

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

КАМБУЛОВА ЮЛІЯ ВІКТОРІВНА

УДК 664.685.6

**НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ КОНДИТЕРСЬКИХ
ВИРОБІВ ПОНИЖЕНОГО ЦУКРОВМІСТУ І ЕНЕРГЕТИЧНОЇ
ЦІННОСТІ З ПІННОЮ І ДРАГЛЕПОДІБНОЮ СТРУКТУРОЮ**

05.18.01 – Технологія хлібопекарських продуктів, кондитерських виробів та харчових концентратів

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Київ – 2019

Дисертацією є рукопис.

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

Науковий консультант: доктор технічних наук, професор
Дорохович Антонелла Миколаївна,
Національний університет харчових технологій,
професор 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,
заслужений діяч науки і техніки України, лауреат
Державної премії України в галузі науки і техніки,

доктор технічних наук, професор
Пивоваров Павло Петрович,
Харківський державний університет харчування та
торгівлі, професор кафедри технології харчування,
Академік Міжнародної академії холоду, лауреат
Державної премії України в галузі науки і техніки,

доктор технічних наук, доцент
Свідло Карина Володимирівна,
Харківський торговельно-економічний інститут
Київського національного торговельно-економічного
університету, завідувач кафедри інноваційних
харчових і ресторанних технологій.

Захист відбудеться 17 квітня 2019 р. о 14⁰⁰ на засіданні спеціалізованої
вченої ради Д 26.058.06 Національного університету харчових технологій за
адресою: 01601, м. Київ-33, вул. Володимирська, 68, аудиторія А-310.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного
університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ-33, вул.
Володимирська, 68.

Автореферат розіслано 15 березня 2019 р.

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



І.М. Зінченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Упродовж останніх 30 років у світі відбувається епідемія кардіологічних захворювань, що характеризується збільшенням рівня ожиріння, гіпертонії, метаболічного синдрому, діабету другого типу і хвороб нирок. Людство переживає епідемію неінфекційних захворювань. У 2013 році ВООЗ прийняла «Глобальний план дій з профілактики неінфекційних захворювань та боротьби з ними на 2013-2020 рр.», в якому означила стратегічні цілі для виробників харчової продукції: зменшення цукровмісту і вмісту жирів, в тому числі повне усунення промислових трансжирів, та, відповідно, зниження енергетичної цінності продукції.

Кондитерські вироби з драгледоподібною, пінною і емульсійно-пінною структурою є улюбленими ласощами дітей і дорослих, що зумовлює неухильне зростання їх промислового виробництва. У той же час, вони є значущим джерелом легкодоступних вуглеводів, жирів, характеризуються високою енергетичною цінністю внаслідок застосування надмірної кількості цукру і жиру для формування й стабілізації їх складних структур. Вирішення *проблеми* забезпечення населення України кондитерськими виробами зі зниженим вмістом цукрів, жиру та енергетичною цінністю є актуальним і одним із пріоритетних завдань галузі, що потребує комплексного вивчення.

Питанням удосконалення технологій кондитерських виробів з різними видами цукрів, зменшення їх енергетичної цінності присвячені роботи під керівництвом українських вчених Дорохович А.М., Іоргачової К.Г., Дорохович В.В., Оболкіної В.І., закордонних вчених William C. Morris, Vaccari, G., Іваннікової Є.І., Лобосової Л.А. і ін. Проте систематичних та узагальнюючих досліджень, спрямованих на вивчення закономірностей формування складних драгледоподібних, пінних і емульсійно-пінних структур кондитерських виробів при зниженій рецептурній кількості цукрів і жиру, не проводилось. У зв'язку з вищевикладеним, у дисертаційній роботі запропоновано науково-практичну *концепцію* удосконалення технологій кондитерських виробів з драгледоподібною, пінною і емульсійно-пінною структурою шляхом раціоналізації в них рецептурного вмісту цукру і жиру та стабілізації їх якості введенням гідроколоїдів (або комплексів) і функціонально-технологічних об'ємних наповнювачів.

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 держбюджетними тематиками 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, оздоров-

чого та дієтичного призначення» (ДРН 0117u003717).

Мета і завдання досліджень. Метою дисертаційної роботи є розроблення теоретичних і практичних основ стабілізації драгледодібних і пінних структур кондитерських виробів з пониженим вмістом цукрів, емульсійно-пінних – зі знизеним вмістом жиру для створення асортименту продукції пониженої енергетичної цінності.

Для досягнення мети були сформульовані наступні **завдання:**

1. Проаналізувати проблему раціону харчування людини з позиції раціонального споживання цукрів і жирів, провести аналіз випуску продукції зі зменшеним цукровмістом на світовому ринку і ринку України; провести аналіз діяльності міжнародних організацій стосовно висвітленої проблеми. Довести об'єктивну необхідність розвитку наукової *концепції* зі створення продукції зі зменшеним вмістом цукру і жиру.

2. Визначити і теоретично пояснити відмінності фізико-хімічних показників розчинів моно- і дисахаридів на прикладі сахарози, лактулози, глюкози, фруктози і тагатози.

3. Вивчити особливості процесів піноутворення яєчного альбуміну та вершків і процесу драглеутворення агару, к-каррагінану, пектинів в системах з різними видами цукрів; дати наукове пояснення впливу різних цукрів на функціональні властивості структуроутворювачів.

4. Науково обґрунтувати раціональні концентрації цукру білого кристалічного (ЦБК), глюкози, фруктози в рецептурах драгледодібних кондитерських виробів; оптимізувати рецептурний склад мармеладу з метою відповідності продукції традиційним аналогам; удосконалити технологію мармеладу желейного зі зменшеним вмістом цукрів.

5. Науково обґрунтувати раціональні концентрації ЦБК, глюкози, фруктози в технологіях пінних кондитерських виробів; запропонувати рішення стабілізації структури білкових кремів із зменшеним вмістом цукру і довести їх технологічну ефективність; удосконалити технологію білкових кремів з пониженим вмістом цукрів.

6. Науково обґрунтувати можливість отримання низькокалорійних кремів із збитих вершків молочних; запропонувати дієві способи стабілізації емульсійно-пінної структури зі зменшеним вмістом жиру і довести їх ефективність; удосконалити технологію кремів пониженої жирності із збитих вершків молочних.

7. Довести можливість використання в технологіях пінних, емульсійно-пінних і драгледодібних кондитерських виробів цукрів, що володіють пребіотичними властивостями, – лактулози і тагатози; визначити їх раціональні кількості; удосконалити технологічні схеми кондитерських виробів спеціального призначення.

8. Визначити показники якості розробленої продукції та їх відповідність вимогам діючої нормативної документації; оцінити зміни енергетичної цінності й показника глікемічності виробів.

9. Виконати комплекс наукових, технологічних, організаційних робіт з впровадження удосконалених технологій у виробництво підприємств кондитерської галузі, освітній процес; здійснити оцінку основних результатів та економічної ефективності розроблених технологій.

Об'єкт досліджень – технології кондитерських виробів з драгледопідбною (на прикладі мармеладу желейного), пінною (на прикладі крему білкового) структурами з пониженим вмістом цукру і емульсійно-пінною (на прикладі крему із збитих вершків) – з пониженим вмістом жиру.

Предмет досліджень – водні розчини цукрів: сахарози, лактулози, глюкози, фруктози, тагатози; колоїдні розчини полісахаридів: агару, k- і j-каррагінану, H- і L-пектинів, альгінату натрію у воді, у вершках 20% жирності, у розчині яєчного альбуміну; колоїдні розчини яєчного альбуміну з цукрами; модельні системи драглев полісахаридів з цукрами; пінні й емульсійно-пінні системи з полісахаридами і цукрами; напівфабрикати кондитерські і готова продукція.

Методи досліджень – спеціальні фізичні, стандартні загальноприйняті фізико-хімічні, хімічні, біохімічні, мікробіологічні, методи визначення якості сировини, напівфабрикатів і готової продукції, методи планування експерименту, оптимізації й статистичного оброблення експериментальних даних.

Наукова новизна одержаних результатів. На підставі проведених теоретичних і експериментальних досліджень та їх узагальнення розроблені науково обґрунтовані засади удосконалення технологій кондитерських виробів зі складною драгледопідбною, пінною і емульсійно-пінною структурою з пониженим вмістом цукрів і жиру.

Вперше:

– науково обґрунтовано і експериментально доведено доцільність стабілізації пінних, емульсійно-пінних і драгледопідбних структур з пониженим вмістом цукрів і жиру використанням як структуроутворювачів полісахаридів або їх комплексів та функціонально-технологічних об'ємних наповнювачів;

– встановлено ефективність використання оптимального співвідношення рецептурної кількості цукру, полідекстрази, фруктово-ягідного пюре і кислоти для забезпечення необхідної міцності і пружно-пластичних характеристик мармеладних драглев з пониженим цукровмістом;

– доведена ефективність комплексної дії альгінату натрію і H-пектину, полідекстрази (мальтодекстрину) на агрегативну стійкість пінної системи, фізико-хімічні і мікробіологічні показники білкових кремів з пониженим вмістом цукрів;

– доведена можливість отримання стабільної збитої емульсійно-пінної структури вершків з низьким вмістом жиру завдяки внесенню альгінату натрію або j-каррагінану, які збільшують в'язкість дисперсійного середовища, підвищують збитість і стійкість систем.

Розвинуто теоретичне підґрунтя закономірностей процесу структуроутворення в драгледопідбних, пінних і емульсійно-пінних системах:

– поглиблені наукові дані про фізико-хімічні властивості розчинів цукрів і методом комплексної діелектричної спектроскопії визначені числа гідратації цукрів у 20% розчинах (за $t=300\text{ °K}$ (27 °C)), які становлять: для сахарози – 12,2 моль/моль, лактулози – 12,1 моль/моль, глюкози – 5,6 моль/моль, тагатози – 5,7 моль/моль, фруктози – 5,0 моль/моль, що доводить збільшення зв'язаності води в розчинах з дисахаридами;

– визначені величини кінематичної в'язкості ($T, \text{°C} - 25...50$; $C, \% 5...50$) та поверхневого натягу ($T, \text{°C} - 10...30$; $C, \% - 10...50$) розчинів лактулози і та-

гатоози та встановлено, що розчини лактулози характеризуються вищими значеннями показників за розчини сахарози, а розчини тагатоози мають проміжні значення кінематичної в'язкості та поверхневого натягу порівняно з розчинами глюкози і фруктози;

– вивчені діелектричні властивості води у драглеподібних структурах з різними цукрами і *встановлено*, що моносахариди глюкоза, фруктоза і тагатооза мають менші числа гідратації в драглях, порівняно з дисахаридами, що свідчить про вищу активність води в системах і пояснює сповільнення процесу драглеутворення, зменшення міцності й модуля пружності драглів.

– встановлені закономірності процесу піноутворення яєчного альбуміну і молочних вершків з різними видами цукрів, які показують, що цукри з вищою розчинністю, вищою в'язкістю й поверхневим натягом розчинів – лактулоза і фруктоза, – проявляють виражений негативний вплив на їх піноутворювальну здатність.

Практичне значення одержаних результатів.

На підставі одержаних результатів реалізації наукової концепції, проведених теоретичних та експериментальних досліджень апробовано та впроваджено технології кондитерських виробів з пониженим вмістом цукру і жиру. Розроблено та затверджено рецептури та технологічні інструкції на мармелад желейний, креми білкові, креми із збитих вершків, в тому числі спеціального призначення.

Науково-технічні розробки *апробовано* на підприємствах: ПАТ «Київхліб», ФОП Козьменко О.І., ТОВ «Твич», ПП «Сузір'я солодощів», ТОВ «Солодка мрія – Вінниця». Технологію кремів білкових *впроваджено* на ФОП «Григор'єва», кремів із збитих вершків – на ПП «Сузір'я солодощів», мармеладу желейного – на ТОВ «Солодка мрія – Вінниця».

Зразки білкових кремів «Ніжний класичний», «Ніжний обліпиховий», «Ніжний чорничний», «Вершковий особливий», «Вершковий ніжний», мармелад желейний «Обліпиховий», «Чорносмородиновий», «Лісова слива» *відзначені* Дипломами в номінації «Тріумф інновацій» на дегустаційних конкурсах кондитерських виробів «Солодкий тріумф-2013 2015, 2018» у рамках спеціалізованої виставки SWEETS & BAKERY Ukraine 2013, 2015, 2018 р.р.; Дипломами II ступеню на Всеукраїнському Конкурсі хлібобулочних та борошняних кондитерських виробів у номінації «Борошняні кондитерські вироби для здорового харчування».

Результати дисертаційної роботи впроваджено в освітній процес НУХТ під час викладання дисциплін «Біотехнологічні основи борошняних, кондитерських виробів та харчоконцентратів», «Технології кондитерських виробів», «Інноваційні технології борошняних, кондитерських виробів та харчоконцентратів», виконання курсових, дипломних проектів та магістерських робіт.

Особистий внесок здобувача полягає в аналізі стану проблеми, формулюванні наукової концепції роботи, її теоретичному та експериментальному підтвердженні, розробці програми досліджень та її реалізації, проведенні експериментальних досліджень та їх аналізі, формулюванні висновків, підготовці матеріалів до публікації та складанні заявок на винаходи, проведенні заходів з розробки і затвердження нормативної документації, впровадження розробок у виробництво і освітній процес.

Обговорення і узагальнення результатів досліджень проведено з науковим консультантом, д.т.н., професором Дорохович А.М.

Аналіз ряду досліджень проведено сумісно з к.ф.-м.н. Ніколовим О.Т., к.ф.-м.н. Горобченко О.О., к.х.н, Гончарук О.В., к.т.н., Грегірчак Н.М. У сумісних роботах автору належить наукове обґрунтування досліджень, підготовка об'єктів, участь у проведенні експериментів та аналіз і обробка одержаних результатів.

Низку досліджень виконано в процесі керування науковими роботами аспірантів Соколовської І.О., Звягінцевої-Семенець Ю.П., Матяс Д.С.

Апробація результатів роботи. Основні положення дисертаційної роботи доповідались на 72 наук. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів «Новітні технології, обладнання, безпека та якість харчових продуктів: сьогодення та перспективи» (м. Київ, НУХТ, 2010 р.), Международной научной конференции студентов и аспирантов «Техника и технология пищевых производств» (г. Могилев, МГУП, 2010), Міжнародній науково-практичній конференції «Новітні технології оздоровчих продуктів харчування XXI століття», (м. Харків: ХДУХТ, 2010), 78–83 Міжнародних наукових конференціях молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті» (НУХТ, м. Київ, 2012–2018 рр.), Науково-практичній конференції «Інноваційні технології кондитерських виробів спеціального призначення» (м Київ, НУХТ, 2012), Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Інноваційні технології в харчовій промисловості та ресторанному господарстві» (м. Харків, 2012 р.), «3rd EPNOE International Polysaccharide Conference «Polysaccharides and polysaccharide-derived products, from basic science to applications» (м. Ніцца, Франція, 2013 р.), XXIV Міжнародному Колоквіуму Інституту CEDIMES «Продовольча безпека» (м. Київ, 2013 р.), Міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій 130-річчю НУХТ «Нові ідеї в харчовій науці – нові продукти харчовій промисловості» (м. Київ, НУХТ, 2014 р.), 8th Central European Congress on Food 2016 — Food Science for Well-being (CEFood 2016): Book of Abstracts (К.: NUFT, 2016), CXXIX International Research and Practice Conference, II stage of the Championship in Physics and Mathematics, Chemistry, Earth and Space Sciences (London, 2016), Міжнародній науково-практичній конференції «Технології харчових продуктів і комбикорми» (м. Одеса, ОНАХТ, 2017).

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 50 наукових праць: 2 статті у складі колективних монографій (із них 1 – міжнародна), 20 у наукових фахових статтях (із них 5 – в іноземних виданнях інших держав, 15 статей у фахових виданнях України з технічних наук), 4 статті – в інших виданнях, 2 патенти України на винахід, 3 патенти України корисну модель, 21 теза і матеріали конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з двох томів. Том 1 включає вступ, 7 розділів, висновки, список використаних джерел. Матеріали дисертації викладено на 316 сторінках друкованого тексту, містять 59 рисунків і 84 таблиці. Список використаних джерел включає 456 найменувань. Том 2 включає додатки А-З, розміщені на 245 стор.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, викладено наукову концепцію і сформульовано мету та задачі досліджень, висвітлено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів, наведено відомості щодо реалізації та апробації роботи.

У розділі 1 «ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ЗНИЖЕННЯ ЦУКРОВІСТІ ТА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЦІННОСТІ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ» показано, що надмірне споживання кондитерських виробів як джерела легкодоступної енергії, слугує причиною багатьох неінфекційних хронічних захворювань; обґрунтовано можливість зменшити рецептурну кількість цукру і жиру в технологіях цукристих кондитерських виробів з пінною (емульсійно-пінною) і драгледоподібною структурою; узагальнено наукову інформацію щодо впливу цукрів на процеси формування драгледоподібних і пінних систем, участі жиру в стабілізації емульсійнопінних структур; визначений сучасний стан виробництва продукції з пониженим вмістом цукрів і проаналізовано розробки вчених щодо можливих шляхів вирішення означеної проблеми; розглянуті способи зменшення енергетичної цінності кондитерських виробів з емульсійно-пінною структурою.

Розділ 2 «ПЛАН, ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ» присвячений характеристиці етапів реалізації наукової концепції: визначенню основних напрямів і розробленні схеми проведення досліджень; підбору методів, визначенні предмету вивчення. При проведенні досліджень використана сировина, що відповідає вимогам діючої нормативної документації або сертифікатам відповідності санітарному законодавству України.

У роботі використовувались загальноприйняті та спеціальні методи досліджень. *Органолептичні, фізико-хімічні показники якості* (масову частку вологи, сухих речовин, загальну та активну кислотність, густину) визначали за стандартними методиками; *піноутворювальну здатність* (ПУЗ) – методом Лур'є, *стійкість піни* модельних систем і готової продукції – як відношення висоти стовпа піни до загальної висоти зразка, виражене у відсотках, *реологічні властивості* розчинів гідроколоїдів, модельних систем, напівфабрикатів і готової продукції – на ротаційному віскозиметрі Реотест-2; *діелектричні параметри* розчинів цукрів і модельних систем альбуміну, вершків з цукрами, модельних систем драгледів – методом НВЧ-діелектрометрії на частоті 9,2 ГГц. Методика полягає у вимірюванні змін частоти та добротності резонатора, що містить досліджуваний зразок, відносно частоти та добротності резонатора без зразка, та порівнянні їх з показниками еталона (дистильованою водою), діелектрична проникність якого відома. Для цього дослідний зразок об'ємом близько $0,1 \text{ см}^3$ набирають у тонкий скляний капіляр з внутрішнім діаметром 1,15 мм і встановлюють по центру уздовж осі симетрії резонатора в максимумі магнітної складової НВЧ-поля. Після введення зразка в резонатор змінюється діелектрична проникність середовища, що заповнює об'єм резонатора, змінюються його амплітудно-частотна і фазочастотна характеристики, зміщується резонансна частота. Діелектричні властивості досліджуваних розчинів характеризували за комплексною діелектричною проникністю (КПД) ε^* , яка виражається як $\varepsilon^* = \varepsilon' + i\varepsilon''$, де $i = \sqrt{-1}$, ε' – дійсна частина КПД, пов'язана із накопиченням енергії у речовині; ε'' – уявна частина, що враховує можливі діелектричні втрати енергії електричного по-

ля під час вимірювання. Стан води в системі характеризували за частотою діелектричної релаксації молекул води f_d і статичною діелектричною проникністю ε_s . Згідно величини частоти діелектричної релаксації молекул води f_d судили про структурованість молекул вільної води в розчині, оскільки зменшення частоти релаксації говорить про більш упорядковану структуру вільної води. Статична діелектрична проникність ε_s пов'язана із гідратацією речовин h , яку знаходили із рівняння:

$$h = \frac{1000(\varepsilon_0 - \varepsilon_s)}{\varepsilon_0 M c} \quad (1)$$

де: ε_0 – статична діелектрична проникність чистої води за $f_0=0$, M – молекулярна маса води, c – молярна концентрація розчиненої речовини.

Гідрофільність гідроколоїдів визначали індикаторним рефрактометричним методом; *ступінь набухання* полісахаридів – вимірюванням маси набухлих у водних і водно-спиртових розчинах пластинок полісахаридів, вираженим у відсотках; *кількість вільної та зв'язаної вологи* у модельних розчинах полісахаридів – за допомогою дериватографа Q-1500; *мікроструктуру пінних систем* – за допомогою оптичного тринокулярного мікроскопу; *сорбційні характеристики цукрів і готової продукції* – за допомогою сорбційно-вакуумної установки Мак-Бена; *кріоскопічну температуру* або температуру початку замерзання модельних систем кремів із вершків визначали на вимірювальному комплексі, розробленому науковцями кафедри теплоенергетики та холодильної техніки НУХТ. Для цього дослідні зразки у металевих бюксах поміщали в камеру заморожування за температури 255 °K (–18 °C), поміщали в кожен бюксу три термопари та реєстрували криві зміни температури зразків. За отриманими кривими визначали $t_{кр}$ і розраховували кількість вимороженої води, w %, яку характеризували як вільну. *Пружно-пластичні характеристики* готових виробів – на структуромері СТ–1; *рентгенофазові дослідження* кремів – на рентгенівському дифрактометрі ДРОН – 3М (вимірювання CuK, U=30kV, I=20mA, t=3сек). *Температурою застигання драглів* визначено температуру, за якої здійснюється повне видиме застигання драглів; *температурою їх плавлення* – температуру, за якої починається плавлення драглю; *час драглеутворення полісахаридів і структурно-механічні показники драглеподібних систем* – методом тангенціального зсуву пластинки (Вейлера-Рєбіндера). *Доклінічні дослідження структуроутворювачів та їх комплексів* проводили на лабораторних щурах; *показник глікемічності* розраховували за методикою Дорохович А.М., яка полягає у його математичному розрахунку з урахуванням поіменної кількості вуглеводів у 100 г харчового продукту та їх глікемічного індексу; *активність води* – на портативному вимірювачі LabSwift-aw. При *мікробіологічному контролі* кондитерських виробів визначали кількість мезофільних, аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів (КМАФАіМ), дріжджів, цвілі, бактерій групи кишкових паличок (БГКП), стафілококів, патогенних мікроорганізмів, у тому числі сальмонели.

Для обробки результатів експериментів використано: перевірка однорідності дисперсій – критерій Кохрена; значимість коефіцієнтів регресії – критерій Стюдента; адекватність рівнянь – критерій Фішера. Статистичну обробку значень фізико-хімічних показників розчинів цукрів здійснювали методом багато-

факторного дисперсійного аналізу і програми MailEffectsANOVA. Обробка результатів проводилась в програмному забезпеченні: Microsoft Office 2007, Excel XP, ImageJX-40гта, MathCad 11, Mathcad Prime 3.0, Clarity Chrom, Origin Pro8.

У розділі 3 «**НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МЕХАНІЗМІВ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ПІНО- І ДРАГЛЕПОДІБНИХ КОНДИТЕРСЬКИХ СИСТЕМ З РІЗНИМИ ВИДАМИ ЦУКРІВ**» наведені результати визначення фізико-хімічних показників моно- і дисахаридів, запропонованих для застосування (глюкози, фруктози, тагатози, сахарози, лактулози), та їх розчинів, які поглиблюють існуючі наукові дані та дозволяють пояснити відмінності їх впливу на функціональні властивості структуроутворювачів.

Визначено, рис.1, що початкова розчинність цукрів ($t = 25\text{ }^\circ\text{C}$) суттєво відрізняється, що пов'язано з різними силами внутрішнього зчеплення їх молекул у кристалічну решітку. За підвищення температур показник зростає, але найбільшою мірою (на 85 %) – у глюкози, що пояснюється конформаційним перегрупуванням структури її розчину, нарощуванням фуранозних циклічних форм

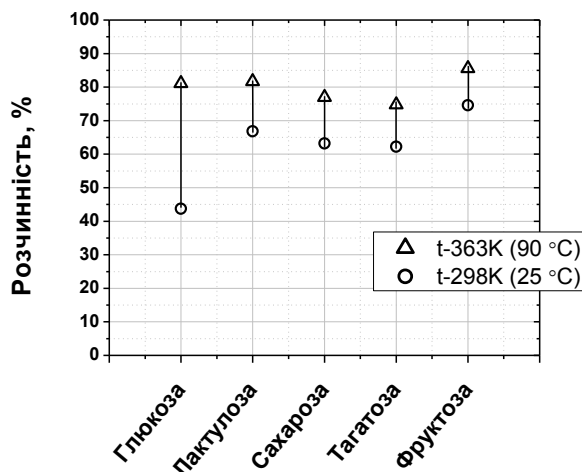


Рисунок 1. Розчинність цукрів

молекул і зміщенням таутомерної рівноваги у бік вищих температур. Оскільки підвищення розчинності пов'язано з наявністю вільних молекул води, припускаємо, що молекула цукру у фуранозній циклічній формі здатна утворювати зв'язок із меншою кількістю молекул води порівняно з молекулою цукру, що знаходиться у піранозній циклічній формі.

Дослідження сорбційних властивостей цукрів підтвердили найбільшу силу зв'язування молекул у кристалічній решітці глюкози, оскільки початок сорбції для її молекул відбувається за найбільшого тиску адсорбтиву серед дослідних цукрів; найвищу сорбційну здатність проявляють фруктоза і лактулоза.

Процес десорбції для всіх цукрів відбувається не повною мірою, залишаючи в зразках воду, міцно утримувану гідратною оболонкою молекул цукру: за $P/P_s < 0,02$ частка адсорбційно зв'язаної вологи сахарозою складає 13,7 %, лактулозою – 12,7 %, глюкозою – 6,3 %, фруктозою – 9,3 %, тагатозою – 9,6 %. Це указує на більшу кількість води (у 1,4...2,1 рази), зв'язану мономолекулярним шаром дисахаридів порівняно з моносахаридами.

Доведено, що для цукрів з однаковою молекулярною масою існує прямий взаємозв'язок між розчинністю, кінематичною в'язкістю і поверхневим натягом (ПН) їх розчинів: розчини лактулози, яка має більшу розчинність за сахарозу, характеризуються вищою в'язкістю і більшими значеннями ПН на границі розділу фаз, а розчини фруктози – за розчини глюкози і тагатози, рис.2.

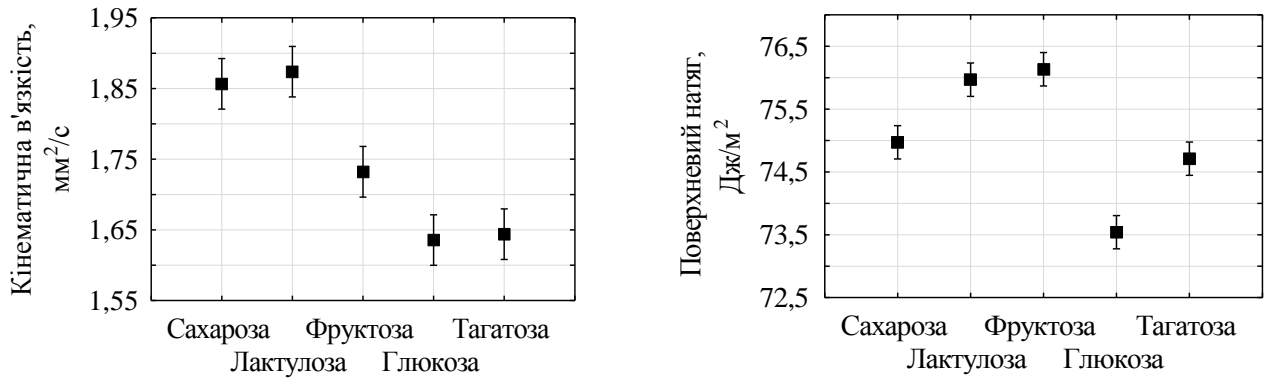


Рисунок 2. Результати багатфакторного дисперсійного аналізу значень кінематичної в'язкості (С, % – 5...50; t, К (°С) – 298...323 (25...55)) і ПН розчинів цукрів (С, % – 10...50, t, К (°С) – 283...303 (10...30))

Методом НВЧ-діелектрометрії вивчені діелектричні властивості розчинів цукрів і доведено, що цукри утримують значну кількість молекул води, утворюючи гідрати. На це указують суттєво нижчі значення комплексної діелектричної проникності (КДП) розчинів цукрів порівняно з КДП води, табл. 1. Поряд з цим, вид цукру суттєво змінює кількість зв'язаної води в розчині. Доведено, що числа гідратації дисахаридів перевищують числа гідратації моносахаридів завдяки їх більшій молекулярній масі й більшій кількості гідроксильних груп.

Для цукрів однакової молекулярної

Таблиця 1 – Діелектричні параметри розчинів цукрів (С, % – 20; t, К (°С) 300 (27±0,5 °С))

маси відмінності пов'язані із особливостями конформаційної будови молекули, які накладають відбиток на її здатність формувати водневі зв'язки. Так, будова

Розчин	Гідратація цукру, h ,		Частота релаксації вільної води, f_D , ГГц
	г/г	моль/моль	
вода	–	–	19,1
сахарози	0,53±0,1	12,2±0,1	13,3±0,1
лактулоси	0,52±0,1	12,1±0,2	13,2±0,1
глюкози	0,46±0,1	5,6±0,1	12,9±0,1
фруктози	0,41±0,1	5,0±0,1	13,0±0,1
тагатоzi	0,46±0,1	5,7±0,1	12,7±0,1

глюкози, тагатоzi і фруктози за однакової молекулярної маси і хімічної формули в розчинах суттєво відрізняється. Глюкозі в рівноважному стані притаманна піранозна форма циклічності, а у розчинах фруктози є не менше 25% фуранозних циклів. Оскільки числа гідратації фруктози є меншими у порівнянні з глюкозою, підтверджується, що фуранозна форма циклічності зменшує здатність молекули цукру зв'язувати воду, підвищуючи тим самим розчинність цукру. Отже, цукри, у структурі розчину яких утворюються фуранозні цикли молекул, проявлятимуть вищу розчинність, чим збільшуватимуть в'язкість середовища і поверхневий натяг.

Встановлено, що підвищення температури розчину зменшує гідратацію цукрів внаслідок збільшення активності диполів води і ускладнення утворення водневих зв'язків. Також гідратація зменшується з підвищенням концентрації розчину як наслідок можливих взаємодій молекул цукрів між собою. Беручи до уваги, що найбільш повна гідратація цукрів відбувається за їх мінімальних концентрацій в розчинах, коли ефект можливих взаємодій наближається до нуля, проведено ек-

страполяцію залежностей чисел гідратації цукрів у бік найменших концентрацій цукрів в розчинах і визначено найбільш точні значення гідратації: для сахарози – $13 \pm 0,1$ моль/моль або $0,63 \pm 0,01$ г/г; для глюкози – $6,4 \pm 0,1$ моль/моль або $0,56 \pm 0,01$ г/г; для фруктози – $5,6 \pm 0,1$ моль/моль або $0,5 \pm 0,01$ г/г.

Встановлено, що в дослідних розчинах цукрів понижується частота релаксації вільної води f_D , – води, яка не входить до мономолекулярного шару гідратної оболонки цукру. За характером структури вільна вода в розчинах цукрів більш упорядкована й щільна порівняно з чистою водою.

Особливості взаємозв'язку цукрів з водою відображаються на функціонально-технологічних властивостях структуроутворювачів драгледобібних і пінних систем. Вплив цукрів на функціонально-технологічні властивості драгледобібних (Н- і L-пектинів, агару, к-каррагінану) оцінений комплексно, за взаємозв'язком між параметрами драгледобіблення, станом води в системі і структурно-механічними характеристиками драгледобібів. Цукри в драгледобібах замінювались еквівалентно за СР; лактулозу використано в системах з сахарозою, глюкозою, фруктозою в кількості 10 г на заміну основного цукру (в максимально рекомендованій добовій нормі споживання).

З'ясовано, табл. 2, що драгледобіби з моносахаридами повільніше структуруються за драгледобіби з сахарозою, характеризуються нижчими температурами як застигання, так і плавлення.

Таблиця 2– Параметри драгледобіблення полісахаридів з цукрами

Характеристика драгледобібу	Тривалість драгледобіблення, хв		Температура застигання, °С		Температура плавлення, °С	
		+10 г лактулози		+10 г лактулози		+10 г лактулози
Агар, сахароза	127	158	35,5	33,5	98,5	97,5
глюкоза	140	177	31,5	29,5	93,0	91,0
фруктоза	229	297	26,5	25,0	89,5	87,0
тагатоza	158	-	30,0	-	92,5	-
К-каррагінан, сахароза	38	56	57,0	56,0	87,0	86,0
глюкоза	59	116	50,0	48,0	76,0	74,5
фруктоза	93	159	45,0	44,0	70,0	68,5
тагатоza	51	-	49,0	-	74,0	-
Н-пектин, сахароза	137	126	42,0	41,5	>100	99,5
глюкоза	151	141	38,5	37,0	>100	98,0
фруктоза	182	181	29,0	28,5	>100	96,0
тагатоza	162	-	32,0	-	>100	-
L-пектин, сахароза	150	184	39,0	38,5	>100	100,0
глюкоза	213	261	30,5	29,5	>100	98,0
фруктоза	246	295	26,0	25,0	>100	95,0
тагатоza	222	-	29,0	-	>100	-

Введення лактулози, цукру з іншою конформацією молекул, іншою гідратаційною здатністю і іншою розчинністю, викликає дисбаланс у внутрішньому структуроутворенні і будові драгледобібів, подовжуючи тим самим час драгледобіблення, знижуючі як температури застигання, так і плавлення. Виключення має лише система з Н-пектином, яка структурується дещо швидше, практично не змінюючи при цьому температуру застигання.

З'ясовано, що сформовані драгледобіби мають відмінності значень модулів мит-

тевої пружності й еластичності (за $P=0$), характеризуються різними деформаційними змінами під дією прикладеного навантаження. Так, драглі з сахарозою в будь-якій системі мають вищий модуль миттєвої пружності за драглі з моносахаридами, що характеризує їх як найбільш пружні.

Драглі з моносахаридами піддаються руйнуванню більшою мірою (за загальною деформацією). Виключенням є агарові, у яких загальна деформація драглів з сахарозою у 1,5 рази вища порівняно з драглями з глюкозою, фруктозою і тагатою, що пояснюється співвідношенням основних видів деформації. А саме, в агарових драглях з сахарозою найбільшу частку складає пружна деформація, драглі тверді, але крихкі й легко руйнуються. Драглі з моносахаридами характеризуються вищою еластичністю, у зв'язку з чим витримують більші навантаження.

Додавання лактулози на заміну основного цукру (сахарози, фруктози, глюкози) зміцнює драглеподібну систему в цілому лише агроподібних речовин, що пов'язано зі збільшенням в'язкості й густини дисперсійного середовища: сила навантаження драглів агару з сахарозою, глюкозою і фруктозою збільшується на 11 %; драглів к-карагінану з сахарозою – на 13 %, з глюкозою і фруктозою на 19 і 5 %, відповідно. Драглі Н-пектину з сахарозою, навпаки, при додаванні лактулози зменшують міцність на 33 %, а з глюкозою і фруктозою спостерігається аналогічне до агарових полісахаридів збільшення міцності – на 22 і 8 %. Драглі L-пектину за додавання лактулози зменшують міцність і максимально витримуване навантаження.

Результати КДП драглів довели, що цукри в усіх драглеподібних системах завдяки високим концентраціям зв'язують воду більшою мірою, ніж полісахариди, і звідси, – впливають на їх структурно-механічні властивості. Так, КДП води в присутності агару і карагінану зменшується на 1,5 і 0,99 %, відповідно, а введення цукрів понижує показник на 26...28 % (для драглів агару) і на 27,4...29,4% (для драглів карагінану). Під впливом L і Н-пектинів КДП зменшується на 1,7 і 2 %, а з цукрами – на 16,3...18,6 % (для драглів L-пектину) і на 18...20 % (для драглів Н-пектину).

З'ясовано, що механізм драглеутворення полісахаридів впливає на гідратацію цукрів у драглях. В процесі формування драглеподібної структури молекули цукрів розташовуються в міжланцюговому просторі полісахариду і конкурують з ним за утворення водневих зв'язків. Встановлено, що серед всіх дослідних систем гідратація цукрів більшою мірою відбувається в драглях Н-пектину, оскільки в механізмі цукрово-кислотного драглеутворення гідратація низькомолекулярних вуглеводів сприяє встановленню зв'язку між ланцюгами полісахариду.

Наявність речовин (іонів солей), які сприяють об'єднанню макромолекул L-пектину і к-карагінану, пришвидшує драглеутворення і суттєво обмежує гідратацію цукрів. Також значною мірою зменшує гідратацію цукрів агар, який формує структуру драглів завдяки численним водневим зв'язкам.

Незалежно від виду модельної драглеподібної системи цукри зберігають однакові позиції за числами гідратації: найбільшими характеризуються дисахариди сахароза і лактулоза, дещо меншими – моносахариди, – тагатою, глюкоза, фруктоза.

Ступінь впливу цукрів на функціональні властивості яєчного альбуміну (ЯА) і молочних білків оцінювали за піноутворювальною здатністю (ПУЗ), стійкістю піни (СП), змінами діелектричних параметрів систем.

Встановили, що вплив цукрів на процес піноутворення овальбуміну визначається двома основними факторами: розчинністю цукрів, яка обумовлює ПН і кінематичну в'язкість їх розчинів, та взаємодією гідроксильних груп цукрів з полярними групами амінокислот білка у мономолекулярному шарі, що суттєво впливає на гідратацію овальбуміну.

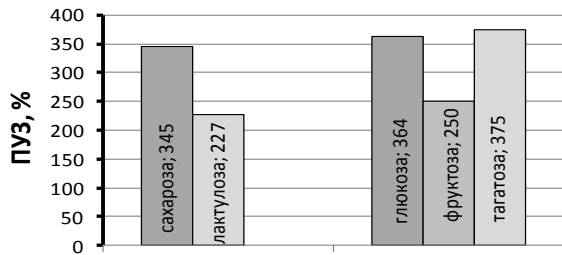


Рисунок 3. Параметри піноутворення яєчного альбуміну

(Нм 1:7, С цукру, % – 50;
t, К (°C) – 298 (25) ± 2)

Із результатів піноутворення яєчного альбуміну, рис.3, видно, що за однакових умов моносахариди в цілому мають дещо вищі показники ПУЗ у порівнянні з дисахаридами. У середині кожної групи цукрів, однакових за молекулярною масою, відмінності пов'язані, з розчинністю: цукри з більшою розчинністю, виявляють негативніший вплив на розвиток піни. Як наслідок, розчини яєчного альбуміну з лактулозою і фруктозою мають найменшу серед інших зразків ПУЗ, – 227 і 250 %, відповідно.

Аналіз діелектричних параметрів розчинів яєчного альбуміну з цукрами доводить, що вплив цукрів на стан води в системі є більш значущим порівняно з альбуміном: цукри більшою мірою зв'язують воду і тим самим обмежують гідратацію ЯА. У загальному відгуку системи на електричне поле частка впливу цукрів складає $\approx 73...76$ % (за частотою релаксації) і $68...70$ % (за дійсною частиною КДП (ϵ')), табл. 3.

Але, завдяки численним гідрофільним зв'язкам молекули білка й цукру здатні приєднувати не тільки диполі води, але й контактувати між собою, що призводить до включення молекул цукру в адсорбційні шари білка. Швидший контакт відбудеться з молекулами меншої молекулярної маси;

Таблиця 3 – Діелектричні параметри розчинів яєчного альбуміну з цукрами (С, % – 20; t, К (°C) 300,8 (27,8±0,1 °C))

Зразок	Гідратація, h, г/г	Частота релаксації, f_d , ГГц	КДП ϵ' дійсна частина
H₂O	-	19,6±0,2	65,0±0,5
альбумін	-	17,4±0,2	56,8±0,5
альбумін, сахароза,	0,52±0,01	12,1±0,2	40,8±0,5
альбумін, лактулоза	0,51±0,01	11,6±0,2	39,8±0,5
альбумін, глюкоза	0,42±0,01	11,6±0,2	40,9±0,5
альбумін, фруктоза	0,37±0,01	11,6±0,2	41,6±0,5
альбумін, тагатоza	0,43±0,01	11,4±0,2	40,2±0,5

більші – переважно виключатимуться із простору навкруги білкової молекули і він збагачуватиметься молекулами води. Це забезпечує молекулам моносахаридів більший доступ до альбуміну й між ними більш вірогідні взаємозв'язки порівняно з дисахаридами. Такий висновок узгоджується з невисокими числами гідратації моносахаридів у порівнянні з дисахаридами в середовищі ЯА. Значна

кількість молекул дисахаридів знаходитимуться у водному просторі навкруги білкової молекули і характеризуватимуться більшою дегідратуючою здатністю по відношенню до білка, ніж молекули моносахаридів і, відповідно, більшою мірою зменшуватимуть його ПУЗ.

Показники якості піноутворення молочних вершків з цукрами, рис.4., показали, що найбільша збитість системи проявляється в зразках із сахарозою (259 %) та глюкозою (252 %), розчини яких характеризуються меншою в'язкістю і, відповідно, меншим поверхневим натягом.

За допомогою діелектричних параметрів дослідних розчинів (за зменшенням дійсної частини КДП, ϵ') з'ясовано, що зв'язування води більшою мірою проявляється у вершках з лактулозою порівняно зі зразками з сахарозою, а серед систем з моносахаридами найбільший ступінь зв'язування відмічений для вершків з тагатозою. Тобто, прослідковується взаємозв'язок більшої зв'язаності води з найменшими значеннями збитості вершків: з лактулозою – 233%, з тагатозою – 226 %.

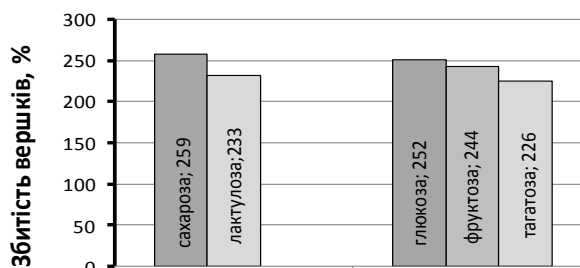


Рисунок 4. Параметри піноутворення вершків коров'ячих 20 % жирності

(С цукру, % t, К (°C) – 283 (10) ±2)
у співвідношенні з цукрами 4:1.

Визначено, що всі системи розшаровуються у часі; через дві години зразки втрачають близько 40 % піни (кінцева стійкість піни з сахарозою – 64 %, з лактулозою – 60 %, з глюкозою – 68 %, з фруктозою – 60 %, з тагатозою – 56 %), що підтверджує значущу роль жиру у закріпленні збитої системи. Тому, використання молочних вершків з вмістом жиру 20 %, які досліджувались у модельних системах як потенційна сировина для продукції із зменшеною енергетичною цінністю, потребує додаткової стабілізації збитої структури шляхом введення структуроутворювачів, – гідроколоїдів, здатних підвищувати в'язкість дисперсійного середовища.

У розділі 4 «НАУКОВІ ПІДХОДИ ДО ЗМЕНШЕННЯ ЦУКРОВМІСТУ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ ДРАГЛЕПОДІБНОЇ СТРУКТУРИ НА ПРИКЛАДІ ЖЕЛЕЙНОГО МАРМЕЛАДУ» надано наукове обґрунтування можливому зменшенню ЦБК, глюкози і фруктози при формуванні драглеподібної структури желейного мармеладу на різних гідроколоїдах – агарі і к-карраганіні, Н- і L-пектинах, установлений вплив лактулози і тагатози на загальне структуроутворення систем.

При обґрунтуванні раціонального вмісту ЦБК, глюкози, фруктози в рецептурах желейного мармеладу враховували органолептичні показники і загальну деформацію зразків, якими вони характеризувались при зменшенні вмісту цукрів. За основу взято рецептуру желейного формового мармеладу на агарі і пектині, кількість цукру в яких складає близько 60 %. Глюкозу і фруктозу використовували на заміну ЦБК з урахуванням вмісту СР. Встановлено, що в рецептурах на *агарових полісахаридах* виражена солодкість зберігається при зменшенні

сахарози приблизно на 40 % (з 60 до 35 г/100 г продукту; глюкози – на 25 % (з 60 до 45 г/100 г продукту); фруктози – на 58 % (з 60 до 25 г/100 г продукту). Гранично допустимою межею зменшення вмісту цукрів в драглях з *L*- і *H* пектинами є: для сахарози і глюкози – 35 г/ 100 г, для фруктози – 20 /100 г продукту (для *H*-пектину – фруктози 25 /100 г продукту). При цьому в усіх зразках відбувається погіршення структури: загальна деформація збільшується на 10,7 %...26,41 % (для виробів на агарі, залежно від цукру), на 47,6 %...67,8 % (на каррагінані), на 19,7 51,2 % (на *L*-пектині) і на 19,5...38,1 % (на *H*-пектині).

Корегування структурно-механічних властивостей готового мармеладу, відновлення вмісту сухих речовин здійснювали використанням функціонально-технологічного наповнювача полідекстрази, а також введенням фруктових й овочевих пюре (обліпихового, тернового, кизилового, чорносмородинового, червоносмородинового, гарбузового, полуничного, малинового, ожинового), які завдяки харчовим волокнам, в тому числі й пектиновим речовинам, сприяли зміцненню структури мармеладу. До того ж, органічні кислоти, що містить пюре, зменшують загальні рецептурні витрати кислоти, а натуральні ароматичні й фарбувальні речовини урізноманітнюють смакову та кольорову гаму мармеладу без використання есенцій і барвників.

Поряд з цим, вивчено питання кристалізації глюкози в мармеладних масах з вмістом СР понад 70 %. Установлено, що вирішенню проблеми небажаного процесу сприятиме додавання патоки мальтозної (вміст РР – 75,4 %) з найменшим серед всіх різновидів крохмальних сиропів вмістом глюкози в якісному складі РР (мальтози – 57,2 %, глюкози – 18,2%) у співвідношенні з глюкозою 0,8...0,9:1.

Оптимізацією рецептурного складу мармеладу з пониженим вмістом цукрів, в якій використано міцність драглів мармеладу (*У*) як критерій, а кількість цукру (X_1), г, кількість пюре (X_2), г, і кількість кислоти (X_3), см³ (г) – факторами, визначили співвідношення його основних рецептурних компонентів. Встановлено, що оптимізований склад мармеладу дозволяє отримувати продукцію, яка за міцністю не поступається традиційним аналогам, рис.5.

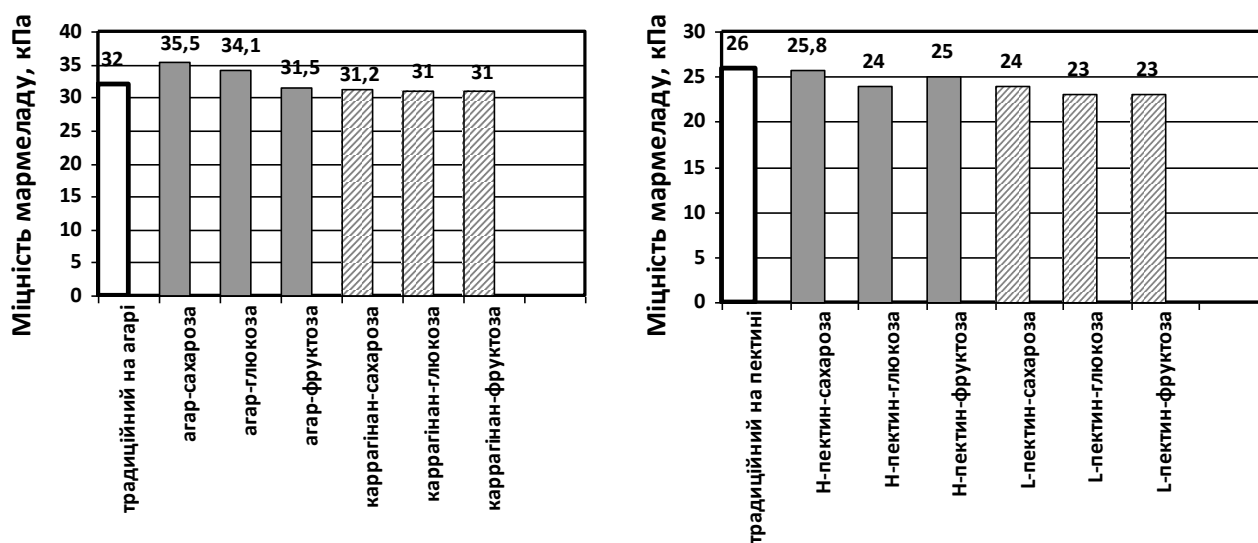


Рисунок 5. Міцність мармеладних драглів

Тому розраховані співвідношення слугували основою розроблення рецептур.

Залучення цукрів-пребіотиків – лактулози і тагатози з метою удосконалення технологій мармеладу спеціального призначення передбачало їх введення на заміну основного цукру (ЦБК, глюкози або фруктози) в максимальній кількості від рекомендованої норми споживання: лактулози (10 г/100г) і тагатози (30г/100г). При цьому лактулозу введено в усі розроблені позиції мармеладу (з сахарозою, глюкозою, фруктозою), а тагатошу – до виробів лише з сахарозою. Введення тагатози в рецептури з глюкозою значно зменшить її енергетичну цінність, що є протиріччям доцільності розроблення продукції з глюкозою (для активного відновлення енергії). У виробках з фруктозою за додавання тагатози додатково збільшиться собівартість.

З метою внесення корегувань в параметри технологічного процесу виробництва мармеладу з пониженим вмістом цукрів визначили час і швидкість його структуроутворення, табл. 7.

Таблиця 7 – Параметри структуроутворення мармеладу за t=10-15°C

Основний склад зразку мармеладу	Час драглетування, хв	Гранична напруга зсуву, кПа	Швидкість драглетування, кПа/хв	Пружно/пластична деформація, %
агар з				
сахарозою	120	3,91	0,0040	66,67/33,33
глюкозою	120	2,93	0,0026	55,56/44,44
фруктозою	120	1,62	0,0011	45,16/54,84
сахарозою і лактулозою	180	4,09	0,0036	36,54/63,46
глюкозою і лактулозою	180	2,62	0,0019	26,09/73,91
фруктозою і лактулозою	180	1,49	0,0006	22,22/77,78
сахарозою і тагатошою	120	1,53	0,0010	48,28/51,72
каррагінан з				
сахарозою	60	3,17	0,0075	51,61/48,39
глюкозою	60	2,72	0,0046	51,43/48,57
фруктозою	60	1,71	0,0036	42,50/57,50
сахарозою і лактулозою	60	3,44	0,0067	44,83/55,17
глюкозою і лактулозою	60	2,53	0,0041	42,42/57,58
фруктозою і лактулозою	90	1,62	0,0028	40,00/60,00
сахарозою і тагатошою	60	1,49	0,0046	51,16/48,84
Н-пектин з				
сахарозою	20	2,93	0,0100	27,87/72,13
глюкозою	20	3,58	0,0140	28,00/72,00
фруктозою	20	3,91	0,0165	31,25/68,75
сахарозою і лактулозою	20	2,72	0,014	16,92/83,08
глюкозою і лактулозою	20	3,91	0,0165	28,57/71,43
фруктозою і лактулозою	20	4,71	0,0215	37,88/62,12
сахарозою і тагатошою	20	3,44	0,0135	30,77/69,23
Л-пектин з				
сахарозою-	20	1,93	0,0056	28,40/71,60
глюкозою	20	2,06	0,0065	25,88/74,12
фруктозою	30	1,87	0,0036	24,42/75,58
сахарозою і лактулозою	20	1,87	0,0055	17,24/82,76
глюкозою і лактулозою	20	1,71	0,0025	20,41/79,59
фруктозою і лактулозою	30	1,62	0,0030	21,36/78,64
сахарозою і тагатошою	30	1,77	0,0036	20,00/80,00

За постійними значеннями граничної напруги зсуву, яких набували мармеладні маси в процесі вистоювання, встановлено, що весь асортимент запропонованого мармеладу потребує подовженого часу вистоювання порівняно з традиційними виробами: на агарі – з 60 до 120 хв (з лактулозою – до 180 хв), на каррагінані – з 30 до 60 хв (з фруктозою і лактулозою – до 90 хв), на Н-пектині – з 12-15 хв до 20 хв). Це пов'язано зі збільшенням у його хімічному складі кількості високомолекулярних сполук (полідекстрози, а в мармеладі на глюкозі – декстринів у складі мальтозної патоки), які мають високу гідратуючу здатність, чим сповільнює драглеутворення полісахаридів. Для драглів Н-пектину несуттєво збільшується час структуроутворення, але серед всіх дослідних зразків вони характеризуються найбільшою швидкістю формування структури.

За даними пружно-пластичної деформації зразків відзначено, що як і в традиційних виробках, мармелад на агарі і к-каррагінані відрізняється більш пружними властивостями, на пектинах – більшою пластичністю.

Вираженого негативного впливу цукрів з пребіотичними властивостями на структурно-механічні показники мармеладу і процес структуроутворення не виявлено. Внесення лактулози і тагатози вносить зміни в загальну гідратаційну здатність системи, змінює кількість зв'язаної води, що впливає на швидкість драглеутворення й спричиняє незначне послаблення або посилення міцності структури драглів. Наприклад, *додавання лактулози* до драглів на *агарових полісахаридах* укріплює структуру в зразках з сахарозою, а в зразках з глюкозою і фруктозою, – послаблює. *Мармелад на L-пектині* зменшує свою міцність в усіх зразках. *В мармеладних драглях на Н-пектині* спостерігаються обернені залежності – мармелад з частковою заміною сахарози на лактулозу послаблює структуру, а глюкози і фруктози – посилює.

Використання тагатози виявляє аналогічний вплив на драглеутворення і структуру драглів: на агарових полісахаридах і L-пектині з усіма видами основного цукру швидкість драглеутворення сповільнюється, на Н-пектині – драглеутворення відбувається швидше. Заміна частини сахарози на тагатозу спричиняє послаблення структури драглів на агарі – в 2,6 разів, на к-каррагінані – в 2,13 рази, на L-пектині – в 1,1 рази. Для Н-пектину заміна частини сахарози на тагатозу, навпаки, сприяє зміцненню структури.

З метою обґрунтування параметрів і режимів відливання мармеладних мас визначили їх ефективну в'язкість за температур, близьких до температур відливання (для агарових – 55 ± 3 °С; для к-каррагінанових – 75 ± 3 °С, для пектинових – 80 ± 3 °С). Для кожної системи підібрано діапазон значень градієнту зсуву, в яких ефективна в'язкість системи має значення, що забезпечують її придатність для транспортування: *для агарових мармеладних мас з глюкозою і сахарозою* $\gamma - 10 \dots 20 \text{ с}^{-1}$, зразки з фруктозою, з сахарозою і лактулозою внаслідок меншої в'язкості структури можна перекачувати за нижчих температур; мармеладним масам *на каррагінані* рекомендовані традиційні режими – за $\gamma - 5,4 \text{ с}^{-1}$, але для зразків з фруктозою допускаються нижчі температури внаслідок меншої ефективної в'язкості; рекомендованим інтервалом градієнту зсуву мас *на Н-пектині* є $\gamma - 5,4 \dots 8 \text{ с}^{-1}$, при цьому температура транспортування мас з моносахаридами може бути підвищеною; часткова заміна цукрів на лактулозу викликає послаблення структури в зразках на глюкозі і фруктозі, у зв'язку з чим

можливо зменшити температуру перекачування; для зразків з *L-пектином* рекомендованим інтервалом значень градієнту зсуву є $\gamma - 5,4 \dots 8,1 \text{ c}^{-1}$, але транспортування мас на глюкозі може здійснюватись за нижчих температур. При додаванні лактулози до зразків з глюкозою ефективна в'язкість підвищується в 1,5 рази, що викликає необхідність використання вищих температур транспортування за обраного режиму.

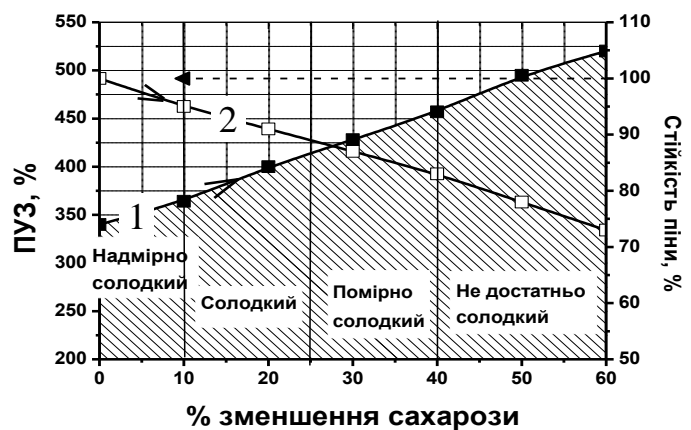
У розділі 5 «**НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЗМЕНШЕННЯ ЦУКРОВМІСТУ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ З ПІННОЮ СТРУКТУРОЮ НА ПРИКЛАДІ БІЛКОВИХ КРЕМІВ**» наведено експериментальні дослідження з обґрунтування можливого зменшення цукровмісту в рецептурах білкових кремів як прикладі пінної системи ЯА; визначені наукові підходи до забезпечення агрегативної стійкості дисперсних систем із зменшеним цукровмістом, оптимізації їх рецептур.

Можливість зменшення цукру в білкових кремах обґрунтовується трьома факторами: впливом на ПУЗ, на стійкість піни і органолептичні показники продукції, рис 6. Традиційною рецептурою сирцевого білкового крему передбачено введення до 70 % ЦБК, який забезпечує його агрегативну й мікробіологічну стійкість.

Експериментально встановлено, що із зменшенням концентрації цукру (з кроком 10 %) суттєво збільшується ПУЗ яєчного білку і зменшується стійкість утвореної піни, що пояснюється зменшенням в'язкості дисперсійного середовища. Проте, за відчуттям солодкості рекомендовано зменшити рецептурну кількість сахарози на 25%, глюкози – на 20%, фруктози – на 40 %.

З метою забезпечення агрегативної стійкості отриманих систем перспективним вважали застосування сумісної дії пектину і альгінату натрію, оскільки докладних досліджень по використанню їх комплексної дії для стабілізації пінних структур харчових продуктів в інформаційних джерелах не виявлено. За змінами ПУЗ, стійкості і густини отримуваної піни ЯА (залежно від часу внесення гідроколідів, їх концентрації, від поодинокого введення або у комплексі) встановили, що внаслідок можливих гідрофобних взаємодій при введенні Н-пектину на 3-4 хв збивання, а АН – на 7-8 хв (за загальним часом 10 хв) досягається підвищення ПУЗ і абсолютна стійкість піни. Оптимізація результатів повнофакторного експерименту довела ефективність сумісного використання Н-пектину і АН за співвідношень 0,6%:0,4%.

Встановлено, що внесення полісахаридів у комплексі забезпечує більш



Рисунки 6 – Визначення раціонального зменшення вмісту цукру в білкових кремах

1 – залежність ПУЗ яєчного альбуміну від вмісту цукру; 2 – залежність стійкості піни яєчного альбуміну від вмісту цукру

міцну молекулярну структуру їх колоїдного розчину, оскільки при сумісному введенні добавок показники динамічної в'язкості, міцності утвореної в системі введенні показники в'язкості надмолекулярної структури, міцності утвореного структурного каркасу у 3-4 рази вищі, ніж у розчинів з поодиноким використанням гідроколоїдів. Дериватографічними дослідженнями встановлено вищий ступінь зв'язування води комплексом.

Корегування структури білкових кремів з пониженим вмістом цукрів за допомогою комплексу полісахаридів встановлювали за показниками стійкості упродовж 6 діб (максимальний термін зберігання кремів на ЯА), густини піни, ПУЗ, таблиця 8. Зразки кремів готували збиванням ЯА (відновленого з гідромодулем 1:8) з комплексом пектину і альгінату натрію (1% до маси ЯБ).

Таблиця 8 – Показники якості білкових кремів з комплексом гідроколоїдів

Склад зразку	ПУЗ, %	Стійкість піни, %	Густина, кг/м ³	W, %
ЯА, сахароза (-25 %)	425 ± 7	100,0	487, 0± 10	32,0± 0,5
ЯА, глюкоза (-20 %)	415± 7	100,0	510,0± 10	36,0± 0,5
ЯА, фруктоза (-40 %)	400 ± 5	96,1	534,0± 10	38,0± 0,5

З'ясовано, що в зразках із зменшеним вмістом сахарози і глюкози піна залишається стабільною упродовж терміну вистоювання. Густина крему зменшується, що пояснюється зменшенням концентрації СР, але показник знаходиться в межах норм, передбачених технологічною інструкцією – 480-520 кг/м³. Негативним фактором якості крему з глюкозою стало збільшення масової частки вологи до 36 %, що не відповідає вимогам нормативної документації (за ДСТУ «4803:2013 «Торти і тістечка» не більше 30 ± 2 %), і поява кристалічної твердої фази, що цілком унеможливує споживання продукції.

У зразка з фруктозою спостерігається розшарування системи, – показник стійкості зменшується на ≈ 4 %, що пов'язано із значним зняттям сухих речовин в системі, а також підвищується масова частка вологи в системі – до 38 %.

Означені проблеми вирішували шляхом індивідуального підходу до оптимізації рецептурного складу білкових кремів з кожним конкретним видом цукру. Удосконалення рецептурного складу білкових кремів із зменшеним вмістом ЦБК передбачило, насамперед, розроблення математичної моделі для залежності структурно-механічних показників піни (міцності надмолекулярної структури, пластичності, загальної деформації, м'якості й стійкості) від рН дисперсійного середовища. Встановлено, що рН_{опт} для крему білкового з комплексом Н-пектину і АН відповідає 5...5,5. Забезпечення необхідних показників активної кислотності досягнуто введенням пюре з ягід чорниці і обліпихи в концентраціях 17-20% і 16-20%, відповідно, до маси крему. Визначено, що фізико-хімічні показники кремів з удосконаленим рецептурним складом відповідають вимогам нормативної документації і наближаються до базового зразка; креми не містять вкраплень ЦБК, структурно-механічні показники знаходяться в межах показників традиційних виробів, табл. 9.

Незалежно від виду внесеного пюре, білково-полісахаридний комплекс розроблених кремів забезпечує вищі значення ефективної в'язкості структури крему, міцності утвореної надмолекулярної структури, що підтверджується реологічними дослідженнями.

Таблиця 9 – Показники якості білкових кремів з сахарозою

Показник	БК кон- троль	БК із зменшеним вмістом ЦБК і пюре обліпихи	БК із зменшеним вмі- стом ЦБК і пюре чорниці
Густина, кг/м ³	528	509±5	514±5
МЧВ,%	26 ±2	30 ±2	30 ±2
Стійкість,%	100	100	100
pH	5,3	4,7	5,1
Пластичність,%	20,0	15,3	26,0
Модуль пружності, Па	374,4	396,1	370,5
Загальна деформація, %	35,1	42,7	29,1

Оптимізація рецептурного складу білкового крему із зменшеним вмістом глюкози передбачила насамперед використання заварного способу приготування, згідно якого цукристі речовини вносяться у вигляді сиропу (СР-96...97 %), а також внесення в рецептуру крему мальтозної патоки (РР, % – 55) на заміну частини кристалічної глюкози (від 10 до 30 %). Загальна кількість цукристих речовин в кремі склала 80 %. Встановлено, що внесення антикристалізатора забезпечує очікуваний позитивний ефект і надає необхідні органолептичні властивості крему (пластичність протягом терміну реалізації) за співвідношень з глюкозою 20:80 і 30:70. Введення патоки сприяло збільшенню об'єму піни (ПУЗ збільшується з 410 % до 468 і 520 %), але спричинило підвищення масової частки вологи. Для забезпечення відповідності фізико-хімічних показників крему нормативній документації ввели полідекстозу в кількості 10...20 % до загальної маси цукристих речовин крему (глюкоза і мальтозна патока – 80 % у співвідношенні 60 : 20) і оптимізували його рецептурний склад. Встановлено, що необхідна густина білкового крему – 480 кг/м³ (критерій оптимізації, Y₁) досягається за таких факторів оптимізації: рецептурна кількість полідекстози (X₁) – 20 %, комплексу структуроутворювачів (X₂) – 1 %, лимонної кислоти (X₃) – 1 %.

За показниками структурно-механічних властивостей крем відрізняється від традиційного на сахарозі більшою пластичністю (29 і 20 %, відповідно), має менший модуль пружності (374,4 і 335,1 Па, відповідно) і меншу відновлюваність (66,9 і 51,8 %, відповідно), табл. 10.

Значення показника ефективної в'язкості як практично незруйнованої, так і зруйнованої структури, міцності утвореної надмолекулярної структури, що встановлені реологічними дослідженнями, для зразків кремів з глюкозою вищі у порівнянні з традиційним виробом. Рентгеноскопічними дослідженнями доведено ефективність запропонованих технологічних рішень, оскільки в дослідному зразку протягом 6 діб не проявляється кристалізація глюкози, рис. 7.

Оптимізація рецептурного складу білкових кремів із зменшеним вмістом фруктози передбачила заходи, спрямовані на забезпечення агрегативної стабільності крему і зниження масової частки вологи. У системах з фруктозою використання оптимальної концентрації комплексу структуроутворювачів не забезпечує очікуваний технологічний ефект, тому забезпечити абсолютну стійкість допомогло введення мальтодекстрину – про-

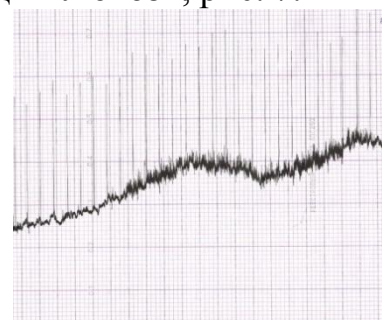


Рисунок 7 – Дифрактограма білкового крему з глюкозою на 6 добу

дукту неповного ферментативного гідролізу крохмалю, який складається з молекул глюкози, мальтози, мальтотріози і декстринів та використовується як загущувач харчових систем. Оптимізація рецептури кремів з фруктозою, в якій факторами слугували вміст мальтодекстрину (X_1), комплексу структуроутворювачів (пектину і альгінату натрію) (X_2) і лимонної кислоти (X_3), а критеріями – показники густини крему (Y_1) і його стійкості (Y_2), дозволила отримати результати, за якими стабільність і необхідна МЧВ крему з фруктозою забезпечується при вмісті мальтодекстрину 35 %, комплексу полісахаридів – 1 %, лимонної кислоти – 1 %.

Таблиця 10 – Показники якості білкових кремів з глюкозою, фруктозою і лактулозою

Показник	Білкові креми						
	Кон-троль	з глюкозою			з фруктозою		
			і лакту-лозою (5г/100 г ГП)	і тагато-зою (30 г/100 г ГП)		і лакту-лозою (5г/100 г ГП)	і тагато-зою (30 г/100 г ГП)
Густина, кг/м ³	528±5	456±5	518±5	385±5	520±5	554±5	470±5
ПУЗ, %	–	450±5	400±5	530±5	400±5	372 ±5	430±5
Масова частка вологи, %	26±2	31,5±0,5	31,0±0,5	30,5±0,5	30,5±0,5	29,5±0,5	31,0±0,5
Стійкість піни, %	100	100	100	100	100	100	100
pH	5,3	5,24	5,25	5,30	5,20	5,30	5,40
Пластичність, %	20,0	29,0	34,0	23,9	38,8	41,2	35,5
Відновлюва-ність, %		51,8	47,4	54,1	46,7	44,4	47,0
Модуль пружності, Па	374,4	335,1	324,0	349,3	281,0	269,5	290,0
Загальна деформація, %	35,1	36,8	40,1	34,9	39,8	43,2	37,6

Крем із фруктозою відрізняється вдвічі більшою пластичністю (на 48%), більшою загальною деформацією (на 11 %), гіршою відновлюваністю системи і меншим модулем пружності відносно крему з ЦБК (традиційного), табл.10, тому надає відформованим візерункам менш рельєфні грані. Проте, показники ефективної в'язкості, міцності утвореної надмолекулярної структури наближаються до контрольного зразка, що може гарантувати виробнику стабільність структури крему з фруктозою під час оздоблення випечених напівфабрикатів.

Результати досліджень якості білкових кремів з цукрами-пребіотиками (лактулозою і тагатою) підтвердили відповідно їх негативний і позитивний вплив на піноутворення систем з яєчним альбуміном, табл.10.

Додавання лактулози збільшує густину кремів; за вмісту цукру 10 г/100 г готового продукту – надає текучої консистенції. Креми збільшують загальну деформацію своєї структури, підвищуючи пластичність і зменшуючи модуль пружності, що пояснюється високою розчинністю цукру та, відповідно, підвищенням в'язкості дисперсійного середовища і ПН. Встановлено, що гранично допустимою концентрацією введення цукру в рецептуру кремів без суттєвого погіршення показників його якості є 5 грамів на 100 г готового продукту, що

забезпечує 50 % від рекомендованої щоденної норми її споживання і надає кремам статус «функціонального продукту».

Тагатоza, навпаки, істотно покращує якість піноутворення: в кремах з глюкозою ПУЗ збільшується на 15 %, з фруктозою – на 7 %. До того ж, в рецептурі крему з глюкозою виключено мальтозну патоку, оскільки тагатоza має високу розчинність і не проявляє тенденції до кристалоутворення. Тагатоza на відміну від пребіотика лактулози зменшує пластичність і м'якість кремів, підвищує модуль пружності системи. Такі результати свідчать, що рекомендована доза її споживання 30 г/100 г готового продукту може бути введена в рецептуру крему на заміну основного цукру без погіршення якості.

Встановлено, що мікробіологічні показники запропонованого асортименту білкових кремів, за якими проводиться лабораторний контроль (кМАФАНМ, бактерії коли форми, salmonella, плісняві гриби, дріжджі, S.aureus) відповідають нормам ДСТУ.

У 6 розділі «НАУКОВІ ПІДХОДИ ДО ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЦІННОСТІ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ З ЕМУЛЬСІЙНО-ПІННОЮ СТРУКТУРОЮ НА ПРИКЛАДІ КРЕМІВ ІЗ ЗБИТИХ ВЕРШКІВ» реалізований науковий підхід до розроблення низькокалорійних кремів на вершках молочних з різними видами цукрів; визначена можливість стабілізації емульсійно-пінної структури з пониженим вмістом жиру (20 %) шляхом додавання альгінату натрію (АН) або j-каррагінану.

Обґрунтований спосіб підготовки полісахаридів для внесення у вершки при збиванні, який полягає у змішуванні з цукром (ЦБК або глюкозою, або фруктозою), нагріванні до температури 90...95 °С (з j-каррагінаном) і 85...90 °С (з АН) до повного розчинення суміші та наступному охолодженні до 10±2°С (для розчинів з АН) і 5±2 °С (з j-каррагінаном). Оптимальними співвідношеннями компонентів, які дозволяють запобігти передчасному драглеутворенню полісахаридів, є: АН, сахароза, вершки – 1:1:40 (в розчинах з фруктозою або глюкозою – 1:1:50); j-каррагінан, сахароза, вершки – 1:20:40 (в розчинах з фруктозою або глюкозою – 1:10:50).

Із урахуванням даних по підготовці полісахаридів оптимізовані рецептури кремів та внесені зміни в технологічний процес їх отримання: за показником збитості (У) як фактором оптимізації визначили, що кількість структуроутворювача (X₁) повинна складати 0,8 % до маси вершків, температура вершків (X₂) повинна підтримуватись в інтервалі 3±1 °С, тривалість збивання (X₃) – 13...16 хв.

При цьому з'ясовано, що креми з моносахаридами мають меншу збитість і підвищену густину порівняно зі зразками на ЦБК, рис. 8. Такі результати пояснюються даними щодо ступеню набухання полісахаридів у водних розчинах цукрів (С, % – 20), їх ПН і кінематичної в'язкості. Встановлено, що як АН, так і j-каррагінан більшою мірою набухають у розчинах з моносахаридами, що надає цим системам вищу кінематичну в'язкість і ПН у порівнянні з розчинами з сахарозою. Оскільки менша гідратаційна здатність моносахаридів залишає більшу кількість води, доступної для набухання полісахаридів, в системі підвищується водозв'язувальна здатність останніх і розчин набуває більшої в'язкості, його ПН – збільшується. Це спричиняє погіршення збитості вершків.

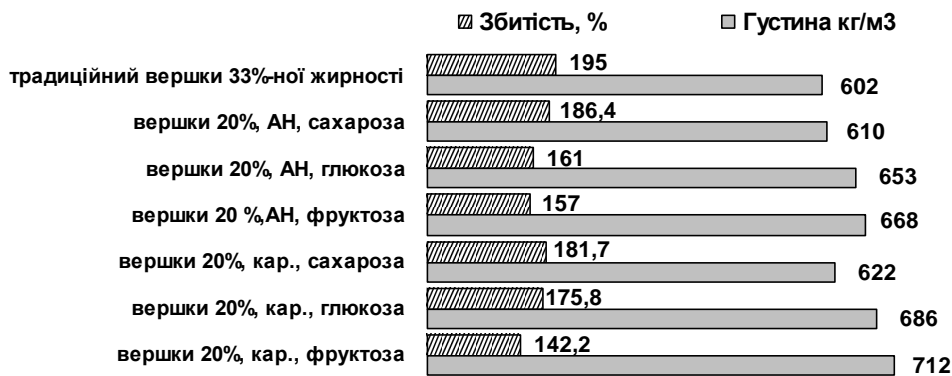


Рисунок 8 – Показники піноутворення кремів

но впливає на піноутворення (збитість) дисперсійного середовища внаслідок підвищення його в'язкості. Так, додавання лактулози в кількості 3 г до крему з сахарозою знижує його збитість на 16,8 % (для крему з альгінатом натрію) і на 13,3 % (з *і*-каррагінаном); для кремів з використанням глюкози – на 7,4–13,2% (для крему з альгінатом натрію і *і*-каррагінаном, відповідно); при використанні лактулози в рецептурі кремів з фруктозою збитість знижується на 7,6 і 5% (для крему з альгінатом натрію і *і*-каррагінаном). Збільшення концентрації поглиблює цей негативний вплив. Тому, найбільш прийнятним є введення лактулози на заміну основного цукру в кількості всього 3г на 100 г продукту. Це дозволяє отримати меншу збитість крему, але забезпечує покриття добової потреби в лактулозі на 30% від щоденної норми споживання.

Зміна рецептурного складу кремів відобразилась на їх мікроструктурі, рис. 9.

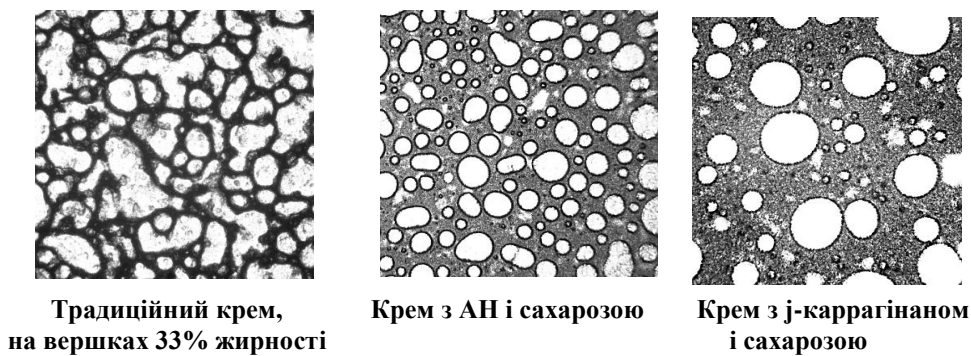


Рисунок 9 – Мікроструктура кремів із збитих вершків

З'ясовано, що мікроструктура кремів, в яких присутні гідроколоїди, має оформлений рисунок різних за об'ємом округлих пухирців повітря, розподілених на відстані, більшій у порівнянні з контрольним зразком. Тобто, драглеутворення полісахаридів зменшує стікання рідини по ламелам піни та сприяє утриманню пухирців повітря відокремлено. Залежно від виду полісахариду рисунок дисперсної фази відрізняється. Крем з АН більш насичений повітрям, візуально має більшу кількість однорідних, рівномірно розподілених пухирців, менших за розмірами, ніж крем з *і*-каррагінаном. У зразка з *і*-каррагінаном наявні як крупні, так і дрібні пухирці, з більшими відстанями між ними, і, відповідно, меншою однорідністю структури. Тому значення концентрації повітря в зразках з АН вищі, ніж у зразків з *і*-каррагінаном.

Свій вплив на мікроструктуру здійснює і вид цукрів, що вносяться в систему. В зразках як з альгінатом натрію, так і з *і*-каррагінаном, глюкоза і фрукто-

У продовженні напрямку розширення асортименту продукції спеціального призначення вивчено якість кремів з використанням лактулози. Встановлено, що додавання лактулози негатив-

за надають структурі більшу кількість дрібних пухирців, що пов'язано із фізико-хімічними властивостями самих цукрів. Наприклад, глюкоза за температур збивання кремів (2...4 °С) має низьку розчинність і найменшу серед всіх цукрів; за низьких температур глюкоза намагатиметься утворити кристалічну решітку внаслідок взаємодії між молекулами і перешкоджати тим самим розтягванню плівок дисперсійного середовища в процесі збивання. Як наслідок, захоплення повітря здійснюється невеликими порціями. Крім того, розчини для збивання з глюкозою і фруктозою, мають дещо більші у порівнянні з іншими дослідними цукрами показники в'язкості дисперсійного середовища, що сприяє меншій кількості повітря в системі і неоднорідності пор за об'ємом.

При додаванні лактулози до складу кремів концентрація повітря в системах також зменшується, але збільшується його дисперсність.

З'ясовано, що креми відрізняються між собою структурно-механічними властивостями, тому матимуть різні форми оздоблення. Так, креми з АН при зберіганні розвивають пружні властивості, початок плинності спостерігається за $P = 100$ Па і вище. Креми з λ -каррагінаном при зберіганні набувають більшої пластичності, початок плинності відбувається за $P = 35$ Па і вище. Тобто структури витримують різну інтенсивність механічного навантаження, у зв'язку з чим крем із збитих вершків з АН рекомендований для формування рельєфного рисунку на поверхні випечених напівфабрикатів, а креми з λ -каррагінаном – для заповнення внутрішніх порожнин заварних тістечок, вафельних трубочок і ін.

Індивідуальний характер впливу на структурно-механічні показники емульсійно-пінної системи крему має вид цукру. Наприклад, креми на альгінаті натрію з сахарозою завдяки більшій об'ємній концентрації повітря в системі відрізняються дещо більшою пластичністю, ніж креми з глюкозою і фруктозою. Креми з лактулозою, навпаки, характеризуються меншою збитістю й пишністю; протягом зберігання в них розвивається пластичність, що дозволяє їх рекомендувати для внутрішнього оздоблення випечених напівфабрикатів.

З метою визначення ступеню зв'язаності води в кремах визначили їх кріоскопічну температуру або температуру початку кристалізації вільної води в модельних системах (без збивання). За показником кріоскопічної температури розраховували кількість вимороженої води, яку характеризували як «вільну», та отримали декілька важливих висновків, рис. 10.

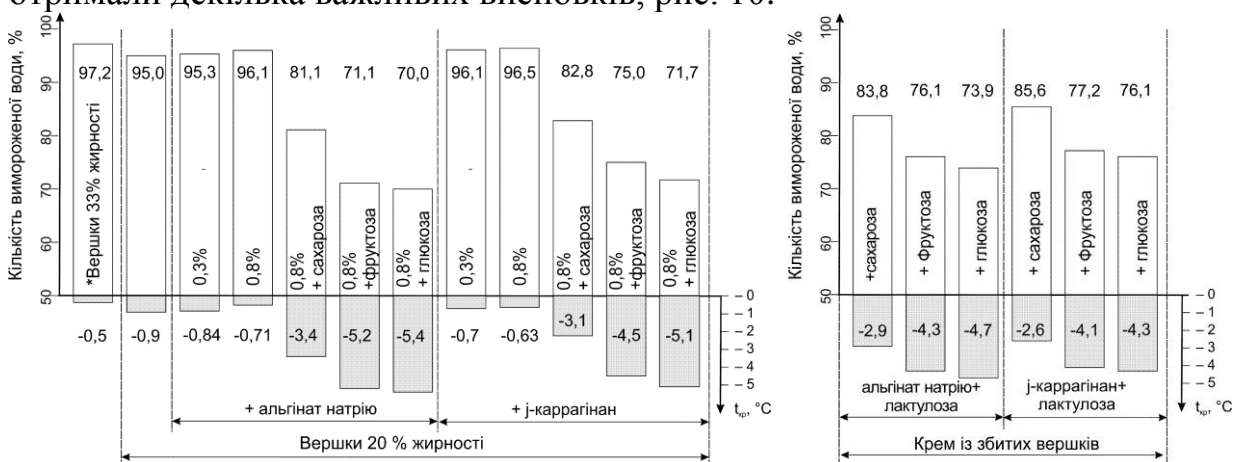


Рисунок 10. Кріоскопічна температура і кількість вимороженої води в кремах

Встановлено, що вершки жирністю 20 % завдяки більшому вмісту білків у хімічному складі зв'язують більшу кількість води (кількість вимороженої води зменшується з 97,2 % (для вершків жирністю 33%) до 95% (для вершків жирністю 20 %). Введення в системи АН або j-каррагінану збільшує кількість вільної води, до того ж збільшення концентрації структуроутворювачів цей вплив посилює. Такий результат свідчить про комплексоутворення білків з аніонними полісахаридами і зменшення загальної гідратаційної здатності комплексу порівняно з сумарною гідрофільністю білків молока та полісахаридів внаслідок заміщення гідрофільних зв'язків.

Додавання цукрів суттєво знижує як криоскопічну температуру, так і кількість вільної води. Але визначено, що між ди- і моносахаридами існують відмінності, пов'язані з їх гідратацією і молекулярною масою. Якщо розглядати вплив цукрів з однаковою молекулярною масою, таких як сахароза і лактулоза або глюкоза і фруктоза, можна стверджувати, що кількість вимороженої води характеризує кількість вільної води. І величиною гідратації цукрів можна пояснити, що в розчинах з глюкозою, яка характеризується вищою у порівнянні з фруктозою гідратацією, незалежно від наявного структуроутворювача, кількість вільної води менше і криоскопічна температура є нижчою. А в розчинах з сахарозою – менше порівняно з розчинами з лактулозою.

Різниця у температурі початку кристалізації між дисахаридами і моносахаридами, на нашу думку, більшою мірою пов'язана не з гідратаційними властивостями цукрів, а з характером кристалізації і величиною утворених кристалів. Згідно закону Рауля, зниження температури замерзання змінюється пропорційно молярній концентрації (моль/кг) розчиненої речовини, тому зниження температури замерзання залежатиме від кількості молекул розчиненої речовини. Звідси виходить, що за однаковою (за СР) кількістю цукрів в систему вноситься молекул глюкози і фруктози в 1,9 разів більше, ніж молекул сахарози. Таким чином в присутності глюкози і фруктози утворюватимуться кристали води меншої величини, ніж в присутності сахарози або лактулози, але їх кількість більша і температура початку замерзання нижча. Тому порівнювати кількість вимороженої води між зразками кремів з моно- і дисахаридами, на нашу думку, некоректно.

Додавання лактулози змінює співвідношення вільна/зв'язана вода в системі: у зразків з сахарозою додавання лактулози, яка має меншу гідратацію, збільшується кількість вимороженої води, а у зразків з глюкозою і фруктозою при додаванні лактулози утворюються кристали води більшого розміру, внаслідок чого градус криоскопічної температури підвищується.

У розділі 7 «УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ КОНДИТЕРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ ПОНИЖЕНОГО ЦУКРОВМІСТУ І ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЦІННОСТІ. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ» представлені результати проведеної роботи по удосконаленню технологічних схем виробництва продукції, аналізу показників її якості на відповідність вимогам діючої нормативної документації; наведені результати змін показників якості в процесі зберігання, дана оцінка енергетичної цінності кондитерських виробів, показника глікемічності, установлена економічна ефективність запропонованих технологічних рішень, табл.11.

Таблиця 11 – Оцінка ефективності наукових досліджень

Розроблений асортимент виробів	Зміни в технологічному процесі	Затверджене на НД	Практичні результати			Відпускна ціна 1 кг продукції, грн
			Зміна шукру / жиру, %	Зміна ЕЦ, %	ШГ, %	
1	2	3	4	5	6	7
Мармелад желевий на агарі «Формовий»	Підготовка сировини, приготування рецептурної суміші – заміна операцій по набуханню агару (карагінану, пектину) і приготування агару (карагінаново, пектиново)-цукрово-патокового сиропу на приготування сухої суміші полісахаридів, цукру (-ю), сухої патоки, полі дектроси; використання мальтозної патоки для мармеладу з глюкозою.	–	–	–	63	96,14
«Терновий» (агар-сахароза)			43,7	25,9	43	125,54
«Кизилловий» (агар-глюкоза)			41,9	14,5	75	121,37
«Обліпиховий» (агар-фруктоза)			35,3	21,7	25	140,39
«Терновий смак» (агар-сахароза, лактулоза)			43,7	25,9	42	193,76
«Кизилловий смак» (агар-глюкоза, лактулоза)			44,4	14,5	69	181,24
«Обліпиховий смак» (агар-фруктоза, лактулоза)			35,9	21,7	27	205,22
«Терновий новий» (агар-тагатаза)			43,7	44,8	24	462,85
Мармелад желевий «Формовий» на каррагінані	Уварювання мармеладних мас – збільшення СР готової мармеладної маси з 74±1 % (на агарі) і 77,5 (на каррагінані) до 78±1 %; з 76,5±1% (на пектині) до 78±1%; уварювання без додавання припасау, підварок.		–	–	63	93,78
«Кизилова насолода» (каррагінан-сахароза)			39,4	24,2	43	121,01
«Лісова слива» (каррагінан-глюкоза)			43,6	14,3	73	118,19
«Обліпиховий воєник» (каррагінан-фруктоза)			43,7	27,2	24	141,37
«Кизилловий букет» (каррагінан-сахароза, лактулоза)			26,1	24,2	42	189,32
«Сливовий смак» (каррагінан-глюкоза, лактулоза)			30,8	14,3	68	184,33
«Обліпиховий гай» (каррагінан-фруктоза, лактулоза)			31,1	27,2	27	206,42
«Кизилловий новий» (каррагінан-тагатаза)			39,4	44,8	26	457,31
Мармелад желевий на пектині «Формовий»	Темперування і транспортування на відливання мармеладних мас – виключення барвників, ароматизаторів, зменшення кислоти, але додавання увареного до 15 % СР ягідного пюре; розширення градієнту швидкості перекачування мармеладних мас і температури з 1-52,5±2,5 °С, γ – 5,4 с ⁻¹ до 50...57±3°С і γ – 5,4...20 с ⁻¹ (для мас на агарі); з 1-77 ±1 °С, γ – 5,4 с ⁻¹ до 72...77 °С (для мас на каррагінані); з 1-85 ±5 °С, до 80...90±3 °С, γ – 5,4 с ⁻¹ ...8,1 (для мас на пектині).		–	–	62	95,99 (Непектин) 97,40 (L-пектин)
«Червоносмородиновий» (Н-пектин сахароза)			37,0	19,6	45	120,47
«Сонячний» (Н-пектин-глюкоза)			48,5	17,8	67	124,79
«Чорносмородиновий» (Н-пектин-фруктоза)			41,9	25,5	25	143,24
«Червоносмородиновий смак» (Н-пектин-сахароза, лактулоза)			37,0	19,6	44	188,95
«Сонячний абрикос» (Н-пектин-глюкоза)			48,9	17,8	62	190,78
«Чорносмородиновий смак» (Н-пектин-фруктоза, лактулоза)			42,5	25,5	27	208,35
«Червоносмородиновий новий» (Н-пектин-тагатаза)			37,0	40,8	28	457,13
«Полунічний» (L-пектин-сахароза)			51,6	28,1	45	129,35
«Малиновий» (L-пектин-глюкоза)			56,6	17,3	68	133,83
«Оженивий» (L-пектин-фруктоза)			52,3	26,5	30	145,28
«Полунічний смак» (L-пектин-сахароза, лактулоза)			51,6	28,1	43	199,60
«Малиновий смак» (L-пектин-глюкоза, лактулоза)			56,4	17,3	62	200,85
«Оженивий смак» (L-пектин-фруктоза, лактулоза)			52,1	26,5	32	210,19
«Полунічний новий» (L-пектин-тагатаза)			41,3	43,8	31	425,83

РП 36858620-6-К-2018; РП 36858620-7-К-2018; РП 36858620-8-К-2018;
 РП 36858620-6-К-2018; РП 36858620-61-К-2018; РП 36858620-6-К-2018;
 РП 36858620-8-К-2018; РП 36858620-6-К-2018; РП 36858620-61-К-2018;

Продовження таблиці 11

Назва виробу	Зміни в технологічному процесі		Практичні результати						
	1	2	3	4	5	6	7		
	Підготовка сировини	Збивання крему							
Крем білковий сирцевий (контроль)	Відновлення ЯБ з гідромодулем 1:7, просіювання цукру	Швидкість збивального органу 250...300 с⁻¹; τ – 15...20 хв.							
«Ніжний класичний»	Відновлення ЯБ з гідромодулем 1:8, просіювання пектину, АН	Введення пектину на 3-4 хв збивання, АН – на 7-8 хв, ЦБК – на 8...10 хв; вилучення із рецептури кислоти	ПІ 36858620-1-К-2014; ПІ 36858620-3-К-2014;	26,9	25,6	40,6	62,12		
«Ніжний облітковий»	Приготування півдвару з ягід облітки SR-70±3% або пектиново-чорничного напівфабрикату SR-64±1%, просіювання пектину, АН	Введення пектину на 3-4 хв, АН – на 7-8 хв, обліткового (чорничного) півдвару і цукру – на 9-10 хв; вилучення із рецептури кислоти	ПІ 36858620-1-К-2014; ПІ 36858620-3-К-2014;	30,11	28,8	39,0	64,50		
«Сніжанка з глюкозою»	Розчинення глюкози у воді з гідромодулем 1:8, мальтозною патокою, уварювання сиропу до SR – 96...97%, охолодження до t-85±3°C; просіювання пектину, АН, полідекстрази	Введення пектину на 3-4 хв збивання, АН – на 7-8 хв, «заварювання» сиропом, введення полідекстрази на 9-10 хв; для «Сніжанка з глюкозою і лактулозою» – введення лактулози на 14-15 хв	ПІ 36858620-1-К-2014; ПІ 36858620-2-К-2014; ПІ 36858620-3-К-2014;	30,4	29,2	39,3	64,62		
«Сніжанка з глюкозою і тагатозою»	Відновлення ЯБ з гідромодулем 1:8, просіювання пектину, АН, полідекстрази	Введення пектину на 3-4 хв збивання, АН на 7-8 хв, введення цукрів на 14-15 хв	ПІ 36858620-1-К-2014; ПІ 36858620-2-К-2014; ПІ 36858620-3-К-2014;	50,2	28,9	62,7	81,33		
«Хмаринка з фруктозою»	Відновлення ЯБ з гідромодулем 1:8, просіювання пектину, АН, мальтодекстрину	Введення пектину на 3-4 хв збивання, АН на 7-8 хв, введення цукрів на 14-15 хв	ПІ 36858620-1-К-2014; ПІ 36858620-2-К-2014; ПІ 36858620-3-К-2014;	40,5	46,9	23,44	516,64		
«Хмаринка фруктозою і лактулозою»	Відновлення ЯБ з гідромодулем 1:8, просіювання пектину, АН, мальтодекстрину	Введення пектину на 3-4 хв збивання, АН – на 7-8 хв, фруктози – на 14...15 хв, лактулози – на 17-18 хв.	ПІ 36858620-1-К-2014; ПІ 36858620-2-К-2014; ПІ 36858620-3-К-2014;	46,4	24,4	33,11	91,37		
«Хмаринка з фруктозою і тагатозою»	Введення пектину на 3-4 хв, АН – на 7-8 хв, фруктози і тагатози – на 14...15 хв, фруктози і тагатози – на 14...15 хв.	Введення пектину на 3-4 хв збивання, АН на 7-8 хв, введення цукрів на 14-15 хв	ПІ 36858620-1-К-2014; ПІ 36858620-2-К-2014; ПІ 36858620-3-К-2014;	46,3	27,03	35,68	128,65		
				45,0	44,5	29,31	391,60		
Зміни в технологічному процесі			Практичні результати						
Назва виробу	1	2	3	4	5	6	7		
	Підготовка сировини	Збивання крему							
Крем із збитих вершків (контроль, вершки 33% жирні)	Додатково введена операція підготовки структуроутворювача (розчинення АН або j-каррагінану у вершках за температури 85...90°C (90...95°C) разом із цукром у співвідношенні АН: вершки: ЦБК як 1:40:1 або 1:50:1 (АН: вершки: глюкоза або фруктоза); j-каррагінан: вершки: ЦБК як 1:40:20 і 1:50:10 (j-каррагінан: вершки: фруктоза або глюкоза), охолодження розчину до t-10...12°C (з АН) або до t-5±2°C (з j-каррагінаном)	Збивання вершків 1...2 хв за 250...300 с ⁻¹ , додавання розчину структуроутворювача, введення залишкової рецептурної кількості цукру. Час збивання 13...16 хв. Для кремів з лактулозою вводять лактулозу на 11...13 хв збивання.	ПІ У 02070938.001: 2017; ПІ У 02070938.004: 2017; ПІ У 02070938.005: 2017; ПІ У 02070938.006: 2017; ПІ У 02070938.007: 2017; ПІ У 02070938.008: 2017; ПІ У 02070938.009: 2017; ПІ У 02070938.010: 2017;						
«Вершковий» (АН, ЦБК)				–	–	11,56	237,77		
«Вершковий з глюкозою» (АН, глюкоза)				39,4	33	16,65	152,15		
«Вершковий з фруктозою» (АН, фруктоза)				39,4	36	26,02	165,26		
«Повітряний» (АН, ЦБК, лактулоза)				39,4	34	6,83	163,25		
«Повітряний глюкозою» (АН, глюкоза, лактулоза)				39,4	34	16,11	198,48		
«Повітряний фруктозою» (АН, фруктоза, лактулоза)				39,4	32	24,32	212,38		
«Ніжний» (j-каррагінан, ЦБК)				39,4	34	6,85	213,92		
«Ніжний з глюкозою» (j-каррагінан, глюкоза)				39,4	33	16,65	159,13		
«Ніжний з фруктозою» (j-каррагінан, фруктоза)				39,4	36	26,02	172,07		
«Ласунка» (j-каррагінан, ЦБК, лактулоза)				39,4	34	6,83	170,08		
«Ласунка з глюкозою» (j-каррагінан, глюкоза, лактулоза)				39,4	34	16,11	212,31		
«Ласунка з фруктозою» (j-каррагінан, фруктоза, лактулоза)				39,4	32	24,32	221,03		
				39,4	35	6,85	222,25		

Показники якості (органолептичні, масова частка вологи, загальна кислотність, вміст редукувальних речовин) розробленого *асортименту мармеладу* відповідають вимогам ДСТУ 4333-2004 «Мармелад»: виключенням є масова частка редукувальних речовин мармеладу з глюкозою і фруктозою, для якого цей показник завищений 1,9 ... 2 рази. Проте встановили, що під час зберігання в мармеладі відбувається десорбція води, приріст масової частки сухих речовин, що набуває особливої уваги для виробів з підвищеним вмістом редукуючих речовин – з глюкозою і фруктозою. Відзначено незначне збільшення показника загальної кислотності, пов'язаний з протіканням мікробіологічних процесів і накопиченням кислот та процесами розщеплення пектинових речовин (в мармеладі на пектинах). Збільшується й частка редукувальних речовин, пов'язана з накопиченням в зразках під час зберігання додаткової кількості моносахаридів завдяки повільному гідролізу мальтодекстрину, полідекстри, сахарози. Більші значення спостерігаються в зразках з сахарозою.

Показники якості кремів в цілому відповідають вимогам «4803:2013 «Торти і тістечка». *Білкові креми* з пониженим вмістом ЦБК і пюре забезпечені досить високою часткою добової потреби споживання деяких елементів: 100 г крему «Ніжний обліпиховий» надає організму людини 30% від добової потреби у вітаміні С, 24% – в каротинах, 21% – у магнію. А споживання 100 г крему «Ніжний чорничний» забезпечує потреби людини майже на 40% - у β -каротині та, на 20%, – у магнію. Відповідно, за цими показниками креми з обліпиховим або чорничним пюре можна віднести до категорії «Функціональний харчовий продукт».

Під час зберігання за $a_w=0,75$ зразки кремів намагатимуться досягти рівноважної вологості. Маючи масову частку вологи 30-32 % креми з ЦБК повільно усихатимуть до 7...7,9 %; креми з глюкозою – поглинатимуть воду до досягнення МЧВ 35,7 %, а креми з фруктозою – до 38 %. Зразки з лактулозою збільшуватимуть вологість до 37 %; з тагатозою – до 36,3...38 %. Для тривалого зберігання напівфабрикатів рекомендується зберігати їх у водонепроникній тарі за температури +4...+6 °С.

Креми із збитих вершків відносяться до харчових продуктів з високою активністю води: для зразків кремів з альгінатом натрію або λ -каррагінаном і сахарозою $a_w = 0,964$, а для зразків з глюкозою або фруктозою $a_w = 0,954$ і $0,949$. При цьому результати аналізу мікробіологічної чистоти кремів упродовж 72 год зберігання за температур зберігання $6\pm 2^\circ\text{C}$ і споживання $22\pm 2^\circ\text{C}$, підтверджують відповідність їх мікробіологічних показників вимогам ДСТУ.

Зразки білкових кремів «Ніжний класичний», «Ніжний обліпиховий», «Ніжний чорничний», «Вершковий особливий», «Вершковий ніжний», мармелад желевий «Обліпиховий», «Чорносмородиновий», «Лісова слива» відзначені Дипломами в номінації «Тріумф інновацій» на дегустаційних конкурсах кондитерських виробів «Солодкий тріумф-2013 2015, 2018» у рамках спеціалізованої виставки SWEETS & BAKERY Ukraine 2013, 2015, 2018 р.р.; Дипломами II ступеню на Всеукраїнському Конкурсі хлібобулочних та борошняних кондитерських виробів у номінації «Борошняні кондитерські вироби для здорового харчування».

Результати дисертаційної роботи впроваджено в освітній процес НУХТ .

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На підставі аналізу інформаційних джерел сформульована проблема та обґрунтована концепція її вирішення з розроблення асортименту і технологій кондитерських виробів з драглеподібною і пінною структурою пониженого цукровмісту на прикладі желейного мармеладу і білкових кремів для тортів та виробів з емульсійно-пінною структурою на прикладі кремів із збитих вершків з пониженим вмістом жиру.

2. Встановлені відмінності поведінки моно- і дисахаридів на прикладі сахарози, лактулози, глюкози, фруктози і тагатози в розчинах на рівні мономолекулярного шару. За допомогою аналізу діелектричних властивостей розчинів цукрів доведено, що дисахариди в силу більшої молекулярної маси здатні утримувати більшу кількість диполів води, ніж моносахариди, чим підвищують частку зв'язаної води в системі. Встановлено, що у 20 % розчині ($t=27\text{ }^{\circ}\text{C}$) гідратація сахарози складає 12,2 моль/моль, лактулози – 12,1 моль/моль, глюкози – 5,6 моль/моль, тагатози – 5,7 моль/моль, фруктоза – 5,0 моль/моль.

Експериментально підтверджені прямі залежності між розчинністю цукрів, кінематичною в'язкістю їх розчинів і поверхневим натягом в межах одного класу цукрів, моно- або дисахаридів. Встановлено, що фруктоза і лактулоза, які мають найбільші показники розчинності серед одномолекулярних дослідних цукрів, також мають більші густину і в'язкість розчину, що посилює поверхневу енергію на межі розділу фаз і забезпечує вищий поверхневий натяг.

3. Доведено, що дисахариди більшою мірою проявляють негативний вплив на піноутворення яєчного білку, завдяки вищій в'язкості і більшому поверхневому натягу їх розчинів. Дисахариди мають виражений дегідратуючий вплив на яєчний альбумін, обмежують його набухання й здатність до піноутворення.

Встановлено, що в драглеподібних системах з моносахаридами вода знаходиться в більш активному стані порівняно з сахарозою і лактулозою. Це відображається на реологічних характеристиках систем, визначення яких доводять, що колоїдні розчини агару і пектинів з ди- і моносахаридами утворюють більш цілісну внутрішню структуру порівняно з моносахаридами. Також драглеутворення всіх досліджуваних полісахаридів з глюкозою і фруктозою гальмується порівняно з системами на сахарозі, а сформовані драглі мають меншу міцність і модуль пружності.

4. Обґрунтовано, що гранично допустимою межею вмісту цукрів в мармеладі є: для сахарози і глюкози – 35 г/100 г продукту, для фруктози – 25 /100 г продукту. Підібрані оптимальні співвідношення цукрів, полідекстрази, фруктового і ягідного пюре, кислоти, які дозволяють отримати готову продукцію з міцністю, що не поступається контрольним зразкам. Встановлено, що час драглеутворення мармеладу з пониженим вмістом цукрів вдвічі більший за структуроутворення традиційного мармеладу: на агарі з різними видами цукрів – не менше 120 хв; для зразків на к-карраганані –60 хв; для Н-пектину – 20 хв; на L-пектині – 20хв (з фруктозою – 30 хв). З'ясовано, що для запобігання процесу кристалізації глюкози в мармеладі під час зберігання використовувати патоку мальтозну з низьким вмістом глюкози у складі редукуючих речовин.

5. Встановлено, що в пінних структурах білкового крему на яєчному альбуміні доцільним є зменшення рецептурної кількості сахарози на 25%, глюкози – на 20 %, фруктози – на 40 %. Стабілізацію пінної системи забезпечено комплексною

дією альгінату натрію і Н-пектину. Удосконалено схеми виробництва білкових кремів з пониженим вмістом сахарози, глюкози і фруктози, оптимізований їх рецептурний склад. Встановлено, що доцільним до рецептур з сахарозою є внесення чорничного або обліпихового пюре, що за безпечують необхідні межі рН і збагачують креми функціональними інгредієнт-тами; до кремів з глюкозою – полідекстрази, до кремів з фруктозою – мальтодекстрину.

6. Удосконалені режими виробництва і оптимізований рецептурний склад кремів із збитих вершків пониженої жирності з сахарозою, глюкозою і фруктозою. Ефективність стабілізації емульсійно-пінної системи збитих вершків досягається введенням альгінату натрію і *і*-каррагінану, які підвищують в'язкість дисперсійного середовища і запобігають плавленню жиру, й коалесценції піни.

Доведено, що мікроструктура кремів з використанням вершків молочних 20% і структуроутворювачів відрізняється від рисунку структури крему традиційного, на вершках жирністю 33 %, і представлена округлими порами, рівномірно розподіленими в об'ємі дисперсійного середовища. Такі зміни пояснюються впливом АН і *і*-каррагінану на в'язкість суміші під час збивання і змінами в механізмі формування пінної структури.

7. Доведена можливість використання в рецептурах мармеладу, білкових кремів, кремів із збитих вершків цукрів з пребіотичними властивостями, лактулози і тагатози. Розроблений асортимент мармеладу з максимально рекомендованими щоденними нормами споживання лактулози і тагатози – 10 і 30 г/г/100 г готового продукту, відповідно. В рецептурах кремів із збитих вершків доцільно додавати лактулозу в кількості 3 г/100 г готового продукту; білкових кремів – 5 лактулози і 30 г/г/100 г. Встановлено, що додавання лактулози і тагатози вносить зміни в структурно-механічні показники як пінних, так і драгледодібних систем.

8. Виконаний комплекс заходів із затвердження нормативної документації і впровадження результатів розробок у виробництво. Доведено, що за показниками якості продукція відповідає вимогам нормативної документації; енергетична цінність зменшується на 14,5...28,1 % (для мармеладу); на 24...29 % (для білкових кремів), на 33...36 % (для кремів із збитих вершків). У виробів спеціального призначення: на 17,3...44,8 % (для желевого мармеладу), на 27...46,9 % (для білкових кремів), 32...34 % (для кремів із збитих вершків).

9. Проведений комплекс наукових, технологічних, організаційних робіт з впровадження удосконалених технологій у виробництво ПАТ «Київхліб», ТОВ «Твич» (м. Київ), і ПП «Сузір'я солодошів» (м. Боярка, Київської обл.), ФОП «Григор'єва М.О», ФОП Козьменко О.І. (м. Київ), ТОВ «Солодка мрія – Вінниця», здійснено комплекс робіт по оприлюдненню і апробації результатів наукових досліджень у засобах наукової інформації.

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у колективних монографіях

1. Overchuk, N., Kambulova, J., Zharuk, T. (2016) The use of varieties of sugars in the technology of fruit and berry marmalade mass. *Peer-reviewed aterials digest (collective monograph) published following the results of the CXXIX International Research and Practice Conference and II stage of the Championship in Physics and*

Mathematics, Chemistry, Earth and Space Sciences (London, September 13-19, 2016), 57/5.

2. Камбулова, Ю.В. (2015). Оптимізація рецептурного складу білкових кремів зниженої цукромісткості й підвищеної біологічної цінності. *Повноцінне харчування: інноваційні аспекти технології, енергоефективної переробки, зберігання та маркетингу*, 162-189.

Статті в іноземних виданнях

3. Соколовська, І.О., Камбулова, Ю.В., Тернова, В.В. (2013). Вивчення мікроструктури піни яєчного білка і її зміни під впливом пектину і альгінату натрію. *Научные труды Sworld*, 4 (17), 60-65. (г.Иваново, РФ)

4. Камбулова, Ю.В., Соколовская, И.А. (2014) Влияние комплексов пектина и альгината натрия на структурообразование белковых кремов. *Universum: Технические науки :электрон. научн. журн.*, 9 (10). (ООО «Международный центр науки и образования, Москва»). Взято з: <https://elibrary.ru/contents.asp?-id=33990013>

5. Dorohovich, A., Dorohovich, V., Kambulova, J. (2016). The study of the rheological properties of pectin gels with mono - and disaccharides. *Eureka: life sciences*, 4, 14-20. (Tallin, Estonia).

6. Sokolovska, I., Kambulova, J. (2016). Definition the influence of freezing on the quality of egg-white creams for pastries. *Food and Environment Safety - Journal of Faculty of Food Engineering*, 2, 196-202. (Stefan cel Mare University of Suceava, Romania)

7. Hryhorchak, N., Ukrainets, O., Bilko, A., Sokolovska, I., Kambulova, J. (2017). Microbial characteristics of egg-white creams with reduced sugar. *Food and Environment Safety - Journal of Faculty of Food Engineering*, 3, 147-152. (Stefan cel Mare University of Suceava, Romania)

Статті у фахових виданнях України

8. Sokolovska, I., Kambulova, J., Overchuk, N. (2016). Study of the water binding in the gel systems of pectin and sodium alginate. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2/11 (80), 4-12. (Науково-практичний журнал індексується в міжнародних наукометричних базах SCOPUS, Index Copernicus)

9. Dorohovich, A, Dorohovich, V., Kambulova, J. (2016) The effect of mono– and disaccharides on structural– mechanical properties of pectin gels. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5/11 (83), 16-24. (Науково-практичний журнал індексується в міжнародних наукометричних базах SCOPUS, Index Copernicus)

10. Камбулова, Ю.В., Соколовська, І.О. (2013). Вивчення впливу комплексів структуроутворювачів на процес піноутворення яєчного білка. *Наукові праці НУХТ*, 50, 113-119. (Науково-практичний журнал індексується в міжнародній наукометричній базі Index Copernicus).

11. Камбулова, Ю.В., Соколовська, І.О. (2014). Дослідження реологічних властивостей розчинів пектинів, альгінату натрію та їх комплексів. *Харчова наука і технологія*, 1(26), 68-73. (Науково-виробничий журнал індексується в міжнародних наукометричних базах: Directory of Open Access Journals, Index Copernicus International)

12. Камбулова, Ю.В., Звягінцева-Семенець, Ю.П., Соколовська, І.О., Колесник, М. (2016). Дослідження процесу набухання полісахаридів для використання

в емульсійних системах. *Харчова наука і технологія*, 10 (2), 24-31. (Науково-виробничий журнал індексується в міжнародних наукометричних базах: *Directory of Open Access Journals, Index Copernicus International*)

13. Григирчак, Н.М., Українець, О., Звягінцева-Семенець, Ю.П., Кобилінська, О.В., Камбулова, Ю.В. (2017). Мікробіологічний аналіз вершкових кремів пониженої жирності. *Наукові праці НУХТ*, 23 (3), 238-245. (Науково-практичний журнал індексується в міжнародній наукометричній базі *Index Copernicus*)

14. Камбулова, Ю.В., Соколовська, І.О., Семененко, О. (2014). Вивчення можливості створення комплексів пектину і альгінату натрію для стабілізації структури білкового крему. *Вісник Харківського Національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*, 152, 310.

15. Соколовська, І.О., Камбулова, Ю.В. (2014). Вплив заморожування на якість білкових кремів. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*, 10, 3-7.

16. Камбулова, Ю.В., Оверчук, Н.О. (2015). Аналіз якості плодкових і ягідних пюре для виробництва мармеладу. *Харчова промисловість*, 46-50.

17. Камбулова, Ю.В., Звягінцева-Семенюк, Ю.П., Корзун В.Н. (2015). Шляхи підвищення якості вершкового крему. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*, 9, 10-13.

18. Звягінцева-Семенець, Ю.П., Кобилінська, О.В., Пасічний, В.М. (2017). Реологічні властивості вершкових кремів зниженої жирності з різновидами цукрів. *Продовольча індустрія АПК*, 1-2, 13-20. (Науково-практичний журнал індексується в міжнародних наукометричних базах: *AGRIS (FAO), ULRICH'S, PIIIC*)

19. Камбулова, Ю.В. (2017). Раціональне використання цукрів в білкових кремах для тортів і тістечок. *Харчова промисловість*, 21, 32-39.

20. Камбулова, Ю.В., Матяс, Д.С., Оверчук, Н.О., Федій, Т.С. (2017) Фруктові і желейні мармеладні маси з глюкозою. *Збірник наукових праць ХДУХТ «Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі»*, 1 (25), 256-270.

21. 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, 12-15. (Науково-практичний журнал індексується в міжнародних наукометричних базах: *AGRIS (FAO), ULRICH'S, PIIIC*).

22. 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. (Науково-практичний журнал індексується в міжнародних наукометричних базах *Index Copernicus, ResearchBib, Open Academic Journals Index, Scientific Indexing Services*).

Статті в інших виданнях

23. Камбулова, Ю.В., Соколовська, І.О. (2012). Шляхи вдосконалення рецептур білкових кремів. *Продукты & ингредиенты*, 11(97), 22-25.

24. Камбулова, Ю.В., Соколовська І.О. (2017). Вивчення сорбційних процесів у білкових кремах зниженої цукромісткості під час зберігання. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*, 2 (24), 145-150. (Міжнародний науковий журнал індек-

сується в міжнародних наукометричних базах *Index Copernicus, ResearchBib, Open Academic Journals Index, Scientific Indexing Services*)

25. Звягінцева-Семенець, Ю.П., Колодзинський, Р.І., Масліков, М.М., Кобилінська, О.В., Камбулова, Ю.В. (2017). Кріоскопічна температура вершкових кремів пониженої жирності. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*, 18, 75-82. (Міжнародний науковий журнал; індексується в міжнародних наукометричних базах *Index Copernicus, ResearchBib, Open Academic Journals Index, Scientific Indexing Services*)

26. Камбулова Ю. В., Матяс Д. С. (2018). Удосконалення технології мармеладу желейного з пониженим вмістом цукрів. *Міжнародний науковий журнал "Інтернаука"*, 15. – 22-27. (Міжнародний науковий журнал; індексується в міжнародних наукометричних базах *Index Copernicus, ResearchBib, Open Academic Journals Index, Scientific Indexing Services*)

Патенти

27. Пат. на корисну модель № 86346 UA, МПК А23L 1/32. Спосіб виготовлення сирцевого білкового крему / Камбулова Ю.В., Соколовська І.О., Матяс Д.С.; власник НУХТ. – № 201308430; заявл. 04.07.2013; опубл. 25.12.2013, Бюл. № 24.

28. Пат. на корисну модель № 112640 UA, МПК А23J 3/00, А23L 1/00. Білковий крем «Обліпиховий»/ Камбулова Ю.В., Соколовська І.О., Білко А.А.; власник НУХТ. – № 201606327; заявл. 10.06.2016; опубл. 26.12.2016, Бюл. №24.

29. Пат. на винахід № 116225 Україна, МПК А23С 13/12, А23L 29/25 (2018). Вершковий крем / Камбулова Ю.В., Звягінцева-Семенець Ю.П., Борисюк Т.М.; власник НУХТ. – № 201506555; заяв. 10.01.2017; опубл. 26.02.2018. Бюл. № 4.

30. Пат. на винахід № 112822 Україна, МПК А23С 13/12, А23L 29/256 (2015). Вершковий крем / Камбулова Ю.В., Звягінцева-Семенець Ю.П., Корзун В.Н., Жарук Т.М.; власник НУХТ – № 201506565; заяв. 03.07.2015; опубл. 25.10.2016. Бюл. № 20.

31. Пат. на корисну модель № 113391 Україна, МПК А23С 13/12, А23L 29/256 (2017). Вершковий крем / Камбулова Ю.В., Звягінцева-Семенець Ю.П.; власник НУХТ – № 201607664; заяв. 12.07.2016; опубл. 25.01.2017. Бюл. № 2.

Матеріали і тези конференцій

32. Sokolovska, I., Smirnova, Je. (2012). Improvement of churned confections with complex stabilizers. *Наукові здобутки молоді – вирішення проблем харчування людства у XXI столітті.: матеріали 78 наук. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів, 2-3 квітня 2012 р., м. Київ, 3, 524-525.*

33. Камбулова, Ю.В, Соколовська, І.О. (2012). Вплив пектинів на структуру білкових кремів. *Інноваційні технології кондитерських виробів спеціального призначення: матеріали наук.-практ. конференції, 2-4 жовтня 2012 р., 10-11.*

34. Камбулова, Ю.В., Соколовська, І.О, Павлюк, О.В., Олійник, А.І. (2012). Вплив пектинів на процес піноутворення яєчного білка. *Інноваційні технології в харчовій промисловості та ресторанному господарстві: матеріали Міжн. наук.-практ. інтернет-конф., 14-16 листоп. 2012 р., 51-52.*

35. Соколовська, І.О., Камбулова, Ю.В. (2013). Вивчення впливу комплексів альгінату натрію і пектинів на якість білкових кремів. *Наукові здобутки молоді – вирішення проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 79 міжноро-*

дної наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 15-16 квіт. 2013 р., м. Київ, 1, 185-186.

36. Kambulova, J., Sokolovska, I. (2013). Influence of pectin-alginate complex on egg-white foaming process. *Другий Північно- та Східно-Європейський Конгрес з Харчової Науки (NEEFood-2013)*, 27-29 трав. 2013 р. / М-во освіти і науки України, Нац. ун-т харч. Технологій, 1, 93.

37. Sokolovska, I., Shevchenko, Iu., Kambulova, J. (2013). The influence of polysaccharide complexes on protein creams quality. *3rd EPNOE International Polysaccharide Conference: Polysaccharides and polysaccharide-derived products, from basic science to applications*, 21-24 October 2013, Nice, France, 176.

38. Kambulova, Ju., Sokolovska, I., Zvyaginceva-Semenec, Yu. (2013). The marketing justification for the use of polysaccharides complexes in pastry creams. *XXIV Міжнародний колоквиум Інституту CEDIMES*, 28 жовтня – 3 листопада 2013, 20.

39. Соколовська, І., Труш, А. (2014). Вивчення структурно-механічних і фізичних властивостей драгледодібних систем комплексів структуроутворювачів. *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 80 міжнар. конф. мол. вчен., асп. і студ., 10-11 квіт. 2014 р., м. Київ, 1, 223.*

40. Соколовська, І.О., Костючик, Л.О., Стецієнко, А.О. (2014). Можливість застосування заморожування для кондитерських кремів. *Міжнародна наукова конференція присвячена 130-річчю Національного університету харчових технологій «Нові ідеї в харчовій науці – нові продукти харчовій промисловості»*, 13-16 жовтня 2014 р., м. Київ, 78.

41. Камбулова, Ю.В., Оверчук, Н.О., Бондаренко, В.В. (2015). Технологія фруктового и ягодного мармелада сниженого сахаросодержания. *Зб. научн. труд. «Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений» Воронеж. гос. ун-та инж. Технол*, 238-242.

42. Звягінцева-Семенець, Ю.П., Камбулова, Ю.В. (2015). Шляхи удосконалення технології низькокалорійного вершкового крему. *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: Мат.81 наук. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів, 23-24 квітня, 2015, 1, 151.*

43. Камбулова, Ю.В. (2015). Наукове обґрунтування технологій кондитерських виробів із складною драгледодібною, піно драгледодібною та емульсійнопінодрагледодібною структурою зниженої цукромісткості. *Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі: матеріали міжнародної науково-практичної конференції. м. Київ.-К.:НУХТ, 2015, 71-75.*

44. Overchuk, N., Zharuk, T., Kambulova, J. (2016). Reduced intake of fruit and berry marmalade. *8th Central European Congress on Food 2016 — Food Science for Well-being (CEFood 2016): Book of Abstracts. — 23-26 May 2016. — K.: NUFT, 2016, 38.*

45. Sokolovska, I., Kambulova, J. (2016). Freezing of egg-white creams as the way of storage term prolongation. *8th Central European Congress on Food 2016 —*

Food Science for Well-being (CEFood 2016): Book of Abstracts. — 23-26 May 2016. — К.: NUFT, 34.

46. Zvyagintseva–Semenetc, Y., Kobylinska, O., Kambulova, Y. (2016). Low-calorie creams based on fresh milk cream. *Food Science for well-being: 8th Central European Congress on Food 2016:book of Abstracts, 23-26 May 2016.*—К.: NUFT, 172

47. Жарук, Т. Оверчук, Н., Камбулова, Ю.В. (2016). Фруктово-ягідний мармелад зменшеної цукромісткості. *Наукові здобутки молоді - вирішення проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 82 міжн.наук.конф.молодих учених, аспірантів і студентів, 13-14 квітня 2016 р., м. Київ.-К.:НУХТ, 1, 155.*

48. Білко, А.А., Соколовська, І.О., Камбулова, Ю.В. (2016). Вивчення впливу глюкози на піноутворення яєчного білка при виробництві білкового крему. «*Новітні тенденції у харчових технологіях та якість і безпечність продуктів*» : Збірник статей VIII Всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конф. (Львів, 11 травня 2016 р.) / Міністерство освіти і науки України, Львівський інститут економіки і туризму, 89-92.

49. 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 комбикорми», 25-30 вересня 2017 р. Одеса: ОНАХТ, 28-29.*

50. Звягінцева-Семенець, Ю.П., Дідур, А., Кобилінська, О.В., Камбулова, Ю.В. (2017). Мікроструктура вершкових кремів з різновидами цукрів. *Програма і матеріали Міжнародної спеціалізованої науково–практичної конференції «Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві», 13 вересня 2017 р. — К.:НУХТ, 150–158.*

Особистий внесок здобувача: у матеріалах сумісних праць [1,3,4,6,7,8,10-21, 23-24] автору належить загальний задум, проведення літературного пошуку, розробка методології досліджень, керівництво експериментальними дослідженнями, узагальнення результатів, участь у підготовці матеріалів до публікації; [5,9, 25] – проведення літературного пошуку, керівництво і участь у дослідженнях, узагальнення результатів, підготовка матеріалів до публікації; [31–50] – систематизація завдань та узагальнення висновків; [26–41, 43–50] – загальний задум, теоретичне обґрунтування запропонованих рішень, керівництво дослідженнями, складання та редагування формули винаходу.

АНОТАЦІЯ

Камбулова Ю.В. Наукове обґрунтування технологій кондитерських виробів пониженого цукровмісту і енергетичної цінності з пінною і драглеподібною структурою. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора 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 р.

Дисертацію присвячено вирішенню проблеми забезпечення населення України кондитерськими виробами зі зниженим вмістом цукрів, жиру та енер-

гетичною цінністю. На підставі аналізу проведених експериментальних досліджень і узагальнення розроблених рекомендацій обґрунтовані засади удосконалення технологій складних пінних, драгледоподібних і емульсійно-пінних структур з пониженим вмістом цукрів і жиру.

Удосконалено технологію желейного мармеладу з раціональним вмістом ЦБК, глюкози, фруктози продукту шляхом оптимізації вмісту структуроутворювача (агару, к-каррагінану, Н- і L-пектину), фруктово-ягідного пюре, полідекстрази, кислоти; технологію білкових кремів зі зниженим цукровмістом шляхом застосування комплексу альгінату натрію і Н-пектину для забезпечення агрегативної стабільності пінної системи і оптимізацією вмісту фруктово-ягідного пюре, полідекстрази або мальтодекстрину; технологію низькокалорійних кремів із збитих вершків молочних жирністю 20 % з ЦБК, глюкозою і фруктозою шляхом застосування альгінату натрію або j-каррагінану для стабілізації емульсійно-пінної структури з низьким вмістом жиру; технології кондитерських виробів спеціального призначення із зменшеною енергетичною цінністю і яким надано пребіотичні властивості завдяки введенню лактулози і тагатози.

Ключові слова: кондитерські виробы, зменшення вмісту цукру, глюкоза, фруктоза, лактулоза, тагатоза, драглі агару, пектину, каррагінану, комплекс пектину і альгінату натрію, фруктові і ягідні пюре, пінні, емульсійно-пінні, драгледоподібні структури, низькокалорійні креми.

АНОТАЦІЯ

J. Kambulova Scientific substantiation of technologies of confectionery products of reduced sugar content and energy value with foamy and jelly structure. – Manuscript.

Dissertation for obtaining a scientific degree of doctor of technical sciences in the 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 p.

Dissertation is devoted to solving the problem of providing of Ukraine with confectionery products with reduced sugar, fat content and energy value. Based on the analysis of experimental researches and generalization of the developed recommendations, the principles of improvement of technologies of complex foamy, jelly and emulsion-foam structures with a reduced content of sugars and fat have been justified.

For the first time, taking into account the maximum limits of the content of sugars in jelly marmalade (by the sweetness and strength of the jelly), the schemes of its production with reduced levels of saccharose, glucose and fructose on agar polysaccharides and pectins have been improved. The flavor and color range of marmalade has been diversified without the use of dyes by the introduction of various types of fruit and berry puree; the quality indicators of the products have been achieved according to the state standards by optimizing the content of polydextrose, acid and puree. The ways of preventing the crystallization of glucose in marmalade have been determined, and the use of maltose treacle with low glucose content as a part of reducing agents has been substantiated.

For the first time, the possibility of obtaining aggregatively stable foam systems of protein creams for low-sugar cakes by the complex action of sodium alginate

and H-pectin has been substantiated; schemes of production of protein creams with a reduced content of saccharose, glucose and fructose have been improved, their prescription composition has been optimized. It has been found that it is expedient to put berry puree to formulations with saccharose, which provides necessary pH limits and enriches creams with functional ingredients; to put polydextrose to creams with glucose, and maltodextrin to creams with fructose to increase the content of dry matter.

For the first time, production regimes have been improved and prescription composition of creams made from reduced-fat cream with saccharose, glucose and fructose has been optimized, and the effectiveness of stabilizing the emulsion-foam system by introducing sodium alginate and j-carrageenan has been scientifically proved. It has been proved that the mechanism of obtaining the structure of creams with hydrocolloids differs from the traditional, which changes the nature of the microstructure and the quality of knocking.

The possibility of using sugars with prebiotic properties, lactulose and tagatose in marmalade formulations, protein creams, cream from whipped cream has been proved. A range of confectionery products for special purpose has been developed. It has been established that the addition of lactulose and tagatose introduces changes in the structural and mechanical indices of both foam and jelly systems.

In-depth data on the physical and chemical properties of solutions of sugars and the differences in the influence of sugars on the functional and technological properties of the structure-forming agents have been established. By analyzing the dielectric properties of sugar solutions, it has been proved that disaccharides, by virtue of a larger molecular mass, are capable of retaining a greater number of water dipoles than monosaccharides, thereby increasing the proportion of bound water in the system. It has been found that in the 20% solution (t-27 ° C) saccharose hydration is 12.2 mol / mol, lactulose - 12.1 mol / mol, glucose - 5.6 mol / mol, tagatose - 5.7 mol / mol, fructose - 5.0 mol / mol.

The direct relationship between solubility of sugars, the kinematic viscosity of their solutions and surface tension within a class of sugars, mono- or disaccharides has been experimentally confirmed. It has been established that fructose and lactulose, which have the highest solubility index among single-molecular experimental sugars, also have higher density and viscosity of the solution, which enhances surface energy at the interface of the phases and provides a higher surface tension.

It has been established that disaccharides have a pronounced dehydrating effect on egg albumin, limit its swelling and the ability to foam to a greater extent for monosaccharides.

It has been established that in jelly systems with monosaccharides, water is in more active state compared to saccharose and lactulose. This is reflected in the formation of more integral internal structure of the jelly compared to monosaccharides. It has been determined that the jelly-forming of agar polysaccharides and pectins with glucose and fructose is inhibited in comparison with saccharose systems, while formed jelly has less strength and modulus of springiness.

Measures for approval of normative documentation and implementation of the results of developments in production have been completed. It has been proved that the quality of products responds to the requirements of normative documentation; the energy value is reduced by 14.5 ... 28.1% (for marmalade); by 24 ... 29% (for protein

cream), by 33 ... 36% (for creams made from whipped cream). For products for special purpose it is reduced by 17.3 ... 44.8% (for jelly marmalade), by 27 ... 46.9% (for protein cream), by 32 ... 34% (for creams made from whipped cream).

Key words: confectionery, sugar content reduction, glucose, fructose, lactulose, tagatose, agar, pectin, carrageenan, pectin and sodium alginate complex, fruit and berry puree, foam, emulsion-foam, jelly structure, low calorie cream.