

EFFICIENT APPLICATION OF MALTITOL-FRUCTOSE MIXTURE IN MANUFACTURING DECORATIVE SEMI-FINISHED PRODUCT OF FOAM AND JELLY STRUCTURE

A. Dorokhovych, A. Murzin

National University of Food Technologies

O. Honcharuk

Chuiiko Institute of Surface Chemistry NSA of Ukraine

Key words:

Pancreatic diabetes

Maltitol

Fructose

Rheology

Thixotropy

Article history:

Received 30.01.2014

Received in revised form
22.04.2014

Accepted 15.06.2014

Corresponding author:

A. Murzin

Email:

avmurzin@ukr.net

ABSTRACT

The article under consideration discloses the possibility of maltitol efficient application in manufacturing decorative semi-finished product having soufflé type foam and jelly structure for cakes and pastries. Thus, the expediency of application of maltitol mixed with fructose monosaccharide has been scientifically substantiated. By means of the experiment multifactor planning the optimal proportion of receipt components such as maltitol, fructose and agar has been determined and amounted to 1:1:0.025. The article gives prominence to the research as regards the rheological properties of decorative semi-finished products produced on the basis of maltitol, fructose and maltitol-fructose mixture. The thixotropic properties of a decorative semi-finished product based on maltitol-fructose mixture have been defined what makes 74% for freshly cooked samples and 62% for those ones after a six-day storage period. The research results have provided the basis for foam and jelly structured decorative semi-finished products receipts development which have been applied when producing cakes, pastries and muffins.

РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ПОЛІОЛУ МАЛЬТИТОЛУ В СУМІШІ З ФРУКТОЗОЮ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ОЗДОБЛЮВАЛЬНОГО НАПІВФАБРИКАТУ ПІНОДРАГЛЕПОДІБНОЇ СТРУКТУРИ

А.М. Дорохович, А.В. Мурзін

Національний університет харчових технологій

О.В. Гончарук

Інститут хімії поверхні ім. О. О. Чуйка НАН України

У статті встановлено можливість раціонального використання поліолу мальтитола при виробництві пінодрагледобірного оздоблювального напівфабрикату типу «суфле» для тортів і тістечок. Науково обґрунтовано доцільність використання мальтитола в суміші з моносахаридом фруктозою. Шляхом багатфакторного планування експерименту визначено оптимальне співвідношення

рецептурних компонентів: мальтитолу, фруктози, агару, яке склало 1:1:0,025. Досліджено реологічні властивості оздоблювальних напівфабрикатів на основі мальтитолу, фруктози та суміші мальтитолу з фруктозою. Визначено тиксотропні властивості оздоблювального напівфабрикату на основі суміші мальтитолу та фруктози, що складає 74 % для свіжовиготовлених і 62 % після 6 діб зберігання. Результати досліджень лягли в основу розроблення рецептур оздоблювальних напівфабрикатів пінодрагледоподібної структури, які знайшли застосування при виробництві тортів, тістечок і мафінів.

Ключові слова: цукровий діабет, мальтитол, фруктоза, реологія, тиксотропія.

Кондитерські вироби займають вагомий нішу в раціонах харчування сучасної людини. Великим попитом користуються торти й тістечка з оздоблювальними напівфабрикатами пінодрагледоподібної структури. Основною сировиною для виробництва такого напівфабрикату є цукор білий кристалічний, агар, ячний білок, згущене молоко, вершкове масло, патока. Вміст сахарози в цьому напівфабрикаті складає до 50 %. Зараз велика кількість людей страждає на дуже важку хворобу — цукровий діабет. За даними Міжнародної федерації діабету в 2011 р. кількість хворих склала 366 млн., а за прогнозами на 2030 р. ця кількість збільшиться до 552 млн.

Згідно з рекомендаціями міжнародних організацій (Європейської асоціації з вивчення цукрового діабету (EASD), Американської діабетичної асоціації (ADA), Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ)), в продуктах, які можна споживати хворим на цукровий діабет, вміст сахарози не повинен перевищувати 10 %. У ДСТУ 7346 «Вироби кондитерські борошняні для спеціального дієтичного споживання» вміст сахарози не повинен перевищувати 8 %. Це вказує на те, що торти і тістечка з напівфабрикатом пінодрагледоподібної структури, виготовлені за існуючими рецептурами, не можна вживати хворим на цукровий діабет.

За кордоном широке використання при виробництві кондитерських виробів, які можна споживати хворим на цукровий діабет, знайшли цукрозамінники нового покоління — поліоли з низьким глікемічним індексом. На кафедрі технології хлібопекарських і кондитерських виробів Національного університету харчових технологій проводяться дослідження з розроблення інноваційних технологій і рецептур кондитерських виробів пониженої калорійності і глікемічності (карамель, цукерки, мармелад, маршмелоу, печиво, кекси, мафіни, торти, тістечка, вафлі), виготовлених на основі цукрозамінників нового покоління — поліолів з пребіотичними властивостями, які можна і доцільно вживати всім групам населення, в тому числі хворим на цукровий діабет.

Аналіз літературних джерел підтвердив відсутність досліджень з використання цукрозамінників нового покоління при виробництві оздоблювальних напівфабрикатів пінодрагледоподібної структури, тому виникла необхідність розроблення технології і рецептури оздоблювального напівфабрикату на основі цукрозамінників нового покоління, а також встанов-

лення можливості раціонального використання поліолу мальтитолу при виробництві оздоблювального напівфабрикату типу суфле.

Оздоблювальний напівфабрикат типу суфле має складну пінодраглеподібну структуру. При розробленні рецептури напівфабрикату, який можна споживати хворим на цукровий діабет, з рецептурного складу звичайного напівфабрикату типу суфле було виключено цукор білий кристалічний і патоку, тому що вони мають високий глікемічний індекс. Для того, щоб знизити калорійність, було виключено згущене молоко та вершкове масло.

Запропонована інноваційна технологія оздоблювального напівфабрикату пониженої калорійності і глікемічності, на яку подана заявка на патент України. Технологія складається з таких технологічних фаз: приготування агаро-мальтитолово-фруктозного сиропу, приготування пінної маси на основі збитого яєчного білка, приготування маси оздоблювального напівфабрикату на основі змішування агаро-мальтитолово-фруктозного сиропу і збитої яєчної маси, збагачення маси смаковими добавками. Гіпотетична схема структури оздоблюваного напівфабрикату пінодраглеподібної структури наведена на рис.1. Піноутворенню в такій структурі сприяє яєчний білок, який має поверхнево-активні властивості, а структурований прошарок складається з драглів агару у водному середовищі за наявності цукру або цукрозамінників. Структурно-механічні властивості напівфабрикату будуть визначатись як вмістом повітря («збитістю» структури), так і міцністю драглевого прошарку.

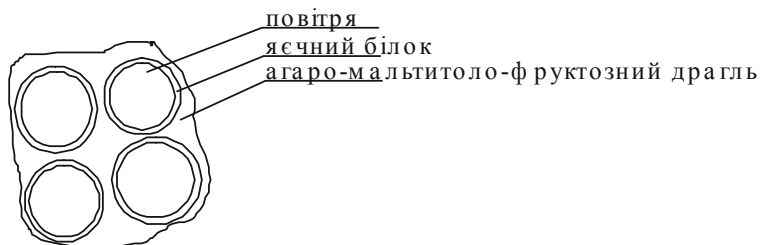


Рис. 1. Гіпотетична схема структури оздоблювального напівфабрикату

Механізм драглеутворення агару у воді відомий і детально розглянутий в літературі [1,2]. Водні розчини агару відносяться до ліофільних дисперсних систем, що обумовлено наявністю в структурі агару великої кількості полярних функціональних груп, здатних до взаємодії з водою, в тому числі за рахунок утворення водневих зв'язків. Така взаємодія сприяє утворенню сольватної (гідратної) оболонки навколо молекул агару і низькому поверхневому натягу на межі агар/вода. Утворення такої гідратної оболонки є додатковим фактором стабільності наряду з електростатичним, і такі системи мають невисоку тенденцію до агрегування. Для сприяння драглеутворенню в розчин додають цукор [1]. За наявності в розчині цукру або цукрозамінників, які також мають полярні групи і активно взаємодіють з водою, утворюючи гідратні оболонки і зв'язуючи молекули води, утворюється «дефіцит» молекул води в гідратних оболонках навколо молекул агару, що знижує їхню стабілізуючу здатність і збільшує поверхневий натяг на межі агар/водний

розчин цукру. Коли енергія взаємодії полімеру з розчинником стає меншою, порівняно з енергією взаємодії між собою, відбуваються локальні контакти між макромолекулами і просторовою сіткою зв'язків, обумовлені дисперсійною, дипольною взаємодією або водневими зв'язками. Таким чином, цукор значною мірою впливає на структурно-механічні властивості драглів агару. В той же час, існують суттєві відмінності у властивостях цукру та цукрозамінників при взаємодії з водою [3], що буде відображатись на процесах драглеутворення і структурно-механічних властивостях драглів за наявності таких цукрозамінників. Оскільки такі цукрозамінники є перспективними для отримання нових дієтичних продуктів, визначення їх впливу на структурно-механічні властивості пінодраглеподібних структур є необхідним для розробки технології та рецептури нових продуктів.

Як цукрозамінник у даному дослідженні для отримання інноваційного оздоблювального напівфабрикату пониженої калорійності та глікемічності було обрано поліол мальтитол $C_{12}H_{24}O_{11}$ ($M=344,31$ г/моль). Мальтитол складається з молекул глюкози та сорбіту, розщеплюється в організмі під дією мікрофлори товстого кишечника на ці молекули, не викликає різкого підвищення рівня глюкози в крові і має пробіотичний ефект.

Проте напівфабрикат, отриманий з повною заміною цукру на мальтитол, не утворював однорідної пінодраглеподібної структури внаслідок викристалізації мальтитолу. Викристалізацію мальтитолу можна пояснити особливостями його взаємодії з водою [3].

Причину кристалізації мальтитолу при зберіганні можна пояснити відсутністю антикристалізатора — патоки, яка входить до рецептурного складу традиційного суфле на цукрі білому кристалічному, а також низькою розчинністю мальтитолу (55 %), що на 18 % нижча за розчинність сахарози. Спочатку готовий мальтитоло-агаровий сироп має високу температуру (t 100°C), що дозволяє мальтитолу знаходитись у розчиненому стані. Після охолодження і змішування зі збитою білковою масою температура зменшується до 20...22 °C. Низька температура сприяє кристалізації мальтитолу, що призводить до послаблення пружно-еластичної структури оздоблювального напівфабрикату.

Для цілеспрямовано впливу на структуроутворення в суміш було введено фруктозу, яка, з одного боку, відповідає вимогам дієтичного харчування діабетиків, а з іншого — сприяє драглеутворенню. Нами було проведено велику кількість досліджень з раціонального використання фруктози при виробництві оздоблювального напівфабрикату пінодраглеподібної структури [4]. Напівфабрикат, виготовлений на фруктозі, мав дуже високі органолептичні й оптимальні структурно-механічні показники. Технологія захищена патентом України [5]. Так, нами запропоновано виробляти оздоблювальний напівфабрикат на основі суміші мальтитолу і фруктози з урахуванням властивостей фруктози, які забезпечують утворення оздоблювального напівфабрикату з необхідними органолептичними й структурно-механічними показниками. Використання фруктози забезпечує достатньо високий поверхневий натяг на межі агар/вода, що сприяє агрегації молекул агару. Крім того, розчинність фруктози (78 %), яка на 30 % вища, ніж у мальтитолу, запобігає кристалізації фруктози при охолодженні оздоблювального напівфабрикату.

Для встановлення оптимального рецептурного співвідношення мальтитолу, фруктози і агару був використаний математичний метод багатофакторного планування експерименту [6]. Розроблена матриця варіювання факторів експерименту. За критерій оптимізації обрано густину зразків ($\text{кг}/\text{м}^3$).

Встановлене оптимальне співвідношення основних сировинних інгредієнтів мальтитол-фруктоза-агар, яке склало 1:1:0,025. Оздоблювальний напівфабрикат мав відмінні органолептичні і структурно-механічні властивості.

Для наукового обґрунтування впливу мальтитолу і фруктози на формування структури оздоблювального напівфабрикату було проведено ряд реологічних досліджень. Відомо, що пінодраглеподібний напівфабрикат належить до неньютонівських систем, ефективна в'язкість яких залежить від швидкості зсуву, тому вплив мальтитолу, фруктози та їх суміші на зміну ефективної в'язкості напівфабрикату доцільно визначити з урахуванням градієнта швидкості зсуву (рис. 2).

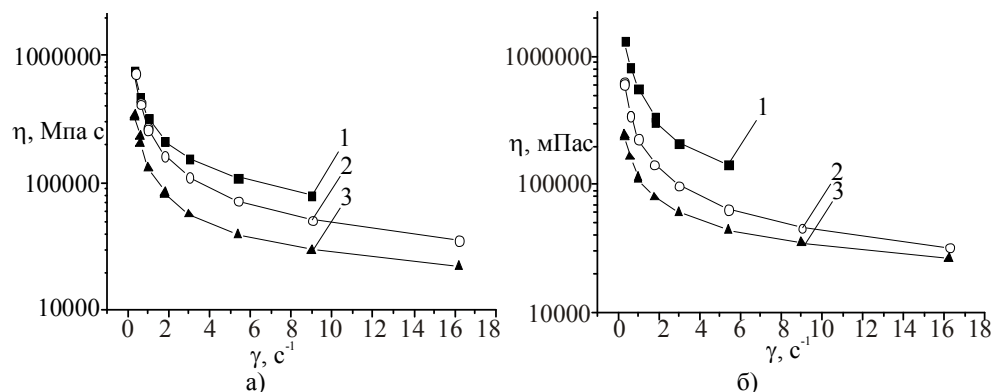


Рис. 2. Залежність ефективної в'язкості (η , мПа·с) пінодраглеподібних напівфабрикатів на основі фруктози — 1), суміші мальтитолу з фруктозою — 2), мальтитолу — 3), свіжоприготовлених — а) і через 6 днів зберігання — б) від градієнта швидкості зсуву (γ , с^{-1})

У табл. 4 наведені значення ефективної в'язкості при різних швидкостях зсуву свіжовиготовлених напівфабрикатів і зміна ефективної в'язкості після шести днів зберігання. Шість днів зберігання відповідають вимогам, наведеним у ДСТУ 4803:2007).

Таблиця 1. Ефективна в'язкість

Зразок суф-ле	Термін зберігання	$\eta(\gamma=0,3333 \text{ с}^{-1}), \text{Па}\cdot\text{с}$	$\eta(\gamma=5,4 \text{ с}^{-1}), \text{Па}\cdot\text{с}$	$\eta(\gamma=9 \text{ с}^{-1}), \text{Па}\cdot\text{с}$
Мальтитол	свіже	333,393	39,515	29,793
	6 днів	239,136	44,138	34,714
Фруктоза	свіже	763,421	110,494	80,522
	6 днів	1319,076	143,000	-
Мальтитол і фруктоза	свіже	719,934	72,470	51,087
	6 днів	625,717	64,417	45,808

Аналіз отриманих даних показав, що початкова (максимальна) в'язкість практично не порушеної системи при $\gamma = 0,3333 \text{ с}^{-1}$ у напівфабрикату на фруктози

складає 763,421 Па·с, у напівфабрикату на мальтитолі — 333,393 Па·с, тобто в'язкість виробів на фруктозі більша у 2,3 раза. При зберіганні напівфабрикату на фруктозі за шість діб в'язкість збільшується від 763,421 Па·с до 1319,076 Па·с, у напівфабрикату на мальтитолі зменшується від 333,393 Па·с до 239,136 Па·с.

У результаті проведених досліджень встановлено (табл. 4), що початкова в'язкість практично незруйнованої структури оздоблювального напівфабрикату на суміші складає 719,934 Па·с, тобто в 2,2 раза більша, ніж напівфабрикату на мальтитолі, і на 44,0 Па·с менша, ніж у напівфабрикату на фруктозі. В процесі зберігання протягом шести діб в'язкість напівфабрикату змінилась від 719,934 до 625,717 Па·с.

Різниця у міцності драглів на фруктозі, мальтитолі і суміші мальтитолу й фруктози пояснюється тим, що при утворенні агарових драглів домінує нейтральна коагуляція.

Для утворення драглів із високомолекулярними сполуками, до яких відноситься агар, характерним є те, що зв'язки утворюються не на кінцях окремих молекул, як це відбувається при коагуляції колоїдних часток, а виникають між будь-якими ділянками гнучких макромолекул за умови наявності груп, які можуть взаємодіяти одна з одною.

Велику роль при утворенні агарових драглів мають водневі зв'язки, що виникають між ділянками молекул, які містять полярні групи. Навколо них існує значне силове поле, завдяки якому полярні групи зв'язуються за допомогою вторинних валентностей [1].

Для пояснення різниці впливу фруктози, мальтитолу і суміші мальтитол-фруктоза нами запропонована така гіпотеза: водневі зв'язки можуть утворюватися між полярними групами молекул полімеру (в нашому випадку агару) і полярними групами інших речовин (в нашому випадку фруктози і мальтитолу).

Після утворення просторової сітки з асоційованих молекул відбувається застигання, що супроводжується зміцненням драглів унаслідок виникнення між ними гомеополарних, гетерогенних і асоціативних (вторинно-валентних) зв'язків. Це призводить до збільшення в'язкості агаро-фруктозного пінодраглеподібного напівфабрикату після 6 діб вистоювання (табл. 4). При вистоюванні пінодраглеподібного агаро-мальтитолового напівфабрикату спостерігається послаблення структури. Це пояснюється тим, що в процесі вистоювання відбувається кристалізація мальтитолу.

Запропонована гіпотеза підтверджується проведеними нами дослідженнями на дериватиграфі з визначення кількості вільної та зв'язаної вологи у напівфабрикатах на мальтитолі, фруктозі та на їх суміші. Результати досліджень наведені в табл. 5.

Таблиця 2. Кількість вільної і зв'язаної вологи за аналізом кривих TG=f(t)

Показники	Пінодраглеподібний напівфабрикат, виготовлений на основі:		
	мальтитолу	фруктози	суміші мальтитолу та фруктози
Загальна кількість видаленої вологи, %	28,5	28,5	28,5
Вільна волога від загальної кількості, %	45,0	55,0	50,0

Показники	Пінодрагледоподібний напівфабрикат, виготовлений на основі:		
	мальтитолу	фруктози	суміші мальтитолу та фруктози
Зв'язана волога від загальної кількості, %	55,0	45,0	50,0

Згідно з даними аналізу, вміст вільної вологи в напівфабрикатах на фруктози на 10 % більший, ніж у напівфабрикатах, виготовлених на фруктозі.

Досліди показали, що використання фруктози в суміші з мальтитолом чинить позитивний вплив на забезпечення необхідних органолептичних показників і структурно-механічних характеристик, які несуттєво змінюються протягом 6 діб зберігання. Це є позитивним при використанні оздоблювального напівфабрикату як прошарку при виробництві бісквітних тортів, оскільки його структура протягом гарантійного терміну зберігання практично не зміниться.

Дослідження з визначення тиксотропних властивостей дисперсних систем, тобто оздоблювальних напівфабрикатів, виготовлених при оптимальному співвідношенні мальтитол-фруктоза-агар, проводилися на ротаційному віскозиметрі «Реотест-2». Згідно з методикою, для визначення гістерезису реологічних кривих, дослідження проводили в режимах збільшення швидкості зсуву (прямий режим) і в режимі зворотного зменшення швидкості зсуву (зворотний режим), що надає можливість відстежити зміну структурно-механічних властивостей системи після її механічного руйнування в процесі вимірювання. Для структурованих систем при механічній дії в процесі вимірювання структурно-механічних параметрів на ротаційному віскозиметрі є характерним як руйнування міжчастинкових зв'язків, так і утворення нових, причому при збільшенні швидкості зсуву рівновага зміщується у бік руйнування, що супроводжується падінням ефективної вязкості. Зважаючи на це, зміну ефективної в'язкості визначали з урахуванням швидкості зсуву від γ_{\min} до γ_{\max} , далі, при визначеній максимальній швидкості зсуву, що відповідає η_{\min} , масу витримували протягом 5 хв до рівноваги між процесами руйнування і відновлення міжчастинкових зв'язків. Потім проводили визначення зміни η_{ef} при γ від максимальних до мінімальних значень. Отримано гістерезисну криву, яка характеризує тиксотропні властивості, здатність системи до руйнування і відновлення. В результаті проведених розрахунків визначено величину ефективної в'язкості в кінці вимірювання у відсотках від початкової η_0 (табл. 6), за якою можна оцінити відновлення системи після механічного впливу.

На рис. 4 наведено результати досліджень тиксотропних властивостей оздоблювального напівфабрикату, виготовленого на основі суміші мальтитолу і фруктози. Отримані дані наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Ефективна в'язкість суфле

Зразок суфле	Термін зберігання	$\eta(\gamma=0,3333 \text{ c}^{-1})$, Па с		$\eta\%$
		початкове	кінцеве	
Мальтитол і фруктоза	свіже	719,934	529,080	74
	6 діб	625,717	386,542	62

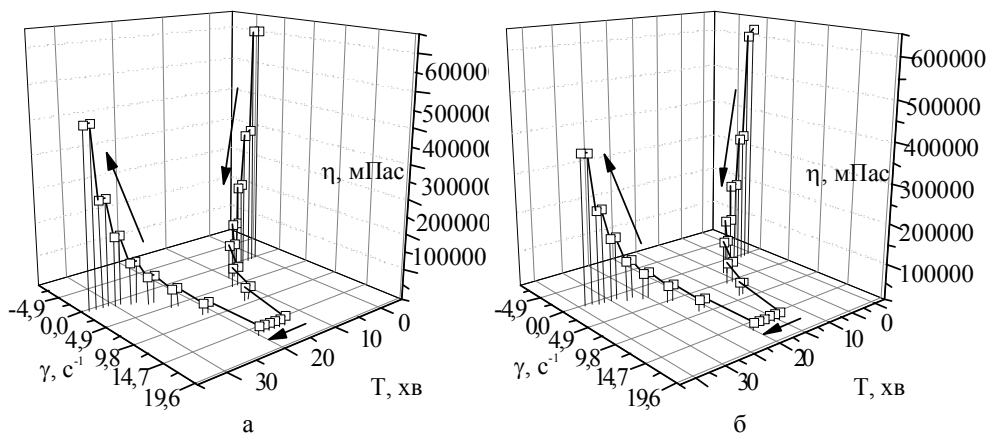


Рис. 3. Гістерезисні криві в'язкості (η , мПа·с) пінодрагледібного напівфабрикату на суміші мальтитоли і фруктози свіжоприготовленого — а), та через 6 діб зберігання — б)

Як видно з результатів обробки даних, при зменшенні градієнта швидкості зсуву структура напівфабрикату на суміші мальтитоли і фруктози відновлюється досить добре, тобто напівфабрикат має відповідні тиксотропні властивості. У свіжовиготовлених зразків ефективна в'язкість у кінці вимірювання $\eta_{\%}$ дорівнює 74 % від початкового значення, а у зразків після 6 діб зберігання — 62 %

Висновки

Отримані результати лягли в основу розроблення рецептур пінодрагледібних напівфабрикатів типу суфле на суміші мальтитоли і фруктози, які знайшли широке використання при виробництві тортів, тістечок, кексів і мафінів. Згідно з розробленою рецептурою визначена харчова й енергетична цінність нового напівфабрикату. За методикою, розробленою у НУХТ, розраховано показник глікемічності [6]. Розрахунки показали, що показник глікемічності у напівфабрикату, виготовленого на суміші мальтитоли і фруктози, на 60...65 % менший, ніж у напівфабрикату, виготовленого на сахарозі (цукрі білому кристалічному). Розроблений кондитерський пінодрагледібний напівфабрикат на суміші фруктози і мальтитоли заслуговує маркування: «з редукованою глікемічністю»; «без цукру (сахарози)»; «функціональний продукт».

Література

1. Зубченко А.В. Фізико-хімічні основи технології кондитерських изделий / Воронеж. гос. технол. акад. — Воронеж, 1997. — 416 с.
2. Нижник В.В. Колоїдна хімія з елементами нанохімії / В. В. Нижник, В. А. Волошинець, Т. Ю. Нижник — К.: Фітосоціоцентр, 2012. — 506 с.
3. Дорохович А.М. Фізико-хімічні, технологічні, фізіологічні властивості поліолів та цукрів / А.М. Дорохович, В.В. Дорохович, В.В. Бадрук, А.В. Мурзін, А.Г. Абрамова, Я.С. Єстремська // Харчова наука і технологія. — 2013. — №1(22) — С. 73—76.

4. *Дорохович А.М.* Визначення впливу фруктози на технологічні властивості оздоблювальних напівфабрикатів типу «суфле» для бісквітних тортів та тістечок / А.М. Дорохович, А.В. Мурзін, Н.А. Парасина, І.В. Рубан // Наукові праці ОНАХТ. — 2012. — №1(42) — С. 182-187.

5. *Патент* 80629 Україна, МПК А21D 13/08 (2006.01) Оздоблювальний напівфабрикат піноподібної структури на основі фруктози та лактулози для дієтичних тортів та тістечок / Дорохович А.М., Мурзін А.В.; заявник та власник Національний університет харчових технологій. — № u201212928; заявл. 13.11.2012; опубл. 10.06.2013, Бюл. № 11.

6. *Дорохович А.М., Оболкіна В.І., Гавва О.О.* Оптимізації технологічних процесів галузі (кондитерське виробництво): Конспект лекцій для студ. спец. 7.091702 «Технологія хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчоконцентратів». — К.: НУХТ, 2009. — 89 с.

7. *Патент* 40623 Україна, МПК А 23L1/10. Спосіб визначення показника глікемічності харчового продукту / А.М. Дорохович, В.М. Ковбаса та ін. Опубл. 27.04.2009. Бюл. № 8.

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИОЛА МАЛЬТИТОЛА В СМЕСИ С ФРУКТОЗОЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ОТДЕЛОЧНОГО ПОЛУФАБРИКАТА ПЕНОСТУДНЕПОДОБНОЙ СТРУКТУРЫ

А.Н. Дорохович, А.В. Мурзін

Національний університет пищевых технологий

Е.В. Гончарук

Институт химии поверхности им. О. О. Чуйка НАН Украины

В статье установлена возможность рационального использования полиола мальтитола при производстве пеностуднеподобного отделочного полуфабриката типа «суфле» для тортов и пирожных. Научно обоснована целесообразность использования мальтитола в смеси с моносахаридом фруктозой. Путем многофакторного планирования эксперимента определено оптимальное соотношение рецептурных компонентов: мальтитола, фруктозы, агара, которое составило 1:1:0,025. Исследованы реологические свойства отделочных полуфабрикатов на основе мальтитола, фруктозы и смеси мальтитола с фруктозой. Определены тиксотропные свойства отделочного полуфабриката на основе смеси мальтитола и фруктозы, что составляет 74 % для свежоизготовленных и 62 % после 6 суток хранения. Результаты исследования легли в основу разработки рецептур отделочных полуфабрикатов пеностуднеподобной структуры, которые нашли применение при производстве тортов, пирожных и маффинов.

Ключевые слова: сахарный диабет, мальтитол, фруктоза, реология, тиксотропия.