

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ПОЛУМБРИК МАКСИМ ОЛЕГОВИЧ

УДК 664:682

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТА СТВОРЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ
КОМПОЗИЦІЙ ЦУКРОЗАМІННИКІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА
СИРЦЕВИХ ПРЯНИКІВ З НИЗЬКИМ ГЛІКЕМІЧНИМ ІНДЕКСОМ**

05.18.01 – зберігання і технологія переробки зерна, виготовлення зернових і
хлібопекарських виробів та комбікормів

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2008

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному університеті харчових технологій
Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Українець Анатолій Іванович
Національний університет харчових технологій,
ректор, професор

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Сирохман Іван Васильович
Львівська комерційна академія Укоопспілки,
завідувач кафедри товарознавства продовольчих товарів

кандидат технічних наук, доцент
Гордієнко Людмила Василівна
Одеська національна академія харчових технологій,
доцент кафедри технології хліба, кондитерських виробів та
громадського харчування

Захист відбудеться "___" _____ 2008 року о _____ годині на засіданні
спеціалізованої вченої ради Д 26.058.04 у Національному університеті харчових
технологій за адресою: 01033, Київ-33, вул. Володимирська, 68 ауд. А-311

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного
університету харчових технологій за адресою: 01033, Київ-33,
вул. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий "___" _____ 2008 року

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради, к.т.н.

М.В. Карпутіна

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Важливим джерелом енергії для нормального функціонування організму людини є вуглеводи, зокрема моно- та дисахариди, частина з яких може надходити внаслідок споживання борошняних кондитерських виробів (БКВ). Включення простих вуглеводів у рецептури харчових продуктів вимагає глибокого вивчення фізико-хімічних і структурно-механічних властивостей як вихідних моно- та дисахаридів, так і готових виробів з ними. Моно- та дисахариди, що входять до складу БКВ, надають їм солодкого смаку, зумовлюють пружньоеластичні та в'язкопластичні властивості тіста, калорійність готових виробів і суттєво впливають на термін зберігання готової продукції, запобігаючи десорбції вологи і черствінню. Ці функціональні властивості прямо пов'язані зі здатністю моно- та дисахаридів зв'язувати воду.

Фізико-хімічні властивості водних розчинів сахаридів, що входять до складу багатьох кондитерських напівфабрикатів, визначають не тільки технологічні параметри останніх, але і якісні показники готових виробів. Такі властивості сахаридів як гідратація їх молекул, стабільність гідратів, самоасоціація відіграють важливу роль у структуроутворенні напівфабрикатів, впливають на процеси, які відбуваються під час зберігання готових виробів. Відповідно, змінюючи природу сахариду та хімічний склад розчинів, можна регулювати температуру уварювання, прогнозувати швидкість висихання або намокання кондитерських виробів під час зберігання, та ін.

Фізико-хімічні методи (ЯМР, ІЧ-спектроскопія, диференційна скануюча калориметрія), які використовували дослідники для оцінки гідратоутворення сахарози, дають суперечливі результати. Кількісні дані щодо гідратоутворення лактози, фруктози, глюкози, термодинамічні характеристики цього процесу, а також здатність до самоасоціації цих сахаридів досі практично не вивчені.

Хвороби сучасного світу – цукровий діабет (в Україні близько 2 млн. чоловік страждають на цю хворобу), ожиріння, серцево-судинні вимагають розробки нових харчових продуктів, оскільки науково обгрунтоване харчування є одним із провідних лікувальних чинників і невід'ємною частиною комплексної терапії цих захворювань.

Відомо, що для надання солодкого смаку продуктам для хворих на цукровий діабет використовують ксилітол, сорбітол, фруктозу, синтетичні підсолоджувачі. Перші два підсолоджувачі досить дорогі, вони менш солодкі, ніж сахароза та фруктоза, і мають неприємний "металевий" присмак. У розвинених країнах світу споживання сахарози суттєво знижується, а фруктози зростає. Проте надмірне споживання фруктози призводить до виникнення і розвитку метаболічного синдрому.

В зв'язку з необхідністю обмеження кількості цукру в раціоні людей з порушеннями ендокринної системи виникла проблема цукрозамінників. Ця робота направлена на пошук багатofункціональних цукрозамінників, що

дозволить створити пряникові вироби спеціального призначення, які б знижували ризик захворювань, пов'язаних з порушенням обміну вуглеводів. Сучасний підхід до створення харчових продуктів функціонального призначення пов'язаний, зокрема, з використанням концепції глікемічних індексів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконувалася в проблемній науково-дослідній лабораторії Національного університету харчових технологій у рамках держбюджетних тем "Дослідження будови моно- і полісахаридів, їх надмолекулярних структур в харчових продуктах, механізми перетворення в процесах бродіння" № 0101U00724, "Дослідження процесів гідратації, комплексо- та гелеутворення поліцукридів з метою отримання якісних харчових продуктів " № 0198U003138.

Мета і завдання досліджень. Метою роботи є дослідження та створення раціональних композицій цукрозамінників для виробництва сирцевих пряників з низьким глікемічним індексом. Для досягнення поставленої мети були сформульовані такі **завдання**:

- науково обґрунтувати і розробити нові суміші багатфункціональних цукрозамінників для використання у БКВ спеціального призначення;
- розробити нові види низьоглікемічних сирцевих пряників, випробувати технологію їх одержання в промислових умовах;
- вивчити вплив моно- та дисахаридів на процес утворення тістових мас, які використовуються для виготовлення сирцевих пряників;
- запропонувати метод визначення чисел гідратації у водних розчинах моно- та дисахаридів;
- дослідити склад гідратів глюкози, фруктози, сахарози, моногідрату лактози в широкому інтервалі температур та концентрацій;
- визначити термодинамічні параметри (ентальпію, ентропію, енергію Гіббса) утворення гідратів сахарози, глюкози, фруктози та моногідрату лактози;
- вивчити здатність цих вуглеводів до самоасоціації;
- оцінити можливість утворення гідратних структур у водних розчинах сахарози методами комп'ютерної хімії;
- дослідити сорбційні та десорбційні властивості наведених вуглеводів;
- дослідити можливість використання методу фізичного маятника для оцінки адгезійних властивостей тістових мас і процесу черствіння БКВ;
- вивчити вплив запропонованих цукрозамінників на адгезійні характеристики тістових мас;
- дослідити вплив моно- та дисахаридів на процес ретроградації крохмалю в БКВ як головного чинника, який визначає процес їх черствіння;
- оцінити ступінь ретроградації крохмалю в БКВ залежно від способу їх зберігання;
- провести глюкозотолерантне тестування сирцевих пряників, виготовлених на основі розроблених цукрозамінників;
- обґрунтувати соціальну доцільність виробництва нових видів сирцевих пряників спеціального призначення.

Наукова новизна одержаних результатів На основі теоретичних та експериментальних досліджень гідратаційної здатності моно- та дисахаридів розроблені нові композиції цукрозамінників, в яких частина сахарози замінена на суміш із фруктози, лактози, сорбіту, інуліну, що призводить до зниження енергетичної цінності та глікемічного індексу (ГІ) пряникових виробів на їх основі, підвищує якість і подовжує термін їх зберігання, і таким чином розширює спектр харчових продуктів спеціального призначення.

Вперше встановлено, що процес ретроградації крохмалю в сирцевих пряниках досягає певного максимуму, після чого відбувається зворотній процес (деградація крохмалю), який характеризується швидкою втратою вологи і є причиною їх черствіння.

Розроблено методику розрахунку чисел гідратації моно- та дисахаридів у водних розчинах, а також термодинамічних характеристик утворення цих гідратів. Вперше визначено термодинамічні параметри (ентальпія, ентропія, енергія Гіббса) утворення надмолекулярних структур моно- та дисахаридів.

Запропонована нова методика визначення терміну зберігання сирцевих пряників з використанням фізичного маятника, яка базується на визначенні адгезійної міцності готових виробів у тонкій плівці.

Практичне значення одержаних результатів. На основі розроблених цукрозамінників запропонована удосконалена технологія пряникових виробів спеціального призначення, яка пройшла апробацію в промислових умовах.

Встановлено, що використання розроблених композицій цукрозамінників сприяє отриманню тіста з поліпшеними технологічними властивостями – зменшенням міцності адгезії та часу відлежування тіста перед формуванням.

Достовірність отриманих результатів забезпечена використанням сучасних методик і методів досліджень, визначенням в клінічних умовах ГІ сирцевих пряників, а також промисловою апробацією нових видів сирцевих пряників.

Соціальний ефект від впровадження нових типів цукрозамінників і пряникових виробів на їх основі полягає у зміцненні здоров'я людей і пов'язаний з нормалізацією порушеного дисбалансу в обміні речовин, зниженні ризику серцево-судинних захворювань, цукрового діабету, метаболічного синдрому, одним з основних факторів яких є порушення регуляції рівня цукру в крові після споживання їжі.

Особистий внесок здобувача. Дисертантом виконано експериментальну частину дисертаційної роботи, проведено необхідні теоретичні розрахунки, проаналізовано отримані результати. Планування роботи, обговорення механізмів і формування висновків відбувалося спільно з науковим керівником. Друковані роботи були підготовлені за безпосередньою участю дисертанта.

Апробація результатів дисертації. Результати роботи були представлені на 67, 68, 70–73 наукових конференціях молодих вчених, аспірантів і студентів НУХТ (2001-2007), міжнародній науково-технічній конференції “Розроблення та виробництво продуктів функціонального харчування, інноваційні технології та конструювання обладнання для переробки сільгоспсировини, культура

харчування населення України” (Київ, 2004), V та VII Всеукраїнських конференціях “Сучасні проблеми хімії” (Київ, 2004, 2006).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 8 статей у наукових фахових виданнях, тези 8 доповідей і отримано 1 патент України.

Структура та об'єм дисертації. Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, висновку, списку літератури (179 найменувань) і додатків. Обсяг дисертаційної роботи складає 177 сторінок друкованого тексту, 22 таблиці та 45 рисунків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і завдання досліджень, охарактеризовано наукову новизну і практичне значення роботи.

У першому розділі “ Глікемічний індекс і його значення для створення харчових продуктів спеціального призначення” розглянуто концепцію ГІ, роль ГІ у розробці кондитерських виробів спеціального призначення. Проаналізовано літературні дані щодо підйому цукру в крові людини, який викликає споживання вуглеводмістних харчових продуктів. Розглянуті способи зниження ГІ, визначено шляхи отримання низькоглікемічних кондитерських виробів, які можуть бути рекомендовані для хворих на цукровий діабет обох типів.

Проведено аналіз літературних джерел згідно з досліджуванним у роботі напрямом на створення раціональних композицій цукрозамінників.

У другому розділі “Об'єкти та методи досліджень” наведено характеристику сировини, об'єктів і методів досліджень. Під час проведення лабораторних досліджень і виробничих випробувань використовували цукор-пісок (ДСТУ 2316), кристалічні фруктозу і глюкозу, сорбіт, моногідрат лактози фірми Sigmaaldrich, олігофруктозу Beneo Raftilose P95 компанії Orafiti.

Спіновим зондом служив стабільний нітроксильний радикал 2,2,6,6-тетраметил-піперидин-4-он-1-оксил (ТЕМПОН) з огляду на простоту його спектру ЕПР та інертність до речовин середовища. Радикал синтезували за відомою методикою. ЕПР спектри нітроксильного радикала (рис. 1) у водних розчинах глюкози в межах концентрації (10...70%), фруктози (10...60%), лактози (2...16%) за температури 10...70 °С знімали на спектрометрі “Varian E3”. Наведено методики розрахунку часу кореляції обертової дифузії спінового зонду (τ) у водних розчинах лактози, фруктози та глюкози на основі отриманих ЕПР спектрів. Обробку експериментальних даних виконано із використанням стандартних пакетів програми Microsoft Excel.

Спектри РФА зразків пряників із вмістом глюкози, фруктози, сахарози зняті за допомогою спектрометра ДРОН-5.

Процеси адсорбції-десорбції води сахарами досліджували на приладі Мак-Бена.

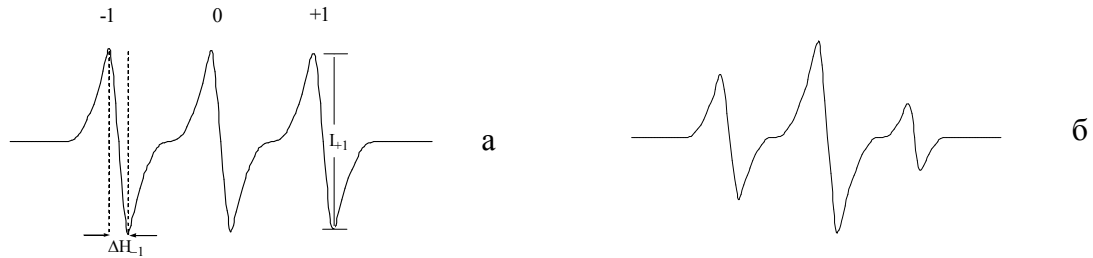


Рис. 1. Амплітуди (I) і ширини ліній (ΔH) відповідних компонент спектру ЕПР нітросильного радикала у чистій воді (а) та у 70 %-вому розчині фруктози (б).

Адгезію і когезію тістових мас встановлювали за оригінальною методикою визначення дальності польоту пластинки після її відриву від зразка з використанням фізичного маятника за рівнянням:

$$mg \cdot \cos \alpha + m \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + (k_1 + k_2) \frac{\partial y}{\partial t} + F_r = 0 \quad (1)$$

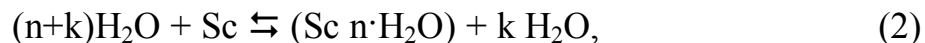
Виходячи з розрахованої за допомогою системи диференціальних рівнянь залежності коефіцієнту опору польоту пластинки (k_1) від дальності її польоту (y), з використанням методів символічної комп'ютерної математики програми "Maple 9" і за відомих значеннях маси пластинки (m), часу t , швидкості відриву $\frac{\partial y}{\partial t}$ та коефіцієнту опору повітря (k_2) з урахуванням реологічної складової сили опору польоту пластинки (F_r) визначали силу й міцність адгезії та когезії тістових мас.

Якість готових виробів оцінювали за органолептичними і фізико-хімічними показниками. Рівень цукру в крові визначали у відділенні клінічної фармакології Інституту ендокринології та обміну речовин АМН України.

У **третьому розділі** "Дослідження здатності моно- і дисахаридів до зв'язування води і самоасоціації методом спінового зонда і ЕПР спектроскопії" наведені результати експериментальних досліджень водопоглинальної здатності глюкози, фруктози, лактози та сахарози і їх порівняння.

У **підрозділі 3.1** та **3.2** наведено методику розрахунку чисел гідратації сахаридів, а також ентальпії (ΔH), ентропії (ΔS), енергії Гіббса (ΔG) утворення гідратів сахаридів.

Процес гідратації в розчинах сахаридів (Sc) можна представити наступним чином :



де n – кількість молекул води, зв'язаної у надмолекулярній структурі. Враховуючи, що добуток мольного об'єму води на в'язкість розчину сахарози є сталою величиною, використовуючи співвідношення між мольними частками зв'язаної води ($c_3^{H_2O}$) і сахариду ($c_3^{H_2O} = n \cdot c^{Sc}$, де c^{Sc} – мольна частка сахариду), і відоме рівняння Стокса–Ейнштейна, можна здійснити перехід від в'язкості до часу обертової кореляції вільного радикала:

$$1 - \frac{\tau_B}{\tau_3} = n c^{Sc}, \quad (3)$$

де τ_B і τ_3 – час обертової дифузії радикала у воді і водному розчині сахариду відповідно.

Дотичні до залежності першої частини рівняння від значення мольної частки сахариду дозволяють визначити кількість молекул (n) зв'язаної води.

Оскільки концентрація незв'язаної води визначається співвідношенням часу кореляції обертової дифузії спінового зонда в чистій воді і у водному розчині сахариду, а рівноважна концентрація сахариду $[Sc] = 1 - C_b$, підсумкове рівняння для визначення константи рівноваги матиме вигляд:

$$K = \frac{\tau_{Sc}}{\tau_{H_2O}} - 1 \quad (3)$$

Аналіз залежності $\ln K$ від $1/T$ дозволив визначити термодинамічні характеристики рівноважного процесу гідратації сахаридів.

У підрозділах 3.3–3.6 наведені визначені нами числа гідратації сахарози, лактози, фруктози та глюкози, а також енергетичні характеристики утворення гідратів у їх водних розчинах. Отримані дані (рис. 2) показують, що на величину n суттєво впливає концентрація сахариду. У разі збільшення концентрації сахариду і підвищення температури розчинів гідратні числа вуглеводів суттєво зменшуються.

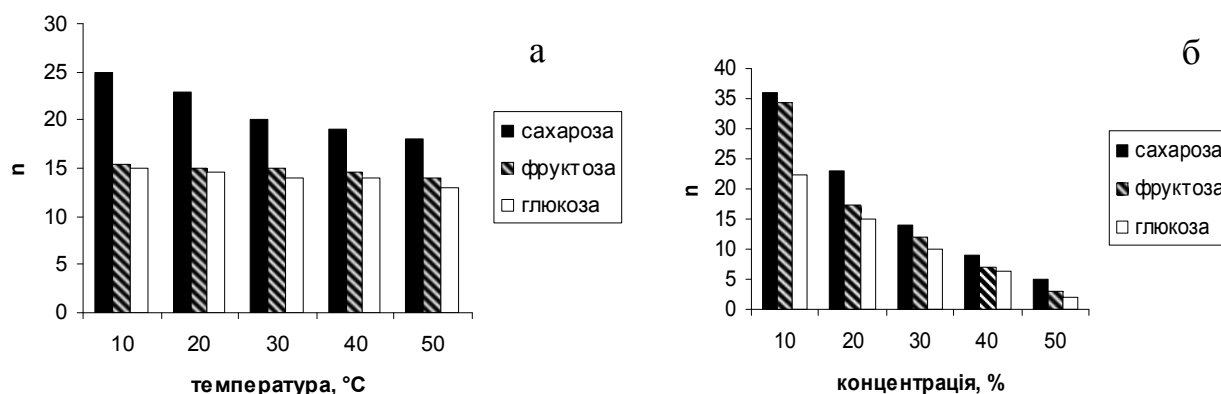


Рис. 2. Залежність чисел гідратації (n) в 20 %-вих розчинах глюкози, фруктози та сахарози від температури (а) і від концентрації розчинів вуглеводів (293 K) (б).

Згідно з отриманими числами гідратації (n) здатність сахаридів зв'язувати воду збільшується в ряду глюкоза–фруктоза–сахароза.

Аналіз величин n сахарози дозволяє виділити три групи значень: I, відповідає межах від 40 до 30 молекул води на молекулу сахарози і ділянці діапазону концентрації від 2...20%, II–відповідно від 20 до 10 молекул і концентраціям від 20 до 40% і III–від 5 до однієї молекули води і концентраціям вище 45 %. Навіть у насичених розчинах сахарози гідратні числа перевищують 1, тому для ефективної кристалізації цукру слід додавати речовини, які мають водопоглинальні властивості.

На підставі експериментально отриманих величин τ розраховані термодинамічні параметри – ентропія ($-27 \dots -39$ Дж·моль $^{-1}$ ·К $^{-1}$) та ентальпія ($-3,4 \dots -2,0$ кДж·моль $^{-1}$) утворення гідратних структур лактози у воді, а також енергія активації цих гідратів ($16 \dots 18$ кДж·моль $^{-1}$). Стабільність її гідратів дуже низька.

Порівняльний аналіз енергетичних характеристик утворення гідратів сахарози, глюкози та фруктози наведений у **підрозділі 3.7** (табл. 1 та 2). Термодинамічна стабільність гідратів зменшується в ряду фруктоза-сахароза-глюкоза.

Таблиця 1.

Значення енергій активації процесів гідратоутворення, обрахованих на підставі величин часу кореляції обертової дифузії спінового зонда E_a^τ та динамічної в'язкості розчинів E_a^η (обидві у кДж/моль)

C, %	Сахароза		Глюкоза		Фруктоза	
	E_a^τ ,	E_a^η ,	E_a^τ ,	E_a^η ,	E_a^τ ,	E_a^η ,
0	18,6±0,6	—	18,5±0,5	17,9±0,3	18,6±0,5	15,5±0,3
10	17,5±0,5	19,6±0,4	18,3±0,8	16,4±0,9	18,8±0,8	—
20	21,5±0,4	20,8±0,5	22,2±0,3	17,8±0,5	22,5±0,3	17,4±0,5
30	25,2±0,9	22,9±0,8	22,1±0,7	19,5±0,5	26,6±0,7	17,9±0,5
40	28,2±0,3	26,6±0,3	24,3±0,5	22,1±0,4	22,1±0,5	22,7±0,4
50	25,1±0,8	32,8±0,5	25,2±0,3	26,5±0,8	34,3±0,3	24,6±0,8
60	30,0±0,5	42,8±0,7	25,4±0,2	34,7±1,1	35,8±0,2	28,7±1,1

Таблиця 2.

Термодинамічні рушійні сили рівноважних процесів гідратації залежно від концентрації сахариду (ΔH , кДж/моль, ΔS Дж·моль $^{-1}$ ·К $^{-1}$)

C, %	Сахароза		Глюкоза			Фруктоза		
	$-\Delta H^\tau$	$-\Delta S$	$-\Delta H^\tau$	$-\Delta H^\eta$	ΔS	$-\Delta H^\tau$	$-\Delta H^\eta$	$-\Delta S$
10	—	—	22,0±3,6	8,2±3	103 ±12	—	—	—
20	5,6±0,4	18,5±0,4	22,3±3,3	7,0±0,5	76±11	16,4±3,3	5,9±0,5	19±1
30	9,8±0,5	27±0,7	9,9±2,7	7,5±0,4	34±8	—	6,0±0,4	15±1
40	11,5±0,8	26±0,6	9,4±0,6	9,5±0,3	25 ±2	—	10,4±0,3	22±2
50	6,9±0,3	2,5±0,4	8,6±0,7	13,3±0,5	16±2	18,7±0,7	11,6±0,5	20±2
60	11,5±0,7	12±0,4	8,5±0,4	20,8±1	11±1	19,2±0,4	14,8±1	24,5±1

Розраховані енергії активації дифузії радикалу на підставі значень τ (E_a^τ), а також енергії активації молекул розчину, що зумовлюють показники його коефіцієнтів в'язкості η (E_a^η), наведено у табл. 1. Розгляд їх свідчить, що обидві величини зростають з підвищенням концентрації сахариду, але динаміка зростання суттєво різна: E_a^η зростає постійно і за наростаючою, а E_a^τ – суттєво уповільнено (рис. 3).

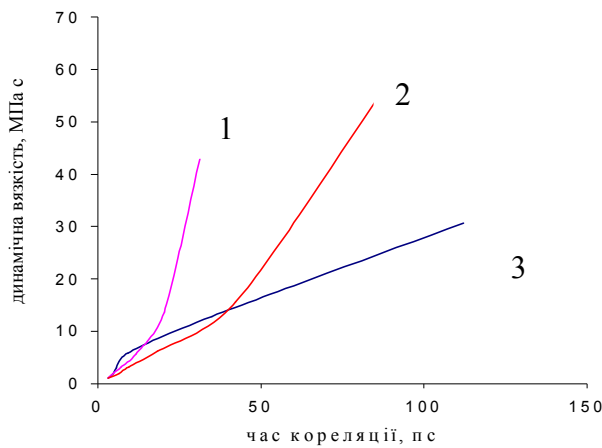


Рис. 3. Залежність в'язкості (η) від нормованих значень τ для розчинів глюкози (1), сахарози (2) та фруктози (3) за температури 20 °C.

Наведений характер змін для енергії активації і для ентальпії можна пояснити, виходячи з того, що час кореляції і в'язкість пов'язані з різними процесами: τ визначається вільним об'ємом, в якому обертається радикал, а η – розмірами частинок, які рухаються в розчині. Як свідчать дані табл. 1 та 2, вільний об'єм змінюється доволі повільно: починаючи з концентрації глюкози $C^{Gl} = 20...30\%$, величини E_a^{τ} та ΔH^{τ} практично не змінюються, тоді як величини E_a^{η} і ΔH^{η} підвищуються внаслідок збільшення внутрішнього тертя в розчині. Це може бути зумовлене зростанням розмірів частинок – з підвищенням концентрації сахариду утворюються його самоасоціації.

Згідно з результатами досліджень здатність сахаридів до самоасоціації збільшується в ряду фруктоза–сахароза–глюкоза.

Із збільшенням концентрації сахариду залежність η від τ відхиляється від прямої, яку слід було би очікувати на підставі рівняння Стокса-Ейнштейна, і наближається до осі коефіцієнтів в'язкості, особливо для глюкози.

У розчинах глюкози, сахарози і лактози в досліджуваному інтервалі температур і концентрацій нітроксил стійкий, а в розчинах фруктози, особливо концентрованих ($> 70\%$) з підвищенням температури до 40 °C спостерігалась швидка загибель радикала. Отже, фруктоза інгибує радикальні реакції, а враховуючи, що вона здатна блокувати і каталітичні реакції йонів металів (Cu^{2+} , Co^{3+} , Fe^{3+} тощо), ці властивості можуть визначати роль фруктози у подовженні терміну зберігання БКВ та й інших харчових продуктів на її основі.

У **підрозділах 3.8 та 3.9** "Адсорбція водяної пари глюкозою, сахарозою, фруктозою та моногідратом лактози" та "Визначення питомої поверхні за адсорбатом вода глюкози, фруктози, сахарози і моногідрату лактози" приведені дані щодо процесів сорбції-десорбції вологи на зневоднених вакуумованих зразках вказаних вуглеводів. За температури 25 °C на приладі Мак-Бена були зняті ізотерми адсорбції кристалічних зразків моно- та дисахаридів.

Величина адсорбції лактози (рис. 4) на відміну від інших сахаридів змінюється на два порядки менше, що можна пояснити малою стійкістю її гідратів.

Величина адсорбції інших сахаридів змінюється в практично однакових межах, і ізотерми адсорбції є подібними. Лише ізотерма адсорбції фруктози

дещо відрізняється. У разі значення відносного тиску пари P/P_s , вище 0,5, величина її адсорбції різко збільшується, а у межах значень відносного тиску 0,8...0,9 вона стає рівною величинам адсорбції сахарози та глюкози. Подібна відмінність пояснюється значно більшою стабільністю гідратів фруктози порівняно з глюкозою та сахарозою.

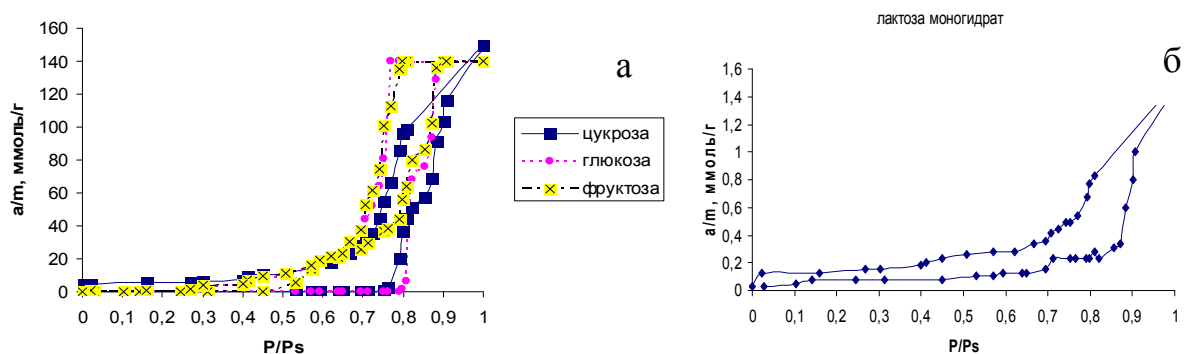


Рис. 4. Ізотерми адсорбції сахарози, глюкози, фруктози (а) і лактози моногідрату (б).

У підрозділі 3.10 приведені дослідження гідратів сахарози методами комп'ютерної хімії — методом молекулярної динаміки показано зміну конформації і енергетичних характеристик молекул сахарози в залежності від кількості молекул води, які входять у гідратну структуру. Встановлено, що у водному розчині сахарози порівняно з кристалічною утворюються нові внутрішньомолекулярні водневі зв'язки і підтверджено існування груп надмолекулярних структур. Знайдені значення кінетичної і потенціальної енергії, які можуть слугувати для опису енергетичної картини відповідних гідратів.

У четвертому розділі "Дослідження впливу моно- і дисахаридів на процес структуроутворення й черствіння пряників" наведено дані щодо впливу глюкози, фруктози та сахарози на процеси тістоутворення у сирцевих пряниках і їх черствіння.

Дослідження тістоутворення сирцевих пряників з використанням сахарози вказують на те, що в її присутності кристалічна структура крохмалю руйнується менш помітно, ніж у присутності глюкози чи фруктози. Цей висновок можна зробити при порівнянні дифрактограм зразків тіста без простих вуглеводів та тіста на сахарозі.

Моно- та дисахариди сприяють руйнуванню кристалічної структури крохмалю під час замішування тіста. Молекули фруктози та глюкози зв'язуються з молекулами крохмалю, вивільнюючи певну кількість води, яка може взаємодіяти як з глютеніном та гліадином з утворенням клейковини, так і з крохмалем. Можливий і зворотній процес, за якого молекули моносахаридів асоціюються з білками глютеніном та гліадином, що сприяє утворенню клейковини, а вивільнена внаслідок цього вода взаємодіє з крохмалем, завдяки

чому руйнується його кристалічна структура. В обох випадках сахариди відіграють роль пластифікатора.

Проведені на модельних системах дослідження з вивчення впливу глюкози, фруктози та сахарози на процеси черствіння сирцевих пряників показали, що в присутності глюкози та фруктози крохмаль руйнується швидше, ніж у присутності сахарози (рис. 5).

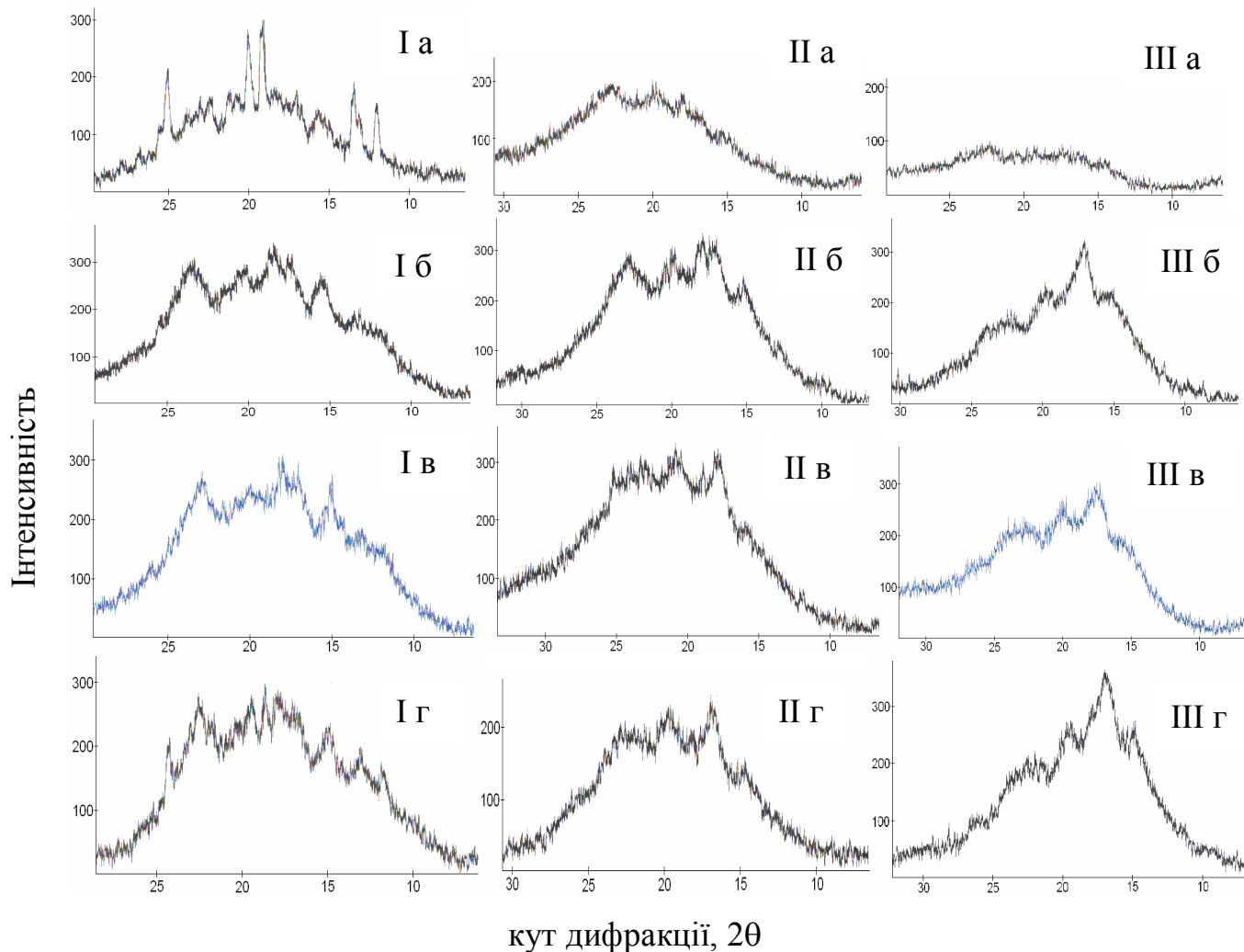
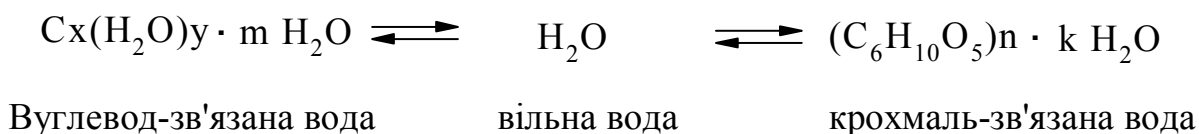


Рис. 5. Дифрактограми м'якушок пряників на цукрі (І), глюкозі (ІІ) та фруктозі (ІІІ) одразу після випікання (а), через 7 (б), 10 (в) та 15 днів (г) зберігання.

Водночас ретроградація крохмалю в пряниках у присутності глюкози та сахарози відбувається практично з однаковою швидкістю, а в присутності фруктози цей процес пригнічується. Було помічено, що процес ретроградації крохмалю досягає певного максимуму, після чого він проходить у зворотньому напрямку, тобто кристалічна фаза крохмалю руйнується. У пряниках з сахарозою цей процес супроводжується кристалізацією її молекул. У пряниках, які були вироблені з однаковою вологістю тіста, всі розглянуті вище процеси відбуваються більш інтенсивно. Можна зробити висновок, що під час зберігання БКВ вільна вода з аморфної матриці мігрує до кристалічних областей крохмалю, де переходить у зв'язану форму. Тобто, чим швидше вільна

вода у пряниках зв'язується крохмалем, тим швидше вони черствітимуть. Саме тому у відсутності сахаридів, які зв'язують воду, БКВ черствіють дуже швидко.

Загалом рівноважні процеси, які відбуваються під час зберігання пряників, можна описати за допомогою наступної схеми:



Втрата вільної вологи внаслідок ретроградації крохмалю може бути компенсована лише втратою води вуглеводом (сахарозою, глюкозою, фруктозою). Отже, чим стабільніший гідрат утворює сахарид, тим повільніше черствітиме пряник, до складу рецептури якого входить цей сахарид. У виробі з глюкозою, яка серед всіх досліджених сахаридів зв'язує найменшу кількість води і утворює найменш стабільні гідрати, міститься більша кількість вільної води. Тому крохмаль у цих виробках ретроградуватиме найшвидше. Досягши певного максимуму, цей процес припиняється, оскільки втрата води молекулами глюкози супроводжуватиметься їхньою асоціацією між собою і асоціацією з крохмалем. Це в свою чергу призводитиме до кристалізації глюкози і руйнуванню кристалічних областей крохмалю. У пряниках з фруктозою процес ретроградації крохмалю, як і зворотній процес, відбувається повільніше, ніж у виробках з іншими сахаридами, тому що фруктоза утворює найбільш стабільні гідрати і має найменшу здатність до самоасоціації. Сахароза за стабільністю своїх гідратів і здатністю до самоасоціації займає проміжне положення між глюкозою та фруктозою.

У **п'ятому** розділі “Технологія низькоглікемічних сирцевих пряників” приведені дані щодо нових типів цукрозамінників і запропонована удосконалена технологія сирцевих пряників спеціального призначення на їх основі, яка пройшла апробацію в промислових умовах.

Згідно сучасним рекомендаціям дієтологів не можна зовсім виключати сахарозу з раціону харчування, вживання її потрібно просто обмежувати. Нами розроблені нові композиції цукрозамінників, в яких частина сахарози замінена на фруктозу, лактозу, сорбіт і інулін (табл. 3) у такому співвідношенні компонентів, яке дозволяє зменшити адгезію тіста, подовжити термін зберігання та знизити ГІ готових виробів. Серед досліджених вуглеводів фруктоза утворює найбільш стійкі гідрати, має найменшу здатність до самоасоціації і в концентрованих розчинах взаємодіє з вільними радикалами. В кондитерських виробках фруктоза затримує кристалізацію цукру, черствіння хлібобулочних виробів, зацукрювання цукерок. Вживання їжі, що містить лактозу, приводить до підвищення відносного вмісту молочнокислих мікроорганізмів у кишечнику, що гальмує розвиток гнилісних бактерій. Сорбіт здатний утримувати воду, завдяки чому застосовується в кондитерському виробництві для збереження свіжості продуктів. У хворих на цукровий діабет він добре засвоюється, не потребує для цього інсуліну. Інулін має ГІ, рівний нулю, він інгібує розпад простих вуглеводів у тонкому кишечнику, здатний до

гелеутворювання, що повинно пригнічувати процес черствіння готових виробів. Крім того, харчові волокна викликають відчуття насичення.

Таблиця 3.

Склад сумішей цукрозамінників

Компонент	Вміст у суміші 1, %	Вміст у суміші 2, %
Лактоза моногідрат	11,2	8,7
Сахароза	57,4	51,7
Фруктоза	11,4	18,1
Сорбіт	6,9	6,9
Олігофруктоза Beneo Raftilose P 95	13,1	14,6

Суміш структуроутворювачів підбирали таким чином, щоб за солодкістю, масою і об'ємом вона практично не відрізнялась від сахарози, яка необхідна за існуючою технологією виробництва пряників. Присутність лактози, сорбіту та олігофруктози сприяє зменшенню адгезії тіста.

Важливим завданням апаратурного оформлення процесу є визначення величин сили та міцності адгезії. Ці дані можуть слугувати непрямым методом, за допомогою якого характеризують ефективність технологічного процесу, якість сировини та напівфабрикатів, тривалість та інтенсивність перемішування, температуру замішування тіста, час його відлежування перед формуванням, температуру і тривалість термічної обробки.

Використання розробленого методу дослідження адгезії, який базується на принципі фізичного маятника, дозволило визначити силу та міцність адгезії тіста пряників, а також його адгезійну міцність у тонкій плівці. Тісто, виготовлене з використанням розроблених цукрозамінників, характеризується меншою взаємодією з поверхнею матеріалу, ніж тісто, виготовлене згідно із стандартною рецептурою. Це дозволить зменшити витрати сировини, оптимізувати такі технологічні параметри, як вологість тіста і тривалість його відлежування після замішування. Дослідження адгезії у тонкій плівці дають змогу охарактеризувати міцність структури досліджуваних систем, яка змінюється із часом, що було використано для визначення терміну зберігання сирцевих пряників.

Під час проведення експерименту виявилось, що в контрольній тістовій масі вологістю 23 % протягом 5 хв його відлежування спостерігався переважно когезійний відрив, а за більш тривалого відлежування – адгезійний. Тістові маси, що були отримані з використанням цукрозамінників – суміш 1 (вологість 24 %) та суміш 2 (вологість 24 %), характеризувались виключно адгезійним типом відриву пластинки від матеріалу.

В табл. 4 приведені дані щодо сили й міцності адгезії тістових мас. Суміші 1 та 2 характеризуються меншими значеннями сили й міцності адгезії, тобто використання цукрозамінників призводить до зменшення часу, необхідного для відлежування тіста (рис. 6)

Таблиця 4.

Значення міцності адгезії H (Н/м^2) тістових мас залежно від часу відлежування тіста t , ($V=7,2$ м/с)

t, хв	Тісто 1	Тісто 2	Контроль 1	Контроль 2
	H	H	H	H
1	3920	4010	4165	4320
3	3490	3580	3750	4250
5	3100	3190	3380	4190
7	2760	2845	3040	4120
9	2460	2535	2740	4060
12	2060	2135	2340	3960
15	1730	1800	2000	3870

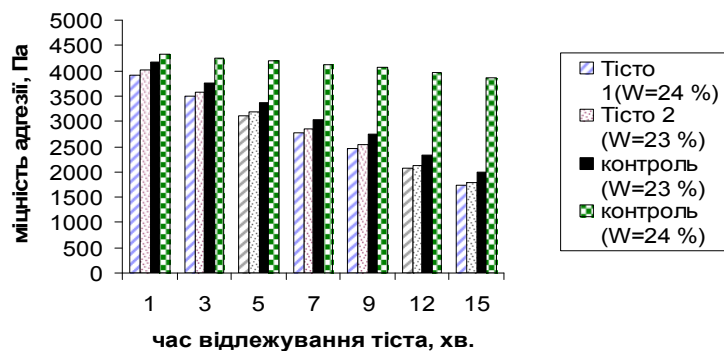


Рис. 6. Залежність міцності адгезії від часу відлежування пряникових тістових мас за швидкості відриву пластинки 7,2 м/с.

Вивчення адгезійних властивостей тістових мас дозволяє визначити оптимальне значення масової частки вологи тіста та час його відлежування перед формуванням. Дослідження адгезії в тонкій плівці (табл. 5, рис. 7) дають можливість знайти адгезійну міцність вказаних тістових мас і оптимальну технологічні параметри процесу.

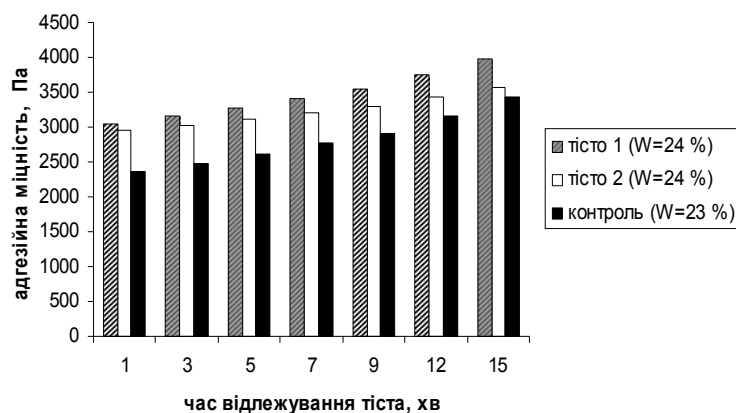


Рис. 7. Залежність адгезійної міцності від часу відлежування тіста для різних тістових мас.

Таблиця 5.

Значення адгезійної міцності H (Н/м²) у тонкій плівці для тістових мас залежно від швидкості відриву пластинки V (м/с)

t, хв	Адгезійна міцність					
	V = 7,2		V = 6,4		V = 5,9	
	Тісто 1	Тісто 2	Тісто 1	Тісто 2	Тісто 1	Тісто 2
1	3040	2945	3440	3500	4565	4400
3	3155	3025	3525	3550	4610	4440
5	3280	3110	3610	3605	4650	4480
7	3400	3200	3700	3660	4695	4525
9	3540	3285	3790	3710	4740	4570
12	3750	3420	3925	3800	4800	4635
15	3970	3570	4070	3890	4875	4700

Таким чином, використання розроблених цукрозамінників сприяє отриманню тіста із збільшеною адгезійною міцністю, більш міцною структурою, що дозволяє оптимізувати загальний технологічний процес виробництва пряників.

Запропонована суміш вуглеводів використана в якості цукрозамінника у рецептурі сирцевих пряників “Почайненські” та “Либідьські”.

Технологічна схема виробництва пряників типова – вона складається з наступних операцій: підготовка сировини, заміс тіста (тривалість замішування 5 хв., вологість тіста 24 %), формування, випікання (температура печі 180 °С, тривалість 5 хв.), охолодження, упакування. Особливістю технологічної схеми є введення додаткової операції – розчинення лактози. Застосування цукрозамінників поліпшує органолептичні показники готових виробів – смак, аромат та колір отримали найвищу оцінку. Термін зберігання готових пряників порівняно із пряниками, виготовленими за стандартною рецептурою, збільшується на 20...25 діб.

Згідно з загально прийнятою методикою у відділі клінічної фармакології та фармакотерапії ендокринних захворювань Інституту ендокринології і обміну речовин АМН України було проведено глюкозотолерантне тестування сирцевих пряників “Почайненський” та “Либідьський”, що були виготовлені на основі розроблених композицій цукрозамінників.

Результати тестування показали (рис. 8), що споживання цих пряників не супроводжується таким різким підйомом рівня глюкози в крові, як після споживання глюкози та пряника “Фигурный”, який виготовляється за стандартною рецептурою.

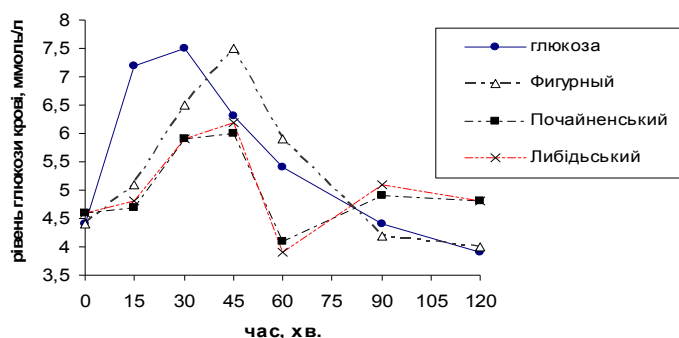


Рис. 8. Залежність рівня глюкози крові від часу після вживання глюкози та пряників.

Проведені дослідження дозволили визначити ГІ сирцевих пряників “Почайненські” та “Либідські”, які складають 37 та 43 відповідно, а пряника “Фигурный” 88. Ці дані свідчать про перспективність застосування розроблених цукрозамінників і пряників на їх основі в дієтотерапії хворих з порушенням ендокринної системи. Соціальний ефект від впровадження нових типів цукрозамінників і розробленої технології сирцевих пряників полягає у збереженні і поліпшенні здоров’я людей, розширенні асортименту виробів і напоїв оздоровчого призначення, які б знижували ризик захворювань, пов’язаних з порушенням обміну вуглеводів.

ВИСНОВКИ

Наведені у дисертації теоретичні узагальнення та практичне вирішення проблеми створення раціональних композицій цукрозамінників для одержання низькоглікемічних сирцевих пряників дозволяють зробити наступні висновки.

1. На основі теоретичних та експериментальних досліджень гідратаційної здатності моно- та дисахаридів розроблені нові композиції цукрозамінників для виробництва низькоглікемічних сирцевих пряників. Проведено в клінічних умовах їх глюкозотолерантне тестування, результати якого свідчать про перспективність застосування розроблених цукрозамінників і пряникових виробів з ними для дієтопрофілактичного харчування людей з порушеннями ендокринної системи. Проведено промислове випробування нових видів низькоглікемічних сирцевих пряників. Готові вироби мають подовжений термін зберігання і поліпшені фізико-хімічні та органолептичні показники.

2. Запропоновано універсальний метод визначення гідратних чисел простих вуглеводів у їх водних розчинах, який ґрунтується на використанні ЕПР спектроскопії і нітроксильного радикалу в якості спінової мітки. Вперше визначені гідратні числа сахарози, глюкози, лактози та фруктози у їх водних розчинах у широкому інтервалі значень концентрації й температури. Кількість молекул води, які входять до складу гідрату простого вуглеводу, збільшується в ряду глюкоза-фруктоза-сахароза.

3. Обраховані термодинамічні параметри (ентальпія та ентропія) утворення цих гідратів. Встановлено, що стабільність гідратів збільшується в ряду сахароза-глюкоза-фруктоза. Здатність сахарози, фруктози і глюкози до самоасоціації збільшується в ряду фруктоза-сахароза-глюкоза.

4. На основі квантово-хімічних розрахунків методом молекулярної динаміки у напівемпіричному наближенні РМЗ підтверджено існування груп надмолекулярних структур у водних розчинах сахарози. Описано просторову будову сахарози в її водних розчинах.

5. За допомогою методу РФА встановлено, що здатність моно- та дисахаридів руйнувати кристалічну структуру крохмалю при замішуванні тіста в БКВ збільшується в ряду сахароза-глюкоза-фруктоза. Показано, що процес ретроградації крохмалю в пряниках на глюкозі проходить більш інтенсивно, ніж в пряниках на сахарозі і фруктозі.

6. Вперше встановлено, що процес ретроградації крохмалю в БКВ досягає певного максимуму, після чого виявлений зворотній, що характеризується швидкою втратою вологи і є причиною черствіння БКВ.

7. Розроблені нові композиції цукрозамінників, в яких частина сахарози заміщена на суміш із фруктози, лактози, сорбіту і олігофруктози, використання яких в БКВ призводить до зниження ГІ з 88 для пряника “Фигурный” до 37 та 43 для пряників “Почайненські” і “Либідьські” відповідно.

8. Показана перспективність застосування метода фізичного маятника для оцінки адгезійних властивостей тіста пряників. Встановлено, що використання розроблених композицій цукрозамінників сприяє отриманню тіста з поліпшеними технологічними властивостями (зменшенням міцності адгезії та часу відлежування тіста перед формуванням).

9. Запропонована нова методика визначення терміну зберігання сирцевих пряників, яка базується на визначенні адгезійної міцності готових виробів у тонкій плівці з використанням фізичного маятника.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Метод спінового зонда і деякі проблеми технологій харчових продуктів / І.С. Гулий, А.І. Українець, Л.С. Дегтярьов, М.О. Полумбрик // Наук. праці УДУХТ.–2000.–№8. – С.34–35.

2. Полумбрик М.О., Дегтярьов Л.С., Українець А.І. / Дослідження енергетики утворення гідратних структур у розчинах цукрози // Наук. праці НУХТ.–2003.–№14. – С.44–45.

3. Полумбрик М.О., Дегтярьов Л.С., Українець А.І. / Гідратні структури і самоасоціати глюкози: дослідження методом парамагнітного спінового зонда // Наук. праці НУХТ.–2004.–№15. – С.91–93.

4. Дослідження гідратоутворення у водних розчинах фруктози. Використання фруктози в технологіях кондитерських виробів. / М.О. Полумбрик, А.І. Українець, Л.С. Дегтярьов, В.В. Дорохович // Наук. праці

НУХТ.–2005.–№16.–С.40–42.

5. Поліцукридні добавки та цукрозамінники уповільнюють черствіння пряників / А. Українець, А. Дорохович, В. Фоменко, М. Полумбрик // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України.–2007.–№2. – С.18–19.

6. Черствіння модельних пряників / А. Українець, А. Дорохович, В. Фоменко, М. Полумбрик // Харчова і переробна промисловість. –2007.–№3 (331).–С.20-23.

7. Як відбувається ретроградація крохмалю в пряниках залежно від умов їх зберігання / А. Українець, А. Дорохович, М. Полумбрик, В. Піддубний // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України.–2007.–№7-8 (32-33).–С.10–11.

8. Полумбрик М.О. / Дослідження будови надмолекулярних структур сахарози з водою методом молекулярної механіки// Харчова промисловість.–2004.– додаток до №3. – С.103-104.

9. Пат. № 48782 А, Україна, ⁷МПК G 01 N 24/10. Спосіб визначення вільної і зв'язаної води сахаридів у водних розчинах / А.І. Українець, М.О. Полумбрик, Л.С. Дегтярьов – 2001128437; Заявл. 07.12.2001; Опубл. 15.08.02. Бюл. №8. – С. 4.

10. Полумбрик М.О., Українець А.І., Дегтярьов Л.С. / Вивчення ефектів гідратації сахарози методами комп'ютерної хімії і парамагнітного спінового зонда // Тези 67-ї наукової конференції студентів, аспірантів і молодих вчених.–К.: НУХТ.–2001–Ч.ІІ.–С.11.

11. Полумбрик М.О., Дегтярьов Л.С., Українець А.І. / Дослідження конформаційних станів водних розчинів сахарози методом молекулярної динаміки// Міжнародна наукова конференція молодих вчених, аспірантів і студентів. – К.: НУХТ, 2002, ч. ІІ, С. 5.

12. Полумбрик М.О., Українець А.І., Дегтярьов Л.С. / Дослідження гідратації глюкози і фруктози методом спінового зонда та ЕПР-спектроскопії // Тези 70-ї наукової конференції студентів, аспірантів і молодих вчених.–К.: НУХТ.–2004 – Ч.ІІ.–С.76.

13. Полумбрик М.О., Дегтярьов Л.С., Українець А.І. / Дослідження ефектів гідратації глюкози методом парамагнітного спінового зонда // V Всеукраїнська конференція студентів та аспірантів “Сучасні проблеми хімії”. –К.: КНУ ім. Т.Г. Шевченка.–2004. – С.116.

14. Полумбрик М.О., Дорохович В.В. / Дослідження методом ЕПР спектроскопії ефектів гідратації фруктози і лактози // VII Всеукраїнська конференція студентів та аспірантів “Сучасні проблеми хімії”. –К.: КНУ ім. Т.Г. Шевченка.–2006.–С. 200.

15. Полумбрик М.О., Дорохович В.В., Українець А.І. / Дослідження рухливості спінового зонда в звичайній і талій воді // Тези 72-ї наукової конференції студентів, аспірантів і молодих вчених. – К.: НУХТ.–2006–Ч.ІІ.–С.50.

16. Полумбрик М.О., Українець А.І., Дегтярьов Л.С. / Дослідження ефектів

гідратації фруктози методом парамагнітного спінового зонда// Тези 71-ї наукової конференції студентів, аспірантів і молодих вчених. –К.: НУХТ.–2005–Ч.ІІ.–С.75.

17. Полумбрик М.О., Ігнатченко Д.Ю. / Дослідження адгезійних властивостей пряничних тістових мас // Тези 73-ї наукової конференції молодих учених аспірантів і студентів.–К.: НУХТ.–2007–Ч.ІІ. – С.68.

Особистий внесок здобувача – приймав участь в обробці і узагальненні експериментальних досліджень та виробничих і клінічних випробувань, підготовці матеріалів до публікації (1-8), у проведенні патентного пошуку (9), у підготовці тез доповідей (10-17).

АНОТАЦІЯ

Полумбрик М.О. Дослідження та створення раціональних композицій цукрозамінників для виробництва сирцевих пряників з низьким глікемічним індексом: – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.01 – зберігання і технологія переробки зерна, виготовлення зернових і хлібопекарських виробів та комбікормів – Національний університет харчових технологій, Київ, 2008.

Робота присвячена дослідженню і створенню раціональних композицій цукрозамінників для виробництва сирцевих пряників з низьким глікемічним індексом для профілактики захворювань, пов'язаних з порушеннями ендокринної системи.

Запропоновано метод визначення гідратних чисел моно- та дисахаридів у водних розчинах, який ґрунтується на використанні ЕПР спектроскопії і нітроксильного радикала в якості спінової мітки.

Вперше встановлено, що процес ретроградації крохмалю в сирцевих пряниках досягає певного максимуму, після чого відбувається зворотній процес, який характеризується швидкою втратою вологи, і є причиною черствіння сирцевих пряників. Показана перспективність методу фізичного маятника для оцінювання адгезійних властивостей тіста.

Проведено промислово апробацію технології нових видів сирцевих пряників. Використання розроблених цукрозамінників сприяє одержанню тіста з поліпшеними технологічними властивостями і пряників з низьким глікемічним індексом.

Ключові слова: глікемічний індекс, прості вуглеводи, числа гідратації, ретроградація крохмалю, адгезія, тісто, сирцеві пряники.

АННОТАЦИЯ

Полумбрик М.О. Исследование и создание рациональных композиций сахарозаменителей для производства сырцовых пряников с низким гликемическим индексом: – Рукопись

Дисертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.18.01 – хранение и технология переработки зерна, изготовления зерновых и хлебопекарских продуктов и комбикормов – Национальный университет пищевых технологий, Киев, 2008.

Работа посвящена исследованию и созданию рациональных композиций сахарозаменителей для производства сырцовых пряников с низким гликемическим индексом с целью профилактики заболеваний, связанных с нарушениями эндокринной системы.

Предложен метод определения гидратных чисел моно- и дисахаридов в водных растворах, основанный на использовании ЭПР спектроскопии и нитроксильного радикала в качестве спиновой метки.

Впервые установлено, что процесс ретроградации крахмала в сырцовых пряниках достигает определённого максимума, после чего происходит обратный процесс, который характеризуется быстрой потерей влаги и является причиной их черствения. Показана перспективность метода физического маятника для оценки адгезионных свойств теста.

Проведена промышленная апробация технологии новых видов сырцовых пряников. Использование разработанных композиций сахарозаменителей способствует получению теста с улучшенными технологическими свойствами и пряников с низким значением гликемического индекса.

Ключевые слова: гликемический индекс, простые углеводы, числа гидратации, ретроградация крахмала, адгезия, тесто, сырцовые пряники.

ABSTRACT

Polumbryk M.O. Sweeteners compositions in the low glycemic index gingerbread: development and investigations:– Manuscript

The Ph.D. thesis for getting scientific degree candidate of science by the speciality 05.18.01 – storage and grain processing technology, cereal products, baked goods and mixed fodders manufacturing – National university of food technologies, Kyiv, 2008.

The aim of the present work is to develop and investigate rational sweeteners compositions, which were used for preparing gingerbreads with low glycemic index.

A new method of the hydration number determination of the mono- and disaccharides in aqueous solutions has been developed. The method based on the spin probe and ESR spectroscopy application. The thermodynamic parameters (ΔH° , ΔS° , ΔG°) of the hydrates formation are derived. The calculations of these quantities has been enabled by several assumes in a theory of sugars aqueous solutions and use rotational correlation times values of the spin probe.

The quantum chemical simulations were used to analyze sucrose aqueous solutions on the basis of molecular dynamic approach. The sucrose molecular structure was characterized by means intermolecular hydrogen bonds e.t.c. A significant difference between sucrose molecules structure in three groups is an indirect evidence of the existence of hydration groups in sucrose aqueous solution.

The X-ray diffraction assays indicate that the presence of sucrose result in the much decrease break of the starch crystalline structure than in presence of glucose and fructose. It has been found that the firming process in gingerbread confectionery involves two stages: starch retrogradation and the reverse process – starch degradation. The last process is the rate determination step of the total gingerbread staling process and characterized by the rapid water lost. The experimental data has shown that sucrose substitution to fructose in gingerbread recipe leads to significant decrease retrogradation and degradation rate. Thus, staling of the fructose gingerbread has lesser rate than sucrose and glucose gingerbread.

It has been shown that physical pendulum method was enabled to estimation of the pastry adhesion properties. A new approach to the estimation of the gingerbread confectionery shelf life has been developed. The method based on the adhesion investigations of the baked products in thin layer.

The sweetener compositions contain sorbitol, fructose, lactose, oligofructose (Beneo Raftilose P 95) and sucrose. The amount of fructose was restricted to less than 20 %, because of the well known concern for essential increased diabetes risk with high fructose intake. Oligofructose is a class of carbohydrates known as fructanes and has the properties of dietary fiber. Beneo Raftilose P95 has degree of polymerization from 4 to 6 and has been used as a sugar substitute. The amount of these fructanes in sweetener composition was restricted because of its high intake lead to a several negative effects such as constipation and flatulence.

The gingerbread pastry made from mentioned above sweetener compositions has the adhesion durability, which significantly small in comparison with durability of pastry made using common recipe. Therefore, the time which is necessary for pastry handling before mixing has reduced to the 7 minutes.

As It has been found the application of the sweetener compositions leads to significant decrease of the starch retrogradation and degradation rate. The X-ray diffraction data analyzes of the gingerbread samples has shown that relative intensity of the starch peaks on the diffractograms lesser than starch peaks on samples used by the standard recipe for all samples.

The clinical treatment of the gingerbread samples indicate that using of the sweeteners compositions lead to significant decrease of the gingerbread glycemic index. The GI values of the gingerbread “Pochainensky” and “Lybidsky”, which were manufactured on the basis of the sweetener composition are 37 and 43 respectively. These glycemic indexes are relatively small in comparison to the GI value of common gingerbread “Figurnyi” – 88. Thus, these gingerbreads can be used in metabolic disease prevention.

Keywords: glycemic index, carbohydrates, hydration number, starch retrogradation, adhesion, pastry, gingerbread