми рекомендуємо застосовувати теплий спосіб приготування.

За результатами проведених досліджень нами встановлені оптимальні параметри приготування бісквітного тіста на основі цукрозамінників поліолів. Встановлено, що використання мальтитулу не потребує коригування режимів тістоприготування і бісквіти можна виготовляти традиційним способом. Визначено, що при виготовленні бісквітів на основі ізомальтитулу доцільним є використання «теплого» способу приготування бісквітного тіста, що сприятиме утворенню бісквіта з добре розвинутою пористою структурою.

Згідно з встановленими технологічними рекомендаціями були виготовлені бісквіти, в яких визначено органолептичні і структурно-механічні показники.

Випечені бісквіти на основі еритритолу мали низький питомий об'єм, міцну скоринку та неприємний прохолоджуючий смак. Для покращення структурних характеристик бісквіту на основі еритритолу нами проведено дослідження щодо встановлення оптимальних температурних параметрів. Визначено, що оптимальною температурою випікання для бісквіту на основі еритритолу є 140 °С.

Таблиця 9. Структурні показники якості

Бісквіт на основі	Показник	
	Пористість, %	Об'ємна маса, см ³ /г
цукру	78	4,3
мальтитулу	75	4,5
еритритолу	78,6	4,3
ізомальтитулу	79,3	4,0

Встановлено, що при коригуванні режимів тістоприготування бісквітів на основі цукрозамінників їх структурні характеристики максимально наближаються до контролю на основі цукру.

Висновки

Розроблені вироби мають гарні структурно-механічні та органолептичні показники, що дасть змогу виготовляти конкурентоспроможні бісквітні вироби дієтичного призначення для всіх груп населення, в тому числі і для хворих на цукровий діабет.

Література

1. Ханас Р. Сахарный диабет у детей и подростков. Консенсус ISPAD по клинической практике / Р. Ханас, К.С. Донахью, Д. Клингенсмит, П. Свифт. Пер. с англ. Под ред. В.А. Петраковой. — 2009. — 239 с.
2. Ткаченко В.І. Аналіз поширеності та захворюваності на цукровий діабет серед населення світу та України за 2003—2013 рр. / В.І. Ткаченко // Ліки України плюс. — 2014. — № 4(21). — С. 55—59.
3. Полумбрик М.О. Вуглеводи в харчових продуктах і здоров'я людини / М.О. Полумбрик. — Київ : Академперіодика, 2011 — 487 с.
4. Mitchel H. Sweeteners and sugar alternatives in food technology / H. Mitchel. — Oxford: Wiley-Blackwell Publishing, 2006. — 432 p.
5. Кругляков П.М. Пены и пенные пленки / П.М. Кругляков, Д.Р. Ексерова.— Москва : Химия, 1990. — 446 с.

РАЗРАБОТКА БИСКВИТОВ ДИЕТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ САХАРОЗАМЕНИТЕЛЕЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

В.В. Дорохович, А.Г. Абрамова

Национальный университет пищевых технологий

В статье научно обоснована целесообразность использования сахарозаменителей полиолов в технологии бисквитов диетического назначения. Определены

возможности использования изомальтитола, эритритола, мальтитола в технологии бисквитов. Проведены исследования по определению вязкости и поверхностного натяжения водных растворов сахарозаменителей, влияния сахарозаменителей на пенообразующую способность и стойкость пены меланжа, органолептические, физико-химические и структурные показатели готовых изделий. Установлено, что эритритол и изомальтитол при изготовлении бисквитов по традиционной технологии влияют на уменьшение пористости и объемного веса. При реализации комплекса технологических приемов удалось получить бисквиты на основе эритритола и изомальтитола, которые по органолептическим и структурным показателям приближаются к традиционным бисквитам на основе сахара. По результатам исследований разработаны рецептуры и технологии бисквитов на основе сахарозаменителей нового поколения: изомальтитоле, эритритоле, мальтитоле.

Ключевые слова: мучные кондитерские изделия, бисквиты, технология, сахарозаменители, гликемический индекс.