

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФРУКТОЗИ І ЛАКТОЗИ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ОПЕРАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА ЦУКЕРОК КРИСТАЛІЧНОЇ СТРУКТУРИ

*О.О. Кохан, к.т.н., доц.,
О.С. Онофрійчук, магістр,
Національний університет харчових технологій,
Л.М. Хомічак, д.т.н., проф.,
член-кореспондент НААН, зав. відділу,
Відділ технології цукру, цукровмісних продуктів та інгредієнтів,
Інститут продовольчих ресурсів НААН*

У статті досліджується можливість отримання цукерок кристалічної структури з використанням комбінації цукрів фруктози і лактози. Було проведено дослідження впливу цукрів на параметри процесу помадоутворення, формування виробів, збереження якості помадних цукерок під час зберігання. Підібрано оптимальне співвідношення цукрів з метою отримання цукерок з дрібнокристалічною структурою. Проведено прогнозування поведінки розроблених цукерок під час зберігання. Досліджено вплив пакувальних матеріалів на уповільнення процесу висихання цукерок, та встановлено ефективність використання упаковки «у перекрутку». Розраховано показник глікемічності розроблених цукерок.

***Ключові слова:** помада, фруктоза, лактоза, кристалізація, структурно-механічні властивості, крохмальні форми, структуроутворення, пакування, термін зберігання*

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF FRUCTOSIS AND LACTOSIS ON TECHNOLOGICAL OPERATIONS OF MANUFACTURE OF CRYSTALLINE STRUCTURE

*O. Kokhan, Ph.D., Technics, Associate Professor,
O. Onofriichuk, master,
National University of Food Technology
L. Khomichak, D-r of Sciences, Technics, Professor,
Corresponding Member of NAAS, Head of Department,
Department of Sugar Technology, Sugar Products and Ingredients,
Institute of Food Resources of NAAS*

The article examines the possibility of obtaining sweets of crystalline structure using a combination of sugars fructose and lactose. The study of the influence of sugars on the parameters of the process of crystallization, the formation of products, and the preservation of the quality of fondant sweets during storage were carried out. The optimum ratio of sugars is selected in order to produce small crystal structure sweets. The behavior of the developed sweets during storage is predicted. The influence of packaging materials on deceleration of the process of drying of sweets is investigated, and the efficiency of using packaging in a «twist» is established. The glycemic index of developed sweets is calculated.

***Key words:** fondant sweets, fructose, lactose, crystallization, structural and mechanical properties, starch forms, structure formation, packaging, storage life*

В нашій країні великою популярністю користуються різні кондитерські вироби. Серед цієї великої групи солодоців слід виділити групу помадних цукерок.

Основою помадних цукерок є цукрова та молочна помади, до складу яких входить натуральна сировина: цукор, патока, молоко. Саме ця обставина дозволяє казати, що ця група кондитерських виробів може споживатися людьми різного віку, починаючи з малюків та закінчуючи людьми похилого віку, особливо це стосується неглазурованих помадних

цукерок. Такі цукерки не містять компонентів, які б не рекомендувались дітям молодшого віку або від яких у малечі могли б виникнути небажані наслідки зі станом здоров'я.

Для того, щоб виріб завоював прихильність серед широкої аудиторії споживачів, від повинен задовольнити всі очікування населення і навіть здивувати. Для цього продукт повинен мати певні відмінності від його попередників – аналогів, зберігати гарні органолептичні показники протягом терміну реалізації продукту та нести не лише психологічне задоволення від споживання продукту, а й здійснювати оздоровчий вплив на організм споживача.

На сьогодні одним із пріоритетних напрямів визначених всесвітньою організацією ФАО ВООЗ є зниження частки цукру в продуктах, зниження калорійності та глікемічності виробів [1, с.2].

Провівши аналіз світового ринку кондитерських виробів, можна сказати, що все більшої популярності набуває вироби, що мають статус «sugar free», тобто без застосування цукру білого кристалічного (сахарози). В цих виробках альтернативою цукру білому кристалічному є не цукри, а цукрозамінники - поліоли.

Тому метою досліджень було встановлення впливу цукрів, що традиційно застосовуються у виробництві кондитерських виробів – фруктози, лактози на основні технологічні операції виробництва та можливість отримання неглазурованих цукерок кристалічної структури без застосування традиційного цукру – сахарози.

Такі фізико-хімічні властивості цукрів, як розчинність, гігроскопічність, термостабільність, солодкість відіграють важливу роль в технології кондитерських виробів. Але сьогодні, значну роль відіграють також і фізіологічні показники компонентів харчових продуктів, такі як глікемічний індекс і калорійність (див. табл. [2, с. 65-67]).

Табл. 1

Основні технологічні властивості цукрі

Назва цукрів	Розчинність при 20°C,%	Глікемічний індекс,%	Калорійність, ккал/г	Температура плавлення, °C	Одиниця солодкості, од.
Сахароза	69,0	68,0	4,0	180,0	1,00
Лактоза	16,0	45,0	4,0	252,0	0,35
Фруктоза	78,0	20,0	4,0	104,0	1,50

Враховуючи ці властивості досліджуваних цукрів, можна спрогнозувати значне зниження глікемічності виробу при заміні традиційної сахарози на фруктозу і лактозу.

Пропонується провести удосконалення помадних цукерок за рахунок використання цукрів – лактози та фруктози. Оскільки дані цукри мають свої характерні технологічні властивості, для застосування їх при створенні кристалічної структури цукерок потрібно дослідити їх вплив на параметри кожної технологічної операції виробництва нового асортименту помадних цукерок.

Матеріали і методи. Визначення фізико-хімічних показників сировини та готової продукції проводили загальноприйнятими в кондитерському виробництві методами [3, с. 226-234]. Визначення черствіння помадних цукерок проводили за допомогою порошкового дифрактометру «ДРОН УМ – 1» шляхом отримання повної або часткової рентгенограми в результаті сканування зразка по куту θ між площиною зразка і первинним потоком [4, с.234-256]. Визначення сорбційних властивостей цукерок здійснювали ваговим методом на вакуумній установці з пружинними кварцовими вагами Мак-Бена [5, с. 235-270].

Результати і обговорення. Цукор білий кристалічний (сахароза) – основний компонент помадних цукерок, який надає виробам необхідні органолептичні властивості та впливає на технологічний процес виготовлення продукту.

Фізико-хімічні показники цукрів такі як солодкість, розчинність, гігроскопічність дуже впливають технологічні етапи виготовлення помадних цукерок. Тому при заміні традиційного цукру сахарози на досліджувані цукри потрібно провести аналіз фізико-

хімічних властивостей цукрів, щоб відкорегувати технологічні параметри отримання якісної помади.

В літературних джерелах вказується, що лактоза має найнижчу розчинність [6, с. 81-86]. Це пояснюється досить високою температурою розчинення цукру. Саме низька розчинність лактози провокуватиме грубокристалічну структуру цукерок, приготовлених з високим її вмістом. Найбільшу ж розчинність має моносахарид фруктоза. З пересичених розчинів фруктоза викристалізовується дуже повільно, що унеможливило створення цукерок кристалічної структури з використанням лише цього цукру.

Для отримання помади з гарними показниками якості було проведено дослідження з підбором співвідношення рецептурних компонентів та вибору оптимальних параметрів приготування.

Табл. 2

Вплив внесення лактози в комбінації з фруктозою на параметри технологічних стадій виготовлення цукерок кристалічної структури

Зразки цукерок	Технологічні параметри				
	Температура уварювання, °С	Тривалість збивання, с	Температура відливання, °С	Тривалість структуроутворення, год	Структура помади
Класична помада на основі цукру	116-118	80-85	60-65	0,2	Дрібно-кристалічна
Цукрова помадна маса з використанням цукрів:					
Лактоза: Фруктоза = 4:1	116	Утворення крупних кристалів лактози унеможливило процес збивання	-	-	-
Лактоза: Фруктоза =1:1	116	85	54-56	0,35	Дрібнокристалічна з приємним молочним смаком
Лактоза: Фруктоза =2:3	116	90-95	50-52	4-5	М'яка, не кристалічна

Згідно з даними, наведеними у таблиці 2 було встановлено, що раціональним співвідношенням цукрів лактози і фруктози є 1:1. При збільшенні частки фруктози в рецептурі цукерок неможливо було отримати цукеркову масу кристалічної структури, а при зменшенні вмісту фруктози маса ставала грубокристалічною і мала крейдянистий присмак.

Внесення патоки буде додатково збільшувати глікемічний індекс виробу, тому були проведені дослідження впливу патоки на структуру цукерок на основі лактози і фруктози з можливістю її повного виключення з рецептури цукерок. Але зразки без патоки мали одразу після приготування грубокристалічну неприємну структуру та крейдянистий присмак. Це можна пояснити незначною в'язкістю помадного сиропу, що провокувало ріст великих кристалів лактози вже під час збивання та отримання кристалічної цукеркової маси.

Було встановлено, що тривалість структуроутворення досліджуваних зразків помадних мас була більшою в порівнянні з тривалістю структуроутворення контрольного зразка помади на сахарозі. Тому певною проблемою у виробництві даних цукерок є те, що необхідний досить тривалий час для структуроутворення корпусів, особливо відлитих у силіконові форми. Тому ми рекомендуємо відливати дані цукерки лише у крохмальні форми, оскільки крохмаль забере на себе частину вологи корпусу і, цим самим, прискорить структуроутворення корпусів цукерок.

З метою інтенсифікації цієї технологічної операції запропоновано введення на стадії темперування рецептурного інгредієнту – какао порошку, який покращує органолептичні показники виробів та, за рахунок високій гідрофільності, прискорює процес структуроутворення корпусів цукерок з досліджуваним комбінаціями цукрів, відповідно на 30% та 50-55% в порівнянні зі зразками цукерок без додавання какао порошку. Рациональне дозування цього інгредієнту було встановлено на основі дегустаційної експертизи та його впливу на стадію структуроутворення і становить 5,0% до маси н/ф помади.

Також була проведена серія дослідів з визначення впливу комбінацій лактози та фруктози на зміни органолептичних (табл.3), фізико-хімічних (табл.4) та структурно-механічних властивостей цукерок.

Табл. 3

Органолептичні показники помадних цукерок на основі комбінації лактози та фруктози

Зразок	Характеристика			
	Смак	Запах	Зовнішній вигляд	Форма
Вимоги до помадних цукерок згідно ДСТУ 4135:2014 «Цукерки»	Характерний конкретній назві цукерок, без стороннього присмаку та запаху.		Цукерки неглазуровані повинні мати суху не липку поверхню. На поверхні неглазурованих цукерок, що їх виробляють на потоково-механізованих лініях формуванням у крохмаль, допускаються сліди крохмалю.	Прямокутна
Зразок цукерок на лактозі і фруктозі (свіжі)	Молочний, шоколадний без стороннього присмаку та запаху.		Суха не липка поверхня, зі слідами крохмалю	Прямокутна

Табл. 4

Фізико-хімічні показники якості цукерок

Зразки цукерок	Масова частка	
	вологи,%	редуючих речовин,%
Вимоги до помадних цукерок згідно ДСТУ 4135-2014 «Цукерки»	не більше 16,0%	Не більше 14
Зразок цукерок з лактозою та фруктозою	15,4	71,9

Як видно з таблиці 4, зразки цукерок з використанням досліджуваних цукрів мали масову частку вологи на межі допустимих значень. Напевно, це пов'язано з тим, що у виробках знаходиться більше рідкої фази помади, ніж в класичній помаді на основі сахарози, оскільки наявність високорозчинної гігроскопічної фруктози сприяє знаходженню в системі більшої кількості вільної вологи, яка видаляються зі зразка під час визначення масової частки вологи методом прискореного висушування.

Окрім цього, у досліджуваних зразках цукерок вміст редууючих речовин перевищує допустимий вміст у 5 разів за рахунок того, що основним компонентом цукерок є редууючі цукри – фруктоза та лактоза.

Збільшення вмісту редууючих речовин, безумовно, впливає на гігроскопічність цукерок, тому для визначення здатності зразків цукерок поглинати вологу з навколишнього середовища під час зберігання нами були проведені дослідження їх сорбційних властивостей. Ці дослідження дозволять спрогнозувати зміну властивостей цукерок під час їх зберігання.

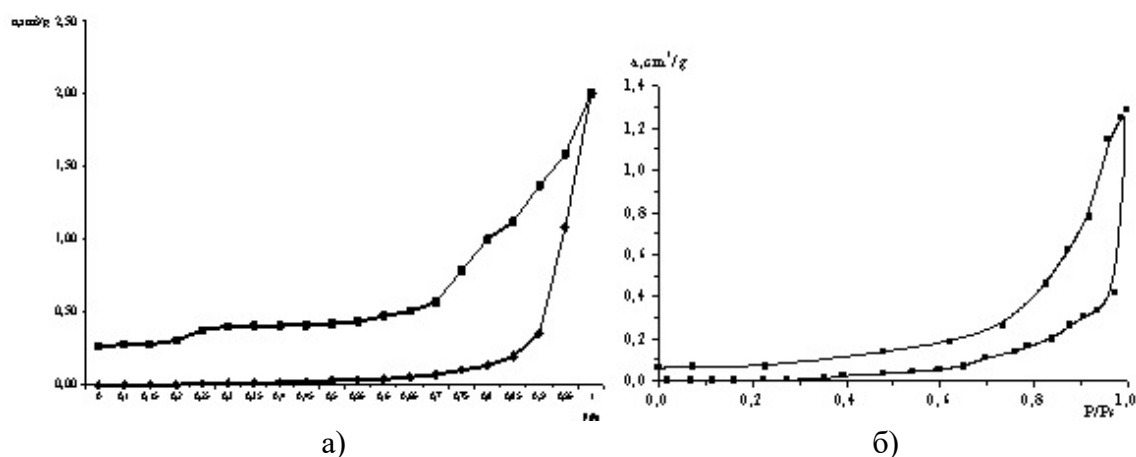


Рис.1. Г рафік сорбції ($a_w = 0,0-1,0$) та десорбції ($a_w = 1,0-0,0$) води цукерок:
а) на сахарозі; б) на лактозі і фруктозі

Оскільки помадні цукерки рекомендується зберігати при відносній вологості повітря не вище 75%, доцільно визначити значення рівноважної вологості зразків саме при такій відносній вологості.

Табл. 5

Значення рівноважної вологості зразків цукерок

Вид помадної цукерки на	Значення рівноважної вологості зразків при $a_w = 0,75, %$ на 100 г	
	продукту	сухих речовин
сахарозі ($w=10,0%$)	3,4	3,06
лактозі та фруктозі ($w=15,4%$)	13,6	11,51

Аналізуючи дані, можна сказати, що для всіх зразків цукерок характерною є тенденція наближення до значення рівноважної вологості, яке є нижчим масової частки води виробів, отже для всіх цукерок буде притаманне явище висихання, тобто зменшення масової частки води.

При зберіганні в приміщенні з відносною вологістю $\phi = 75%$ ($a_w = 0,75$) можна прогнозувати, що контрольний зразок буде інтенсивно втрачати воду, так як його рівноважна вологість 3,4%, а масова частка води цукерок 10%. Зразок на основі лактози та фруктози буде менш інтенсивніше втрачати воду, так як його рівноважна вологість 13,6%, а масова частка води цього зразка цукерок 15,4%.

Під час видалення води зі зразків цукерок відбувається зменшення кількості рідкої фази та збільшення кількості твердої фази, яка представляє собою кристали сахарози. При зберіганні цукерок кристалічної структури збільшуються розміри кристалів твердої фази, вони відчуваються на смак і погіршують органолептичні властивості виробів.

Тому було доцільно дослідити, як змінюватиметься кристалічність цукерок на основі комбінації досліджуваних цукрів під час зберігання. Зразки цукерок пакували в комбінований пакувальний матеріал на основі поліпропілену металізованого, що володіє «твіст-ефектом». Пакування досліджуваних зразків розроблених цукерок здійснювали способом «в перекрутку» – найбільш розповсюдженим для помадних цукерок. Цукерки зберігали в приміщенні лабораторії при температурі 18-20 $^{\circ}$ C, та відносній вологості в межах 75%.

Визначення кристалічності було проведено за допомогою рентгенографічного методу. Для того, щоб ідентифікувати цукри в готових виробках, були проведені рентгенофазні

дослідження окремо кожного цукру (рис. 2). Дифрактограми, зняті при опроміненні зразка цукерок на комбінації цукрів в день виготовлення а також через 3 місяці зберігання цукерок пакованими, наведені та рис.3.

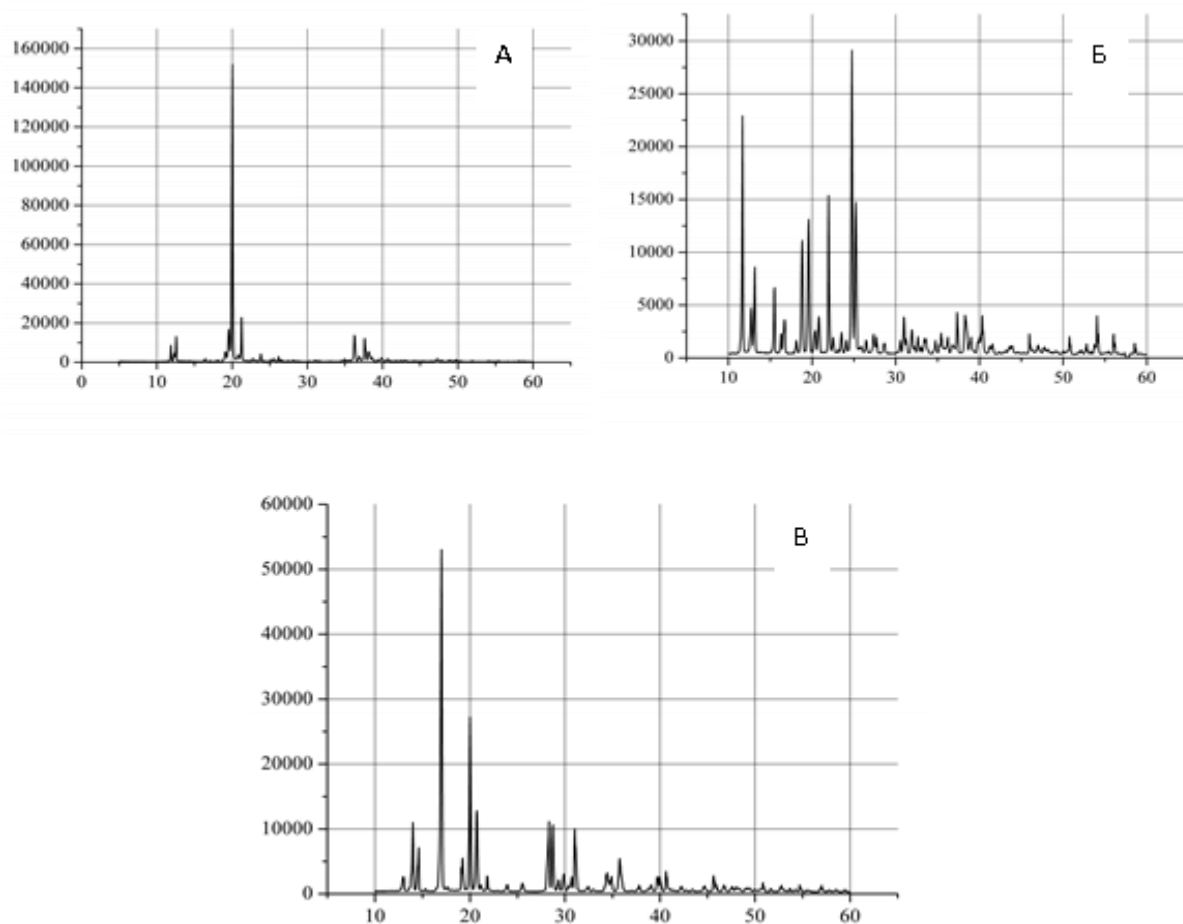


Рис.2. Дифрактограма цукрів: А - лактози; Б -сахарози; В - фруктози

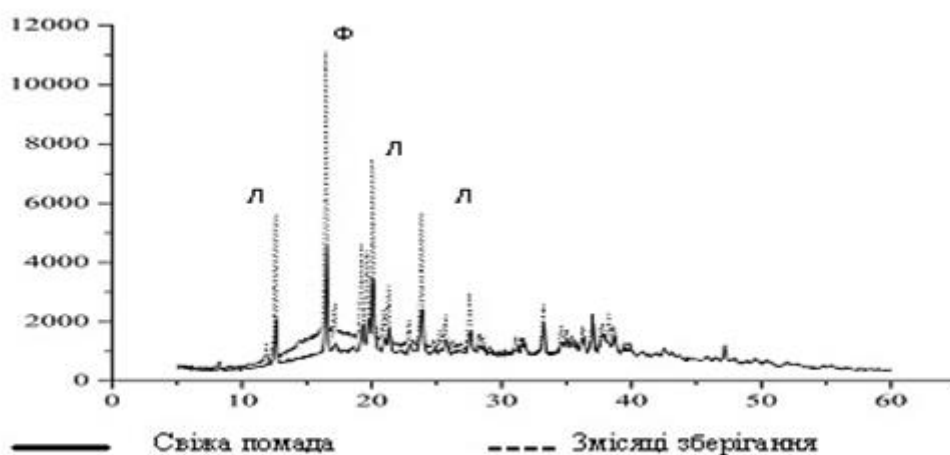


Рис.3. Дифрактограма зразків помадних цукерок на основі лактози та фруктози свіжоприготовленої та при зберіганні 3 місяці

Аналізуючи дані, наведені на рис.3, можна зробити висновок, що піки в готовому виробі відповідають пікам фруктози та лактози. Маючи дані, що показують інтенсивність

пиків готового виробу, можна зробити висновок, що свіжоприготовлена помада на основі лактози та фруктози має досить дрібнокристалічну структуру. Це можна пояснити значним вмістом у виробі гігроскопічної фруктози, яка дуже повільно викристалізується.

З рисунку видно, що при зберіганні площа піків збільшується, що говорить про збільшення кристалічної фази у помаді. Але порівнюючи із піками фруктози можна зробити висновок, що навіть таке збільшення кристалів не впливатиме на органолептичні показники досліджуваного продукту.

Для підтвердження результатів, отриманих за допомогою рентгенофазного аналізу, нами було проведено мікроскопічний аналіз цукрів і помадних цукерок на основі лактози-фруктози свіжоприготовлених і які зберігалися продовж 3 місяців пакованими способом « у перекрутку».

Після отримання мікроскопічного зображення досліджуваних зразків зі збільшенням 1600, було проведено визначення зміни середніх розмірів кристалів твердої фази досліджуваних помадних цукерок під час зберігання (табл. 5).

Табл. 5

Середній розмір кристалів цукрів та помадних цукерок на основі лактози-фруктози

Зразок	Середній розмір кристалів, мкм
Помадні цукерки приготовлені на :	
лактозі та фруктозі свіжоприготовлені	0,63
лактозі та фруктозі через 3 міс. зберігання	1,88

Отже, дані, які наведені в таблиці 5, підтверджують результати дифрактограм - кристалічність помадних цукерок при зберіганні незначно збільшується, якщо порівнювати розміри кристалів готових виробів навіть після зберігання. Отже, аналізуючи наведені дані, можна стверджувати, що при зберіганні протягом 3 місяців, структура даних цукерок не впливатиме на погіршення їх якості, оскільки розміри кристалів обох зразків значно менші за максимальне допустиме значення - 25 мкм [7, с 165].

Вагомим завданням було проведення дослідження соціального ефекту виробництва досліджуваних цукерок. Був проведений розрахунок калорійності та показника глікемічності розроблених цукерок кристалічної структури на основі комбінації цукрів лактози та фруктози. Встановлено, що зразки цукерок на комбінації цукрів лактози і фруктози мають значення показника глікемічності – 32,5 од., що на 44% менше, ніж показник глікемічності контрольного зразка цукерок на сахарозі.

При розрахунку енергетичної цінності було встановлено, що найвище значення цього показника у класичній цукровій помаді – 361 ккал/100 г продукту, цукерки ж на основі лактози і фруктози мали значення калорійності - 326 ккал/100 г цукерок.

Висновок

Встановлена можливість застосування цукрів: фруктози та лактози при виробництві неглазурованих цукерок кристалічної структури. Встановлене раціональне співвідношення цих цукрів та їх вплив на технологічні операції виробництва та зберігання помадних цукерок. Отримані цукерки сприяють розширенню асортименту цукристих кондитерських виробів. Оскільки пропонується виготовляти неглазуровані цукерки, що в своєму складі мають легкозасвоюваний цукор фруктозу, яка разом з лактозою є цукрами з низьким глікемічним індексом, то їх можна рекомендувати для всіх вікових категорій населення, зокрема для хворих на цукровий діабет, окрім осіб з неприйняттям молочного цукру.

Використані джерела

1. Здоровое питание // Информационный бюллетень ВОЗ. – 2015. – 8 с.
2. Дорохович, А. М. Цукри, оцінка їх якості та використання при виробництві кондитерських виробів спеціального призначення/ А. М. Дорохович, О. О. Кохан// Нові ідеї в харчовій науці - нові продукти харчовій промисловості: Міжнародна наукова конференція, присвячена 130-річчю Національного університету харчових технологій. – К.: НУХТ, 2014.- с.61.

3. Дорохович, А. М. Технологія та лабораторний практикум кондитерських виробів і харчових концентратів: лабораторний практикум / А.М. Дорохович, В.М. Ковбаса – К: Інкос, 2015.- 632 с.
4. Хейкер, Д.М. Рентгеновская дифрактометрия / Д.М. Хейкер, Л. С. Зевин – М.: «Мир», 1985.- 365 с.
5. Грег, С. Адсорбция, удельная поверхность, пористость / С. Грег, К. Синг. – М.: «Мир», 1984. – 306 с.
6. Полумбрик, М.О. Вуглеводи в харчових продуктах і здоров'я людини: підруч./ М.О. Полумбрик .-К.:Академперіодика, 2011.- 486 с
7. Драгилев, А. И. Технология кондитерских изделий: Учебн. / А.И. Драгилев, И. С. Лурье. – М. : ДеЛи принт, 2001. – 484 с.

References

1. 2015, Zdorovoe pitanie - Healthy nutrition // Informacionnyj byulleten' VOZ- // WHO newsletter, 8 (in Russian).
2. Dorokhovych, A. M., and O. O. Kokhan, 2014. Tsukry, otsinka yikh yakosti ta vykorystannia pry vyrobnytstvi kondyterskykh vyrobiv spetsialnoho pryznachennia - Sugars, evaluation of their quality and use in the manufacture of confectionery of special purpose // Novi idei v kharchovii nautsi - novi produkty kharchovii promyslovosti: Mizhnarodna naukova konferentsiia, prysviachena 130-richchiu Natsionalnoho universytetu kharchovykh tekhnolohii - New Ideas in Food Science - New Products for the Food Industry: International Scientific Conference on the 130th Anniversary of the National University of Food Technology, 61 (in Ukrainian).
3. Dorokhovych A.M., and V.M Kovbasa, 2015. Tekhnolohiia ta laboratornyi praktykum kondyterskykh vyrobiv i kharchovykh kontsentrativ: laboratornyi praktykum - Technology and laboratory workshop of confectionery and food concentrates: laboratory workshop. Kyiv, Inkos - Incos, 632 (in Ukrainian).
4. Kheiker D.M., and L.S. Zevyn, 1985. Renthenovskaia dyfraktometrya - X-ray diffractometry. Moskow, Myr – Peace, 365 (in Russian).
5. Hreh, S. and K. Synh.1984. Adsorbtsyia, udelnaia poverkhnost, porystost - Adsorption, specific surface, porosity. Moskow, Myr – Peace, 306 (in Russian).
6. Polumbryk M.O. 2011. Vuhlevody v kharchovykh produktakh i zdorovia liudyny : pidruch - Carbohydrate in food and human health: textbook. Kyiv, Akadempriodyka - Academy of Periodicals,486(in Ukrainian).
7. Drahylev, A. Y., and Y. S. Lure. 2001. Tekhnolohiia kondyterskykh yzdelyi: Uchebn. - Technology of confectionery: textbook. Moskow, DeLy print - DeLi Print. 484 (in Russian).