

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**МАТЯС ДАРІЯ СЕРГІЇВНА**



УДК 664.858 – 048.35

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МАРМЕЛАДУ ЖЕЛЕЙНО-  
ФРУКТОВОГО З ПОНИЖЕНИМ ЦУКРОВМІСТОМ**

05.18.01 – Технологія хлібопекарських продуктів, кондитерських виробів та харчових концентратів

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

**Київ – 2019**

**Дисертацією є рукопис.**

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

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент  
**Камбулова Юлія Вікторівна,**  
Національний університет харчових технологій,  
доцент кафедри технології хлібопекарських і  
кондитерських виробів.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор  
**Іоргачова Катерина Георгіївна,**  
Одеська національна академія харчових технологій,  
завідувач кафедри технології хліба, кондитерських,  
макаронних виробів і харчоконцентратів,  
  
кандидат технічних наук, доцент  
**Артамонова Майя Володимирівна,**  
Харківський державний університет харчування та  
торгівлі, доцент кафедри технології хліба,  
кондитерських, макаронних виробів і  
харчоконцентратів.

Захист відбудеться 17 квітня 2019 р. о 10<sup>30</sup> на засіданні спеціалізованої  
вченої ради Д 26.058.06 Національного університету харчових технологій за  
адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68, аудиторія А-310.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного університету  
харчових технологій за адресою: 01033, м. Київ, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розіслано 15 березня 2019 р.

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



І.М. Зінченко

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Одним із пріоритетних напрямів розвитку кондитерської галузі, що узгоджується з прийнятим Всесвітньою організацією охорони здоров'я «Глобальним планом дій з профілактики неінфекційних захворювань та боротьби з ними на 2013-2020 рр.», є створення виробів «без цукру» або зі зменшеною його часткою. Переважна більшість сучасних пропозицій такої продукції як вітчизняного, так і закордонного виробництва, передбачає використання поліатомних спиртів на заміну цукру і/або підсолоджувачів, які не тільки збільшують собівартість виробів, але й мають обмеження щодо норм щоденного споживання, особливо дітьми. Тому актуальним є пошук нових підходів до реалізації цілі зменшення цукровмісту з метою сприяння здоровому харчуванню людини.

Традиційний желейний мармелад, як цукристий кондитерський виріб, відрізняється високою цукроємністю, вмістом синтетичних барвників і ароматизаторів, що потребує корегування його хімічного складу. Найбільш доцільним, на нашу думку, є комплексний підхід удосконалення його якості шляхом раціоналізації вмісту цукру з позиції забезпечення лише солодкого смаку; регулювання консистенції мармеладу з пониженим вмістом цукру внесенням низькокалорійного об'ємного наповнювача і усунення з рецептур виробів штучних смако-ароматичних речовин і барвників, підвищення харчової цінності мармеладу введенням асортименту плодово-ягідного пюре.

Перспективним вважаємо розширення асортименту мармеладу завдяки залученню цукрів – глюкози, фруктози, кількість яких традиційно обмежують в рецептурах внаслідок особливостей їх функціонально-технологічних властивостей, а також – розроблення мармеладу желейного з пониженим вмістом цукрів не тільки на традиційно використовуваних драглеутворювачах, – агарі та Н-пектині, але й полісахаридах, які мають незалежний від цукрів механізм драглеутворення, – к-каррагінані, L-пектині.

Питанням удосконалення технології та складу мармеладу присвячені роботи вітчизняних та зарубіжних вчених: Дорохович А.М., Іоргачової К.Г., Перцевого Ф.В., Шаніної О.М., Артамонової М.В., Магамедова Г.А., Румянцевої В.В., Силагадзе М.А., С. Montero, E. Segundo, Biserka L. Vujičić та інших. Проте комплексного порівняльного аналізу формування структури мармеладу желейного з пониженим вмістом сахарози, глюкози, фруктози не було проведено, що свідчить про актуальність теми досліджень і має науковий та практичний інтерес.

**Зв'язок з науковими програмами, планами, темами.** Дослідження проводились відповідно до напрямів науково-дослідної роботи НУХТ «Створення нових ресурсозберігаючих, екологічно чистих, безвідходних і маловідходних технологій харчових продуктів підвищеної біологічної цінності профілактично-лікувального, дієтичного та дитячого харчування з використанням нетрадиційної сировини на основі використання фізичних методів аналізу» і «Розроблення сучасних енерго- і ресурсощадних технологій та нанотехнологій для виробництва якісних і безпечних харчових продуктів» та держбюджетних тематик кафедри технології хлібопекарських і кондитерських виробів «Розробка прогресивних ресурсозберігаючих технологій виробництва кондитерських виробів із

використанням нових видів сировини з лікувальними, імуностимулюючими та радіозахисними якостями для всіх груп населення, в тому числі для хворих на цукровий діабет» (ДРН 0101U000723) і «Розробка інноваційних технологій кондитерських виробів спеціального, оздоровчого та дієтичного призначення» (ДРН 0117u003717).

**Мета і завдання досліджень.** Метою дисертаційної роботи є удосконалення технології мармеладу желейного на агарових полісахаридах і пектинах з пониженим цукровмістом шляхом раціонального використання цукрів (сахарози, глюкози, фруктози), внесення низькокалорійного, низькоглікемічного, функціонального об'ємного наповнювача, плодово-ягідного пюре.

Досягнення поставленої мети здійснювали на основі комплексу досліджень, які включали такі взаємопов'язані завдання:

1. Провести аналіз сучасних досліджень щодо стану виробництва мармеладу желейного з пониженим цукровмістом; особливостей формування драглеподібної структури мармеладу на агарових полісахаридах і пектинах; визначення наукових підходів до створення низькокалорійного мармеладу желейного із застосуванням різних видів цукрів, функціональних інгредієнтів та біологічно-активних речовин;

2. Обґрунтувати можливість застосування глюкози і фруктози для мармеладних мас; визначити відмінності формування структури драглів з моносахаридами порівняно із сахарозою; надати наукове пояснення отриманим відмінностям за допомогою оцінки стану зв'язаності води в драглеподібних системах;

3. Визначити можливість зменшення вмісту цукрів до кількості, що забезпечує звичну солодкість мармеладу. Обґрунтувати заходи, спрямовані на покращення фізико-хімічних, мікробіологічних показників якості мармеладу, його харчової цінності;

4. Науково обґрунтувати вибір антикристалізатора для отримання і збереження аморфної структури мармеладу з глюкозою;

5. Оптимізувати рецептурний склад мармеладу з пониженим вмістом сахарози, глюкози, фруктози за міцністю, як фактором оптимізації, враховуючи такі параметри: кількість цукру, кількість кислоти, кількість плодово-ягідного пюре;

6. Дослідити особливості реологічних властивостей мармеладних мас, час драглеутворення, структурно-механічні показники мармеладу з пониженим цукровмістом, його адгезійну здатність з метою удосконалення технологічної схеми виробництва;

7. Визначити органолептичні, фізико-хімічні, мікробіологічні показники розробленого асортименту мармеладу відповідно до діючої нормативної документації; встановити зміни показників під час зберігання. Розрахувати харчову, енергетичну цінність та показник глікемічності мармеладу;

8. Провести комплекс робіт з розробки нормативної документації та впровадження удосконаленої технології на підприємствах кондитерської галузі; визначити економічну ефективність виробництва мармеладу желейного з пониженим цукровмістом.

*Об'єкт досліджень* – технологія мармеладу желейного.

*Предмет досліджень* – модельні драглеподібні системи на агарі, к-каррагінані, Н-пектині, L-пектині з сахарозою, глюкозою, фруктозою; колоїдні розчини полісахаридів з цукрами; мармелад з пониженим вмістом цукрів.

*Методи досліджень* – стандартні загальноприйняті, спеціальні фізичні, фізико-хімічні, мікробіологічні, які виконувались з використанням сучасних приладів та комп'ютерних технологій; методи математичного моделювання, оптимізації й статистичного оброблення експериментальних даних.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Науково обґрунтовано удосконалення технології мармеладу желейного на агарових полісахаридах і пектинах з пониженим цукровмістом шляхом раціонального використання сахарози, глюкози, фруктози, полідекстрози і плодово-ягідного пюре.

***Вперше:***

– визначено особливості драглеутворення агару, к-каррагінану, Н- і L-пектину з глюкозою, фруктозою та *встановлено*, що драглі з моносахаридами незалежно від виду структуроутворювача мають більший час структуроутворення за драглі із сахарозою, характеризуються нижчими температурами застигання й плавлення;

– *встановлено*, що в драглях з глюкозою і з фруктозою вода знаходиться в більш активному стані у порівнянні з драглями із сахарозою, оскільки вода в драглях з моносахаридами за даними ЯМР аналізу характеризується більшими значеннями амплітуди сигналу спінового відгуку і довшим часом спин-спінової релаксації. Це пояснює подовжений час структурування, нижчі температури застигання й плавлення драглів;

– *визначено* ефективність застосування мальтозної патоки в рецептурі мармеладу з глюкозою у співвідношенні цукор : патока – 1 : 0,8...0,9 для запобігання кристалізації глюкози і зацукрюванню виробів при зберіганні, що пояснюється мінімальною серед антикристалізаторів кількістю глюкози у складі редукуючих речовин мальтозної патоки.

***Знайшли подальший розвиток:***

– закономірності структурування мармеладу з пониженим вмістом цукрів, полідекстрозою і плодово-ягідними пюре, які полягають у подовженні часу його вистоювання, зменшенні міцності та збільшенні адгезійного контакту порівняно з традиційними виробами та пояснюються збільшенням сумарного ступеня зв'язаності води рецептурними компонентами, що сповільнює утворення драглеподібної сітки полісахаридом. Виключенням є драглі Н-пектину для якого отримані обернені закономірності, оскільки в цукрово-кислотному механізмі дегідратуюча здатність полідекстрози інтенсифікує процес драглеутворення;

– закономірності формування органолептичних показників мармеладу без додавання штучних ароматизаторів і барвників шляхом внесення плодово-ягідних пюре і *встановлено*, що додавання пюре в кількості 16-23 % забезпечує виражений смак, запах і колір готової продукції;

– закономірності зміни показників якості мармеладу з пониженим цукровмістом у процесі зберігання і *встановлено*, що за  $\varphi = 75\%$ ,  $t = 18 \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$  в усіх зразках спостерігається десорбція води зі зменшенням масової частки вологи (для мармеладу з сахарозою – на 16,2 – 25,8 %, з глюкозою – на 10,8 – 15,8 %, з

фруктозою – на 7,5 – 13,5 %); підвищення вмісту редуруючих цукрів (для мармеладу з сахарозою – на 18 %, з глюкозою – на 2,9 %, з фруктозою – на 3,7 %).

**Практичне значення одержаних результатів.** Розроблено та затверджено рецептури і технологічні інструкції на нові види мармеладу желейного з пониженим цукровмістом: «Терновий», «Кизилловий», «Обліпиховий», «Лісова слива», «Кизилова насолода», «Обліпиховий вогник», «Червоносмородиновий», «Сонячний», «Чорносмородиновий», «Полуничний», «Ожиновий», «Малиновий».

Удосконалені технології мармеладу з пониженим цукровмістом пройшли виробничі випробування в умовах кондитерського цеху та впроваджені на ТОВ «Солодка мрія – Вінниця» (м. Вінниця).

**Особистий внесок здобувача.** Автором проведено експериментальні дослідження, одержано наукові результати щодо оптимізації рецептурного складу мармеладу желейного з пониженим цукровмістом на різних полісахаридах з різними видами цукрів, проведено апробацію інноваційних технологій у виробничих умовах.

Аналіз і узагальнення результатів досліджень, формулювання висновків, підготовка матеріалів до публікації проведені спільно з науковим керівником к.т.н., доц. Камбуловою Ю.В.

**Апробація результатів роботи.** Основні положення дисертаційної роботи доповідались на 80-83 Міжнародних наукових конференціях молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті» (НУХТ, м. Київ, 2015 – 2017рр.), Міжнародній науково-практичній конференції «Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі» (НУХТ, м. Київ, 2015р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Технології харчових продуктів і комбікормів» ОНАХТ (Одеса, Україна, 2017). Зразки мармеладу желейного з пониженим цукровмістом «Обліпиховий», «Чорносмородиновий», «Лісова слива» були представлені на дегустаційному конкурсі кондитерських виробів «Солодкий тріумф – 2018» у рамках спеціалізованої виставки SWEETS&BAKERY Ukraine 2018.

**Публікації.** За результатами досліджень опубліковано 12 друкованих праць: 5 статей у наукових фахових виданнях України з технічних наук (із них 4 – у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз), 3 патента України на корисну модель, 4 тез і матеріалів конференцій.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Матеріали дисертації викладено на 140 сторінках друкованого тексту, містять 33 рисунків і 25 таблиць. Список використаних джерел включає 232 найменування.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, визначено мету та завдання досліджень, визначено предмет і об'єкт досліджень, розкрито наукову новизну, практичне значення одержаних результатів, викладено відомості стосовно особистого внеску здобувача та апробації результатів, структури та обсягу роботи.

У першому розділі «Актуальність і теоретичні передумови удосконалення технології мармеладу желейного з пониженим цукровмістом» проведено огляд науково-технічних джерел за темою дисертації: проаналізовано стан виробництва мармеладу желейного в Україні та за кордоном; визначено вплив цукрів на механізми драглеутворення пектинів і агарових полісахаридів; проаналізовано шляхи використання низькокалорійних об'ємних наповнювачів та їх вплив на технологічний процес і якість готових виробів; здійснено аналіз технології мармеладу з використанням плодово-ягідної сировини як джерела натуральних смако-ароматичних речовин.

У другому розділі «Характеристика об'єктів і методів досліджень» розроблено схему проведення досліджень (рис.1) і підібрано методи оцінювання якості сировини, напівфабрикатів і готової продукції.



**Рисунок 1 – Блок-схема проведення досліджень**

Для виготовлення мармеладу желейного з пониженим цукровмістом використано сировину, що відповідає діючим нормативним документам: цукор білий кристалічний (ДСТУ 4623:2006), глюкозу моногідрат кристалічну (ДСТУ 4464:2005), фруктозу моногідрат кристалічну (ТУ У 15.8-34720724-001:2009), агар-1200 харчовий (ГОСТ 16280-2002); к-каррагінан очищений, Н-пектин яблучний середньої садки, L-пектин яблучний (ДСТУ 6088:2009), патоку (сироп глюкозний) ИГ-42, ИГ-60 (ТУ У 15.6 – 32616426 – 007:2005), патоку мальтозну ИМ-55 (ТУ У 15.6 – 32616426 – 008:2005), патоку суху ИГ-42 (ТУ У 10.6 – 32616426 – 010:2015) полідекстрозу (ГОСТ 33782—2016), кислоту молочну харчову (ДСТУ 4621:2006), кислоту лимонну харчову (ГОСТ 908–2006), есенцію ароматичну харчову (ДСТУ 4716:2007), хлорид калію (ГОСТ Р 55973-2014), воду питну (ДСТУ 7525:2014), лактат натрію, жирно-воскову суміш, асептичне плодово-ягідне пюре (терну, кизилю, обліпихи, червоної та чорної смородини, полуниці, малини, ожини та гарбуза) (ТУУ 15.3 – 30419332.001-2001).

Фізико-хімічні, органолептичні та мікробіологічні показники якості сировини, напівфабрикатів і готових виробів визначали загальноприйнятими методами; *реологічні властивості* колоїдних розчинів полісахаридів з цукрами та мармеладних мас – на ротажному віскозиметрі Реотест-2; *температурою драглеутворення* драглів визначено температуру, за якої здійснюється повне видиме застигання драглів; *температурою їх плавлення* – температуру, за якої починається плавлення драглю; *час драглеутворення* – як час, необхідний для формування драглю з постійними пружними характеристиками; *структурно-механічні показники* модельних драглеподібних систем – методом тангенціального зсуву пластинки (Вейлера-Рєбіндера); *активність води* – за допомогою імпульсного методу ядерно-магнітного резонансу (ЯМР); *міцність, адгезійні властивості* мармеладу – на структурометрі СТ-1; *структурно-механічні показники* мармеладу – за допомогою пенетрометра АП-4/1; *показник глікемічності* розраховували за методикою Дорохович А.М., з урахуванням глікемічного індексу поіменної кількості вуглеводів у 100 г харчового продукту; *економічну ефективність* – за чинними в галузі методиками розрахунку.

Обробка результатів досліджень проведена за допомогою програмного забезпечення: MS Office, MathCAD, OriginPro, AutoCAD. Для оптимізації рецептурного складу використовували метод математичного планування багатofакторного експерименту, опрацювання результатів – із застосуванням методу «крутого сходження» Бокса-Уїлсона.

У третьому розділі «Вивчення впливу цукрів на процес драглеутворення полісахаридів» наведені результати комплексного аналізу драглеутворення агару, к-каррагінану, Н- та L-пектину з глюкозою і фруктозою, введених на заміну ЦБК; встановлений взаємозв'язок між структурно-механічними характеристиками драглів, параметрами драглеутворення і станом води в системі. У дослідженнях використали модельні драглеподібні системи (МС), в яких забезпечили оптимальні умови формування драглів конкретним структуроутворювачем, а саме:

МС № 1: агар, цукор (ЦБК, глюкоза, фруктоза) у співвідношенні 1 : 60;

МС № 2: к-каррагінан, хлорид калію, цукор (ЦБК, глюкоза, фруктоза) у співвідношенні 0,6 : 0,06 : 60;



МС № 3: Н-пектин, кислота, цукор (ЦБК, глюкоза, фруктоза) у співвідношенні 1,2 : 1: 60;

МС № 4: L-пектин, цитрат кальцію, цукор (ЦБК, глюкоза, фруктоза) у співвідношенні 2 : 0,2 : 50.

Модельні зразки готували за наступною схемою: приготування рецептурної суміші (змішували сухі компоненти, додавали воду в кількості 50 г, агар попередньо замочували у воді в співвідношенні 1:60), уварювання маси до 100 г, розливання у форми, охолодження, структурування 24 год за  $t=18\pm 2^{\circ}\text{C}$ . Цукри (сахарозу, глюкозу, фруктозу) вводили в кількості, еквівалентній за сухими речовинами. Процес драглеутворення оцінювали за показниками ефективної в'язкості розчинів модельних систем і характером руйнування їх внутрішньомолекулярної структури, часом і температурами утворення драглів, їх структурно-механічними показниками.

Дослідження реологічних характеристик дослідних колоїдних розчинів показало, що всі системи характеризуються руйнуванням структури при збільшенні навантаження і процесом тиксотропії. Встановлено, що ефективна в'язкість практично незруйнованої і зруйнованої систем з моносахаридами менша за показники розчинів з сахарозою. Наприклад, для драглеподібних систем на агарі ефективна в'язкість практично незруйнованої системи з сахарозою складає 14,6 Па·с, з глюкозою – 9,4 Па·с, з фруктозою – 3,3 Па·с. Ідентичні залежності спостерігаються для інших полісахаридів. Це свідчить про вищу швидкість формування внутрішньомолекулярної структури драглів з сахарозою порівняно з драглями з глюкозою і фруктозою.

Встановлено, що модельні драглеподібні системи з моносахаридами скоріше досягають рівноважної в'язкості, тобто меншою мірою витримують обертовий вплив з постійною напругою зсуву до досягнення сталих показників. Це характеризує внутрішньомолекулярні зв'язки модельних систем з глюкозою і фруктозою як менш структуровані й міцні у порівнянні з системами з сахарозою.

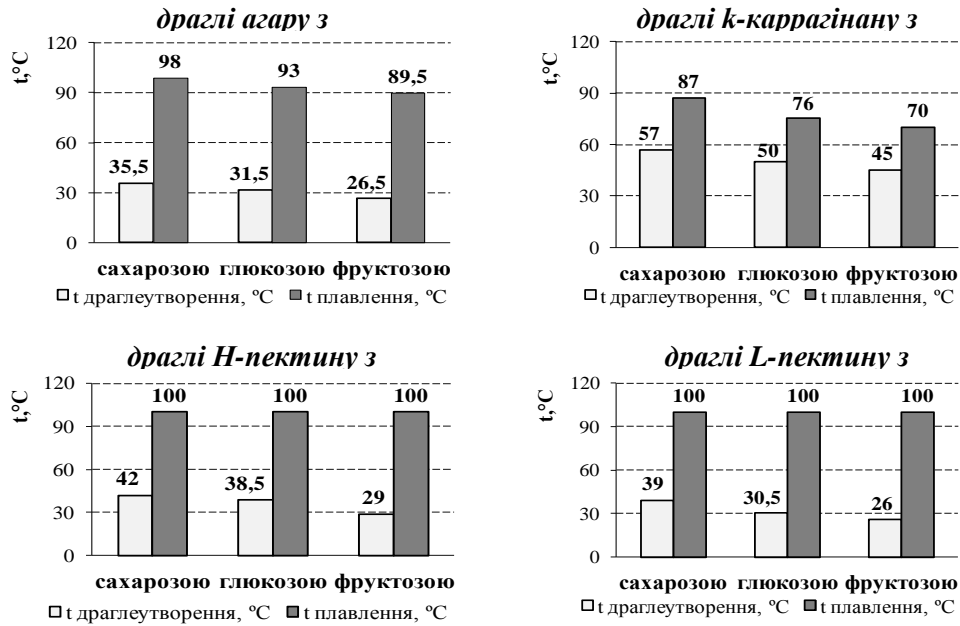
Реологічні характеристики модельних драглеподібних систем узгоджуються з результатами визначення часу їх структурування, табл.1.

**Таблиця 1 – Час драглеутворення полісахаридів з різними цукрами**

Вид структуруючої цукру	Час драглеутворення, хв			
	агар	к-каррагінан	Н-пектин	L-пектин
сахароза	127	38	137	150
глюкоза	140	59	151	213
фруктоза	229	93	182	246

Наведені табличні дані підтверджують, що структурування драглів з сахарозою відбувається швидше на 10...55 % у порівнянні з глюкозою і на 33...145 % – з фруктозою. Отримані результати передбачають, що в системах з моносахаридами вода знаходиться в більш активному стані, тому і формування структурного каркасу драглю потребує більшого часу.

Застосування глюкози і фруктози в драглеподібних системах змінює температурний інтервал драглеутворення полісахаридів, рис.2.



**Рисунок 2 – Температури драглеутворення і плавлення модельних систем полісахаридів з різними цукрами**

Встановлено, що температури драглеутворення і плавлення драглів з сахарозою вищі порівняно з драглями з глюкозою і фруктозою, тому їх можна характеризувати як більш стабільні. Так, температура драглеутворення модельних систем із сахарозою перевищує температуру драглеутворення модельних систем із глюкозою на 8,4...23 %, із фруктозою – на 22...34 %, а плавлення систем з сахарозою відбувається за вищих температур у порівнянні з драглями із глюкозою – на 5,5...13 % і на 9,1...19,8 % – з фруктозою.

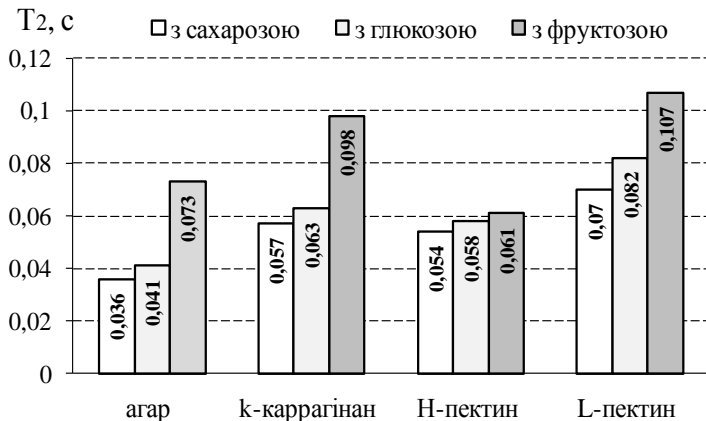
Сформовані драглі розрізняються за структурно-механічними показниками. На приладі Вейлера-Ребіндера установлений характер їх текстури за значеннями модулів миттєвої пружності й еластичності за  $P = 0$ . З'ясовано, що драглі на агарових полісахаридах (на агарі й k-каррагінані) характеризуються в цілому більшою еластичністю, ніж пружністю, а драглі на пектинах загалом відрізняються досить низькими значеннями модулів як миттєвої пружності, так і еластичності, що пов'язано з преволюванням у їх структурних властивостях пластичних характеристик. Встановлено, що для всіх драглів модуль миттєвої пружності найбільший для зразків із сахарозою: на агарі і k-каррагінані модуль миттєвої пружності драглів з глюкозою менший на 8,8-23 %, з фруктозою – на 37-47 %; на пектинах – менший на 44-62 % з глюкозою і на 66-87 % – з фруктозою. Модуль еластичності для зразків на агарових полісахаридах з глюкозою збільшується порівняно з драглями з сахарозою на 39-158 %, а з фруктозою – на 117-376 %; для пектинових драглів, навпаки, модуль еластичності зменшується на 64-67 % для драглів з глюкозою і на 67-89 % – для драглів з фруктозою.

Під дією прикладного навантаження (для драглів на агарі  $P = 2449$  Па; на k-каррагінані –  $P = 783$  Па; на H-пектині –  $P = 783$  Па; на L-пектині –  $P = 391$  Па) визначили загальну деформацію драглів та співвідношення в ній часток пружної, еластичної й пластичної. Встановлено, що драглі з моносахаридами мають більший показник загальної деформації, ніж зразки з сахарозою. Виключенням є драглі агару, в яких сахароза, як дисахарид з більшою молекулярною масою і, відповідно, більшою сумарною кількістю водневих реакційних груп, значніше, ніж глюкоза і фруктоза перешкоджає взаємозв'язку агарових макромолекул. Гідрату-

ючи значну частину води, сахароза надає структурі агарового драглю пружність, але меншу міцність.

Всі модельні драглеподібні системи з моносахаридами мають сумарну частку еластичної й пластичної деформації більшу порівняно з модельними системами з сахарозою, що пов'язано з більшою активністю в них води.

Методом ЯМР отримано характеристику стану води в дослідних модельних системах драглів, рис.3. Встановлено, що молекули води в драглях з глюкозою і фруктозою мають більшу амплітуду спінового відгуку та більший час релаксації порівняно з драглями із сахарозою.

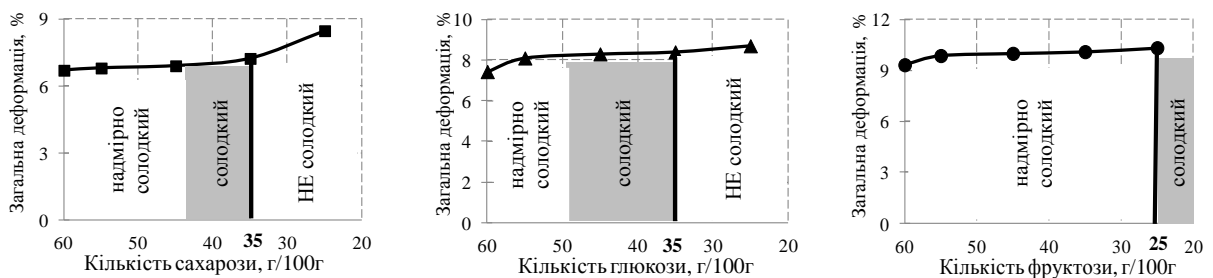


**Рисунок 3 – Час спин-спінової релаксації протонів водню в драглях полісахаридів з різними цукрами**

Це свідчить про меншу зв'язаність молекул води в драглях з моносахаридами і пояснює подовження часу їх структуроутворення порівняно з драглями із сахарозою, нижчі температури застигання й плавлення, більшу еластичність.

Таким чином результати доводять принципову можливість розроблення мармеладу желейного з повною заміною сахарози на глюкозу і фруктозу і виявляють

необхідність внесення корегувань у параметри технологічного процесу. З метою розроблення рецептур мармеладу з пониженим вмістом цукрів вивчили органолептичні показники і деформацію драглів мармеладу в процесі зменшення вмісту цукру. За основу взято рецептуру мармеладу желейного на агарі і пектині, кількість цукру в якому складає приблизно 60 г на 100 г продукту. Гранично допустимою межею зменшення цукрів визначено таку, за якої досягається виражений солодкий смак мармеладу. Результати наведені на рисунку 4.



**Рисунок 4 – Встановлення допустимих меж дозування цукрів в мармеладі на агарі**

Встановлено, що солодкий смак мармеладу при використанні будь-якого структуроутворювача забезпечується дозуванням сахарози і глюкози в кількості 35 г на 100 г продукту, а фруктози – 25 г на 100 г, тобто в рецептурах мармеладу з сахарозою і глюкозою можливим є зменшення вмісту цукру на 41,7 %, з фруктозою – на 58,3%.

Проте зменшення кількості цукрів збільшує загальну деформацію драглів і доводить, що їх структурно-механічні властивості суттєвим чином залежать від вмісту цукру. Тому удосконалення технології мармеладу з пониженим цукровмі-

стом потребує введення функціонально-технологічних об'ємних наповнювачів, які сприятимуть відновленню вмісту сухих речовин та корегуватимуть текстуру мармеладу. Таким вимогам відповідає низькокалорійна, низькоглікемічна полідекстроза. Забезпечення яскравого кольору і насиченого смаку мармеладу без використання штучних ароматизаторів і барвників можливо введенням плодово-ягідного пюре. Запропоновані заходи враховані в оптимізації рецептурного складу мармеладу з пониженим цукровмістом.

У четвертому розділі «Розроблення рецептурного складу мармеладу желейного з пониженим вмістом цукрів та обґрунтування параметрів технологічного процесу» наведені результати оптимізації рецептурного складу мармеладу желейного на агарі, k-каррагінані, Н- та L-пектині зі зменшеною кількістю сахарози, глюкози і фруктози, полідекстрозою і плодово-ягідними пюре. Визначені особливості реологічних властивостей мармеладних мас, параметри драглетування, адгезійні й структурно-механічні показники.

При визначенні рецептурного складу мармеладу з глюкозою досліджено ефективність застосування різних видів патоки для запобігання кристалізації цукру в процесі зберігання продукції.

<b>Вид патоки, співвідношення з цукром 0,9 : 1</b>		
<b>ІГ-42</b>	<b>ІГ-60</b>	<b>ІМ-55</b>
37 доба	40 доба	–



**Рисунок 5 – Вплив різних видів патоки на зацукрювання мармеладу з глюкозою протягом 90 діб зберігання**

Встановлено, рис. 5, що лише мальтозна патока забезпечує прозору структуру мармеладу протягом 90 діб зберігання (за ДСТУ 4333:2004 «Мармелад») за умов додавання її в співвідношенні до глюкози 0,8...0,9:1. Це пояснюється тим, що у складі редуруючих речовин мальтозної патоки найменша серед всіх досліджуваних видів патоки кількість глюкози – 17 %, і, відповідно, загальна кількість глюкози в складі цукристих речовин мармеладу є найменшою.

Оптимізація рецептурного складу кожного виду мармеладу дозволила отримати рівняння регресії, які описують залежність міцності драглю ( $Y$ ), кПа, від кількості цукру ( $X_1$ ), г, пюре ( $X_2$ ), г, кислоти ( $X_3$ ), см<sup>3</sup>, і підібрати співвідношення рецептурних компонентів, що забезпечують його міцність, наближену до традиційних виробів, табл. 2. Для мармеладу з глюкозою передбачено внесення патоки мальтозної, а в мармеладних масах з сахарозою і фруктозою патоку карамельну замінили на суху, що дозволить спростити процес її підготовки і транспортування. Також рН сухої патоки близьке до нейтрального (рН = 7) і дозволяє використовувати її для мас на агарі у складі рецептурної суміші при уварюванні без негативного впливу на його драглетвірну здатність. В цілому технологічний процес виробництва мармеладу не відрізнявся від традиційного, за виключенням введення пюре не на етапі приготування мармеладних мас, а на етапі їх темперування з метою збереження насиченого кольору, аромату, смаку виробів та БАР (біологічно-активних речовин). Полідекстрозу вносили в кількості, рівній кількості цукрів за сухими речовинами, вилученій з рецептури.

**Таблиця 2 – Зони оптимальних значень рецептурного складу мармеладу з пониженим вмістом цукрів**

Назва мармеладу	кількість			міцність драглю, (У), кПа
	цукру, (X <sub>1</sub> ), г	пюре, (X <sub>2</sub> ), г	кислоти, (X <sub>3</sub> ), см <sup>3</sup>	
<b>Контроль «Желейний формовий» на агарі</b>	<b>66,8</b>	<b>-</b>	<b>8,3</b>	<b>32,0</b>
«Терновий» (агар-сахароза) $Y = 29,03 - 0,98x_1 + 1,15x_2 + 2,0x_3 + 1,17x_1 \cdot x_2$	36,09	9,60	2,0	35,5
«Кизилловий» (агар-глюкоза) $Y = 28,98 - 0,98x_1 + 1,02x_2 + 1,17x_1 \cdot x_3$	46,72	10,80	2,0	34,1
«Обліпиховий» (агар-фруктоза) $Y = 27,84 - 0,81x_1 + 1,25x_2 - 1,03x_3$	42,79	10,63	1,5	31,5
«Кизилова насолода» (к-каррагінан-сахароза) $Y = 26,20 - 6,06x_1 + 0,22x_2 + 6,02x_3$	36,05	8,00	2,0	31,2
«Лісова слива» (к-каррагінан-глюкоза) $Y = 28,92 - 2,55x_1 + 2,54x_3 - 2,38x_1 \cdot x_2$	45,89	9,20	2,0	31,0
«Обліпиховий вогник» (к-каррагінан-фруктоза) $Y = 22,10 + 4,67x_1 + 5,2x_2 + 3,1x_3 + 5,32x_1 \cdot x_2 - 3,02x_1 \cdot x_3 - 5,78x_2 \cdot x_3$	37,08	10,6	2,50	31,0
<b>Контроль «Желейний формовий» на пектині</b>	<b>68,1</b>	<b>-</b>	<b>7,6</b>	<b>26,0</b>
«Червоносмородиновий» (Н-пектин-сахароза) $Y = 28,03 + 3,37x_1 + 2,32x_3 - 1,34x_1 \cdot x_2 + 3,15x_1 \cdot x_3$	41,64	15,0	1,1	25,8
«Сонячний» (Н-пектин-глюкоза) $Y = 24,79 + 1,09x_1 - 2,75x_3 + 2,1x_1 \cdot x_3 + 1,65x_2 \cdot x_3$	42,42	11,54	1,1	24,0
«Чорносмородиновий» (Н-пектин-фруктоза) $Y = 28,03 + 3,37x_1 + 2,32x_3 - 2,38x_1 \cdot x_2 + 3,15x_1 \cdot x_3$	38,67	10,0	1,1	25,0
«Полуничний» (Л-пектин-сахароза) $Y = 23,71 - 2,78x_1 - 1,62x_3 + 1,19x_1 \cdot x_3 + 1,17x_1 \cdot x_2 \cdot x_3$	30,4	15,00	1,25	24,0
«Малиновий» (Л-пектин –глюкоза) $Y = 23,65 - 2,77x_1 - 1,60x_3 + 1,13x_1 \cdot x_3$	27,95	15,0	1,27	23,0
«Ожиновий» (Л-пектин-фруктоза) $Y = 23,25 - 1,52x_1 - 1,2x_3$	27,95	15,0	1,27	23,0

Наведені в таблиці співвідношення рецептурних компонентів забезпечують звичну структуру, необхідні структурно-механічні особливості мармеладу. За міцністю мармелад з пониженим вмістом цукрів наближається до традиційних аналогів.

Дослідження реологічних характеристик мармеладних мас дозволили визначити діапазон значень градієнту зсуву, за яким рекомендовано її транспортування в технологічному процесі. Так, для мармеладної маси на агарі з сахарозою і глюкозою  $\gamma = 10 \dots 20 \text{ c}^{-1}$  ( $t = 55 \pm 3^\circ\text{C}$ ), з фруктозою –  $\gamma = 5,4 \dots 10 \text{ c}^{-1}$  (або можливо застосовувати нижчі температури  $t = 50 \pm 3^\circ\text{C}$ ); на к-каррагінані – для всіх видів цукрів  $\gamma = 5,4 \dots 10 \text{ c}^{-1}$  ( $t = 77 \pm 3^\circ\text{C}$ , для мас з сахарозою і фруктозою допускаються нижчі температури –  $t = 72 \pm 3^\circ\text{C}$ ); на Н-пектині –  $\gamma = 5,4 \dots 8 \text{ c}^{-1}$  ( $t = 85 \pm 3^\circ\text{C}$ , для мас з глюкозою і фруктозою –  $t = 88 \pm 3^\circ\text{C}$ ); на Л-пектині – з глюкозою  $\gamma = 2 \dots 8 \text{ c}^{-1}$  ( $t = 80 \pm 3^\circ\text{C}$ ), для мас з сахарозою і фруктозою –  $\gamma = 5 \dots 10 \text{ c}^{-1}$  ( $t = 85 \pm 3^\circ\text{C}$ ).

Встановлено, що час структурування мармеладу, незалежно від виду цукру, подовжується порівняно з традиційними виробами, табл. 3: на агарі – з 60 хв до 120 хв; на к-каррагінані – з 15 хв до 60 хв; на Н-пектині – з 12 хв до 20 хв; на Л-пектині – до 20 хв (мармеладу з фруктозою – до 30 хв). Більшою мірою такі

зміни пов'язані із внесенням значної кількості полідекстрази на заміну цукру, яка характеризується вищою гідратаційною здатністю.

**Таблиця 3 – Параметри структурування мармеладних мас**

Назва мармеладу	Час драг-леутворення, хв	Швидкість драглеутворення, кПа/хв	Пружно/пластична деформація, %	Час релаксації вільної води, с
«Терновий» (агар-сахароза)	120	0,005	66,7/33,3	0,015
«Кизиловий» (агар-глюкоза)	120	0,003	55,6/44,4	0,0082
«Облітиховий» (агар-фруктоза)	<b>120</b>	<b>0,001</b>	45,2/54,8	<b>0,017</b>
«Кизилова насолода» (к-каррагінан-сахароза)	60	0,015	51,6/48,4	0,028
«Лісова слива» (к-каррагінан-глюкоза)	60	0,005	51,4/48,6	0,01
«Облітиховий возник» (к-каррагінан-фруктоза)	<b>60</b>	<b>0,004</b>	42,5/57,5	<b>0,041</b>
«Червоносмородиновий» (Н-пектин-сахароза)	20	0,011	27,8/72,2	0,033
«Сонячний» (Н-пектин-глюкоза)	20	0,014	28,0/72,0	0,018
«Чорносмородиновий» (Н-пектин-фруктоза)	<b>20</b>	<b>0,016</b>	31,2/68,8	<b>0,017</b>
«Полуничний» (L-пектин-сахароза)	20	0,0063	28,4/71,6	0,025
«Малиновий» (L-пектин-глюкоза)	20	0,0058	25,9/74,1	0,02
«Ожиновий» (L-пектин-фруктоза)	<b>30</b>	<b>0,0037</b>	24,4/75,6	<b>0,03</b>

Мармелад характеризується різним співвідношенням пружно-пластичних деформацій. Встановлено, що мармелад на агарі і к-каррагінані відрізняється пружними властивостями (частка пружної деформації > 50 %), а мармелад на пектинах характеризується більшою пластичністю (частка пластичної деформації > 50 %).

Серед отриманих зразків на всіх полісахаридах, окрім Н-пектину, більшою пластичністю та меншою швидкістю драглеутворення характеризується мармелад із фруктозою. У Н-пектинових драглів відповідно до його механізму драглетуворення висока розчинність фруктози і більша за всі зразки кількість внесеної полідекстрази пришвидшують драглеутворення й сприяють зшиванню ланцюгів макромолекул.

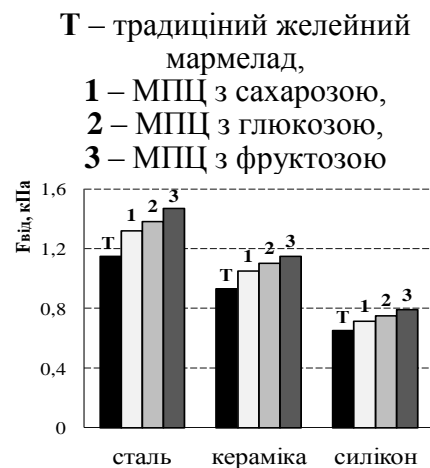
Висока пластичність і найменша швидкість драглеутворення мармеладу з фруктозою пов'язані з більшою активністю в них води. Встановлено, що для мармеладу з фруктозою на агарових полісахаридах і L-пектині показники часу релаксації вільної води вищі за показники мармеладу з сахарозою і глюкозою, що пов'язано з кращою її розчинністю та, як наслідок, з меншим ступенем зв'язування води молекулами полісахаридів. А в зразках з Н-пектином, особливістю цукрово-кислотного механізму драглеутворення якого є швидкість дегідратації пектинових молекул, саме це явище сприяє інтенсивнішому зшиванню макромолекул полісахариду, тим самим зменшуючи рухомість води. Це підтверджується зменшенням значення часу спін-спінової релаксації вільної води для мармеладу з фруктозою, табл. 3. Звертає на увагу, що найменші значення часу спін-спінової релаксації має мармелад з глюкозою ( $T_2 = 0,008 - 0,02$  с), що поясню-

ється високим вмістом в його рецептурах (у 2,5-3 рази більше) мальтозної патоки, в якій міститься значна частка декстринів, здатних зв'язувати воду.

Зміна складу мармеладу впливає на його адгезійні властивості, рис.6: незалежно від матеріалу поверхні мармелад з пониженим цукровмістом (МПЦ) має більшу силу відриву порівняно із традиційними зразками, табл. 4.

**Таблиця 4 – Питома сила відриву мармеладу при контакті з різними поверхнями форм**

Зразки мармеладу		Питома сила відриву, кПа		
		сталь	кераміка	силікон
<b>Традиційний на агарі</b>		<b>1,15</b>	<b>0,93</b>	<b>0,65</b>
МПЦ на агарі	з сахарозою	1,32	1,05	0,71
	з глюкозою	1,38	1,10	0,75
	з фруктозою	1,47	1,15	0,79
МПЦ на к-каррагінані	з сахарозою	1,26	1,01	0,68
	з глюкозою	1,32	1,05	0,71
	з фруктозою	1,40	1,11	0,75
<b>Традиційний на Н-пектині</b>		<b>0,90</b>	<b>0,72</b>	<b>0,55</b>
МПЦ на Н-пектині	з сахарозою	1,05	0,82	0,61
	з глюкозою	1,12	0,87	0,65
	з фруктозою	1,21	0,95	0,71
МПЦ на L-пектині	з сахарозою	0,95	0,75	0,57
	з глюкозою	0,99	0,78	0,59
	з фруктозою	1,08	0,85	0,64



**Рисунок 6 – Питома сила відриву МПЦ на агарі при контакті з різними поверхнями форм**

Такий вплив пояснюється значною кількістю полідекстрази (до 27 %), як високомолекулярної сполуки з розгалуженою структурою, яка збільшує в'язкість дисперсійного середовища. Рекомендовано мармелад з пониженим вмістом цукрів відливати у силіконові або керамічні форми.

Для розробленого асортименту мармеладу проведені дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників. Всі показники, за виключенням редукуючих речовин мармеладу з глюкозою і фруктозою, відповідають вимогам ДСТУ 4333:2004 «Мармелад». На асортимент запропонованого мармеладу розраховані уніфіковані рецептури, які були представлені та затверджені в спеціалізованій галузевій дегустаційній комісії Асоціації «Укркондпром».

Енергетична цінність мармеладу на агарових полісахаридах (агарі, к-каррагінані) і пектинах (Н-, L-пектині) зменшується на 25,9 %, 25,3 % і 19,9 %, 28,3 % (з сахарозою); на 14,3 %, 15,5% і 20,2 %, 17,4 % (з глюкозою); на 21,7 %, 28,3 % і 25,8 %, 26,7 % (з фруктозою). Показник глікемічності зменшується для мармеладу з сахарозою і з фруктозою на 32,5 % і 61 % відповідно.

У відповідності до уточнених режимів і параметрів проведення основних технологічних операцій виробництва мармеладу з пониженим цукровмістом удосконалено його функціональну і апаратурно-технологічну схеми. Нові види мармеладу випускаються напівмеханізованим способом, рис. 7.

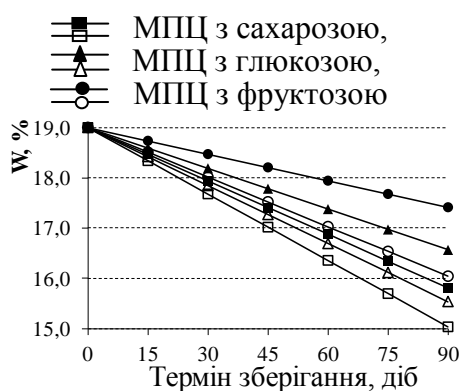






У п'ятому розділі «Оцінка якості мармеладу желейного з пониженим вмістом цукрів при зберіганні» досліджено сорбційно-десорбційні властивості, фізико-хімічні й мікробіологічні показники якості мармеладу в процесі зберігання.

Встановлено, що для всіх зразків відбувається втрата вологи (рис.8), дещо більше для зразків мармеладу з сахарозою, найменше – з фруктозою, що пов'язано з її високою гігроскопічністю. За  $\varphi = 75\%$ ,  $t = 18 \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$  в усіх зразках спостерігається десорбція води: зменшення масової частки вологи для мармеладу з сахарозою складає 16,2...25,8 %, з глюкозою – 10,8...15,8 %, з фруктозою – 7,5...13,5 %, табл. 5.



**Рисуюнок 8 – Зміна масової частки вологи при зберіганні МПЦ на агарі**

**Таблиця 5 – Зміна масової частки вологи (МЧВ) та редукуючих речовин (РР) при зберіганні мармеладу**

Зразки мармеладу		МЧВ, %		РР, %	
		Без	90 діб	Без	90 діб
		зберігання		зберігання	
МПЦ на агарі	з сахарозою	19,0	15,8	14,5	17,2
	з глюкозою	19,0	16,6	52,5	54,4
	з фруктозою	19,0	17,4	56,6	58,4
МПЦ на k-каррагінані	з сахарозою	19,0	15,1	16,8	18,7
	з глюкозою	19,0	17,0	55,1	56,5
	з фруктозою	19,0	17,2	51,5	53,3
МПЦ на Н-пектині	з сахарозою	19,0	15,9	11,2	13,5
	з глюкозою	19,0	16,6	55,8	57,1
	з фруктозою	19,0	17,6	52,6	54,2
МПЦ на L-пектині	з сахарозою	21,0	15,6	9,8	11,9
	з глюкозою	21,0	17,7	53,1	54,8
	з фруктозою	21,0	18,2	50,5	53,0

Поряд з цим відбувається наростання редукуючих речовин і незначно зростає показник кислотності. Збільшується вміст редукуючих речовин для мармеладу з сахарозою в середньому на 18 %, з глюкозою – на 2,9 %, з фруктозою – на 3,7 %. Всі мікробіологічні показники, що регламентуються стандартом (кількість кМАФАМ, СУБ, дріжджів та пліснявих грибів), знаходяться в межах визначених норм.

На підставі отриманих експериментальних даних проведено промислову апробацію дослідних партій мармеладу в умовах підприємства ТОВ «Солодка мрія – Вінниця»: на агарі «Терновий», «Кизилловий», «Обліпиховий», на Н-пектині «Червоносмородиновий», «Сонячний», «Чорносмородиновий».

Мармелад з пониженим цукровмістом схвалений професійною дегустаційною комісією конкурсу «Солодкий тріумф» в рамках Міжнародної виставки «Sweets & Bakery Ukraine – 2018».

Розрахунок собівартості показав, що роздрібна ціна 1 кг мармеладу з пониженим цукровмістом збільшується порівняно з рецептурами мармеладу, взятими за контроль: з сахарозою і глюкозою – на 25,6-37,4 %, з фруктозою – на 46,0-50,7 %. Проте, порівняно з асортиментом ТМ «Солодка мрія», яка випускає желейний мармелад з фруктовими напівфабрикатами, собівартість запропонованої продукції в середньому менша на 34 % (з глюкозою) та 24 % (з фруктозою).

Незважаючи на зростання собівартості розробленого мармеладу, досягається соціальний ефект завдяки забезпеченню населення України кондитерською продукцією з пониженою енергетичною цінністю, зменшеним показником глікемічності та покращеною харчовою цінністю .

## ВИСНОВКИ

1. На підставі аналізу інформаційних джерел сформульована актуальність розроблення мармеладу з пониженим цукровмістом; розглянуті особливості формування складної драглеподібної структури мармеладу на агарових полісахаридах і пектинах; визначені наукові підходи до створення низькокалорійних желейних виробів із застосуванням різних видів цукрів, функціональних інгредієнтів та біологічно-активних речовин.

2. Обґрунтовано і експериментально доведено можливість застосування глюкози і фруктози для мармеладних мас. Встановлено, що незалежно від виду полісахариду, в зразках з глюкозою і фруктозою спостерігається різке зменшення ефективної в'язкості від самого початку навантаження, що потребує більш щадних режимів транспортування мас в технологічному процесі. Доведено, що для всіх колоїдних розчинів спостерігається тиксотропія і вони відновлюють свою структуру після зняття механічного навантаження, але ступінь відновлення структури для зразків з моносахаридами вищий за зразки з сахарозою.

Визначено, що драглеутворення всіх дослідних полісахаридів найшвидше відбувається з сахарозою. Час драглеутворення для зразків на агарі, к-каррагінані, Н- і L-пектинах з глюкозою збільшується на 10 %, 55 %, 10 % і 42 %, відповідно, та з фруктозою – на 80 %, 145 %, 33 %, 64 %, відповідно. Температура драглеутворення драглів із сахарозою перевищує цей показник для драглів із глюкозою на 8,4...23 %, із фруктозою – на 22...34 %.

Встановлено, що драгли з сахарозою порівняно із драглями на глюкозі і фруктозі характеризуються більшою міцністю: для драглів агару і к-каррагінану з глюкозою модуль миттєвої пружності менший на 23 % і 10 %, з фруктозою – на 46 % і 37 %, відповідно; для драглів Н-пектину і L-пектину з глюкозою модуль миттєвої пружності менший на 62 % і 44 %, з фруктозою – на 66 % і 87 %, відповідно. Модуль еластичності для агарових полісахаридів має обернену до модуля миттєвої пружності залежність: найменший – для зразків з сахарозою, найбільший – з фруктозою. Пектинові драгли з моносахаридами за значеннями модуля еластичності поступаються драглям з сахарозою.

Доведено, що нижчі температури застигання і плавлення, міцність, пружність, більша частка еластичної й пластичної деформації в зразках з моносахаридами пов'язані з більшою активністю і рухомістю молекул води в їх системах, оскільки найменшим часом спін-спінової релаксації для всіх систем відрізняються драгли з сахарозою, найбільшим – з фруктозою.

3. Визначено, що зменшення в рецептурах мармеладу кількості цукрів з урахуванням деформації та солодкості мармеладу можливо до 35 г / на 100 г (з сахарозою і глюкозою) і 25 г / на 100 г готового продукту – з фруктозою. При цьому збільшується його загальна деформація в середньому на агарі – на 1,4 %, на к-каррагінані – на 6,7%, на Н-пектині – на 5,6 %, на L-пектині – на 13,2 %. Відновлення структури, забезпечення відповідності фізико-

хімічних і мікробіологічних показників якості можливо досягти введенням низькокалорійного, функціонального об'ємного наповнювача – полідекстрози, а усунення штучних барвників і есенцій – введенням плодово-ягідних пюре.

4. Науково обґрунтовано вибір мальтозної патоки як антикристалізатора в рецептурах мармеладних мас з глюкозою і з'ясовано, що у співвідношенні глюкоза : мальтозна патока як 1 : (0,8...0,9) забезпечується аморфна структура мармеладу протягом всього часу зберігання завдяки найменшому (серед інших видів патоки) сумарному вмісту глюкози в системі.

5. Оптимізовано рецептурний склад мармеладу з пониженим вмістом сахарози, глюкози, фруктози за міцністю, як фактором оптимізації, враховуючи такі параметри: кількість цукру, кислоти, плодово-ягідного пюре. В рецептурах мармеладу з сахарозою і фруктозою запропоновано використовувати суху карамельну патоку.

6. За результатами реологічних досліджень для кожної системи виділено діапазон значень градієнту зсуву, в якому ефективна в'язкість мармеладної маси має значення, що забезпечують її придатність для транспортування.

Визначено, що тривалість вистоювання розроблених зразків збільшується порівняно з традиційними аналогами. Так, структурування мармеладу на агарі подовжується з 60 хв до 120 хв, на к-каррагінані – з 15 хв до 60 хв, на Н-пектині – з 12 хв до 20 хв, на L-пектині – до 20 хв (мармеладу з фруктозою – до 30 хв). З'ясовано, що для зразків мармеладу на агарових полісахаридах і L-пектині з сахарозою швидкість драглеутворення перевищує швидкість драглеутворення мармеладу з глюкозою і фруктозою, а в мармеладі на Н-пектині залежності зворотні, що пов'язано з високим вмістом полідекстрози у складі мармеладу і високою розчинністю фруктози.

З'ясовано, що незалежно від матеріалу поверхні контакту, виду цукру і полісахариду для всіх зразків мармеладу з пониженим цукровмістом питома сила відриву більша порівняно із традиційними аналогами, а зразки з моносахаридами відрізняються дещо більшою силою адгезії порівняно з мармеладом із сахарозою. За отриманими результатами надана рекомендація – відливати розроблені зразки в силіконові форми, адже сила адгезійного відриву для всіх зразків з цим матеріалом є найменшою.

Відмінності режимів проведення технологічних операцій враховані при удосконаленні технологічних схем виробництва мармеладу.

7. Встановлено, що органолептичні і фізико-хімічні показники якості мармеладу відповідають вимогам ДСТУ 4333:2004 «Мармелад»; енергетична цінність зменшується для зразків на агарових полісахаридах (агарі, к-каррагінані) і пектинах (Н-, L-пектині) на 25,9 %, 25,3 % і 19,9 %, 28,3 % (з сахарозою); на 14,3 %, 15,5% і 20,2 %, 17,4 % (з глюкозою); на 21,7 %, 28,3 % і 25,8 %, 26,7 % (з фруктозою). Показник глікемічності знижується лише для зразків мармеладу з сахарозою і фруктозою – на 32,5 % та 61 %, відповідно.

Під час зберігання мармеладу з будь-яким цукром відбувається десорбція води, проте масова частка вологи наприкінці зберігання для всіх зразків знаходяться в межах норм, передбачених стандартом. Всі зразки за мікробіологічними показниками відповідають встановленим санітарно-мікробіологічним нор-

мам; відбувається наростання редукуючих речовин, дещо збільшується показник загальної кислотності.

8. На нові види мармеладу желейного з пониженим вмістом цукрів затверджено Асоціацією «Укркондпром» рецептури та технологічні інструкції. Технології пройшли апробацію на ТОВ «Солодка мрія – Вінниця». Новизна розроблених видів та удосконаленої технології мармеладу підтверджена отриманням патентів України на корисну модель.

Розраховано економічну ефективність технології мармеладу з пониженим вмістом цукрів та визначено, що вартість продукції за кілограм збільшується порівняно з традиційним асортиментом: з сахарозою і з глюкозою – на 25,6-37,4 %, з фруктозою – на 46,0-50,7 %. Але досягається соціальний ефект завдяки забезпеченню населення України кондитерською продукцією з пониженою енергетичною цінністю, зі зменшеною глікемічністю та покращеною харчовою цінністю.

### СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Камбулова, Ю.В., Матяс, Д.С., Оверчук, Н.О., Федій, Т.С. (2017) Фруктові і желейні мармеладні маси з глюкозою. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. Збірник наукових праць*, 1 (25), 256-270. (Збірник входить до затвердженого МОН України переліку наукових фахових видань з технічних наук).
2. Камбулова, Ю.В., Матяс, Д.С., Маліновський, В.В. (2017). Реологічні показники мармеладних мас на агарі і каррагінані з різновидами цукрів. *Продовольча індустрія АПК*, 4, 19-23. (Науково-практичний журнал входить до затвердженого МОН України переліку наукових фахових видань з технічних наук; індексується в міжнародних наукометричних базах: AGRIS (FAO), ULRICH'S, РІНЦ).
3. Матяс Д.С., Камбулова, Ю.В., Дорохович, А.М., Мандзюк, І.В. (2018). Оптимізація рецептурного складу желейного мармеладу з пониженим вмістом цукру. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*, 24 (4), 221-232. (Журнал входить до затвердженого МОН України переліку наукових фахових видань з технічних наук; індексується в міжнародних наукометричних базах: Index Copernicus, EBSCOhost, CABI Full Text).
4. Dorohovich, A., Goncharuk, O., Matias, D., Kambulova, J. (2018). Influence of sugars on the formation of structural and mechanical characteristics of agar polysaccharides' gels. *Ukrainian Journal of Food Science*, 6 (1), 20-31. (Журнал входить до затвердженого МОН України переліку наукових фахових видань з технічних наук; індексується в міжнародних наукометричних базах: FSTA , Index Copernicus, CAS Source Index).
5. Matias, D., Kambulova, J., Goncharuk, O. (2018). Regularity of structuralization of jelly marmalade on agar polyeshaharides and pectins with low content of sugars. *Ukrainian Journal of Food Science*, 6 (2), 168-184. (Журнал входить до затвердженого МОН України переліку наукових фахових видань з технічних наук; індексується в міжнародних наукометричних базах: FSTA , Index Copernicus, CAS Source Index).
6. Матяс, Д.С., Камбулова, Ю.В. (2017). *Реологічні показники мармеладних мас на агарі і каррагінані з різновидами цукрів*. Зб. тез доп. міжнар. наук. практ. конф. «Технології харчових продуктів і комбікорми», 25-30 вересня 2017 р. Одеса: ОНАХТ, 28-29.
7. Камбулова, Ю.В., Матяс, Д.С., Федій, Т.С., (2017). *Застосування глюкози і фруктози в технології желейного мармеладу зі зниженим вмістом цукру*, Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : матеріали 83 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 5–6 квітня 2017 р. Київ: НУХТ, 153.
8. Камбулова, Ю.В., Матяс, Д.С., Андрущук, І.С. (2017). *Реологічні показники мармеладних мас на Н-пектині та L-пектині з різновидами цукрів*, Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі», 13 вересня 2017 р. Київ: НУХТ, 123-125.

9. Камбулова, Ю.В., Матяс, Д.С., Андрущук, І.С. (2018). *Аналіз впливу різновидів цукрів на формування пектинових гелів*, Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті : 84 Міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів, 23-24 квітня 2018 р. Київ: НУХТ, 178.

10. Пат. на корисну модель № 130436 Україна, МПК А23L 2/02 (2018). Мармелад желейний «Обліпиховий вогник» / Камбулова Ю.В., Матяс Д.С.; власник НУХТ – № u201806003; заяв. 30.05.2018; опубл. 10.12.2018. Бюл. № 23.

11. Пат. на корисну модель № 130438 Україна, МПК А23L 21/10 (2018). Мармелад желейний «Терновий» / Камбулова Ю.В., Матяс Д.С.; власник НУХТ – № u201806009; заяв. 30.05.2018; опубл. 10.12.2018. Бюл. № 23.

12. Пат. на корисну модель № 130440 Україна, МПК А23L 21/10 (2018). Мармелад желейний «Лісова слива» / Камбулова Ю.В., Матяс Д.С.; власник НУХТ – № u201806012; заяв. 30.05.2018; опубл. 10.12.2018. Бюл. № 23.

*Особистий внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, одержання наукових результатів щодо оптимізації рецептурного складу мармеладу желейного з пониженим цукровмістом на різних полісахаридах з різними видами цукрів, проведення апробації інноваційних технологій у виробничих умовах, участь в обробці та узагальненні результатів, підготовка матеріалів до публікації [1-5], підготовка матеріалів тез доповідей [6-9], проведення патентного пошуку, підготовка матеріалів до патентування [10-12].*

## АНОТАЦІЯ

**Матяс Д.С. Удосконалення технології мармеладу желейно-фруктового з пониженим цукровмістом.** – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.01 – Технологія хлібопекарських продуктів, кондитерських виробів та харчових концентратів – Національний університет харчових технологій Міністерства освіти і науки України, Київ, 2019.

Дисертацію присвячено питанню удосконалення технології мармеладу желейно-фруктового з пониженим цукровмістом з використанням полісахаридів рослинного походження (агару, к-каррагінану, Н- та L-пектину) і цукрів (сахарози, глюкози, фруктози), шляхом введення полідекстрози як інертного, текстурного, низькокалорійного, низькоглікемічного, об'ємного наповнювача на заміну вилученої рецептурної кількості цукру, який сприятиме тільки відновленню вмісту СР; попередження процесу кристалізації глюкози завдяки підбору ефективного антикристалізатора; вилучення штучних ароматизаторів і барвників, покращення харчової цінності, шляхом формування органолептичних показників введенням плодово-ягідного поре.

Визначені оптимальні співвідношення рецептурних компонентів, які забезпечують необхідні органолептичні, фізико-хімічні та структурно-механічні показники якості мармеладу з пониженим цукровмістом, які не поступаються традиційним, контрольним зразкам та відповідають вимогам ДСТУ 4333:2004 «Мармелад»; енергетична цінність зменшується для зразків на агарових полісахаридах (агарі, к-каррагінані) і пектинах (Н-, L-пектині) на 25,9 %, 25,3 % і 19,9 %, 28,3 % (з сахарозою); на 14,3 %, 15,5% і 20,2 %, 17,4 % (з глюкозою); на 21,7 %, 28,3 % і 25,8 %, 26,7 % (з фруктозою). Всі види мармеладу (окрім виробів з глюкозою) відносяться до виробів з пониженою глікемічністю (ПГ<55).

**Ключові слова:** мармелад желейний, драглеутворення, сахароза, глюкоза, фруктоза, полідекстроза, агар, к-каррагінан, H-пектин, L-пектин, плодово-ягідне пюре.

## ABSTRACT

### **D. Matias Improvement of the technology of jelly-fruit marmalade with reduced sugar content. – Qualifying scientific work on the rights of manuscripts.**

Dissertation for obtaining a scientific degree of candidate of technical sciences in specialty 05.18.01 – Technology of bakery products, confectionery and food concentrates –National University of Food Technologies of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2019.

The dissertation is devoted to the improvement of the technology of jelly-fruit marmalade with a reduced sugar content using polysaccharides of plant origin (agar, k-carrageenan, H- and L-pectin) and sugars (saccharose, glucose, fructose) by introducing polydextrose as inert, texture, low-calorie, low-glycemic, bulk filler to replace the withdrawn prescription sugar amount, which will only facilitate the restoration of DM content; preventing the process of crystallization of glucose due to the selection of effective anti-crystallization; the removal of artificial flavors and dyes, the improvement of nutritional value, the formation of organoleptic indicators by the introduction of fruit and berry mashed potatoes.

The possibility of using glucose and fructose for marmelade masses has been substantiated and experimentally proved. It has been established that regardless of the type of polysaccharide, glucose and fructose samples show a sharp decrease in the effective viscosity from the very beginning of the load, which requires more gentle modes of transportation of masses in the technological process. It has been proved that thixotropy is observed for all colloidal solutions and they restore their structure after removal of mechanical load, but the degree of regeneration of the samples for samples with monosaccharides is higher than for samples with saccharose.

The structuring of all experimental polysaccharides is most likely to occur with saccharose. The agglomeration time for samples on agar, k-carrageenan, H- and L-pectins with glucose is increased by 10%, 55%, 10% and 42%, respectively, with fructose by 80%, 145%, 33%, 64 %, respectively. The temperature of gel-forming with saccharose exceeds this indicator for gel with glucose by 8.4 ... 23%; with fructose by 22... 34%.

Samples with saccharose compared to glucose and fructose samples are characterized by greater strength: for agar and k-carrageenan with glucose, the instantaneous springy modulus is smaller by 23% and 10%, with fructose by 46% and 37% respectively; for gloves' H-pectins and L-pectin with glucose, the instantaneous springy modulus is lower by 62% and 44%, with fructose by 66% and 87%, respectively. The modulus of elasticity for agar polysaccharides has a converse dependence compared to the instantaneous springiness: the smallest - for samples with saccharose, the highest - with fructose. The pectin gels with monosaccharides, according to the modulus of elasticity, are inferior to gels with saccharose. It has been proved that lower temperatures of hardening and melting, strength, elasticity, a greater proportion of elastic and plastic deformation in samples with monosaccharides are associated with greater activity and mobility of water molecules in their systems, since the least time of spin-spin relaxation for all systems has gel with saccharose, the largest – with fructose.

According to the results of the conducted studies, it is possible to reach 35 g / 100g (with saccharose and glucose) and 25 g / 100 g of the finished product with fructose, which is extremely tolerable for reducing the amount of sugars with allowance for deformation and sweetness of the marmalade.

The optimal ratios of the prescription components that provide the necessary organoleptic, physico-chemical and structural-mechanical parameters of quality of marmalade with a lower sugar content that are not in line with the traditional, control samples and meet the requirements of the State Standard of Ukraine have been determined; the energy value is reduced for samples on agar polysaccharides (agar, k-carrageenans) and pectins (H-, L-pectin) by 25.9%, 25.3% and 19.9%, 28.3% (with saccharose); by 14.3%, 15.5% and 20.2%, 17.4% (with glucose); by 21.7%, 28.3% and 25.8%, and 26.7% (with fructose). All types of marmalade (except for products with glucose) are products with a reduced glycemicty (glycemic index <55).

Differences in the modes of conducting technological operations are taken into account when developing technological schemes for the production of marmalade with a lower sugar level. New samples of marmalade are produced by semi-mechanized lines.

During storage for all samples of marmalade there is a desorption of water. All samples according to microbiological parameters correspond to the established sanitary-microbiological standards; the index of total acidity increases; there is an increase in reducing substances.

The cost compared to the traditional assortment increases for marmalade with saccharose and glucose by 25,6-37,4 %, with fructose by 46,0-50,7 %. And compared to the range of marmalade of TM "Sweet Dream", which produces jelly marmalade with fruit and berry semi-finished products the cost is reduced by 34% and 24% respectively. Despite the increase in the cost of the developed marmelade, the social effect is achieved through the provision of confectionery products to the population of Ukraine, with reduced energy value, reduced glycemicty and improved nutritional value.

**Key words:** jelly marmalade, gel formation, saccharose, glucose, fructose, polydextrose, agar, k-carrageenan, H-pectin, L-pectin, fruit and berry pure.