

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Харківський державний університет харчування та торгівлі

**ТЕХНОЛОГІЇ СОУСІВ СОЛОДКИХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ
КРОХМАЛІВ ФІЗИЧНОЇ МОДИФІКАЦІЇ**

Монографія

Харків
ХДУХТ
2017

УДК 664.871:664.2

ББК 36.991.3

Т38

Авторський колектив:

С. С. Андрєєва, М. Б. Колеснікова, О. О. Гринченко, П. П. Пивоваров

Рецензенти:

К. В. Свідло, д-р техн. наук, проф. кафедри харчових технологій та готельно-ресторанної справи Харківського торговельно-економічного інституту Київського національного торговельно-економічного університету;

А. В. Гавриш, канд. техн. наук, доц. кафедри технології харчування та ресторанного бізнесу Національного університету харчових технологій

Рекомендовано до друку вченою радою Харківського державного університету харчування та торгівлі, протокол № 16 від 03.07. 2017 р.

Технології соусів солодких із використанням крохмалів фізичної модифікації : монографія / С. С. Андрєєва, М. Б. Колеснікова, О. О. Гринченко, П. П. Пивоваров. – Х. : ХДУХТ, 2017. – 131 с.

ISBN

У монографії розглянуто технологію соусів солодких із використанням крохмалів фізичної модифікації. Обґрунтовано використання крохмалів фізичної модифікації (КФМ) із воскової кукурудзи «Prima», тапіокового «Endura», плодово-ягідної сировини (пюре, соки концентровані) та смакових компонентів у технології соусів солодких. Установлено залежності ефективної в'язкості оклейстеризованих крохмальних дисперсій (ОКД) і модельних систем (МС) на основі дослідних крохмалів та плодово-ягідної сировини від впливу технологічних чинників (рН, повторне нагрівання, механічний вплив, цикл «заморожування – розморожування», тривалість зберігання та ін.). Обґрунтовано раціональний вміст основних рецептурних компонентів і технологічні параметри виробництва соусів солодких. Розроблено рекомендації із застосування соусів солодких із використанням крохмалів фізичної модифікації для кулінарної продукції.

Монографія може бути корисною для наукових працівників, аспірантів, студентів, які навчаються за спеціальністю «Технології харчування», а також практичних працівників харчової промисловості та закладів ресторанного господарства.

УДК 664.87:664.2

ББК 36.991.3

© Андрєєва С. С., Колеснікова М. Б., Гринченко О. О., Пивоваров П. П., 2017

© Харківський державний університет харчування та торгівлі, 2017

ISBN

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	4
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ВИРОБНИЦТВА СОУСІВ СОЛОДКИХ.....	5
1.1. Технологічні аспекти виробництва та споживання соусів солодких у сучасних умовах.....	5
1.2. Аналіз існуючих способів забезпечення стійкості дисперсної системи соусів солодких.....	14
1.3. Технологічні передумови створення соусів солодких із використанням функціонально-технологічних інгредієнтів полісахаридного походження.....	23
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ОДЕРЖАННЯ ОКЛЕЙСТЕРИЗОВАНИХ КРОХМАЛЬНИХ ДИСПЕРСІЙ ЯК СТРУКТУРНОЇ ОСНОВИ СОУСІВ СОЛОДКИХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ КРОХМАЛІВ ФІЗИЧНОЇ МОДИФІКАЦІЇ.....	28
2.1. Теоретичні передумови розробки технології соусів солодких із використанням крохмалів фізичної модифікації.....	28
2.2. Дослідження реологічних і фізико-хімічних властивостей крохмалів.....	32
2.3. Дослідження впливу технологічних чинників на фізико-хімічні, структурно-механічні властивості оклейстеризованих крохмальних дисперсій.....	48
РОЗДІЛ 3. НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ СОУСІВ СОЛОДКИХ	73
3.1. Дослідження впливу рецептурних компонентів на фізико-хімічні та структурно-механічні властивості модельних плодово-ягідних систем	73
3.2. Розробка рецептурного складу та технологічної схеми виробництва соусів солодких на основі плодово-ягідної сировини.....	86
3.3. Дослідження основних показників якості та безпечності соусів солодких.....	89
3.4. Розробка рекомендацій із використання соусів солодких у технології кулінарної продукції.....	100
ВИСНОВКИ.....	106
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	109
ДОДАТКИ.....	125

ПЕРЕДМОВА

Моніторинг споживчого ринку в Україні та світі свідчить про існування чіткого тренду щодо підвищення попиту на готову до вживання продукцію. Ця тенденція є визначальною в системі HoReCa, бізнес-процесах B2B, B2C, на торговельних підприємствах і виявляє широкий спектр проблемних питань щодо підвищення якості, ефективності технологічних процесів виробництва, розширення асортименту та покращення споживчих властивостей продукції, забезпечення, варіювання термінів зберігання.

Найбільшу частку інновацій у технологіях соусів реалізовано в майонезах і томатних соусах, а розроблення технології соусів солодких на сьогодні спрямовано переважно на вдосконалення їх харчової цінності. Проте в сучасних умовах змінюються вимоги до асортименту, технологічності виробництва, споживчих властивостей соусів, які повинні зберігати стабільні показники під дією деструктивних чинників.

У світовій практиці виробництва соусів широкого розповсюдження набули функціонально-технологічні інгредієнти (ФТІ), серед яких першість за варіабельністю показників належить крохмалю. Проте нативні крохмалі мають низку обмежень у використанні: низька термо- та кислотостабільність, схильність до синерезису, нетривалі терміни зберігання тощо.

Наукове обґрунтування технології передбачає не тільки використання «готових» рекомендацій, але й розуміння закономірності змін функціонально-технологічних властивостей крохмалів під час реалізації циклу «виробництво – використання в складі продукції – зберігання».

З огляду на вищезазначене обґрунтування використання крохмалів фізичної модифікації (КФМ) у технології соусів солодких є важливим науковим і практичним завданням галузевого значення, вирішення якого дозволить створити наукову основу для технології нової продукції.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ВИРОБНИЦТВА СОУСІВ СОЛОДКИХ

1.1. Технологічні аспекти виробництва та споживання соусів солодких у сучасних умовах

Аналізуючи український ринок [1], можна визначити низку завдань, пов'язаних із виробництвом та реалізацією кулінарної продукції, а саме покращення споживчих властивостей (зниження масової частки харчових добавок), забезпечення безпечності продукції; варіювання термінів зберігання, розширення асортименту. Але однією з актуальних проблем є необхідність забезпечення технологічних властивостей продукції в процесі виробництва, зберігання, реалізації та споживання.

Соус – це додатковий компонент страви, який використовують для приготування напівфабрикатів, готової продукції під час подавання з метою отримання більш вираженого смаку та аромату, соковитості страв і виробів [2–5]. Завдяки поєднанню соусу та основної страви можна регулювати її харчову та енергетичну цінність.

Соуси солодкі, що традиційно виготовляються у закладах ресторанного господарства (ЗРГ), представлено не в досить широкому асортименті. За основу класифікації соусів узято такі ознаки:

- вид основної сировини (плодово-ягідна, молочна тощо);
- температура подавання (гарячі, холодні);
- наявність чи відсутність загусників (суттєво впливає на технологічний процес виробництва, підготовки до споживання та споживання);
- термін зберігання (короткочасне, тривале).

Соуси солодкі, що реалізуються в мережі HoReCa, представлено соусами загального призначення (топінгами, десертними, начинками) та спеціалізованими (наприклад, для дитячого харчування) [6–8].

На сучасному українському ринку реалізація соусів солодких передбачена через мережу «виробник – торговельна мережа – ЗРГ – індивідуальний споживач». Такий ланцюг зумовлює низку технологічних вимог що до виробництва та зберігання соусів, насамперед, до стабільності органолептичних, фізико-хімічних, структурно-механічних показників.

Слід підкреслити, що останнім часом усе більшого розповсюдження в ресторанному господарстві набуває «креативна кухня», яка характеризується комбінуванням соусів солодких із гарячими та холодними стравами на основі м'яса, риби, птиці, дичини [9; 10].

Стрімкий розвиток ЗРГ, формування нової культури споживання продукції сприяло тому, що соуси солодкі вийшли за межі традиційних технологій власного виробництва ЗРГ [11–14]:

- розвиваються технології соусів цільового призначення (дієтичні із заміниками цукру, із додатковим уведенням вітамінів та мінеральних речовин);
- набувають поширення технології молекулярної кухні (соуси-піни, капсульовані тощо);
- застосовуються експрес-прийоми приготування (наприклад, деглясування «La minute»);
- використовується спеціалізоване устаткування (комбіновані термоміксинги, еспумізатори та ін.).

Як класичні, так і сучасні підходи до технології соусів передбачають їх градацію за консистенцією: рідка (дресінги), середньої густини (соуси-топінги), густі (соуси-начинки, соуси-дип).

Аналіз сучасного асортименту продукції ЗРГ указав на необхідність створення соусів солодких різної консистенції. Так, соуси рідкої консистенції (дресінги) подрібні для заправлення салатів. Соуси середньої густини (топінги, десертні соуси) можуть бути використані для декорування страв чи напоїв під час підготовки до реалізації. Соуси густі (начинки, дип) доцільно

використовувати для фарширування кулінарних страв і кондитерських виробів, а також для комбінованого споживання зі снековою продукцією.

Технологічні аспекти отримання соусів солодких пов'язані зі створенням високодисперсних, стійких у часі систем. До дестабілізуючих чинників у технології соусів солодких належать такі:

- рН: використання плодово-ягідної сировини за рН від 5,5;
- час: тривалість термооброблення в процесі виробництва, короткочасне або тривале зберігання (не менше 90 діб за температури 1...6°C);
- механічний вплив різної інтенсивності (від 1000 до 1500 с⁻¹);
- температура: термооброблення в процесі виробництва, повторне нагрівання в складі кулінарної продукції, кондитерських виробів за температури понад 100° С; заморожування за температури – 18°C, розморожування).

Перспективними стабілізаторами на сьогодні є функціонально-технологічні інгредієнти (ФТІ) полісахаридної природи – модифіковані крохмалі, пектини, камеді та інші гідроколоїди. Але вибір ФТІ повинен базуватися не тлише на їх відношенні до дії дестабілізуючих чинників у технологічному потоці.

Важливою споживчою характеристикою соусів, незалежно від особливостей рецептурного складу та технологічного процесу виробництва, є комплекс органолептичних показників, за якими, перш за все, потенційні споживачі оцінюють продукт.

Ранжування органолептичних показників за коефіцієнтами вагомості показало, що пріоритетним, крім зовнішнього вигляду, є консистенція. Як було зазначено раніше, актуальним для соусів солодких є їх класифікація за трьома групами, а особливості консистенції соусів можуть бути подані таким чином:

- дресінги: однорідні рідкі, швидко розтікаються на горизонтальній поверхні;
- топінги: однорідні гомогенні або гетерогенні (із включенням часточок наповнювачів тощо) із «довгою» текстурою;

– начинки, дип: однорідні гомогенні або гетерогенні (із включенням часточок наповнювачів тощо) із «короткою» текстурою.

Обмежене виробництво соусів солодких притаманне не тільки для ЗРГ, але й для підприємств харчової промисловості. На основі діагностики рецептурного складу класичного та сучасного асортименту соусів власного та індустріального виробництва [15–19] нами розроблено модель рецептурного складу соусів солодких на основі плодово-ягідної сировини (рис. 1.1).

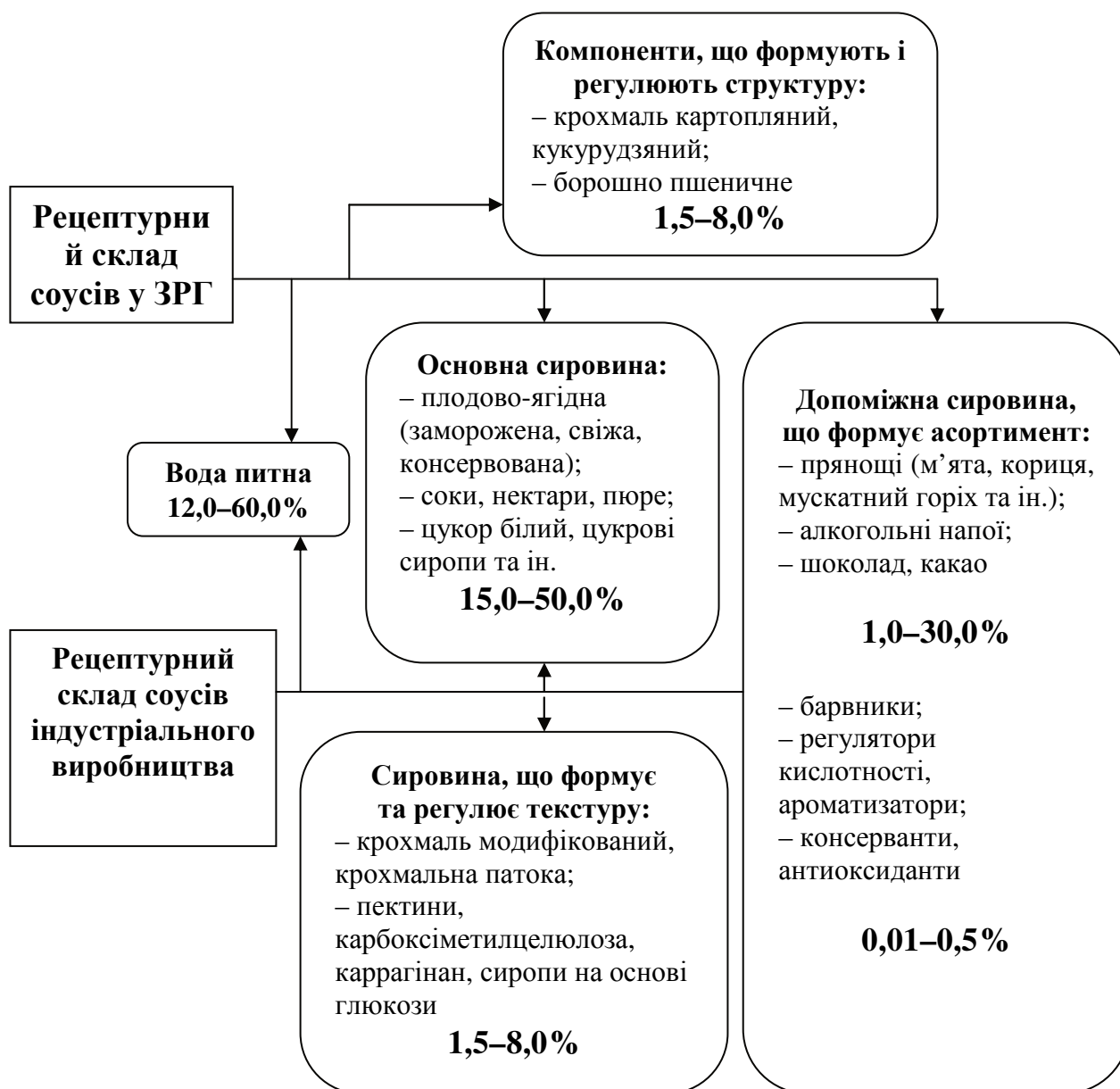


Рисунок 1.1 – Модель рецептурного складу соусів солодких на основі плодово-ягідної сировини, що виробляються в умовах ЗРГ та індустріального виробництва

Як бачимо, рецептурний склад соусів власного та індустріального виробництва складається з таких груп:

- основна плодово-ягідна сировина, яка може знаходитися у свіжому або консервованому (переробленому) вигляді;
- структуроутворювачі полісахаридної природи;
- допоміжна сировина, що формує асортимент;
- компоненти, що формують та регулюють структуру.

Традиційно до складу соусів солодких індустріального виробництва входять речовини, що забезпечують текстурну стабільність: пектин, агар, камеді, крохмалі модифіковані, сиропи на основі глюкози [20–25].

Обґрунтування вибору загусників базується на їх органолептичних показниках, фізико-хімічних властивостях, особливостях взаємодії з іншими компонентами, вартості, зручності у використанні.

Аналітичний огляд інформаційних джерел [19; 26–32] за проблемою показав, що на сьогодні здійснено низку досліджень щодо стабілізації харчових систем пектином, камеддю, карагінаном, альгінатом натрію тощо. У цьому науковому напрямі вагомий внесок здійснили такі вітчизняні та зарубіжні вчені, як П.П. Пивоваров, О.О. Гринченко, Л.П. Малюк, М.Ф. Кравченко, М.І. Пересічний, Л.В. Донченко, А.Ю. Колеснов, А.Ю. Круподеров, J.Y. Thebaudin, A.C. Lefebvre, S. Mali та інші, у працях яких розглянуто теоретичні та прикладні аспекти забезпечення колоїдної стабільності систем шляхом використання добавок полісахаридної природи: пектинів, солей альгінових кислот, карагінанів, камедів, крохмалів; підтверджено можливість отримання широкого асортименту продуктів зі стабільними властивостями.

Різні види обробки плодово-ягідної сировини (механічна – подрібнення, гомогенізація; теплова – варіння, стерилізація й повторне нагрівання) та зміна рН середовища впливають на зовнішній вигляд соусів, погіршують їхні споживні властивості. Використання барвників дозволяє відновити та підсилити природний колір переробленої плодово-ягідної сировини, а також створити широкий асортимент соусів солодких [16; 33; 34].

Формуванню необхідних смако-ароматичних характеристик соусів солодких індустриального виробництва сприяє використання ароматизаторів, підсолоджувачів, підкислювачів та підсилювачів смаку, що знижує їх харчову цінність і «привабливість» для потенційних споживачів.

На можливість і швидкість перебігу гідролітичних та окислювальних процесів, розвиток небажаної мікробної флори соусів солодких впливають склад і стан харчової системи, вологість, рН середовища, активність ферментів, особливості технології переробки плодово-ягідної сировини та виробництва, умови зберігання та транспортування. Для забезпечення якості та безпечності соусів використовують консерванти та антиоксиданти, що уповільнюють мікробіологічну та окислювальну порчу [35; 37].

До сучасного асортименту соусів висувається низка специфічних вимог, які необхідно враховувати під час обґрунтування рецептурного складу та технологічного процесу виробництва, а саме:

- широкий діапазон варіювання в'язкості;
- рівномірність розподілу частинок плодів і ягід за всім об'ємом (можливість знаходження у зваженому стані);
- стійкість до заморожування та збереження споживчих властивостей, відсутність підтавання або «сніжистості»;
- збереження консистенції та смакових властивостей продукту без зміни в процесі виробництва та зберігання (висихання, розшаровування тощо).

Рецептурний склад істотно впливає на перебіг технологічного процесу виробництва готової продукції. Під час окремих операцій відбувається низка перетворень як з окремими речовинами, так із рецептурною сумішшю в цілому. Тому розуміння процесу й визначення контрольних точок керування є важливим для подальших досліджень. Під час технологічного процесу виробництва соусів солодких сировина та напівфабрикати піддаються різним видам обробки (механічна, фізична, термічна), які викликають певні біохімічні перетворення та впливають на споживчі властивості продукції.

Основними реакціями, що відбуваються під час перероблення плодово-ягідної сировини [33; 38; 39] та призводять до зміни її споживчих властивостей, є:

- ферментативне та неферментативне окиснення поліфенольних речовин, зокрема біофлавоноїдів;
- полімеризація продуктів окиснення поліфенольних речовин, їх реакції з металами, амінокислотами та ін.;
- окиснення вітамінів, у першу чергу аскорбінової кислоти;
- карамелізація цукрів;
- розпад деяких органічних кислот.

Для забезпечення якості плодово-ягідних соусів під час технологічного процесу необхідно обмежити доступ кисню до рецептурної суміші. Окиснення відбувається за радикально-ланцюговим механізмом із квадратичним обривом ланцюгів, кисень завжди каталізує руйнування антоціанів, менше він впливає на флавоноли.

Ураховуючи негативний вплив окисних перетворень біофлавоноїдів на якісні показники продукції, необхідно намагатися максимально зберегти їх під час технологічного процесу. Із цією метою вченими [16; 40] запропоновано низку прийомів:

- використання плодово-ягідної сировини в стадії оптимальної зрілості, за рахунок чого досягається раціональне співвідношення різних форм флавоноїдів, які менше здатні до окиснювальних перетворень;
- вибір певних видів і сортів плодів із високим вмістом антоціанів, флавонолів і низьким вмістом катехінів.

Технологічний процес виробництва соусів солодких нами подано у вигляді моделі (рис. 1.2), на якій визначено основні параметри керування та контролю технологічного процесу.

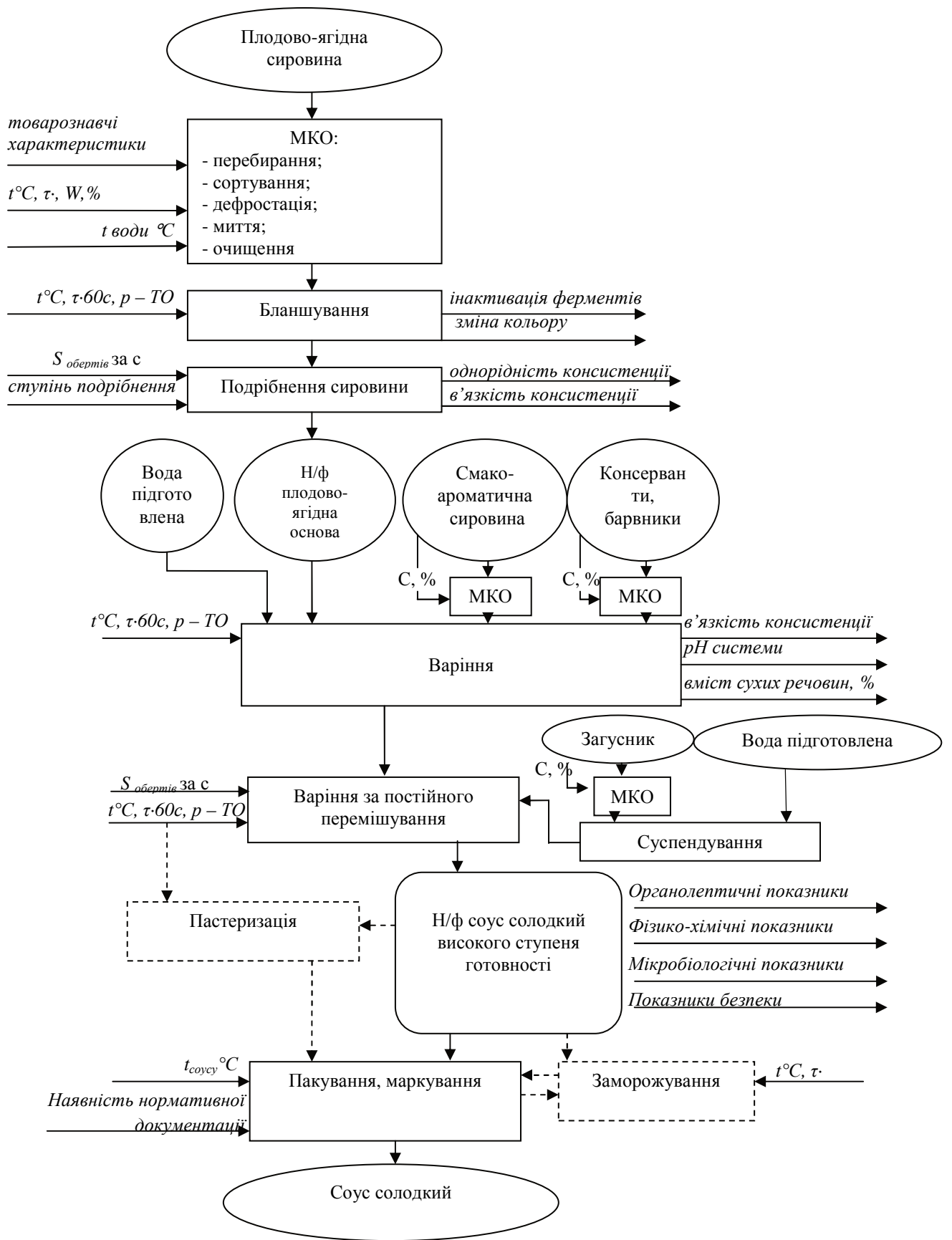


Рисунок 1.2 – Модель технологічного процесу виробництва соусів солодких

Під час обґрунтування технологічного процесу виробництва солодких соусів необхідно врахувати таке:

- призначення соусу та специфіку його використання;
- потенційну можливість взаємодії плодово-ягідної основи з загусником для отримання рівноважної термодинамічної системи, що не змінюється в часі;
- параметри окремих технологічних операцій (заморожування, пастеризація та ін.), стабільність властивостей соусу за певних умов;
- відповідність режимів зберігання готового продукту в ланцюзі «виробник–споживач»;
- економічну доцільність виробництва.

Необхідність регулювання властивостей дисперсних систем і керування процесами структуроутворення зумовлюють виявлення специфіки та закономірностей зміни в'язкості модельних систем, що формують консистенцію соусів.

Значна частина солодких соусів має консистенцію від рідкої (сироп) до густої, пасто- або гелеподібну (начинки). Проблему забезпечення стійкості колоїдних систем соусів можна вирішити шляхом уведення (ФТІ), впливом термооброблення до накопичення сухих речовин та дозволяє розробити широкий асортимент соусної продукції, для задоволення попиту широкого кола споживачів.

Слід зазначити, що асортимент соусів формується, в основному, за рахунок використання різних смакових наповнювачів, нових структуротвірних інгредієнтів, технологічних операцій.

Наведені дані свідчать, що за досить обмеженого асортименту солодких соусів для них характерні нетривалі терміни зберігання. Вищевикладене визначається відсутністю наукових основ виробництва соусів солодких і диктує необхідність створення нових видів соусів, до складу яких уходили б доступні натуральні інгредієнти та які б мали сталі технологічні властивості, органолептичні, фізико-хімічні, структурно-механічні показники в процесі виробництва, реалізації та зберігання.

1.2. Аналіз існуючих способів забезпечення стійкості дисперсної системи соусів солодких

Важливою умовою одержання готової продукції з цільовими показниками є прогнозування поведінки та ефективності від взаємодії окремих компонентів рецептурної суміші в технологічному потоці [33].

Харчові продукти (кулінарна продукція) як дисперсні системи можуть бути гомогенними або гетерогенними [41–45]. Соуси солодкі є багатокомпонентною системою, яка піддається суттєвим змінам під дією технологічних чинників. Важливим показником якості соусів є консистенція – складний багатofакторний показник, формування якого залежить від колоїдного стану, ступеня дисперсності тощо.

Складність забезпечення колоїдної стійкості визначається як особливістю рецептурного складу (кисле середовище, наявність частинок подрібненої плодово-ягідної сировини тощо), так і змінами в рецептурній суміші під час технологічної обробки, зберігання, використання.

Згідно з визначеннями [42; 47; 51] під стійкістю дисперсної системи розуміють сталість у часі її стану та основних властивостей: дисперсності, однорідного розподілу частинок дисперсної фази в об'ємі дисперсійного середовища та характеру взаємодії між частинками. Розрізняють наступні види стійкості дисперсних систем:

– агрегативна стійкість – здатність зберігати незмінними в часі розміри дисперсних частинок (дисперсність), тобто протидіяти коалесценції;

– кінетична стійкість – здатність системи зберігати незмінним у часі розподіл частинок дисперсної фази в об'ємі системи, тобто протидіяти впливанню або осіданню частинок;

– фазова стійкість – здатність зберігати в часі незмінними характер взаємодії між дисперсними частинками, що важливо для системи в яких дисперсні частинки взаємодіють між собою (агломерація, флокуляція).

Розуміння чинників, за яких руйнується консистенція, є дуже важливим для обґрунтування та керування технологією соусів [41–45]: механічний або температурний вплив; кількість сухих речовин, наявність і результативність використання регуляторів консистенції, значення рН, вплив електролітів.

Одним із класичних методів запобігання руйнуванню дисперсної системи є підвищення вмісту сухих речовин. Цей підхід найчастіше застосовується в консервній промисловості з метою одержання в'язко-густої або драгледоподібної продукції з вмістом сухих речовин 65–70%. Основним недоліком концентрування сухих речовин шляхом уварювання є зниження поживної цінності продукції, складність контролю якості, а також неефективне використання енергоресурсів, що є економічно недоцільним.

Вирішенню проблеми забезпечення стабільності дисперсних систем сприяє введення загусників, що зв'язують рідину та підвищують в'язкість системи. Аналіз інформаційних джерел [25; 27; 46] свідчить, що цей підхід має свої переваги та недоліки: з одного боку, використання загусників скорочує тривалість технологічного процесу порівняно з уварюванням. Але підбір та обґрунтування виду загусника має спиратися на одержанні певних органолептичних ефектів.

Відомо, що дисперсним середовищем соусу є водний розчин моноцукрів, мінеральних речовин, органічних кислот, в об'ємі якого розподілена дисперсна фаза у вигляді твердих частинок з розміром 30–150 мкм [41; 47].

При введенні у рідку харчову систему стабілізатора (загущувача), в процесі приготування харчового продукту вода зв'язується, в результаті чого тверді часточки системи втрачають свою рухливість, консистенція продукту змінюється, а в'язкість зростає.

Розвиток харчових технологій сприяє виникненню індустрії харчових добавок, які, з одного боку, значно спростили технологічний процес, а з іншого – призвели до вилучення з технологічного циклу традиційних інгредієнтів [47; 48].

Практичне застосування ФТІ значно випереджає наукове обґрунтування, що призводить до низки проблем із їх використання під час виробництва

продукції, її якості та безпечності, а вибір загусників та складання рецептурних сумішей здійснюється переважно емпірично [19; 25; 46; 49–52]. Вищевикладене диктує необхідність наукового обґрунтування вибору ФТІ для подальшого їх упровадження в практику роботи підприємств галузі.

Існують загальні вимоги до функціональних властивостей загусників: ступінь і швидкість набрякання, розчинність, здатність стабілізувати рідкі дисперсні системи, стійкість до впливу деструктивних чинників [23; 35; 46]. Однією з головних вимог до загусників є можливість загущення та структуроутворення системи за наявності різноманітних харчових речовин, тобто «універсальність» загусника незалежно від складу харчової системи.

Також важливою в технології виробництва соусів солодких є характеристика дисперсій: в'язкість, міцність, температура загущення, схильність до синерезису в процесі виробництва та зберігання, здатність сорбувати й десорбувати ароматичні речовини та харчові барвники, термомеханічні властивості, сталість реологічних властивостей.

Харчові інгредієнти полісахаридної природи представлено широким асортиментом, проте результати систематизації інформації та досвіду роботи харчових виробництв показали, що найбільше практичне застосування набули крохмалі.

Використання нативних крохмалів обмежено внаслідок їх фізико-хімічних і функціонально-технологічних властивостей [35]. Більшість нативних крохмалів (картопляний, зернові) містять до 25% амілози, а харчові продукти з їх використанням як загусників та гелеутворювачів характеризуються низькою технологічною стабільністю та виявляють виражену тенденцію до синерезису [53].

Проблема забезпечення стабільності, запобігання «старінню» крохмальних клейстерів і гелів є ключовою для харчових продуктів (у тому числі з тривалим терміном зберігання, заморожених). Ущільнення структури, виділення води, підвищення каламутності, зміна органолептичних

характеристик харчових продуктів є негативним наслідком процесу ретроградації крохмалю [54; 55].

Зерна нативних крохмалів також схильні до руйнування під впливом технологічних чинників (температура, рН, механічний вплив), що призводить до зниження в'язкості харчових систем та споживних властивостей.

Істотним недоліком використання в харчових продуктах більшості нативних крохмалів є відчуття смаку «сирого зерна». Нативні зернові крохмалі (із кукурудзи, пшениці, рису) утворюють непрозорі клейстери, що є обмежувальними чинником у багатьох технологіях із точки зору формування необхідного зовнішнього вигляду продукції.

Використання кукурудзяного крохмалю з низьким вмістом амілози сприяє локальному гелеутворенню [35; 51; 56–59]. Таким чином, низька стабільність крохмальних клейстерів і гелів, їхня лабільність до температури, механічного впливу, кислотності та іонної сили, смакові особливості обмежують застосування нативних крохмалів як загусників і гелеутворювачів у багатьох харчових технологіях.

Властивості та механізм стабілізації ОКД зазначено у великій кількості експериментальних робіт та аналітичних оглядів [53–55]. Сформульовані теоретичні положення про властивості та стан крохмалю знайшли відображення в працях М. Ріхтера, М.М. Трегубова, А.І. Жушмана, В.С. Грюнера, Н.П. Козьміної, Н.Г. Гулюк, Л.В. Бабіченко та ін.

Але на сьогодні практичні дослідження та розроблення нових ФТІ спрямовані на підвищення ефективності та розширення технологічних можливостей їх використання, результативність від упровадження технологій.

Регулювання фізико-хімічних та функціонально-технологічних властивостей нативних крохмалів досягається шляхом їх хімічної, фізичної та ферментативної модифікації, унаслідок чого суттєво розширюються сфери їх застосування [35].

На ринку існує широкий асортимент крохмалів модифікованих, які залежно від методу модифікації адаптовано до певного технологічного процесу

продукту. Проте обґрунтування рецептурного складу соусів солодких повинно здійснюватися з урахуванням специфіки властивостей та функцій крохмалів модифікованих, що реалізуються в технологічному потоці, та базуватися на аспектності їх використання.

Моніторинг ринку ФТІ показав, що переважна більшість технологій базується на використанні крохмалів хімічної модифікації в технології харчової продукції.

Згідно з нормативною документацією [60] модифіковані крохмалі – це крохмалі, властивості яких змінено в результаті фізичної, хімічної, біохімічної або комбінованої обробки.

В основі різних способів хімічної модифікації лежить необхідність отримання певних властивостей за рахунок зміни молекулярної структури крохмальних полісахаридів (контрольована видозміна водневих зв'язків), що дозволяє підвищити функціональність крохмалю в харчових технологіях та розширити сфери його застосування.

Наприклад, крохмалі-загусники відрізняються високою стабільністю характеристик, створюють регульований рівень в'язкості, надають «коротку» сметаноподібну консистенцію та відчуття наповненості, дозволяють знижувати виробничі витрати [61–65].

Аналіз сучасних наукових даних [66–71] демонструє, що для одержання модифікованих крохмалів використовують такі види хімічної обробки та їх комбінації: етерифікація оцтовим і бурштиновим ангідридом, сумішшю ангідридів оцтової та адипінової кислот, ангідридом октенилянтарної кислоти; обробка фосфорилхлоридом, триметафосфатом і триполіфосфатом натрію з утворенням складних ефірів; етерифікація оксидом пропілену з утворенням простих ефірів; кислотна модифікація хлористоводневою та сірчаною кислотами з утворенням продуктів гідролізу або перманганатом калію та гіпохлоритом натрію; окиснення гіпохлоритом натрію.

Основною перевагою хімічно-модифікованих крохмалів є їхня стійкість до певних дестабілізуючих технологічних чинників (високотемпературні

режими обробки, кислотний і механічний вплив), а також забезпечення стабільності структури харчових продуктів під час їх зберігання та споживання (у циклі заморожування-розморожування, приготування в мікрохвильових печах тощо) [35; 47; 51; 60].

Фосфатні крохмалі (E1410, E1412, E1413) забезпечують отримання консистенції, більш стійкої до розпаду, дії температури, кислот, циклів заморожування-розморожування, ніж за використання нативних крохмалів.

Завдяки ацетилюванню (для хімічної модифікації крохмалю E1420) старіння крохмалю сповільнюється, але він стає менш стійким до нагрівання, механічної дії і кислот.

Ацетильовані зшиті крохмалі (E1414, E1422, E1423) найчастіше використовуються для загущення і стабілізації кетчупів та інших соусів.

Ефір крохмалю та натрієвої солі октенілянтраної кислоти (E1450) характеризується вираженими емульгуючими і піностабілізуючими властивостями, тому застосовується у виробництві майонезу як емульгатор та стабілізатор емульсії.

Поряд з чисельними перевагами модифікованих крохмалів існує й низка недоліків, які впливають на формування технологічних обмежень у їх використанні [35; 73–75]. Так, окиснені крохмалі виявляють тенденцію до потемніння внаслідок температурного впливу або під час зберігання [35; 76]. Для приготування фруктових начинок як загусники використовують етери та естери крохмалю. Уведення в структуру крохмалю хімічних радикалів підвищує прозорість клейстерів та стабільність під час зберігання, перемішування, нагрівання, заморожування-розморожування та низьких значень рН. Більшість видів модифікованого крохмалю належить до підгрупи зшитих. Клейстер зшитого крохмалю є більш в'язким, має «коротку» текстуру, стійкий до різних зовнішніх впливів – високих температур, тривалого нагрівання, низьких рН, механічних навантажень [61; 64; 67; 76].

Сьогодні для отримання поперечно-зшитих крохмалів можуть використовувати епіхлоргідрину, що недопустимо у зв'язку з встановленою канцерогенною дією хлоргідринів на організм людини (дикрохмал-гліцерин) [35].

Окремо слід звернути увагу на формування вимог до соусів з точки зору споживача. Безумовно, незважаючи на хімічну модифікацію, крохмалі є безпечними добавками, що дозволені для використання, проте їх застосування та статус харчової добавки знижують лояльність споживачів та обмежують використання для окремих категорій (наприклад, дитяче харчування).

Ферментативна модифікація використовується для отримання розщеплених крохмалів за допомогою амілолітичних ферментів – амілаз (α - та γ -), які розривають α -1,4- та α -1,6-глікозидні зв'язки амілопектину.

У процесі гідротермічної обробки ферментно-модифікованих крохмалів утворюються клейстери зі зниженою в'язкістю за високого вмісту сухих речовин, які під час охолодження перетворюються на міцні еластичні гелі. Застосовуються в технології наповнювачів у супах, соусах тощо, гелеутворювачів – у фруктових жувальних цукерках, компонентах покриттів.

Разом із тим аналіз існуючих технологічних процесів виробництва харчової продукції за використання крохмалів модифікованих показує, що параметри та функції таких харчових систем, як соуси солодкі, де, з одного боку, важливими є властивості самої системи (рН, наявність цукру білого, певний вміст сухих речовин тощо), а з іншого – технологічність з огляду на кислото- та термостабільність соусів солодких у технологічному потоці, не можуть бути реалізовані повною мірою за їх використання та визначають доцільність пошуку й наукового обґрунтування альтернативних видів крохмалю.

Вищенаведене стало передумовами для пошуку функціональних інгредієнтів, які під час застосування в технологічних системах забезпечують реалізацію функціонально-технологічних властивостей для одержання соусів солодких із заданими споживними властивостями. У цьому напрямі набувають актуальними наукові дослідження, спрямовані на розвиток фундаментальних і прикладних аспектів у сфері створення та використання нетоксичних матеріалів, зокрема крохмалів. В основу формування їх властивостей покладено інноваційні підходи без використання хімічної модифікації. Проаналізувавши

наукові дослідження, визначено можливість створення структури харчової системи з використанням крохмалів, що передбачає підвищення їх функціональної активності за рахунок монодисперсного ранжування зерен [62; 68; 72].

Фізична модифікація властивостей полімерів може бути досягнута як на етапі отримання інгредієнтів, так і в ході технологічного процесу. Щодо крохмалю фізична модифікація має місце в технології холодонабрякаючих крохмалів, пористих крохмалів, одержаних у ході кріоліту (заморожування, розморожування) або екструзії, а також розщеплених крохмалів, одержаних у процесі інтенсивної механічної обробки – механолізу [75].

Фізична модифікація використовується для отримання набряклого (попередньо желатинозованого) крохмалю і здійснюється шляхом волого-термомеханічної обробки крохмалю на вальцьових, розпилувальних сушарках або на екструзійних установках, які забезпечують швидку клейстеризацію крохмалю та подальше висушування клейстеру. За такої обробки відбувається руйнування природної структури крохмальних зерен, що не супроводжується їх деструкцією, і крохмаль набуває здатність набрякати та розчинятися в холодній воді.

Широкого застосування як структуроутворювач та наповнювач із високою вологоутримувальною здатністю набув набрякаючий крохмаль. До цієї групи модифікованого крохмалю належать крохмаль, отриманий шляхом волого-термічної обробки крохмальної суспензії за високої температури або внаслідок екструзійного оброблення. Цей вид модифікації надає крохмалю підвищеної здатності до гідратації та набрякання в холодній воді.

Із літературних джерел відомо [77–80], що для крохмалю різного походження збільшення ступеня набрякання відбувається під час нагрівання суспензії до певної температури (температура клейстеризації), значення якої знаходяться у широких межах.

Сьогодні набрякаючий крохмаль одержують різними способами: шляхом екструзійного оброблення нативного крохмалю та в умовах вальцювої сушарки.

Для надання підвищеної вологопоглинальної здатності суспензію крохмалю висушують у тонкому шарі між двома поверхнями, нагрітими до температури 140...60°C до видалення вологи.

Основним недоліком крохмалів фізичної модифікації, що отримують шляхом екструзійного сушіння, є пошкодження крохмальних зерен у процесі тонкого подрібнення, що призводить до нерівномірного перебігу клейстеризації.

Група компаній «Ingredion» [81; 82] виробляє серію інноваційних крохмалів «Novation» без індексу «Е», які характеризуються найвищою технологічною стійкістю та максимальною стабільністю. У широкому технологічному спектрі різної за призначенням продукції (соуси, супи, фруктові наповнювачі, молочні продукти) за умов інтенсивного механічного та термічного впливу крохмалі «Novation» декларуються як інгредієнти, здатні сформувати та забезпечити певну структуру. Ці види крохмалю відповідають Постанові 834/2007 ЄС і тому можуть маркуватися як «органічні» [83].

Сучасний спосіб виробництва крохмалів серії «Novation» полягає в термообробці крохмальної суспензії до температури клейстеризації з мінімальною тривалістю витримування та наступним розпиленням у сушарці. При цьому зерна крохмалю залишаються цілими та непошкодженими, як під час екструзійної обробки. Крохмалі цієї модифікації мають функції класичних крохмалів, що здатні зв'язувати вологу.

За екструзійного впливу на крохмальні зерна відбувається їх руйнування. Це підтверджує знижену стійкість до механічного впливу, а також ретроградуючу активність, унаслідок чого використання цих зерен у технологічному циклі неможливе.

Під час розробки сучасних технологій модифікованих крохмалів важливим аспектом є вивчення морфологічної структури, тому що розмір, форма, характер поверхні та розподіл зерен за розмірами можуть значною мірою визначати якість крохмалю й впливати на перебіг їх фізичної модифікації.

Фізична модифікація крохмалів серії «Novation» полягає в специфічності мікроструктурних характеристик крохмальних зерен, а саме їх форми, розмірів, які мають монодисперсність [80–86]. Монодисперсність крохмалів фізичної модифікації полягає в майже однаковому розмірі крохмальних зерен. Монодисперсна система крохмальних зерен має вигляд гострого піку з досить вузькою системою [87], вони можуть бути як кінцевими станами речовини – гранули-зерна різних розмірів і фазового стану, так і динамічними структурами – когерентними потоками зерен, упорядкованими в просторі та часі.

Фізична модифікація крохмалів передбачає підвищення їх функціональної активності та екологічної безпеки за рахунок створення структури зерен у монодисперсному ранжуванні.

В основу фізичної модифікації шляхом сортування за розміром крохмалів покладено уявлення про те, що фізико-технічні властивості крохмалю можна регулювати шляхом фракціонування крохмальних зерен і розміром та будовою. Фізична модифікація не тільки сприяє рівномірному набухання та клейстеризації крохмальних зерен, а й розподілу інгредієнтів у дисперсному середовищі.

Дослідження фізико-хімічних основ загушення дисперсії та вивчення сучасних технологій отримання крохмалів фізичної модифікації дозволяє прогнозувати перспективність їх використання в технології соусів солодких.

1.3. Технологічні передумови створення соусів солодких із використанням функціонально-технологічних інгредієнтів полісахаридного походження

Аналіз інформаційних джерел, моніторинг споживчого ринку показали, що в технології соусів солодких існують дві пріоритетні тенденції: розробка соусів на основі плодово-ягідної сировини зі спрямованими споживними властивостями (складом, харчовою цінністю, термінами зберігання та ін.); підвищення ефективності використання загусників.

Так, технології соусів солодких із добавками, які коригують показники харчової цінності, передбачають зниження витрат загусників, цукру, створення дієтичної продукції, збагачення білками, вітамінами, мінеральними речовинами та харчовими волокнами.

Слід підкреслити, що в більшості наявних наукових і прикладних праць досліджено вдосконалення технології термостійких начинок, наповнювачів на основі овочевої та плодово-ягідної сировини для кондитерських виробів і менше уваги звернуто, на обґрунтування та розробку сучасного асортименту соусів солодких (топінгів, дресінгів, дипів), які стають популярними серед ЗРГ і підприємств харчової промисловості.

Забезпечення та регулювання консистенції соусів є складним процесом за рахунок рецептурного складу та технології. Основною технологічною проблемою під час виробництва соусів є збереження колоїдної стійкості за умов впливу хімічного складу сировини та технологічних чинників [36, 100–104]. Тому створення соусів солодких ґрунтується, перш за все, на ефективності реалізації властивостей основної сировини та загусників.

У працях П.П. Пивоварова, О.О. Гринченко, Ф.В. Перцевого, Ю.Г. Базарної, Н.А. Груніної, Т.А Камбулової, М. Sikora, М. Krystyjan та інших [19; 32; 48; 50; 53; 68; 88–90] досить докладно вивчено вплив технологічних чинників і різних речовин на властивості загусників дисперсних систем та умови їх структуроутворення.

Разом з тим існуючий на ринку України асортимент плодово-ягідних соусів має низку недоліків, основними з яких є: відсутність гетерогенних за структурою соусів із включенням плодів або подрібнених частинок плодово-ягідних наповнювачів, великий вміст цукрів. Тому проведення досліджень, щодо розробки нових за структурами соусів солодких є доцільним і своєчасним.

Як бачимо, значна частка інновацій спрямована на забезпечення стабільності консистенції, що досягається шляхом додавання модифікаторів: крохмалів хімічної та ферментативної модифікації, камедів, композицій

крохмалів хімічної модифікації в поєднанні з камеддю, карагінаном, або поєднання гуміарабіку з низькоетерифікованим пектином. При цьому ці композиції забезпечують соусам не тільки сталу консистенцію, а й стійкість до механічного впливу, відсутність синерезису.

Під час аналізу науково-інформаційних джерел встановлено, що останнім часом увага вчених акцентується на розробці соусів солодких із використанням власних технологічних властивостей сировини (соєвого борошна, салепу, екстракту оболонки насіння льону, толокна, хеномелеса, сухих порошоків на основі плодово-ягідної сировини), які, крім коригування консистенції, впливають на показники харчової цінності.

Як видно, значна частка інновацій спрямована на забезпечення стабільності консистенції, що досягається шляхом додавання модифікаторів: крохмалів хімічної та ферментативної модифікації, камедів, композицій крохмалів хімічної модифікації в поєднанні з камеддю, карагінаном, або поєднання гуміарабіку з низькоетерифікованим пектином. При цьому дані композиції забезпечують соусам не тільки сталу консистенцію, а й стійкість до

Такі технологічні рішення переважають скорочення витрат загусників, створення дієтичної продукції та збагачення соусів вітамінами, мінеральними речовинами та харчовими волокнами. Але ці інновації не знайшли широкого практичного впровадження за рахунок складності відтворення технології у виробничих умовах.

Підсумовуючи аналітичні дослідження, можна зробити висновок, що соуси солодкі є перспективною та популярною групою продукції як для виробників, так і для споживачів.

Сучасні дослідження з обґрунтування технології соусів солодких спрямовані на: забезпечення колоїдної стабільності продукції; регулювання споживчих властивостей; використання різними групами споживачів (дитяче, спортивне харчування тощо); надання лікувально-профілактичних властивостей.

Узагальнені дані щодо інновацій у технології соусів солодких подано в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Сучасні інноваційні заходи в технології соусів солодких

Напрямок інновацій	Вид продукції, яку розроблено	Характеристика інновації	Автор наукової розробки, джерело
1	2	3	4
Використання ФТІ (з індексом Е) як загусників у технології соусів солодких	Плодово-ягідний наповнювач	Використання модифікованого кислотостійкого кукурудзяного крохмалю «Flojel 60» (Голландія), стійкого до впливу високої температури, який легко диспергується в рідкому середовищі	Ю.В. Камбулова, Т.А. Сильчук [90]
	Соуси на основі плодово-ягідної сировини	Використання композиції камеді гуару, карагану, модифікованого крохмалю, глюкозного сиропу, сиропу цукрового сорго, що дозволяє повністю виключити цукор із рецептури. Ця композиція забезпечує необхідну консистенцію, стійкість до механічного впливу, збереження структурних показників і відсутність синерезису	В.Д. Малигіна, С.Д. Малишева [91–92]
	Соуси функціонального призначення	Використання модифікованого крохмалю, ферментованого амілазою, який не схильний до синерезису. До складу соусів входять функціональні композиції, збагачені поживними речовинами (вітамінами, мінеральні речовини тощо)	Н.В. Притульська, Г.І. Сеногонова [93–95]
	Соус фруктовий солодкий	Використання пюре банана, що містить крохмаль і гуарову камідь, яка забезпечує колоїдну стабільність соусу. Основу соусу складає сік із чорної смородини або порічок	Г.П. Хомич, М.В. Кирильченко [96]
	Соуси для дитячого харчування	Соуси містять основний овочевий або плодово-ягідний компоненти, воду, цукор, крохмаль модифікований та аскорбінову кислоту	О.І. Квасенков, Н.М. Степанішев [97, 98]
	Фруктові соуси	Використання низькоетерифікованого пектину «Grindsted yf 738» і гуміарабіку, які стійкі до впливу кислот та не піддаються старінню	М. Кравченко, [17, 37]

1	2	3	4
Використання технологічних властивостей сировини для забезпечення консистенції соусів	Соуси	Використання соєвого борошна як загусника, що характеризується хорошою вологоутримувальною, емульгуючою, структуротворюючою, стабілізуючою здатністю	А.Б. Лебедева, А.В. Маліков, Т.Ф.Кисельова [99, 100]
	Ягідні соуси	Використання салепу (порошок із бульбокорення зозулинці) як структуроформувальної добавки соусу, що забезпечує його консистенцію	Л.П. Малюк, Н.Ю. Балацька [31]
	Плодово-ягідні соуси	Використання толокна як структуроформувальної добавки соусу, що забезпечує його консистенцію	О.М. Стешенко [101]
	Соуси солодкі	Використання вітапектину та фітосорбенту, які забезпечують колоїдну стабільність соусу	О.В. Шевченко [102]
	Фруктові соуси	Використання пюре на основі хеномелесу, що є структуроутворюючою основою соусів за рахунок вмісту в сировині пектину, клітковини, крохмалю	Г. Хомич, В.М. Васюта [103]
Використання фруктових порошоків, як загусників соусів солодких	Фруктові соуси	Використання сухих порошоків із хурми, банана та ананаса в композиції з вівсяним борошном, що дозволяє не тільки стабілізувати систему, але й знизити енергетичну цінність. Технологія виробництва соусів передбачає відновлення сухих порошоків у воді або фруктовому відварі	О.В. Дзюндзя [34, 104]
Попередня теплова обробка плодово-ягідної сировини	Соуси солодкі	Технологія соусів передбачає попередню теплову обробку (варіння на парі, припускання, запікання, сушіння) плодово-ягідної сировини до певного вмісту сухих речовин, редукуючих цукрів	З.Р. Ходирєва, М.Є. Романова [105]

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНЕ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ОДЕРЖАННЯ ОКЛЕЙСТЕРИЗОВАНИХ КРОХМАЛЬНИХ ДИСПЕРСІЙ ЯК СТРУКТУРНОЇ ОСНОВИ СОУСІВ СОЛОДКИХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ КРОХМАЛІВ ФІЗИЧНОЇ МОДИФІКАЦІЇ

2.1. Теоретичні передумови розробки технології соусів солодких із використанням крохмалів фізичної модифікації

Аналізуючи сучасний стан розвитку виробництва харчової продукції в рамках потужностей закладів ресторанного господарства, харчової та переробної промисловостей з огляду на інноваційність створених та реалізованих на практиці економічно ефективних та конкурентоспроможних технологій слід відзначити, що на сьогоднішній день асортимент, склад, властивості харчової продукції зазнають значних змін відповідно до низки вимог. Останні, з огляду на систематизацію існуючої інформації, є краєугольними, де виробники харчової продукції та кінцевий споживач використовують абсолютно різні характеристики для формування вимог.

Аналітичний огляд літератури, моніторинг ринку ФТІ, комплексна дегустаційна оцінка показали доцільність та переваги використання різних видів крохмалів у технології соусів солодких, які дозволяють отримувати широкий асортимент продуктів із регульованими структурно-механічними, фізико-хімічними та органолептичними показниками, що відповідають сучасним вимогам до якості.

У зв'язку з особливостями хімічного складу та морфологічної будови нативних крохмалів харчові продукти з їх використанням в якості загусників характеризується низькою технологічною стабільністю і проявляють виражену тенденцію до синерезису. Також нативні крохмалі мають низку обмежень у

використанні, які перш за все, знаходяться в площині низької термо- та кислотостабільності (під час виробництва) та нетривалих термінів зберігання.

Відомо, що неоднорідність розмірних характеристик крохмальних зерен у нативному крохмалі, наявність структурних аномалій у вигляді різних неоднорідностей упаковки зерен є причиною утворення оклейстеризованих крохмальних дисперсій (ОКД) із неоднорідною структурою за об'ємом.

За умови різноманітної розчинності низькомолекулярна фракція крохмалю – амілоза, як менш гідрофільна утворює розчин, що по суті являє собою золь, який буде відділятися від розчинника міцелоподібною структурою амілопектину. Причиною нестабільності може бути нерівномірний розподіл вільної енергії, що особливо виявлятиметься в разі використання крохмалю з полідисперсними характеристиками.

Відповідно до проведених теоретичних досліджень можна констатувати, що як дисперсність крохмалю, так і структура та щільність упаковки зерен визначають його поведінку в технологічному потоці. Слід зазначити, що тривалість існування ОКД у рівноважному стані за умови використання крохмальних зерен із різною дисперсністю буде значною через імовірність виникнення максимумів вільної енергії. На основі вищезначеного можна говорити про доцільність використання крохмалю з однорідним розподілом частинок за розмірами, а з точки зору забезпечення стабільності систем – зерна крохмалю повинні бути чітко диспергованими.

Активно використовуються модифіковані крохмалі, які залежно від виду модифікації (хімічна, фізична, ферментативна) набувають нових технологічних властивостей. Але застосування хімічних реагентів, які частково залишаються в складі, належність до групи харчових добавок, що мають індекс Е й кількісно регламентуються, обмежує їх використання в дитячому й дієтичному харчуванні, створенні органічних продуктів та визначають доцільність пошуку та наукового обґрунтування альтернативних видів крохмалів.

Завдяки інноваціям у галузі виробництва крохмалю та крохмалепродуктів поряд із класичними видами нативних крохмалів створено

їх нові види з оптимізованими характеристиками. Упровадження крохмалів фізичної модифікації в технології вимагає дослідження морфологічної структури (розмір, форма, характер поверхні зерен, розподіл зерен), впливу технологічних чинників тощо.

З урахуванням механізму та фізико-хімічних процесів, перебіг яких призводить до зниження стійкості за низьких значень рН (2,0–5,5), механічного впливу, теплової обробки, зберігання соусів за низьких температур сформульовано вимоги, за яких крохмаль як загусник може бути використано в складі соусів солодких на основі плодово-ягідної сировини незалежно від виду сировини, з якої він виробляється: монодисперсність крохмальних зерен; низький вміст амілози.

Узагальнення даних дозволило сформувати науково-практичну концепцію розробки технології соусів солодких (табл. 2.1).

Для технології соусів солодких нами використовувалися крохмалі фізичної модифікації серії «Novation», що здатні до структуроутворення консистенції соусу, стабільної в'язкісної поведінки в період охолодження, повторного нагрівання, циклу замороження-розмороження, зберігання.

Вибір крохмалів для дослідження базувався, перш за все, на вимогах споживачів і тенденціях здорового харчування, технологічних та економічних аспектах виробництва й використання підприємствами ЗРГ і харчової промисловості.

Таблиця 2.1 – Науково-практична концепція розробки технології соусів солодких

Показник	Характеристика показників для соусів			
	Групи соусів солодких	Дресінги	Топінги	Дип, начинки
Мета використання	заправлення та поєднання з різними продуктами, напівфабрикатами	декорування страви, напою чи кулінарних виробів під час підготовки до реалізації	дип – споживання зі снековою продукцією шляхом «умочування»	начинки – фарширування тістової основи, наповнення солодких страв та страв із сиру кисломолочного
Фізико-хімічні показники: – ефективна в'язкість, (Па·с)($\gamma=50\text{с}^{-1}$)	0,30±0,01	1,50±0,04...2,07±0,06	3,07±0,09	3,50±0,10
Технологічні властивості	стабільність за умов: – використання плодово-ягідної сировини за рН $\geq 3,0$; – короткочасного або тривалого зберігання (не менше 90 діб; $t=1\dots6^\circ\text{C}$); – механічного впливу різної інтенсивності (від 1000 до 1500 с^{-1}); – термічного впливу в процесі повторного нагрівання в складі кулінарної продукції, кондитерських виробів ($t>100^\circ\text{C}$); – процесу заморожування за температури $-18\pm 2^\circ\text{C}$, розморожування			
Органолептичні показники: – зовнішній вигляд та консистенція	однорідні рідкі, швидко розтікаються на горизонтальній поверхні	однорідні в'язко-текучі, гомогенні або гетерогенні (із включенням частинок наповнювача) із «довгою» текстурою	однорідні гомогенні або гетерогенні (із включенням частинок наповнювача) із «короткою» текстурою	
– колір	однорідний за об'ємом, стійкий у часі, відповідає кольору плодово-ягідної сировини			
– запах, смак	виразний, збалансований, у міру стійкий, властивий плодово-ягідній сировині			
Показники призначення	відсутність харчових добавок з індексом Е			
Показники безпеки	за вимогами до цієї групи продукції			

2.2. Дослідження реологічних і фізико-хімічних властивостей крохмалів

Технологічні аспекти отримання соусів солодких базуються на створенні стійких у часі колоїдних систем із заданими органолептичними показниками та харчовою цінністю, варіабельними термінами зберігання. Однією з необхідних умов для отримання соусів є здатність загусників до структуроутворення, що визначає структурно-механічні властивості кінцевого продукту.

На теперішній час існує багато аналітичної інформації щодо асортименту та властивостей крохмалів (нативних та модифікованих). Як правило дані характеристики включають загальні рекомендації щодо використання крохмалю в конкретних технологіях харчової продукції. Однак наукове обґрунтування технології передбачає не тільки користування «готовими» рекомендаціями, але й розуміння суті властивостей крохмалів під час реалізації циклу «виробництво-зберігання-використання в складі продукції».

Умови вирощування й вид крохмаленосія, хімічний склад, будова, гранулометричний і фракційний розподіл будуть суттєво впливати на проектування послідовності здійснення технологічних операцій, особливості підготовки сировини, порядок унесення компонентів та формування показників якості готової продукції.

Для обґрунтування технологічних параметрів визначено необхідність дослідження гранулометричного складу крохмальних зерен; вмісту амілози та амілопектину в складі крохмалів; реологічні властивості КС та ОКД; впливу технологічних чинників на структурно-механічні властивості ОКД.

Сьогодні на продовольчому ринку України крохмаль як харчовий інгредієнт представлено достатньо великою кількістю марок, що зумовлює необхідність вибору найбільш ефективного з огляду на його властивості та реалізацію в конкретному технологічному процесі.

Аналіз інформаційних джерел показує, що властивості крохмалів і їх ОКД ретельно досліджено вітчизняними [4; 26; 46; 51; 106] та закордонними [8; 11; 21; 44; 54; 55] ученими. Але за існування загального масиву інформації розробка

технології соусів солодких потребує визначення абсолютних значень таких показників, як в'язкість, стійкість під впливом технологічних чинників, тривалість зберігання та ін. Саме вони будуть формувати особливості рецептурного складу й такі технологічні особливості, як спосіб уведення КС до плодово-ягідної основи та умови структуроутворення.

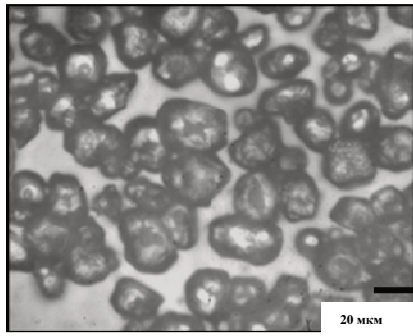
Для дослідження вибрано 6 зразків крохмалів: із воскової кукурудзи «Prima» 600, тапіоковий «Endura» 0100, тапіоковий «Indulge» 3920, амілопектиновий кукурудзяний, як контроль – картопляний і кукурудзяний.

Одним із методів досліджень, який дозволяє наочно зафіксувати стан крохмальних зерен, є мікроскопія. Відомо, що гранули крохмалю мають характерний вигляд і відрізняються між собою за розмірами, формою, розміщенням і виглядом вічка, наявністю тріщин тощо [107; 108].

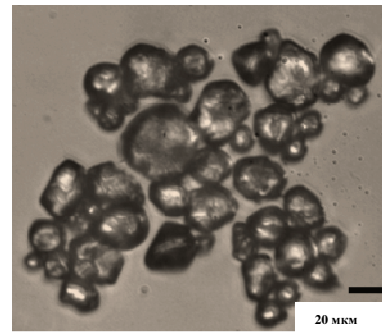
На рис. 2.1 наведено результати мікроскопічних досліджень крохмалів, які потенційно можуть бути структуроутворювачами в технології напівфабрикатів соусів солодких. Для досліджень використовували КС у водному середовищі ($t=20\pm 2^{\circ}\text{C}$), що дозволило виявити конгломерати зерен.

Зерна тапіокових крохмалів (1, 2) мають овальну або лінзоподібну форму, фракційний склад можна охарактеризувати як дрібно – (12–13 мкм) та середньозернистий (16–25 мкм).

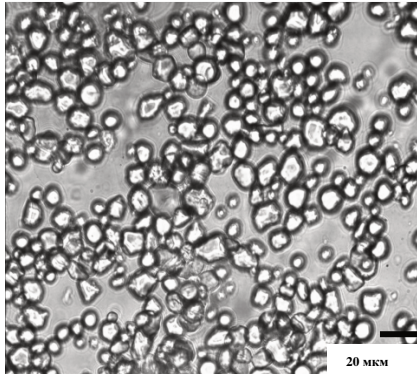
Зерна крохмалів кукурудзяних із воскової кукурудзи, амілопектинові, нативних (3, 4, 5) відповідно мають дещо різну форму: багатогранні, неправильної форми, що притаманне для крохмалів із воскової та звичайної кукурудзи. Це пов'язано з умовами утворення та розвитку зерен: вони формуються в білковій матриці за низької вологості й здавлюються під час дозрівання зерна [109–113].



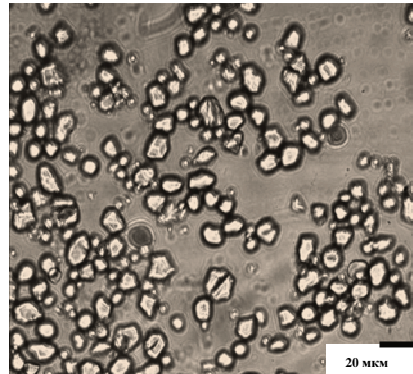
1



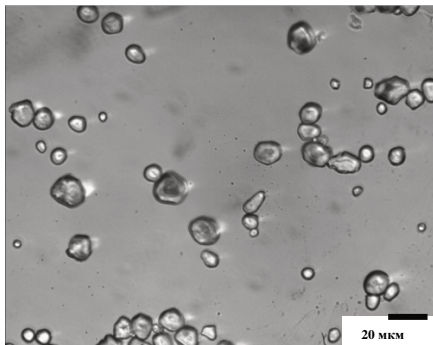
2



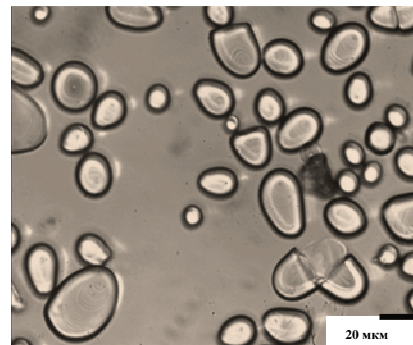
3



4



5



6

Рисунок 2.1 – Мікрофотографії КС у разі збільшення в 40 разів: 1 – крохмаль тапіковий «Endura»; 2 – крохмаль тапіоковий «Indulge»; 3 – крохмаль із воскової кукурудзи «Prima»; 4 – крохмаль кукурудзяний амілопектиновий; 5 – крохмаль кукурудзяний; 6 – крохмаль картопляний

Крохмаль із воскової кукурудзи (3) та амілопектиновий кукурудзяний (4) складається з дрібних зерен, що мають багатогранну форму. Крохмаль «Prima» (3) характеризується менш вираженою середньозернистою фракцією, йому притаманне високодисперсне розподілення зерен, а саме наявність більшості

фракцій дрібних зерен подібної форми. В амілопектиновому кукурудзяному (4) крохмалі виявлено більше середньо – та дрібнозернистих фракцій.

Для крохмалю кукурудзяного (5) характерна овальна форма зерен, що притаманно крохмалю з борошнистих сортів кукурудзи, фракційний склад більш дрібнозернистий, а монодисперсність практично відсутня за умов рівномірного розподілення середньозернистої фракції, яка має мінімальний об'єм частки фракції близько 30,0%.

Зерна картопляного крохмалю (6) мають круглу та овальну форми, а на їх поверхні розташовані концентричні смужки, що властиво крохмалю із картоплі та тапіоки, більшість зерен належать до великозернистої фракції.

Під час досліджень нами визначено об'ємну частку фракцій зерен крохмалів і побудовано криві розподілення зерен (за середнім розміром) та об'ємної частки їх фракцій (рис. 2.2).

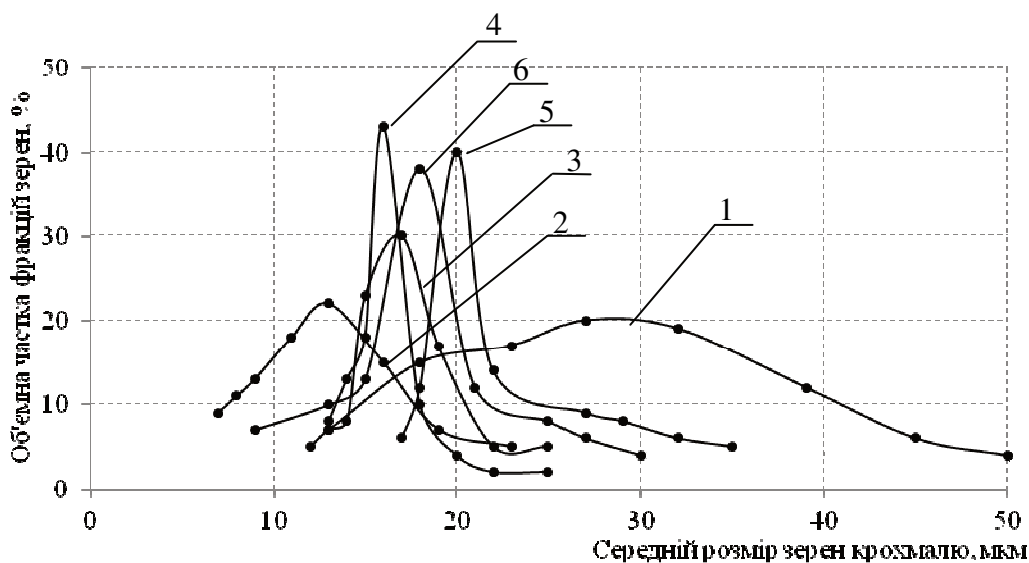


Рисунок 2.2 – Розподілення крохмальних зерен за середнім розміром для крохмалів:

1 – картопляного; 2 – кукурудзяного; 3 – кукурудзяного амілопектинового;
4 – із воскової кукурудзи «Prima»; 5 – тапіокового «Endura»; 6 – тапіокового «Indulge»

Як уже зазначалося раніше, об'ємна частка фракцій зерен відіграє важливу роль під час формування реологічних характеристик ОКД. Так, для крохмалю

кукурудзяного (2) об'ємна частка фракцій зерен крохмалю розміром 13 ± 1 мкм становить близько 22%, а цей розмір зерен належить до середньозернистої фракції. Крохмаль кукурудзяний амілопектиновий (3) представлено середньозернистою фракцією (17 ± 1 мкм), яка за об'ємом становить близько 31%. Таким чином підтверджено, що крохмаль кукурудзяний і крохмаль кукурудзяний амілопектиновий є полідисперсними за розподіленням зерен.

У крохмалі картопляному (1) близько 20% фракційного складу становлять зерна середнього розміру від 23 до 32 мкм, великозерниста фракція становить від 32 до 50 мкм в об'ємній частці 10%.

Для крохмалів із тапіоки «Endura», «Indulge» (5, 6) середній розмір зерен має великі розбіжності. Так, об'ємна частка фракцій зерен крохмалю «Endura» розміром 20 ± 1 мкм становить більше 40%, а для крохмалю «Indulge» об'ємна частка фракцій зерен розміром 18 ± 1 мкм становить 38%. Відомо [3; 114], що дрібні зерна (1 – 10 мкм) містять більше амілози й більш стійкі до кислотного та ферментативного гідролізу.

Відмінною особливістю крохмалю з воскової кукурудзи «Prima» (4) є більш чітко визначена висока монодисперсність, тобто близько 43% становлять зерна розміром 16 ± 1 мкм. Із мікроскопічних досліджень (рис. 2.1) бачимо, що крохмаль має високе монодисперсне ранжування зерен, що сприяє рівномірності перебігу процесів набрякання та клейстеризації.

Аналіз досліджень мікроструктурних характеристик крохмалів дозволяє заздалегідь оцінити та спрогнозувати їх зміни в технологічному процесі виробництва соусів солодких. Проте, різний гранулометричний склад може суттєво вплинути на подальший прояв властивостей у технологічному потоці. На відміну від інших біополімерів, молекули більшості видів крохмалю складаються з двох фракцій: лінійної (амілози) та розгалуженої (амілопектину), які неоднорідні за хімічною структурою та суттєво відрізняються за властивостями [21, 115–118].

Існують різні гіпотези структурної організації крохмальних зерен. Модель Дональда пояснює формування кристалічних областей шляхом сумісної кристалізації макромолекул амілози з бічними ланцюгами амілопектину [60; 119;

120]. Згідно з Гідлі кристалічні ламелі утворені впорядкованою фракцією амілопектину, а ланцюги амілози утворюють аморфні області [121]. Останні дослідження підтверджують гіпотезу про те, що пов'язані ланцюги амілози розподілені і в аморфних, і в кристалічних ламелях при цьому окремі з них у кристалічній області утворюють одновимірні структури – «нитки», а в аморфній частині мають неупорядковану структуру [121–123]. Спільним для амілози та амілопектину є наявність α -(1→4)-глюкозидних зв'язків, які утворюють нерозгалужені ланцюги.

На основі вимірювань оптичної густини амілозних розчинів нами було побудовано калібрувальну криву (рис. 2.3), за якою визначено концентрацію амілози в зразках крохмалю та досліджено їх фракційний склад (табл. 2.2).

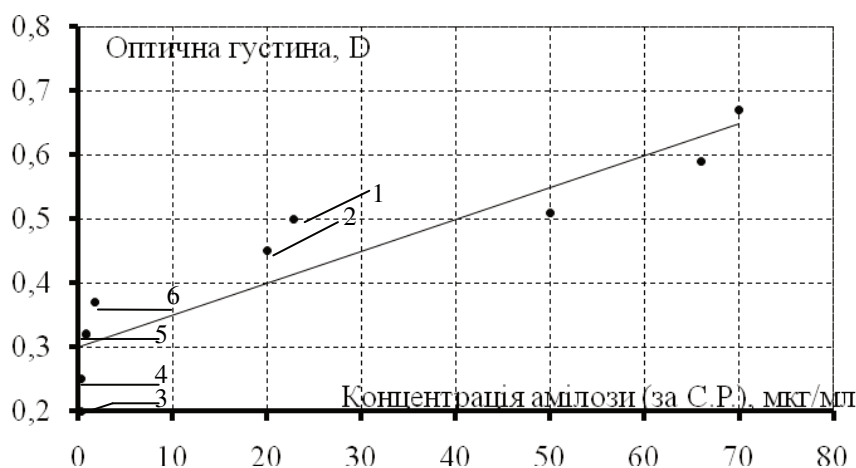


Рисунок 2.3 – Залежність оптичної густини йодо-амілозного розчину від концентрації амілози в КС на основі крохмалів: 1 – кукурудзяного; 2 – картопляного; 3 – кукурудзяного амілопектинового; 4 – із воскової кукурудзи «Prima»; 5 – тапіокового «Endura»; 6 – тапіокового «Indulge»

Дослідження оптичної густини крохмальних суспензій показали, що вони, характеризуються різним вмістом амілози та амілопектину. Для крохмалю кукурудзяного амілопектинового (3) та крохмалю з воскової кукурудзи «Prima» (4) максимум поглинання зрушено вліво, що відповідає наявності в них близько 100% амілопектину.

Таблиця 2.2 – Вміст амілози та амілопектину в крохмалях

Крохмаль	Вміст, %	
	амілози	амілопектину
Картопляний	20,0±0,6	80,0±2,4
Кукурудзяний	22,8±0,7	77,2±2,3
Кукурудзяний амілопектиновий	сліди	99,0±1,0
Із воскової кукурудзи «Prima»	сліди	99,0±1,0
Тапіоковий «Endura»	1,4±0,04	98,6±2,9
Тапіоковий «Indulge»	1,8±0,05	98,2±2,9

Найменша кількість амілози міститься в крохмалях тапіокових (5, 6), кореляція між вмістом амілози та розмірами зерен слабка. Результати колориметричного аналізу показали, що вміст амілози в нативних крохмалях картопляному та кукурудзяному повністю збігається з даними літературних джерел [124–126].

Для характеристики процесів набрякання та клейстеризації найкраще використовувати амілографічні методи, за допомогою яких можуть бути зареєстровані динамічні зміни консистенції залежно від температури.

Слід зазначити, що ОКД є в'язко-пластичними тиксотропними рідинами, для яких величина в'язкості є функцією напруги зсуву. Тиксотропність досліджуваних систем виявляється в наявності локальних значень максимуму та мінімуму в'язкості, відношення величин яких визначає коефіцієнт стійкості системи ($k = \eta_{min} / \eta_{max}$) до зовнішніх впливів – температури, кислоти, цукру (рис. 2.4, табл. 2.3).

Установлено, що для ОКД на основі кукурудзяних крохмалів (криві 1, 3) значення максимальної в'язкості (η_{max}) становить в 720–780 од. Брабендера, мінімальні (η_{min}) 110±2 од. Брабендера. Зниження в'язкості (прагнення $\eta_{max} \Rightarrow \eta_{min}$) свідчить про ступінь руйнування структурних елементів під впливом механічної напруги та термолізу. Крохмалі тапіокові «Endura», «Indulge» та крохмаль із воскової кукурудзи «Prima» (криві 5, 6, 4) мають

практично однакові значення η_{\min} та η_{\max} (920...1000 од. Брабендера), що свідчить про стійкість структури ОКД.

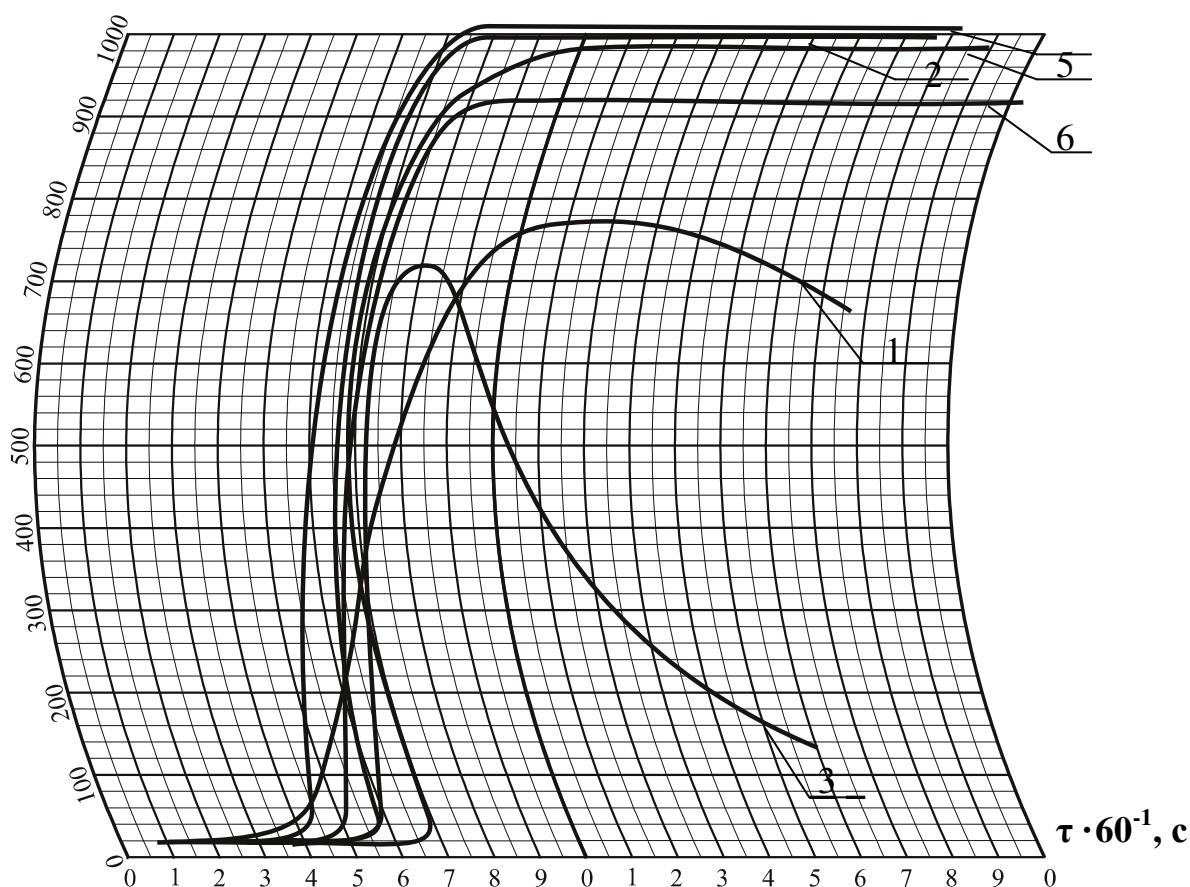


Рисунок 2.4 – Амїлограма ОКД на основі крохмалів: 1 – кукурудзяного; 2 – картопляного; 3 – кукурудзяного амїлопектинового; 4 – із воскової кукурудзи «Prima»; 5 – тапікового «Endura»; 6 – тапікового «Indulge»

Крохмалі тапіокові «Endura», «Indulge» та крохмаль із воскової кукурудзи «Prima» (криві 5, 6, 4) мають практично однакові значення η_{\min} та η_{\max} (920–1000 од. Брабендера), що свідчить про стійкість структури ОКД. Імовірно, це пояснюється тим, що зерна із середньозернистою монодисперсною фракцією ($\approx 83\%$) рівноважно набрякають і клейстеризуються.

Для кукурудзяних крохмалів (нативного та амїлопектинового) початкова клейстеризація настає за однакової температури $72 \pm 2^\circ C$, але максимальна клейстеризація для крохмалю кукурудзяного амїлопектинового спостерігається

за температури $78\pm 2^{\circ}\text{C}$ і триває $(3-4)\cdot 60$ с, після чого йде на спад. Для крохмалю кукурудзяного максимальна клейстеризація відбувається за температури $96\pm 2^{\circ}\text{C}$ і триває протягом $(5-6)\cdot 60$ с. Імовірно, це пов'язано з тим, що крохмалі мають полідисперсну фракцію (дрібнозерниста – 43%, середньозерниста – 57%). Ці розміри зерен, а особливо дрібні, мають високу здатність до гідратації та прискорений фактор набрякання порівняно з великими зернами, що пояснюється кращою взаємодією з водою.

Таблиця 2.3 – Реологічні характеристики ОКД

Крохмаль	Температура клейстеризації, $^{\circ}\text{C}$		В'язкість ОКД, од. Брабендера		Віднос- ний коєфі- цієнт стійкості $\frac{\eta_{\min}}{\eta_{\max}}$
	початкова	кінцева	η_{\max}	η_{\min}	
Кукурудзяний	72 ± 2	96 ± 2	780 ± 2	660 ± 2	0,84
Картопляний	67 ± 2	73 ± 2	1000 ± 2	1000 ± 2	1,0
Кукурудзяний Амілопектиновий	72 ± 2	78 ± 2	700 ± 2	110 ± 2	0,15
Із воскової кукурудзи «Prima»	60 ± 1	69 ± 1	1000 ± 2	1000 ± 2	1,0
Тапіоковий «Endura»	58 ± 2	68 ± 1	920 ± 2	920 ± 2	1,0
Тапіоковий «Indulge»	62 ± 2	72 ± 2	980 ± 2	980 ± 2	1,0

Крохмалі тапіокові «Endura», «Indulge» та крохмаль із воскової кукурудзи «Prima» мають нижчу температуру початку клейстеризації ($58\dots 62^{\circ}\text{C}$). Температура максимальної клейстеризації становить $68\dots 72^{\circ}\text{C}$, дисперсія характеризуються значеннями в'язкості з максимальним коефіцієнтом стійкості – 1,0. Імовірно, це пояснюється тим, що зерна із середньозернистою монодисперсною фракцією ($\approx 83\%$) у площі розподілення рівноважно набрякають і клейстеризуються.

Термодинамічні методи дослідження наприклад диференційно-скануюча

калориметрія (ДСК), є найбільш нормативними та точними під час визначення питомої теплоємності, що витрачається на розпаковування крохмальних зерен. Результати калориметричних досліджень 1,0% крохмальних суспензій, що піддавалися термообробці в температурному інтервалі 0...100°C, за надлишкового тиску 0,25 МПа подано на рис. 2.5.

Термодинамічні дослідження крохмальних суспензій, які описують процеси початкової клейстеризації, показали, що розпаковування крохмальних зерен характеризується ендотермічними піками, на які витрачається енергія активації зв'язування води.

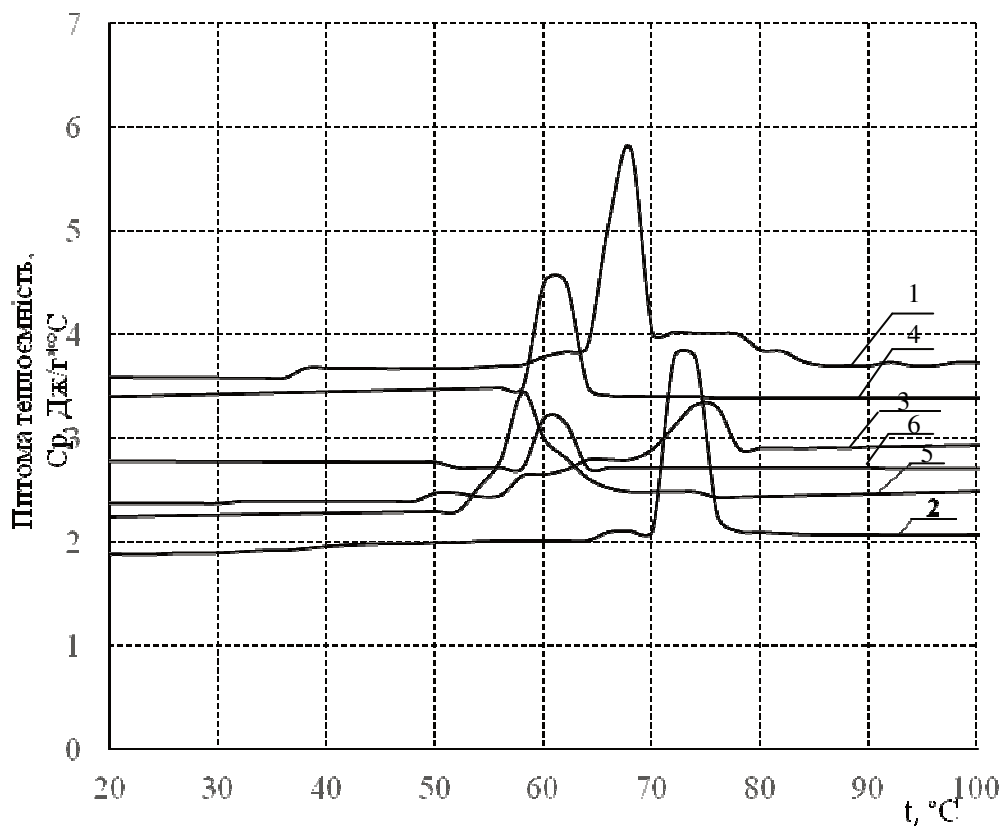


Рисунок 2.5 – Криві ДСК для КС на основі крохмалю: 1 – картопляного; 2 – кукурудзяного; 3 – кукурудзяного амілопектинового; 4 – із воскової кукурудзи «Prima»; 5 – тапіокового «Endura»; 6 – тапіокового «Indulge»

Як бачимо, пікові значення питомої теплоємності чітко корелюють зі значеннями температури початкової клейстеризації та становлять 72°C для

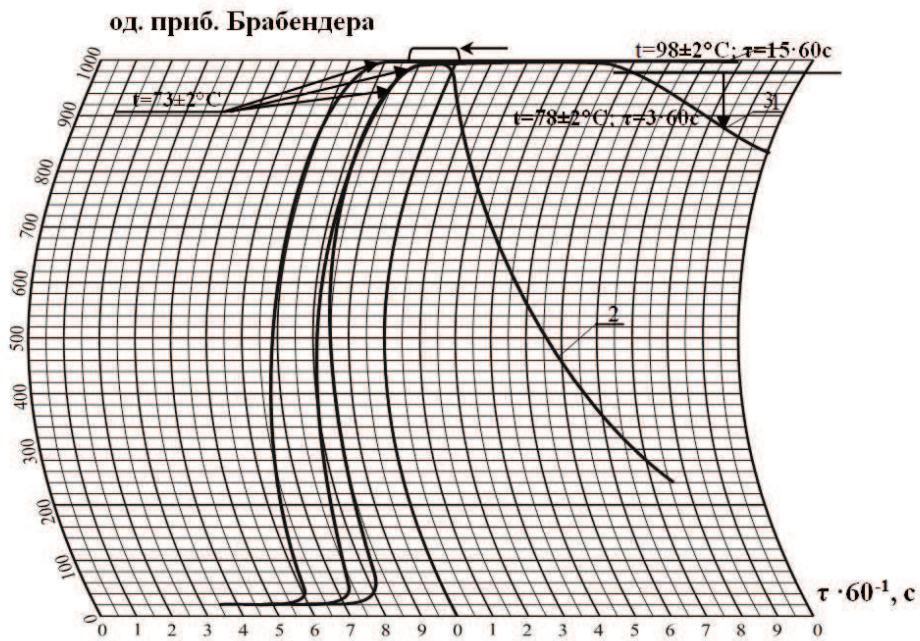
кукурудзяного та кукурудзяного амілопектинового (2, 3), 67°C для картопляного крохмалів (1), 60°C для крохмалю із воскової кукурудзи «Prima» (4) та 62°C для крохмалів тапіокових «Endura» та «Indulge» (5, 6). Вищенаведені результати досліджень є основою для обґрунтування мінімальної температури, за якої буде забезпечено клейстеризацію крохмалю під час виробництва соусів.

Наступним етапом є дослідження процесу клейстеризації крохмалю в поєднанні з кислотою та цукром. Визначено закономірності процесу клейстеризації крохмалів за наявності кислоти та цукру (рис. 2.6). Як результат перевірки на адекватність функціонування системи в технології соусів солодких у модельних системах закріплено параметри технологічного процесу: $C_{\text{крохмалю}} = 7,0\%$; $C_{\text{к-ти. лим}} = 0,5\%$; $C_{\text{цукру}} = 15,0\%$.

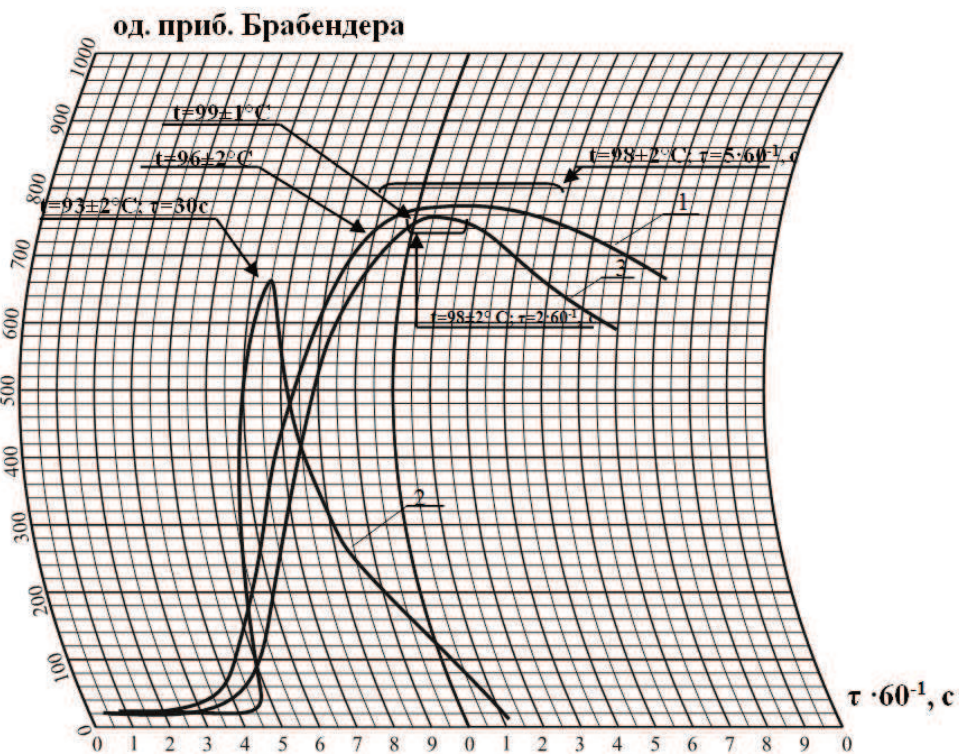
Дослідження впливу кислот на утворення та стабільність ОКД показало, що найбільш вираженою стійкістю характеризуються ОКД на основі крохмалю з воскової кукурудзи «Prima» та тапіоки «Endura».

Максимальна в'язкість для ОКД із воскової кукурудзи становить 1000 ± 2 од. Брабендера, коефіцієнт стійкості – 0,9. Для ОКД на основі крохмалів «Endura» максимальна в'язкість становить 840 од. Брабендера, «Indulge» – 960 ± 2 од. Брабендера, а коефіцієнт стійкості дорівнює 0,8.

Суттєво знижується в'язкість для кукурудзяних крохмалів. Так, для крохмалю кукурудзяного в'язкість становить 660 ± 2 од. Брабендера та триває до 30 с, для амілопектинового – 480 ± 2 од. Брабендера та триває 10 с. Характерне зниження та нестабільність показників в'язкості пояснюється процесом руйнування зв'язків між моносахаридами, тобто накопиченням редукуючих речовин. Відомо також, що наявність дрібнозернистої фракції, чутливої до впливу кислот, може бути причиною руйнування крохмального зерна.

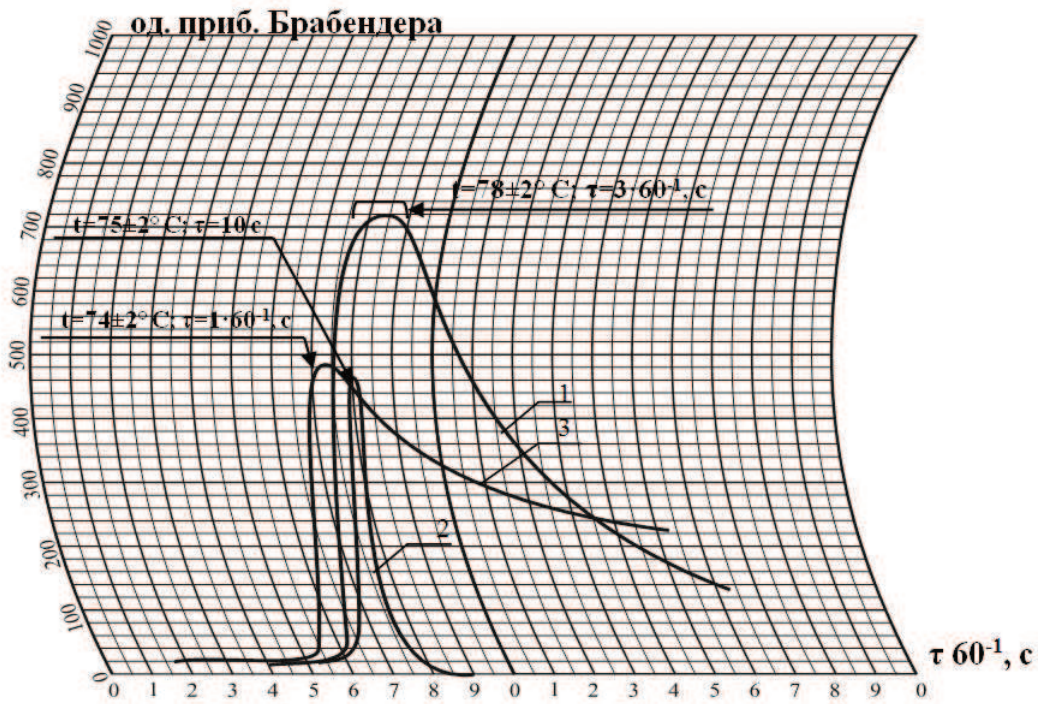


а

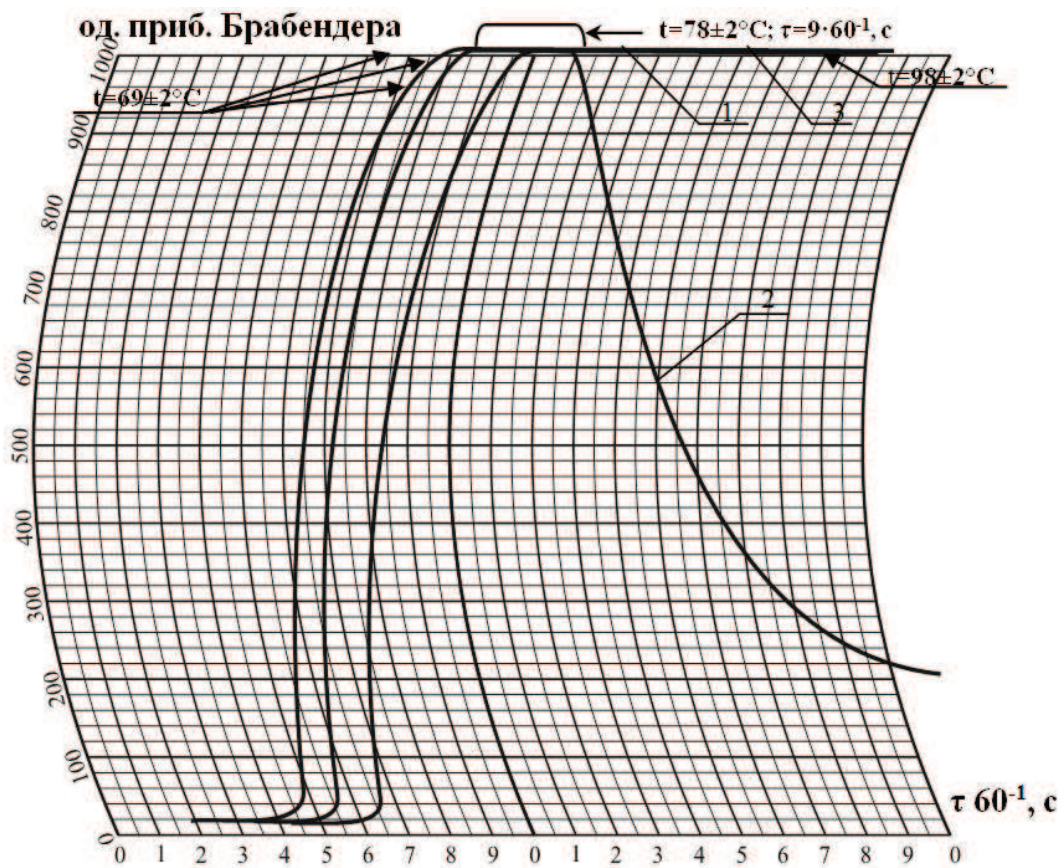


б

Рисунок 2.6 – Амліограма зміни в'язкості ОКД у складі: 1 – крохмаль-вода; 2 – крохмаль-кислота лимонна-вода; 3 – крохмаль-цукор білий-вода; а – крохмаль картопляний; б – крохмаль кукурудзяний; в – крохмаль кукурудзяний амілопектиновий; г – крохмаль із воскової кукурудзи «Prima»; д – крохмаль тапіковий «Endura»; е – крохмаль тапіковий «Indulge»

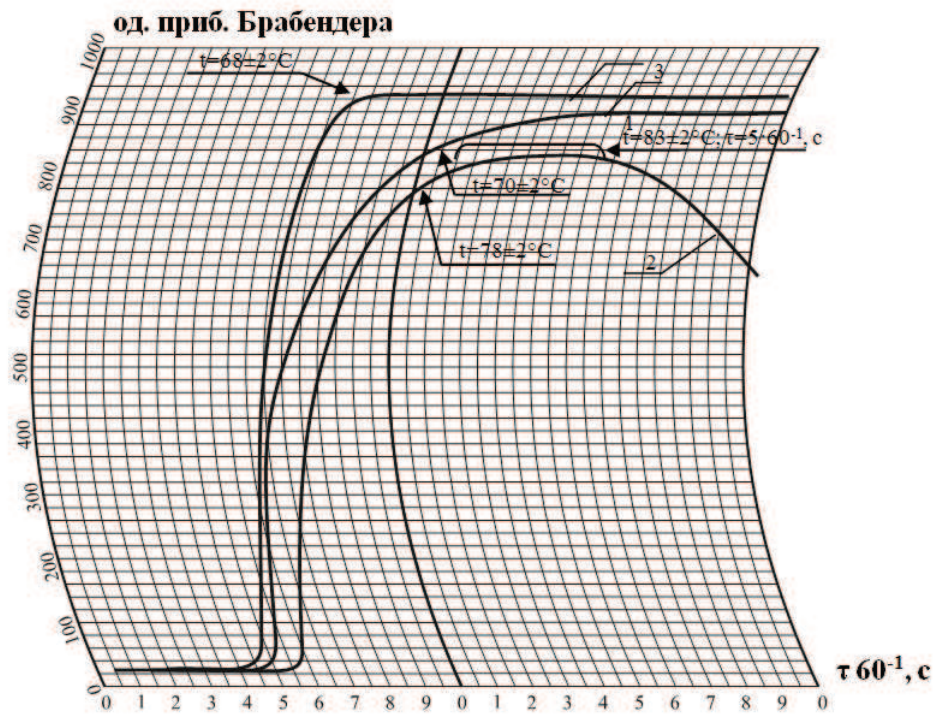


В

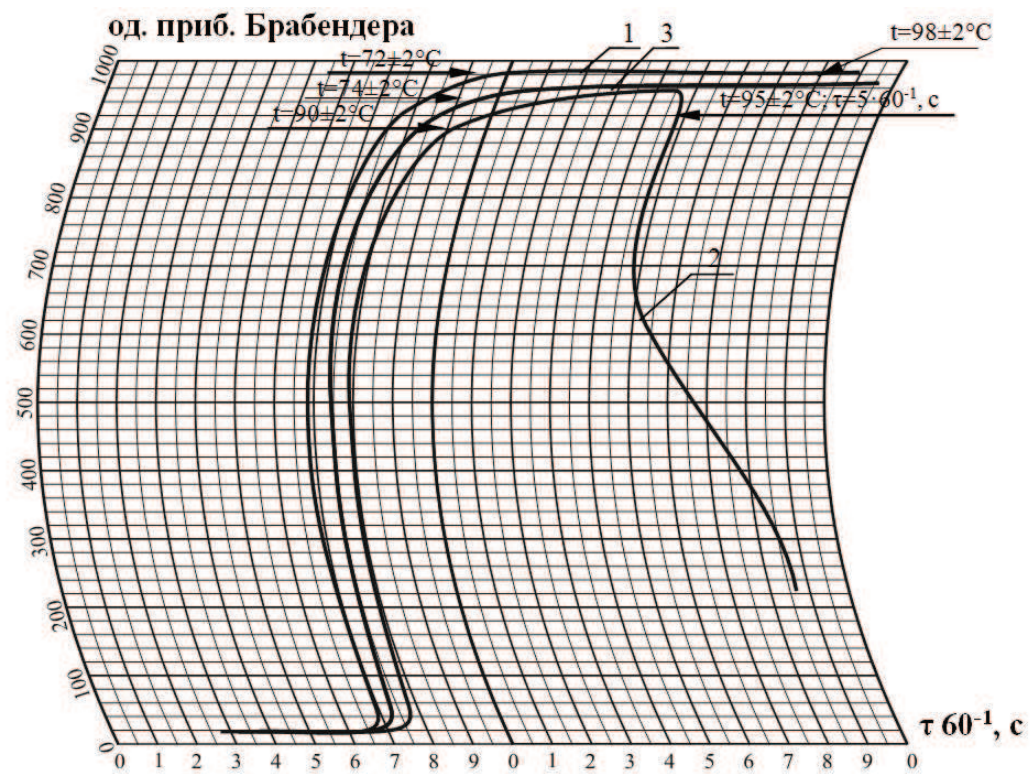


Г

Рисунок 2.6, аркуш 2



Д



е

Рисунок 2.6, аркуш 3

Уведення цукру до складу МС та їх наступна клейстеризація показали, що за підвищення температури до $98\pm 2^\circ\text{C}$ для кукурудзяного та $75\pm 2^\circ\text{C}$ для кукурудзяного амілопектинового значення максимальної в'язкості становлять 780 ± 2 од. Брабендера та 460 ± 2 од. Брабендера відповідно, після чого в'язкість ОКД стрімко знижується.

Значення максимальної в'язкості ОКД на основі крохмалів «Prima» «Endura», «Indulge» є стабільними та знаходяться в діапазоні 980–1000 од. Брабендера, а коефіцієнт стійкості ОКД дорівнює 1,0.

Далі нами подано результати досліджень і визначення закономірностей процесу зв'язування води в модельних системах, оскільки стан води в ОКД визначає перебіг комплексу колоїдних процесів на всіх стадіях виробництва соусів і суттєво впливає на тривалість їх зберігання.

Для вирішення поставленого завдання використано метод імпульсного ядерного магнітного резонансу (ЯМР), що дозволяє одночасно одержати інформацію про кількість резонуючих ядер (у нашому випадку води) та характер молекулярної рухливості (стан води) [50; 124–126]. Величиною, що визначає рухливість і стан води в системі, є T_2 . Вона характеризує час спін-спінової релаксації, тобто час, який необхідний для повернення системи до її вихідного стану. Цей час визначається умовами надходження ядер водню в систему. Визначивши величину T_2 , можна оцінити ступінь рухливості води в ОКД та визначити тенденцію їх змін залежно від рецептурного складу. Стабільність ОКД оцінювали за температури $20\pm 2^\circ\text{C}$ (табл. 2.4).

Для всіх модельних систем ОКД спостерігається загальна тенденція зменшення часу спін-спінової релаксації за підвищення вмісту крохмалю з 5 до 8%. Імовірно, це можна пояснити тим, що вода стає менш рухливою завдяки підвищенню концентрації вологозв'язувальних та вологоутримуючих складових крохмалю, насамперед амілопектину, що сприяє зниженню активності води та швидкості перебігу фізико-хімічних реакцій.

Таблиця 2.4 – Залежність амплітуди сигналу спінової релаксації від інтервалу (T_2) між імпульсами для зразків ОКД на основі дослідних крохмалів

Дослідний зразок ОКД на основі крохмалю	Час спін-спінової релаксації (T_2) за вмісту крохмалю в системах, %	
	5,0	8,0
Картопляний	0,315±0,015	0,178±0,008
Кукурудзяний	0,778±0,038	0,261±0,013
Кукурудзяний амілопектиновий	0,307±0,015	0,169±0,008
Із воскової кукурудзи «Prima»	0,320±0,016	0,193±0,009
Тапіоковий «Endura»	0,671±0,033	0,248±0,012
Тапіоковий «Indulge»	1,520±0,076	0,184±0,009

Мінімальні інтервали між імпульсами спостерігаються для ОКД на основі крохмалю «Prima». У разі підвищення концентрації крохмалю з 5 до 8% час спін-спінової релаксації знижується приблизно в 1,5 разу. Це може бути пов'язано з особливістю його морфологічної структури – монодисперсністю зерен, що сприяє рівномірному набряканню, а також призводить до адсорбуванню вологи в більшому обсязі. Імовірно, що розчинні молекули полісахаридів укриваються гідратними оболонками, що збільшує їх міжмолекулярний об'єм, знижує швидкість дифузії під час набрякання крохмальних зерен.

Так, для ОКД на основі крохмалю «Endura» час (T_2) у разі підвищення концентрації з 5 до 8% знижується у 2,7 разу, а тенденція підвищення значень в'язкості мінімальна.

Зміна інтенсивності сигналів спін-спінової релаксації досліджуваних зразків є показником ступеня структурування води в системах. Аналізуючи зміну інтенсивності сигналів спін-спінової релаксації досліджуваних зразків, можна визначити для кожної системи величини швидкості структурування води протягом усього досліджуваного періоду.

На наступному етапі досліджень вважаємо за необхідне провести комплекс експериментів для обґрунтування впливу технологічних чинників на властивості крохмалю.

2.3. Дослідження впливу технологічних чинників на фізико-хімічні, структурно-механічні властивості оклейстеризованих крохмальних дисперсій

Численними дослідженнями впливу технологічних чинників на в'язкість ОКД у встановлено, що в здебільшого близькими є загальні тенденції, у той час як абсолютні значення показників знаходяться в широкому діапазоні.

Відомо, що найважливішою характеристикою соусів є в'язкість, яка залежить від виду, концентрації, властивостей основних і додаткових компонентів, умов перебігу технологічного процесу. Тому для всебічного обґрунтування технології соусів солодких необхідно визначити закономірності поведінки предметів досліджень.

ОКД являють собою мікрогетерогенні системи, у яких дисперсною фазою є набряклі крохмальні зерна, дисперговані в розчинні водорозчинної фракції головним чином амілози [121].

Взаємодія полімерів крохмалю та води значною мірою визначає структуру й текстуру харчових продуктів. Набрякання крохмалю зумовлено пластифікацією аморфних областей і плавленням крохмальних кристалітів, що утворюють систему поперечних зв'язків [124; 127].

Для обґрунтування виду та вмісту крохмалю для загущення й стабілізації соусів солодких визначено зміни ефективної в'язкості модельних систем «крохмаль–вода» (рис. 2.7). Оскільки ОКД являють собою неньютонівські рідини, то спочатку визначали в'язкість розчинів за різних концентрацій (2–8%) залежно від швидкості зсуву за постійної температури $70 \pm 2^\circ\text{C}$.

Експериментально встановлено, що регулювання вмісту крохмалю дозволяє створювати ОКД з властивостями рідких дисперсій (від 2,0 до 3,0%), середньої густини (від 3,5 до 8,0%) та густих (від 7,0 до 8,0%), які закріплено як параметри рецептурного складу соусів із варіабельною консистенцією.

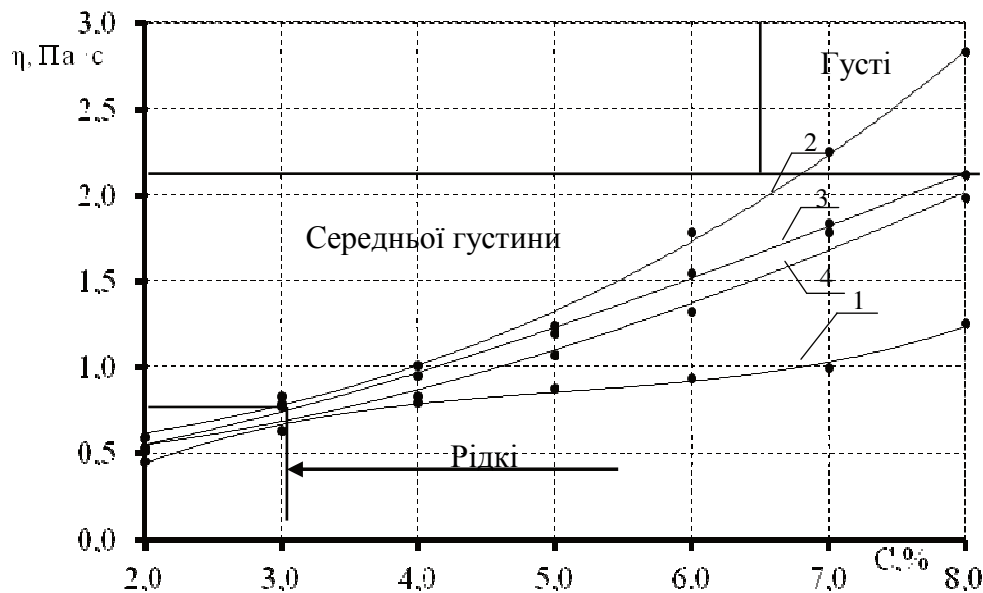


Рисунок 2.7 – Залежність ефективної в'язкості ОКД від вмісту крохмалю:
1 – кукурудзяного амілопектинового; 2 – із воскової кукурудзи «Prima»;
3 – тапіокового «Endura»; 4 – тапіокового «Indulge» (за $\gamma=50\text{c}^{-1}$)

Таким чином визначено, що в'язкість ОКД на основі крохмалів «Prima», «Endura», «Indulge» вища, ніж ОКД на основі кукурудзяного амілопектинового.

Для подальшого обґрунтування можливості використання крохмалів у технологічному процесі виробництва соусів солодких мають значення не тільки реологічні, а й органолептичні характеристики (табл. 2.5).

Як бачимо, використання крохмалю кукурудзяного амілопектинового може призвести до невідповідних показників якості соусів: запах і смак «сирого зерна», наявність прозорої плівки під час охолодження.

Реальні харчові системи (напівфабрикати, готова продукція) піддаються впливу багатьох чинників, які можуть суттєво змінювати органолептичні, реологічні, фізико-хімічні та інші показники. З огляду на технологію виробництва солодких соусів необхідно дослідити зміни в крохмальних системах у циклі «охолодження–нагрівання».

Таблиця 2.5 – Характеристика органолептичних показників ОКД за вмісту крохмалю 7%

ОКД на основі крохмалю	Органолептичні показники	Характеристика
Кукурудзяного амілопектинового	Зовнішній вигляд, консистенція	Дисперсія однорідна, без грудочок, в'язко-текуча з вираженою плинністю
	Колір	Світло-сірий, прозорий
	Запах	Властивий цьому крохмаленосію
Із воскової кукурудзи «Prima»	Зовнішній вигляд, консистенція	Дисперсія однорідна, без грудочок, в'язко-пружна
	Колір	Нейтральний, прозорий
	Запах	Властивий цьому крохмаленосію
Тапіокового «Endura»	Зовнішній вигляд, консистенція	Дисперсія однорідна, без грудочок, в'язко-текуча
	Колір	Нейтральний, прозорий
	Запах	Властивий цьому крохмаленосію
Тапіокового «Indulge»	Зовнішній вигляд, консистенція	Дисперсія однорідна, без грудочок, в'язко-текуча
	Колір	Світло-білий, непрозорий
	Запах	Властивий цьому крохмаленосію

Відомо, що охолодження крохмальних клейстерів супроводжується виникненням водневих зв'язків між ланцюгами молекул, при цьому спостерігається тенденція до утворення гелю за рахунок виникнення агрегатів і часткової кристалізації. Це може супроводжуватися зміною консистенції готових продуктів (ущільненням, деформацією текстури, виділенням вологи), що є неприпустимо.

Тому нами досліджено структурно-механічні властивості ОКД із вмістом крохмалю 7,0% за температури $70 \pm 2^\circ\text{C}$, після охолодження до температури $1 \dots 6^\circ\text{C}$ та повторного нагрівання до температури $70 \pm 2^\circ\text{C}$ (рис. 2.8).

Дослідженнями термостійкості ОКД визначено, що найбільш стійкими в циклі «нагрівання – охолодження – повторне нагрівання» є ОКД на основі

крохмалю «Prima» (2), для яких в'язкість після повторного нагрівання знижується несуттєво. Для ОКД на основі крохмалю «Endura» (3) та «Indulge» (4) повторне нагрівання також супроводжується незначним зменшенням із в'язкості – з $2,0 \pm 0,04$ до $1,9 \pm 0,04$ Па·с та з $1,8 \pm 0,03$ до $1,7 \pm 0,03$ Па·с відповідно. ОКД на основі крохмалю кукурудзяного амілопектинового є нетерmostійкими, а їхня ефективна в'язкість під час повторного нагрівання суттєво знижується – із $2,1 \pm 0,04$ до $1,0 \pm 0,03$ Па·с.

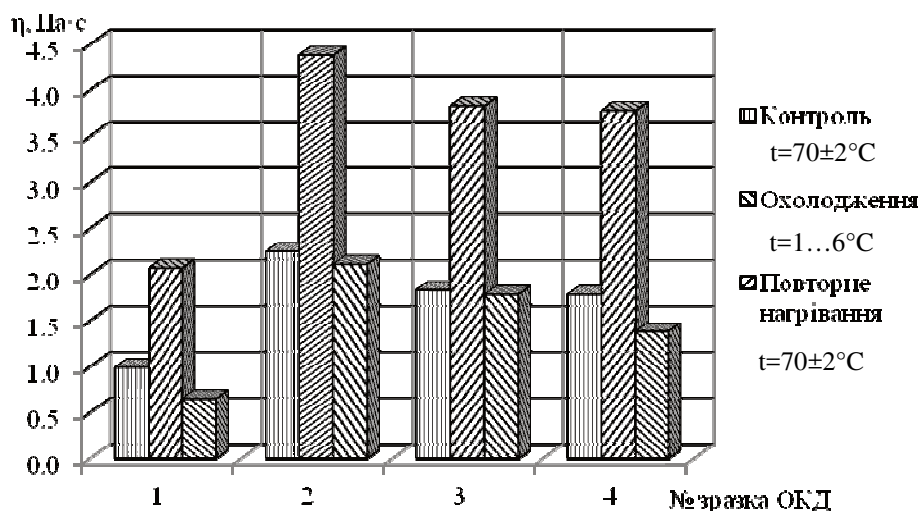


Рисунок 2.8 – Залежність ефективної в'язкості ОКД від температури на основі крохмалю ($C_{\text{крох.}}=7,0\%$): 1 – кукурудзяного амілопектинового; 2 – із воскової кукурудзи «Prima»; 3 – тапіокового «Endura»; 4 – тапіокового «Indulge» (за $\gamma=50\text{c}^{-1}$)

Вплив механічної дії може супроводжуватися деформацією, розшаруванням, піноутворенням або іншими змінами. Але найбільш суттєвою є зміна в'язкості, що пов'язана з механічною деструкцією крохмалю. ОКД за механічного впливу мають низку особливостей, пов'язаних із їхньою зернистою структурою, фракційним складом і вираженою аномалією в'язкості [121].

Досліджено ефективну в'язкість ОКД під впливом механічної дії за різних температур ($70 \pm 1^\circ\text{C}$, $4 \pm 2^\circ\text{C}$) та швидкості обертів $1500 \pm 5\text{c}^{-1}$ протягом 5-60 с, швидкість зсуву 50c^{-1} (табл. 2.6).

Під час механічного впливу ОКД підвищується ступінь їх дисперсності за рахунок механічного розщеплення набряклих крохмальних зерен, що супроводжується підвищенням вмісту водорозчинної фракції.

Таблиця 2.6 – Дані дослідження ефективної в'язкості ОКД за умови механічного впливу

Найменування ОКД на основі крохмалю	Значення ефективної в'язкості (Па·с) ОКД за температури, °С					
	70±1			4±2		
	без механічного впливу (контроль)	за умови механічного впливу	коефіцієнт стійкості	без механічного впливу (контроль)	за умови механічного впливу	Коефіцієнт стійкості
Кукурудзяний амілопектиновий	1,20±0,02	0,50±0,01	0,38	2,10±0,03	1,0±0,02	0,48
Із воскової кукурудзи «Prima»	2,30±0,06	2,10±0,06	0,93	3,8±0,1	2,7±0,06	0,71
Тапіоковий «Endura»	1,90±0,05	1,60±0,04	0,81	3,7±0,1	2,5±0,05	0,67
Тапіоковий «Indulge»	1,70±0,05	1,60±0,04	0,89	3,7±0,1	2,0±0,06	0,56

Але вид крохмалю та температура ОКД суттєво впливають на ступінь механолізу. Загальні тенденції для ОКД за температури 70±1°С подано таким чином: найменшу стійкість до руйнівних дій виявлено для ОКД на основі крохмалю кукурудзяного амілопектинового (коефіцієнт стійкості 0,38). Різке зниження в'язкості пов'язано зі зміною первинної структури крохмальних зерен, а саме відбувається руйнування фізичної флуктуаційної сітки крохмальної дисперсії.

Більш високими коефіцієнтами стійкості характеризуються ОКД на основі крохмалів «Prima», «Endura», «Indulge» (0,93; 0,81; 0,89 відповідно), що свідчить

про перспективність їх використання в технології соусів за умови механічного впливу.

Після охолодження та витримування системи в стані спокою утворюється фізична сітка за рахунок зчеплення між частинками. Досліджено, що механічна деструкція охолоджених ОКД виявила аналогічні тенденції, але з більш низькими коефіцієнтами стійкості. Значення в'язкості для ОКД на основі крохмалю кукурудзяного амілопектинового, тапіокового «Endura» знизиться майже у 2 рази. Більш стійкі до руйнівних дій є ОКД на основі крохмалів «Prima», «Indulge» (коефіцієнт стійкості 0,71 та 0,56 відповідно).

Аналіз результатів досліджень ефективної в'язкості ОКД дозволяє констатувати, що під впливом механічної дії відбувається зниження в'язкості з розшаровуванням ОКД на основі крохмалю кукурудзяного амілопектинового.

Є певні відмінності й у зовнішньому вигляді дисперсій, особливо для ОКД за температури $4 \pm 2^\circ\text{C}$: ОКД на основі крохмалю кукурудзяного амілопектинового мають більш рідку консистенцію, що супроводжується плинною текучістю дисперсії.

Таким чином, моделювання умов механічного впливу на ОКД показало, що найбільш стійкими є системи на основі крохмалів із воскової кукурудзи «Prima» та тапіокового «Endura».

Слід зазначити, що характеристики ОКД можуть змінюватися залежно від складу системи та технологічних процесів, що відбуваються, тому нами було досліджено вплив технологічних чинників (температури, рН, наявності цукру в концентраціях 1–30% та кислоти в концентраціях до 0,4%) на в'язкість модельних систем.

Вплив різних компонентів на властивості ОКД визначали за постійної швидкості зсуву 50 s^{-1} із побудовою кривої ефективної в'язкості. Оскільки в'язкість для ОКД за цієї швидкості є величиною постійною, то будь-яка зміна її буде визначатися впливом технологічних чинників.

Продовжуючи дослідження впливу деструктивних чинників, нами визначено, що органічні кислоти, цукор, сіль впливають на крохмалі, унаслідок чого через змінюється їх консистенція (в'язкість).

У літературних даних [128; 129] відомо, що умови клейстеризації крохмалю залежать від значення рН: навіть невелика зміна кислотності може призвести до дуже виражених змін у процесі утворення ОКД.

Кислий смак (рівень рН) плодово-ягідних соусів може бути сформовано як за рахунок використання кислотомісної сировини (журавлини, вишні, цитрусових), так і додатковим унесенням кислот (наприклад, лимонної).

Кислоти, які використовувалися для моделювання процесу, вибрані на основі наступного: соляна кислота характеризується максимальною константою гідролізу ($k=100$); лимона кислота має найвищу гідролізуючу здатність ($k=1,72$) серед інших органічних кислот і, крім того, є однією з найпоширеніших; оцтова кислота є найслабшою з кислот (гідролізна властивість $k=0,40$), але вона входить до складу багатьох плодів і ягід (яблук, цитрусових) [147].

Крохмаль містить частину домішок, що знижують концентрацію кислоти в розчині. У разі підвищення температури швидкість гідролізу зростає, а температура впливає на швидкість хімічної реакції та характеризується величиною температурного коефіцієнта швидкості реакції. Вплив різних видів кислот визначали за показниками ефективної в'язкості (рис. 2.9).

Із наведених даних бачимо, що за умови введення до системи соляної кислоти за концентрації 0,03 М в'язкість ОКД на основі всіх крохмалів суттєво знижується незалежно від їх концентрації. Імовірно, це пояснюється деструкцією крохмальних полісахаридів, при цьому спостерігається зменшення кількості високомолекулярних речовин і накопичення декстринів з різною молекулярною масою [128; 130]. Це дозволяє зробити висновок, що гідролізуюча здатність соляної кислоти найвища, що впливає на структурно-механічні властивості ОКД.

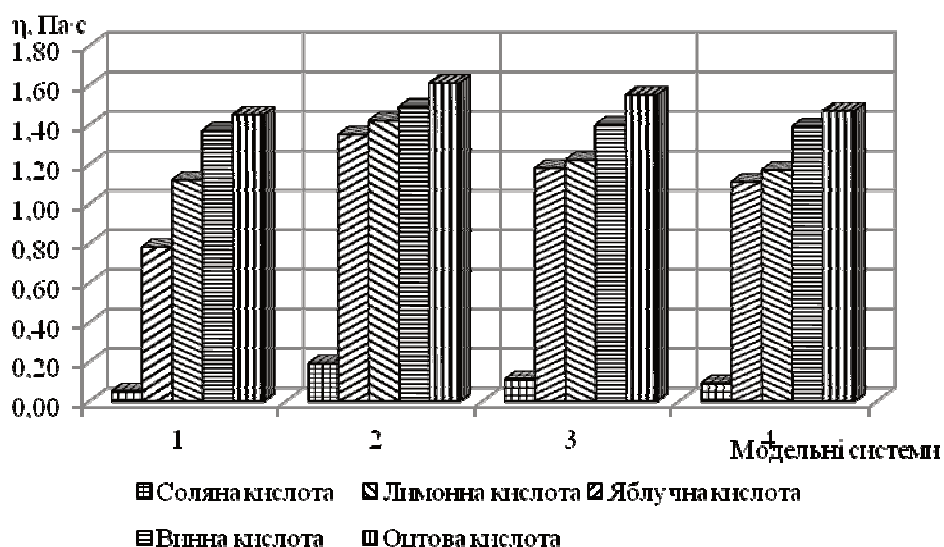


Рисунок 2.9 – Залежність ефективної в'язкості МС на основі крохмалів: 1 – кукурудзяного амілопектинового; 2 – із воскової кукурудзи «Prima»; 3 – тапіокового «Endura»; 4 – тапіокового «Indulge» (за $\gamma=50\text{c}^{-1}$)

Стабільними значеннями ефективної в'язкості характеризуються ОКД, до складу яких уведено слабкі органічні кислоти – яблучну, винну та оцтову.

З огляду на одержані дані встановлено, що найбільш стійкими до впливу лимонної, яблучної, винної та оцтової кислот є ОКД на основі крохмалів «Prima», «Endura», «Indulge», які в процесі гідролізу виявляють стійкість, імовірно, за рахунок монодисперсності зерен. Ефективна в'язкість ОКД на основі крохмалю «Prima» за умови взаємодії з лимонною кислотою знижується на 30,0%, з яблучною та винною – на 11,0%, з оцтовою – на 3,2%. Експериментально встановлено, що в'язкість ОКД на основі крохмалю «Endura» за умови взаємодії з лимонною кислотою знижується на 41,1%, із яблучною – на 32,0%, із винною та оцтовою – на 7,5%. Ефективна в'язкість ОКД на основі крохмалю «Indulge» під впливом лимонної кислоти знижується на 34,0%, яблучної – на 25,0%, винної – на 6,5%, оцтової – на 2,0%.

Ефективна в'язкість ОКД на основі крохмалю кукурудзяного амілопектинового за умови взаємодії з лимонною кислотою знижується на 50,0–55,0%, із яблучною та винною на 30,0–35,0%, з оцтовою – на 25,0%.

Нами визначено, що за різного рецептурного складу значення рН соусів знаходиться в діапазоні 3,0–5,5. На рис. 2.10 наведено дані дослідження залежності ефективної в'язкості від рН, зменшення якого в кислий бік забезпечували введенням лимонної кислоти (концентрація 0,5%) за концентрації крохмалю 7,0%.

Аналіз одержаних даних дозволяє визначити, що зниження рН ОКД призводить до зменшення ефективної в'язкості для всіх дослідних зразків, що зумовлено зміною макроструктури крохмальних зерен.

Суттєве падіння значення в'язкості в разі зниження рН (у 2–3 рази) спостерігається для ОКД на основі кукурудзяного амілопектинового крохмалю. Підтверджено, що більш стійкими до впливу кислот виявилися ОКД на основі крохмалів «Prima», «Endura», «Indulge».

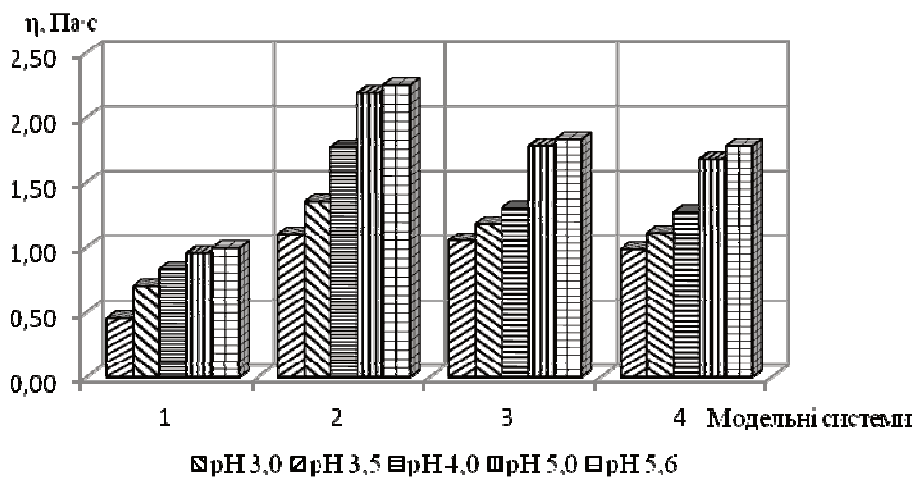


Рисунок 2.10 – Залежність ефективної в'язкості ОКД від рН для ОКД на основі крохмалю: 1 – кукурудзяного амілопектинового; 2 – із воскової кукурудзи «Prima»; 3 – тапіокового «Endura»; 4 – тапіокового «Indulge» (за $\gamma=50\text{c}^{-1}$)

ОКД на основі крохмалів «Endura», «Indulge» характеризуються стабільними значеннями в'язкості рН від 5,0 до 4,0, де в'язкість ОКД знижується з $1,60 \pm 0,05$ до $0,80 \pm 0,02$ Па·с відповідно.

Інтенсивне зниження в'язкості для ОКД на основі крохмалю кукурудзяного амілопектинового відбувається в діапазоні рН 5,55–4,50: із

0,95±0,03 до 0,83±0,01 Па·с, після чого спостерігається різке зниження до 0,45±0,003 Па·с. За візуальними дослідженнями ОКД на основі крохмалю амілопектинового мають досить розріджену систему.

Вплив цукру білого на перебіг клейстеризації та властивості ОКД має практичне значення під час виготовлення соусів різної текстури. Відомо, що сахароза затримує набрякання зерен крохмалю у воді за рахунок високого вмісту сухих речовин. Тому для всебічного обґрунтування використання крохмалів у технології соусів солодких вважаємо за необхідне дослідити вплив цукру на реологічні характеристики ОКД. Концентрацію цукру (0–40%) вибрано на основі діагностики рецептур продуктів-аналогів (рис. 2.11).

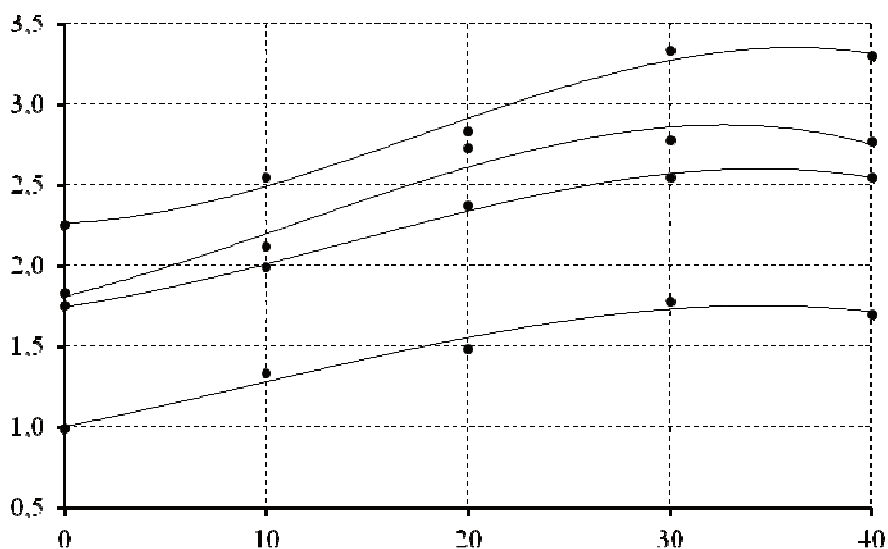


Рисунок 2.11 – Залежність ефективної в'язкості ОКД (C_к=8,0%) від концентрації цукру білого для ОКД на основі крохмалів: 1 – кукурудзяного амілопектинового; 2 – із воскової кукурудзи «Prima»; 3 – тапіокового «Endura»; 4 – тапіокового «Indulge» (за $\dot{\gamma}=50\text{с}^{-1}$)

Аналіз загальних тенденцій показав, що за умови підвищення концентрації цукру до 40% спостерігається поступове збільшення показників в'язкості для всіх модельних систем, проте їх значення має свої відмінності залежно від виду крохмалю. Наявне підвищення значень в'язкості спостерігається за вмісту цукру понад 15% для всіх зразків.

Для ОКД на основі крохмалю кукурудзяного амілопектинового (1) значення в'язкості поступово зростає за концентрації цукру білого 5,0–30,0%, після чого спостерігається його зниження. Це можна пояснити дегідратувальним ефектом цукру в діапазоні концентрацій 25–40%.

У результаті внутрішньомолекулярних взаємодій, які є наслідком зміни конформації молекул, відбувається утворення надмолекулярної структури, що передує кристалізації сахарози. Очевидно, дестабілізація ОКД пов'язана зі зменшенням розчинності крохмальних полісахаридів, утворенням агрегатів і частковою агрегацією за рахунок виникнення водневих зв'язків між ланцюгами амілози й лінійними фрагментами молекул амілопектину. Сахароза, яка характеризується дегідратувальною дією, посилює дестабілізацію.

Ефективна в'язкість для ОКД на основі крохмалів із воскової кукурудзи «Prima», тапіокових «Endura» та «Indulge» за наявності 5–30% цукру характеризується підвищенням значень, імовірно, за рахунок накопичення сухих речовин. Із підвищенням концентрації 30–40% усі криві вирівнюються, підтверджуючи стабільність клейстеру щодо утримування сахарози, утворюючи межу текучості ОКД.

Визначення раціональних значень модельної структурної основи для соусів солодких із метою досягнення необхідного значення заданого показника продукції є складним технологічним завданням і його рішення доцільно проводити на основі сучасних методів дослідження до яких у першу чергу належать методи математичного моделювання [147]. Проте, беручи до уваги складність взаємозв'язків між вхідними та вихідними змінними готового продукту, що не дає повною мірою використати основні фізико-хімічні закони та певну невизначеність параметрів сировини, що буде перероблятися, математичну модель розробки рецептури доцільно будувати на основі регресійних співвідношень.

Досліджено вплив різних видів крохмалів на показники в'язкості ОКД. Під час складання матриці планування експерименту передчасно була побудована в довільному порядку з використанням випадкових чисел. Кінцевий варіант

матриці планування експерименту отримано за рахунок уведення кодованих значень наведених нижче. Кодовані значення вводилися за відношенням: X_1 =концентрація цукру (-1 – 10,0%; -0,5 – 15,0%; 0 – 20,0%; 0,5 – 25,0%; 1 – 30,0%); X_2 =значення рН (-1 – 3,0; -0,5 – 3,5; 0 – 4,0; 0,5 – 4,5; 1 – 5,0); Y_1 =показник в'язкості для крохмалю «Prima»; Y_2 =показник в'язкості для крохмалю «Endura»; Y_3 =показник в'язкості для крохмалю амілопектинового (показники значень ефективної в'язкості наведено в додатку А) (рис. 2.12 –2.17).

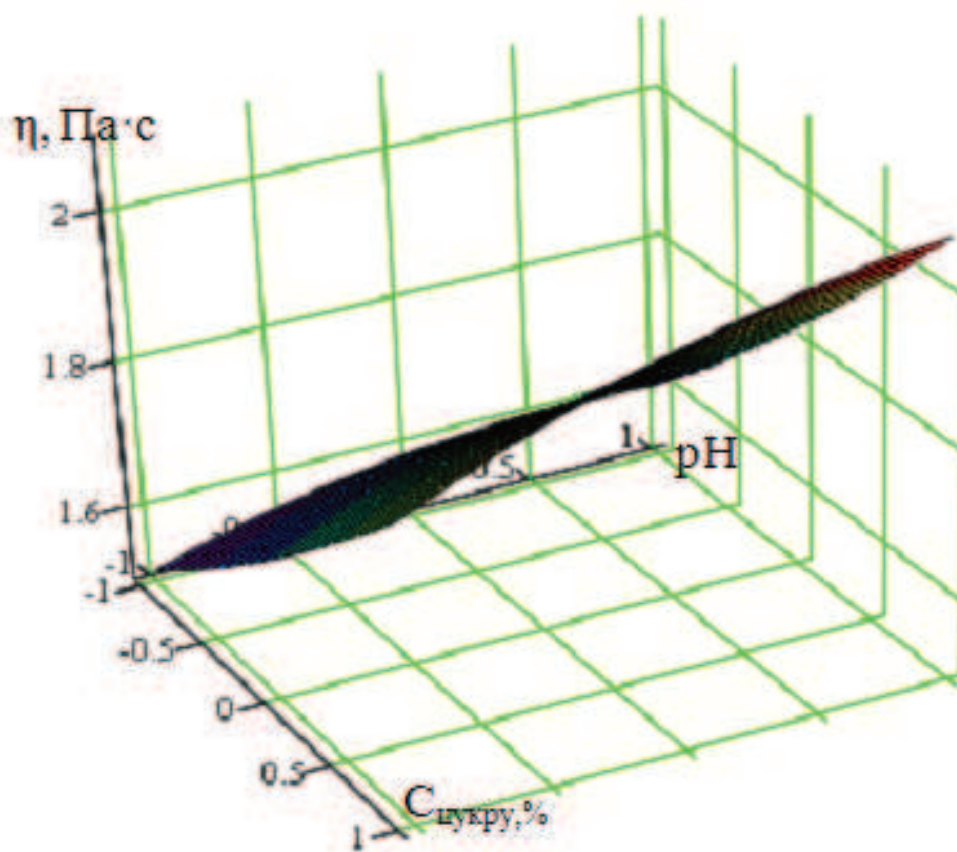


Рисунок 2.12 – Поверхня відгуку математичної моделі для МС на основі крохмалю «Prima»

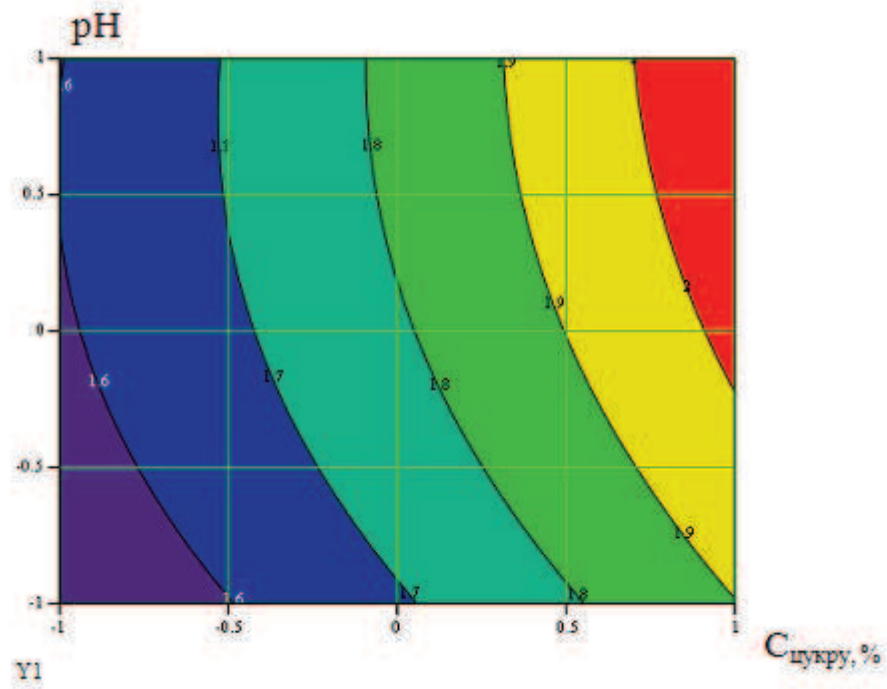


Рисунок 2.13 – Максимальні значення ефективної в'язкості МС на основі крохмалю «Prima»

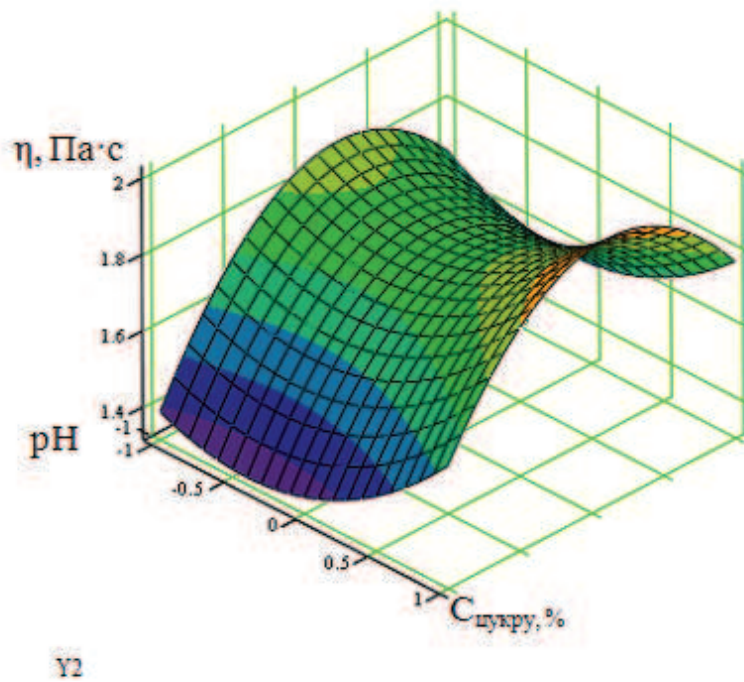


Рисунок 2.14 – Поверхня відгуку математичної моделі для МС на основі крохмалю «Endura»

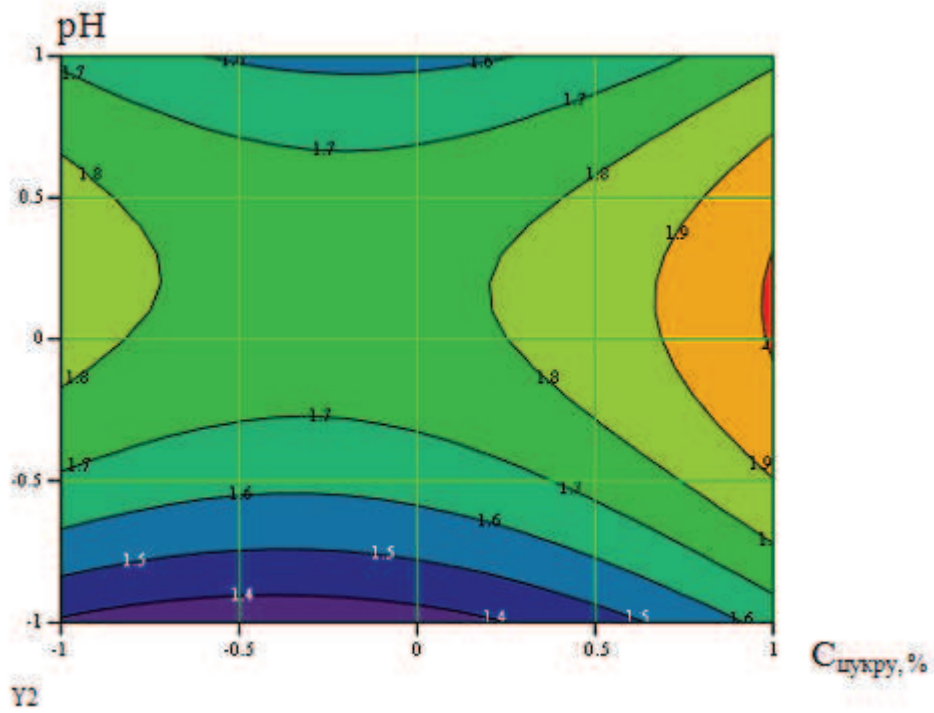


Рисунок 2.15 – Максимальні значення ефективної в'язкості МС на основі крохмалю «Enduga»

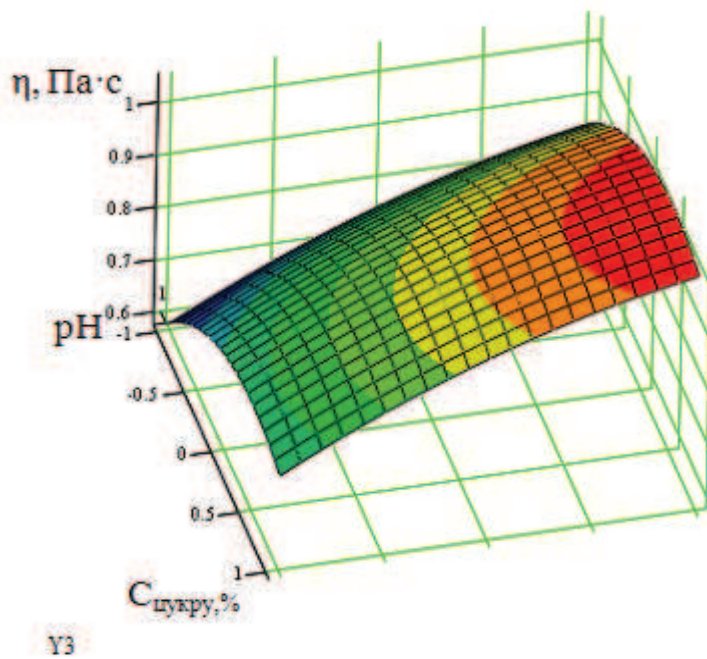


Рисунок 2.16 – Поверхня відгуку математичної моделі для МС на основі крохмалю кукурудзяного амілопектинового

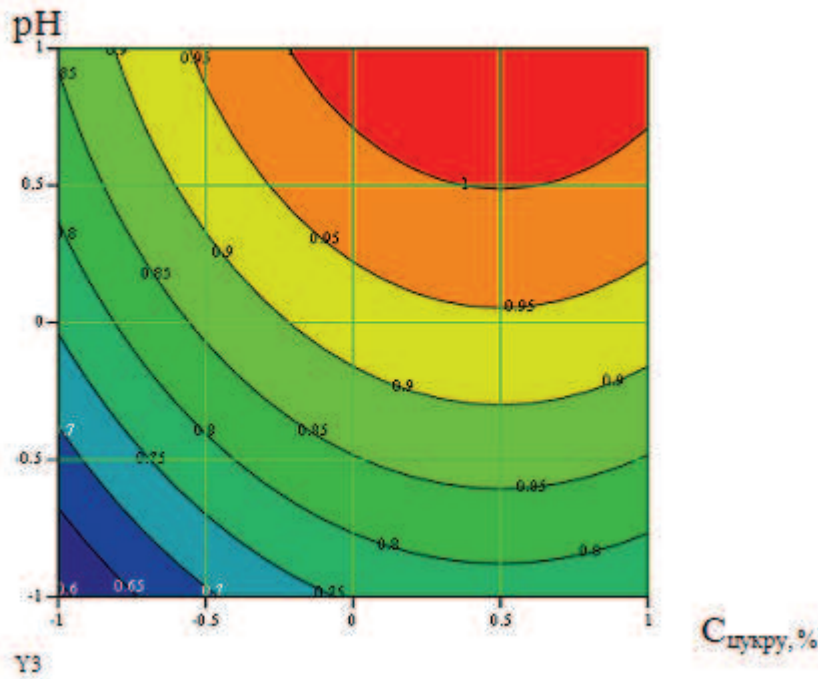


Рисунок 2.17 – Максимальні значення ефективної в'язкості МС на основі крохмалю кукурудзяного амілопектинового

Як свідчать результати оптимізації, МС «крохмаль–кислота лимонна–цукор білий–вода» мають такі інтервали оптимізаційних параметрів, а саме максимальну ефективну в'язкість. Максимальне значення ефективної в'язкості МС на основі крохмалю з воскової кукурудзи «Prima» становить до $2,10 \pm 0,06$ Па·с за умови рН 3,8–4,0 та вмісту цукру білого 20,0–30,0%. Під час оптимізації МС на основі крохмалю тапіокового «Endura» визначено, що максимальне значення в'язкості становить $2,30 \pm 0,06$ Па·с за умови рН 4,0–5,0 та вмісту цукру білого від 25,0–30,0%. Максимальне значення ефективної в'язкості МС на основі крохмалю амілопектинового становить $1,00 \pm 0,03$ Па·с за умови рН 3,5–5,0 та вмісту цукру білого 25,0–30,0%.

Однією з основних властивостей пектинових речовин є здатність до підвищення в'язкості, яка залежить від природи пектинів, температури, концентрації, наявності супутніх речовин – моноцукрів, органічних кислот, солей тощо. Для дослідження на рівні моделі вибрано яблучний

високоестерифікований пектин у концентраціях від 0,5 до 3,0% у композиції з дослідними зразками крохмалю 8% концентрації (рис. 2.18).

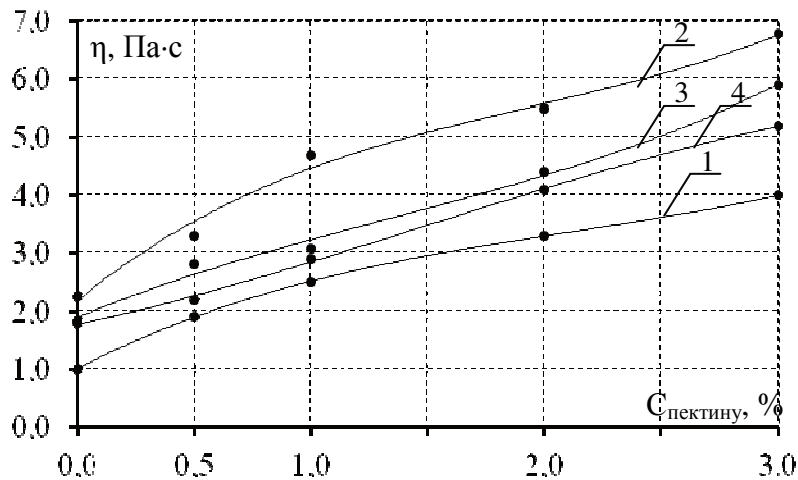


Рисунок 2.18 – Залежність ефективної в'язкості ОКД від концентрації пектину для ОКД на основі крохмалів: 1 – кукурудзяного амілопектинового; 2 – із воскової кукурудзи «Prima»; 3 – тапіокового «Endura»; 4 – тапіокового «Indulge» (за $\gamma=50\text{c}^{-1}$)

Експериментально доведено, що за умови збільшення концентрації пектину до 3,0% в'язкість модельних систем підвищується в 2,0–2,5 разу для всіх досліджуваних систем. Причому суттєве підвищення значень в'язкості спостерігається за концентрації пектину в системі вище ніж 1,0%. Особливо ця тенденція притаманна ОКД на основі крохмалю з воскової кукурудзи «Prima» (2), де значення в'язкості підвищуються з $4,5\pm 0,1$ до $6,8\pm 0,2$.

Для всебічного комплексного обґрунтування технології соусів солодких вважаємо за доцільне дослідити багатокомпонентні модельні системи. Вміст компонентів вибрано на підставі діагностики складу соусів на основі плодово-ягідної сировини. Дані дослідження ефективної в'язкості подано на рис. 2.19.

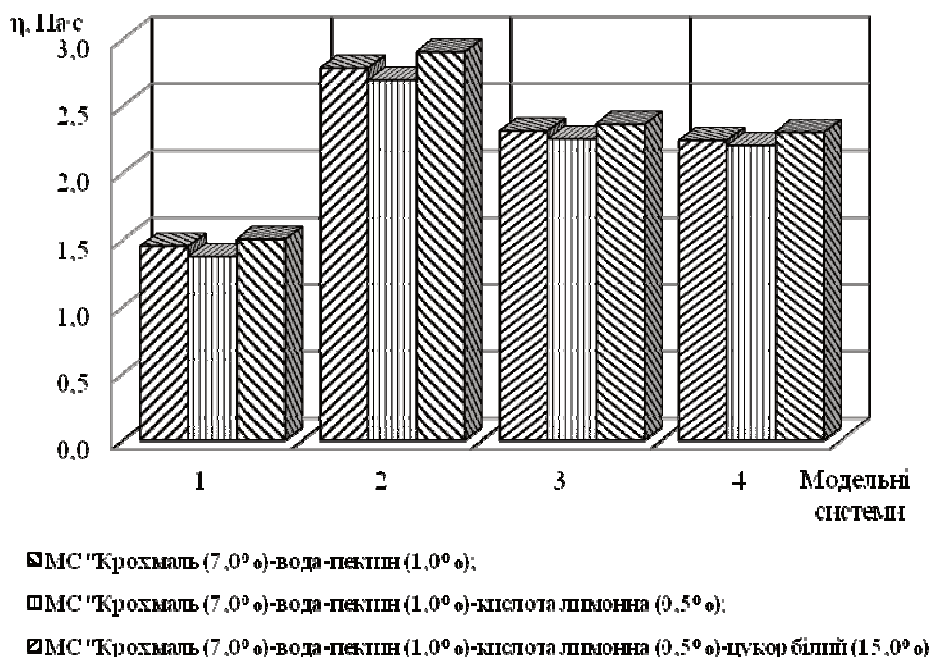


Рисунок 2.19 – Залежність ефективної в'язкості МС за вмісту крохмалю:

1 – кукурудзяного амілопектинового; 2 – із воскової кукурудзи «Prima»; 3 – тапікового «Endura»; 4 – тапікового «Indulge» (за $\gamma=50\text{c}^{-1}$)

Як бачимо, складові модельних систем та їх взаємодія між собою істотно впливають на в'язкість. Максимальними значеннями показників в'язкості характеризуються модельні системи на основі крохмалю з воскової кукурудзи «Prima» з вмістом пектину $3,0 \pm 0,1$ Па·с, а мінімальними модельні системи «вода–крохмаль–пектин–кислота» на основі крохмалю кукурудзяного амілопектинового $1,45 \pm 0,1$ Па·с. Наявність кислоти дещо зменшує в'язкість модельних систем. Відомо, що кислоти, які введені в розчини полісахаридів, зменшують її в'язкість краще, за нижчого значення рН і концентрацій полісахариду. Дослідження впливу кислоти на в'язкість усіх модельних систем «вода–крохмаль–пектин–кислота лимонна» показало, що наявність кислоти призводить до зменшення в'язкості, що може пояснюватися процесом часткового кислотного гідролізу молекул пектину та крохмалю в розчині, а також конформаційним станом макромолекул.

Термообробка модельних систем «вода–крохмаль–пектин–кислота–цукор» призводить до несуттєвого збільшення в'язкості: для модельних систем на основі

крохмалю кукурудзяного амілопектинового – у 0,5 разу; із воскової кукурудзи «Prima» – у 0,75 разу; тапіокового «Endura» – у 0,5 разу; тапіокового «Indulge» – у 0,5 разу. Імовірно, цукор білий, доданий до розчинів полісахариду, після термічної обробки стабілізує агрегати на початку їх утворення і, таким чином, сприяє збільшенню їх кількості.

За рахунок дегідратувальної дії цукру білого збільшується відносна концентрація гелеутворювача, утворюються подвійні молекулярні спіралі пектину та зменшується енергетичний ефект їх агрегації надмолекулярної структури.

Іони електролітів, що наявні в соусах, значно впливають на структуру, текстуру й органолептичні показники продукту.

Солі включають в себе катіони кальцію, натрію, калію та аніони, такі як хлор, карбонати і фосфати. До солей також належать речовини, що утворюють хелатні комплекси, наприклад, етилендіамінтетраоцтову кислоту (ЕДТА), яка сприяє уповільненню окиснювального псування продукту. Як консерванти застосовують також солі сорбинової та бензойної кислот. Іони електролітів взаємодіють із крохмалем, сприяючи взаємодії між різними молекулами з утворенням просторової сітчастої структури. Солі знижують температуру замерзання розчинів і підвищують температуру кипіння, а також змінюють смак продукту в цілому [132].

Вплив солей визначали за показниками ефективної в'язкості (рис. 2.20).

Наявність іонів кальцію в складі ОКД несуттєво знижує ефективну в'язкість усіх видів ОКД. Для ОКД на основі крохмалю кукурудзяного амілопектинового зниження в'язкості становить близько 10,0%. Більш виражене зниження в'язкості спостерігається для ОКД на основі крохмалів «Prime», «Endura», «Indulge», що становить $2,0 \pm 0,06$; $1,8 \pm 0,05$; $1,5 \pm 0,04$ Па·с відповідно.

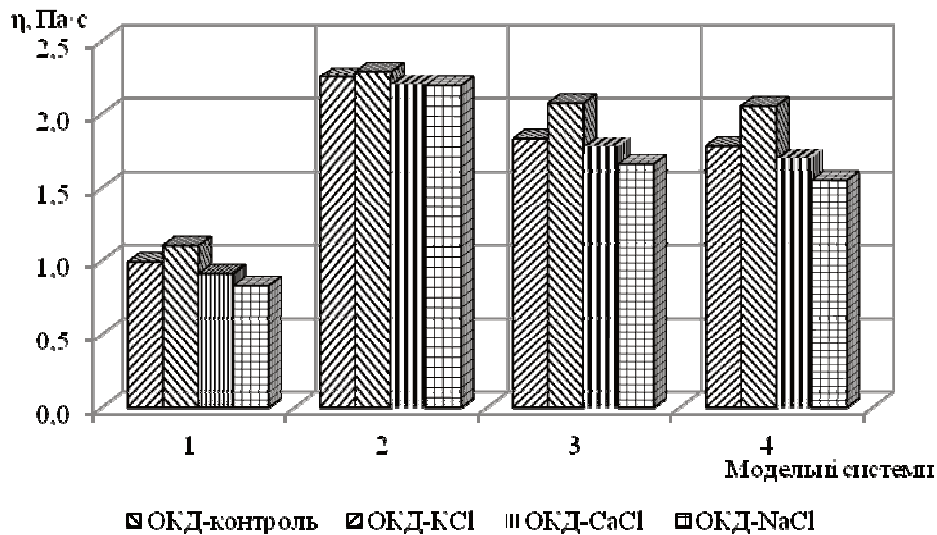


Рисунок 2.20 – Залежність ефективної в'язкості ОКД з вмістом солей на основі крохмалів: 1 – кукурудзяного амілопектинового; 2 – із воскової кукурудзи «Prima»; 3 – тапіокового «Endura»; 4 – тапіокового «Indulge» (за $\gamma=50\text{c}^{-1}$)

Дослідження процесу клейстеризації ОКД за наявності хлориду калію показало, що за концентрації хлориду калія 0,1 н ефективна в'язкість ОКД підвищується та становить для ОКД на основі кукурудзяного амілопектинового – $1,60\pm 0,04$ Па·с, для ОКД на основі крохмалю «Prima» – $2,33\pm 0,07$ Па·с, для ОКД на основі крохмалю «Endura» – $2,18\pm 0,06$ Па·с, для ОКД на основі крохмалю «Indulge» – $2,00\pm 0,06$ Па·с.

Хлорид натрію діє пригнічувально на в'язкість ОКД на основі крохмалю кукурудзяного амілопектинового та становить $0,8\pm 0,02$ Па·с.

Наявність у системі хлориду натрію практично не змінює в'язкості ОКД на основі крохмалів: «Prima» – $2,21\pm 0,06$ Па·с, «Endura» – $1,78\pm 0,05$ Па·с, «Indulge» – $1,91\pm 0,05$ Па·с, що підтверджує їх стійкість до впливу хлориду натрію.

Одним з основних способів тривалого зберігання кулінарної продукції є її замороження, яке сприяє запобіганню розвитку мікробіологічних процесів та різкому зменшенню швидкості ферментативних і фізико-хімічних процесів, підвищує ефективність організації виробництва.

За даними фахівців [133–135] під час заморожування близько 85% води перетворюється на лід. Кріоскопічна температура залежить від концентрації розчину, ступеня асоціації розчинених речовин і властивостей розчинника.

Оскільки концепція виробництва соусів передбачає їх використання в діапазоні низьких температур, нами проведено дослідження впливу заморожування-розморожування ОКД за концентрації 8,0% на ефективну в'язкість (табл. 2.7). ОКД піддавали заморожуванню за температури $-20\pm 2^{\circ}\text{C}$ протягом 15 діб, після чого зразки розморожували до температури $20\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Таблиця 2.7 – Дані експериментальних досліджень ОКД у циклі «заморожування – розморожування»

ОКД на основі крохмалів	Значення ефективної в'язкості (Па·с) (за $\gamma=50\text{c}^{-1}$) за тривалості заморожування, діб			
	Контроль T=14°C	5	10	15
Кукурудзяний амілопектиновий	2,1±0,06	0,78±0,02	_*	_*
Із воскової кукурудзи «Prima»	3,8±0,1	3,7±0,1	2,8±0,08	2,7±0,08
Тапіоковий «Endura»	3,7±0,1	2,9±0,08	2,7±0,08	2,6±0,04
Тапіоковий «Indulge»	3,6±0,1	2,8±0,08	2,3±0,04	2,2±0,03
Примітка.* не досліджувалося у зв'язку з неоднорідністю систем				

Як свідчать одержані дані, не всі зразки ОКД зберігають стабільність у циклі «заморожування–розморожування». Так, ОКД на основі крохмалю кукурудзяного амілопектинового після 5–10 діб заморожування та наступного розморожування виявляли неоднорідність системи та втрачали свої в'язко-текучі властивості.

Для ОКД на основі крохмалю «Prima» просліджується незначне падіння в'язкості на 5 добу зберігання, ефективна в'язкість становить $3,7\pm 0,1$ Па·с, на 10 добу – $2,8\pm 0,08$ Па·с, на 15 добу – $2,7\pm 0,08$ Па·с.

Для ОКД на основі крохмалів «Endura», «Indulge» заморожування-розморожування супроводжувалося відокремленням незначної кількості рідкої фази. В'язкість ОКД на основі крохмалю «Endura» також знижувалася залежно від тривалості заморожування: 5 діб – $2,9 \pm 0,08$ Па·с, 10 діб – $2,7 \pm 0,08$ Па·с, 15 діб – $2,6 \pm 0,04$ Па·с. Для ОКД на основі крохмалю «Indulge» в'язкість характеризується зниженням показників залежно від тривалості заморожування: 5 діб – $2,8 \pm 0,05$ Па·с, 10 діб – $2,3 \pm 0,04$ Па·с, 15 діб – $2,2 \pm 0,03$ Па·с. Визначено органолептичні показники ОКД на основі дослідних крохмалів до заморожування і після заморожування-розморожування після 5 діб зберігання (табл. 2.8).

Таблиця 2.8 – Дані дослідження органолептичних показників ОКД ($C_k=7,0\%$) під впливом заморожування-розморожування протягом 5 діб

ОКД на основі крохмалів	Зовнішній вигляд ОКД	
	до заморожування	після заморожування-розморожування ($\tau=5$ діб)
Кукурудзяний амілопектиновий	Непрозорий гель білого кольору, середньої густини, осад відсутній	Гель із відокремленням вільної вологи, розшарування та наявність агрегованого осаду
Із воскової кукурудзи «Prima»	Однорідний прозорий гель, осад відсутній	Однорідний прозорий гель, осад відсутній
Тапіоковий «Endura»	Однорідний прозорий гель, середньої густини, осад відсутній	Гель однорідний, є незначна кількість відокремленої водної фази
Тапіоковий «Indulge»	Непрозорий гель із кремовим відтінком, середньої густини, осад відсутній	Гель непрозорий, є незначна кількість відокремленої водної фази

Одним з основних завдань досліджень є обґрунтування та розробка технології соусів солодких, у тому числі для тривалого зберігання. Вимогою до

продукції, яка підлягає зберіганню є стабільність фізико-хімічних, органолептичних, мікробіологічних показників або їх мінімальна еволюція.

Із метою підтвердження висунутої науково-практичної концепції досліджено стан рідкої фази в ОКД за концентрації 7,0% під час їх зберігання за температури 1...6°C та тривалості до 90 діб (рис. 2.21).

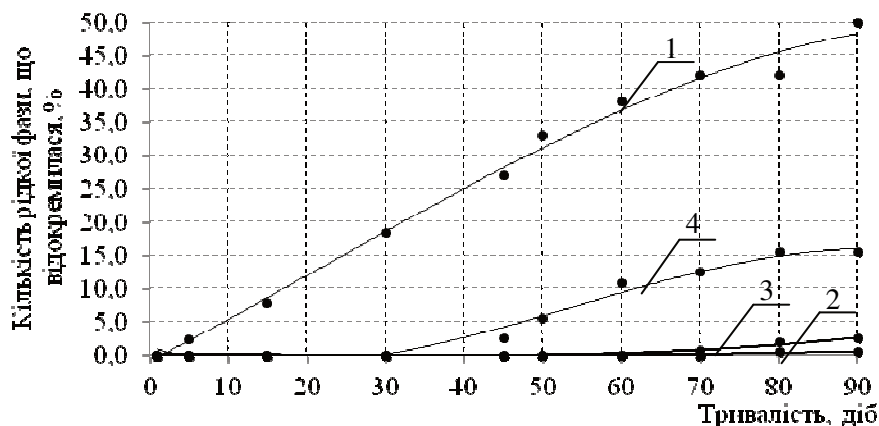


Рисунок 2.21 – Залежність стабільності ОКД від тривалості зберігання ($t_{збер.}=1...6^{\circ}\text{C}$) на основі крохмалю: 1 – кукурудзяного амілопектинового; 2 – із воскової кукурудзи «Prima»; 3 – тапіокового «Endura»; 4 – тапіокового «Indulge»

Установлено, що для ОКД на основі кукурудзяного амілопектинового крохмалю відділення рідкої фази відбувається на 7 добу в кількості $1,5\pm 0,1\%$ вологи та продовжується протягом 8 діб до $9,0\pm 0,2\%$. Під час зберігання ОКД на основі крохмалів «Endura», «Indulge» на 10 добу виявлено незначну кількість виділеної рідкої фази – 3,0–4,0%. Для ОКД на основі крохмалю «Prima» відділення рідкої фази не відбувається протягом 90 діб, що свідчить про стабільність системи.

Дослідження властивостей крохмалів фізичної модифікації, їх змін під дією деструктивних чинників, моделювання умов зберігання, використання та реалізації дозволили обґрунтувати види крохмалів і раціональні параметри їх використання в технології соусів солодких (табл. 2.9).

Таблиця 2.9 – Раціональні параметри одержання ОКД на основі КФМ

Показник	Од. вимірювання	Раціональні параметри		
		дресінги	топінги	начинки, дипи
Вид та вміст крохмалю				
Із воскової кукурудзи «Prima»	%	2,0–3,0	3,5–7,0	7,5–9,0
Тапіоковий «Endura»		2,0–3,5	4,0–7,5	8,0–9,0
Тапіоковий «Indulge»		3,0–4,0	4,5–8,0	8,5–9,0
Температура термообробки				
Із воскової кукурудзи «Prima»	°C	$69^{\circ} \text{C} \leq t \leq 99^{\circ} \text{C}$		
Тапіоковий «Endura»		$68^{\circ} \text{C} \leq t \leq 99^{\circ} \text{C}$		
Тапіоковий «Indulge»		$72^{\circ} \text{C} \leq t \leq 99^{\circ} \text{C}$		
pH системи для ОКД на основі крохмалю				
Із воскової кукурудзи «Prima»	од. прил.	$\text{pH} \geq 3,0$		
Тапіоковий «Endura»		$\text{pH} \geq 3,0$		$\text{pH} \geq 4,0$
Тапіоковий «Indulge»		$\text{pH} \geq 3,0$	$\text{pH} \geq 3,5$	$\text{pH} \geq 4,5$
Вміст цукру білого для ОКД на основі крохмалів				
Із воскової кукурудзи «Prima»	%	5–10	15–20	25–40
Тапіоковий «Endura»			15–30	35–40
Тапіоковий «Indulge»				

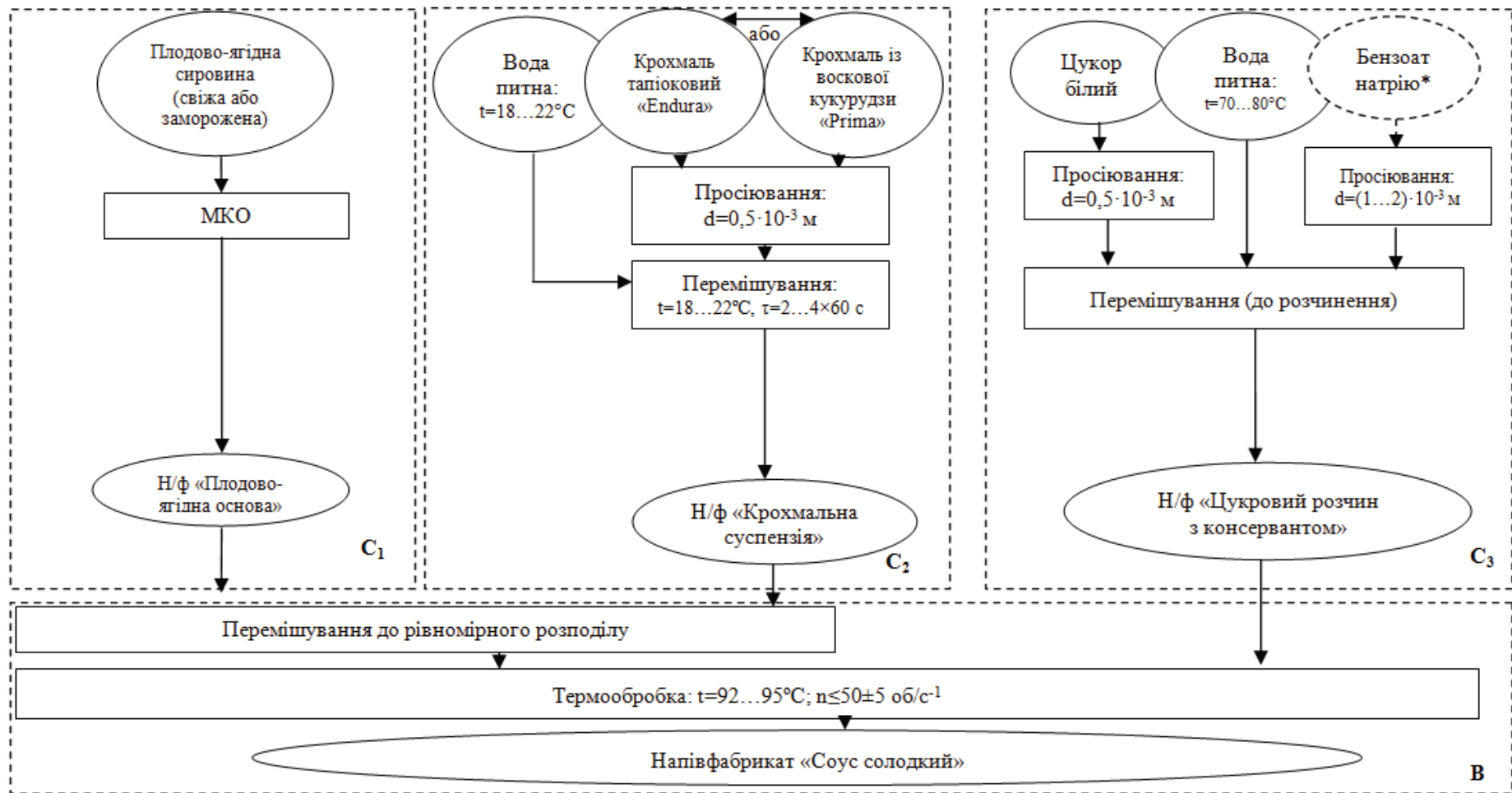
Спираючись на дослідження властивостей крохмалів різних марок, встановлено доцільність використання КФМ «Prima», «Endura». Визначено раціональні умови одержання ОКД, зокрема, вміст крохмалю для відповідних видів консистенції соусів, pH системи та вміст цукру білого. Доведено, що ОКД на основі крохмалю «Indulge» не відповідають технологічним вимогам для більшості видів соусів унаслідок невідповідних органолептичних показників (каламутність, непрозорість).

Під час розробки рецептур соусів солодких необхідно враховувати інформацію про способи формування текстур певного типу. Споживачі схильні порівнювати органолептичні характеристики нових продуктів із традиційними, і тому можна заздалегідь передбачати, яка текстура буде затребувана.

Модель технологічної системи напівфабрикату соусів солодких подано як цілісну систему (рис. 2.22), у межах якої виділено окремі підсистеми – С₁, С₂, С₃, В, функціонування яких спрямовано на одержання вихідного результату функціонування системи – утворення соусів солодких із використанням крохмалів «Prima», «Endura».

Підсистема C_1 передбачає одержання плодово-ягідної основи. Експериментальними дослідженнями встановлено, що процес регулювання консистенції системи, перш за все, залежить від виду та вмісту крохмалю, величини рН, концентрації цукру та температури. У межах функціонування підсистем C_2 відбувається розчинення цукру білого в рецептурній кількості води за температури 70...80°C. У межах підсистеми C_3 напівфабрикат «Крохмальна суспензія» одержують шляхом перемішування визначеної кількості крохмалю у воді питній та короточасного витримування для набухання. Визначено, що для забезпечення необхідних показників в'язкості та властивостей структуроутворення вміст крохмалів повинен знаходитися в діапазоні 2,0–9,0%.

Функціонування підсистеми В передбачає одержання напівфабрикату соусу солодкого на основі плодово-ягідної сировини із заданими фізико-хімічними та органолептичними показниками, стабільними під час зберігання



Примітка.* для напівфабрикатів соусів солодких тривалого зберігання

Рисунок 2.22 – Технологічна системи виробництва напівфабрикату соусу солодкого

РОЗДІЛ 3

**НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ
СОУСІВ СОЛОДКИХ**

3.1. Дослідження впливу рецептурних компонентів на фізико-хімічні та структурно-механічні властивості модельних плодово-ягідних систем

Результати досліджень (розділ 2) дозволили обґрунтувати види крохмалів, способи отримання ОКД із відповідними структурно-механічними характеристиками й визначити зміни властивостей модельних систем під впливом технологічних чинників. Доведено доцільність використання крохмалів із воскової кукурудзи «Prima» та тапіокового «Endura», які здатні до утворення стабільних ОКД, у тому числі під впливом дестабілізуючих чинників (наявності кислот, цукру, теплової обробки, механічного впливу, заморожування тощо).

Обґрунтуванню рецептурного складу передувало дослідження продуктів-прототипів індустриального виробництва, які ранжовано за призначенням (дресінги, топінги, дип і начинки) та визначення еталонних характеристик (рис. 3.1, табл. 3.1).

Технологія соусів на основі плодово-ягідної сировини передбачає:

– використання плодово-ягідної сировини у кількості, яка забезпечує формування органолептичних показників за рахунок реалізації властивостей натуральної сировини, відповідні смаки завдяки смако-ароматичним та забарвлюючим натуральним речовинам;

– використання крохмалів із воскової кукурудзи «Prima», тапіокового «Endura» для загущення та стабілізації консистенції соусів, начинок в процесі виробництва зберігання, реалізації у складі готової продукції;

– формування заданих споживних та технологічних властивостей напівфабрикатів.

Вищезазначене потребує проведення досліджень, спрямованих на обґрунтування:

- виду, вмісту та послідовності введення плодово-ягідної сировини до рецептурної суміші;

- дослідження фізико-хімічних та технологічних властивостей модельних систем для виробництва напівфабрикатів соусів солодких;

- рецептурного складу та технологічного процесу виробництва напівфабрикатів соусів солодких.

Технологічні принципи одержання соусів солодких з використанням КФМ визначаються специфікою функціонально-технологічних властивостей, пов'язаних із в'язкістю продукту, ефектом текучості, текстури («довгої», «короткої»), а також колоїдною стійкістю за умов зберігання, зміни температури (нагрівання, повторне нагрівання, заморожування).

Ідеологія продукту передбачає, насамперед, використання натуральної сировини рослинного походження (плодів, ягід) і концентратів на їх основі. Обґрунтування вибору плодово-ягідної сировини базувалося, перш за все, на дослідженні споживацьких переваг.

Під час досліджень використовували концентрати соків і плодово-ягідні пюре. Для обґрунтування вмісту плодово-ягідної сировини в складі модельної системи досліджено їх хімічний склад і фізико-хімічні показники (табл. 3.2–3.4).

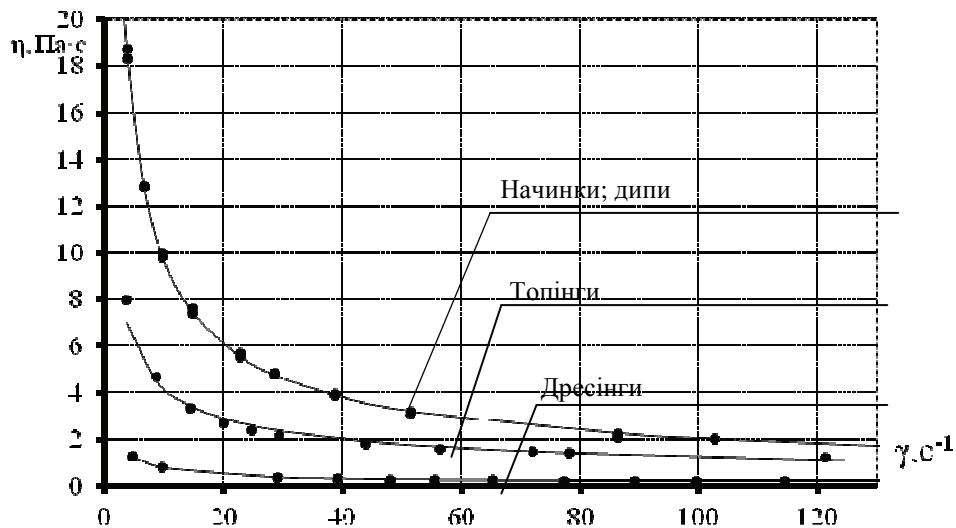


Рисунок 3.1 – Залежність ефективної в'язкості від швидкості зсуву соусів індустриального виробництва на основі плодово-ягідної сировини

Таблиця 3.1 – Характеристика еталонних показників соусів солодких індустриального виробництва

Показник	Характеристика показників для соусів				
	дресінги	топінги		дип	начинки
Групи соусів солодких					
Консистенція	рідка	середньої густини		густі	
Однорідність соусів	гомогенні	гомогенні	гетерогенні	гомогенні	гетерогенні
Ефективна в'язкість (Па·с) ($\gamma=50\text{ c}^{-1}$)	$0,30\pm 0,01$	$1,50\pm 0,04$	$2,07\pm 0,1$	$3,07\pm 0,1$	$3,50\pm 0,1$
Показники текстури в стані спокою	в'язко-розріджена	в'язко-текуча	в'язко-текуча, пружна	в'язко-пружна	гелеподібна, пружна
Характеристика текучості	текстура текуча «довга»			текстура утримується на горизонтальній поверхні, «коротка»	

Таблиця 3.2 – Хімічний склад плодово-ягідних пюре [136; 137]

Показник	Одиниця вимірювання	Значення показників для пюре								
		із журавлини	із чорниці	із чорної смородини	із вишні	із полуниці	із малини	із яблука	із апельсина	із банана
Масова частка білка	%	0,5	1,1	1,0	0,8	0,8	0,8	0,4	0,9	1,5
Масова частка вуглеводів, у тому числі	%									
– глюкоза		2,5	2,1	1,5	5,5	3,7	3,9	2,0	2,4	5,5
– фруктоза		1,1	4,0	4,2	4,5	3,8	3,9	5,5	2,2	5,0
– сахароза		0,2	0,7	1,0	0,3	0,6	0,5	1,5	3,5	3,7
– клітковина		2,0	4,5	3,0	0,5	5,5	5,1	0,6	1,4	1,1
– крохмаль		-	0,4	0,6	-	0,1	-	0,8	-	2,0
– пектин		0,7	1,0	1,1	0,4	0,7	0,6	1,0	0,6	0,4
Масова частка органічних кислот, у тому числі	%									
– винна		-	0,1	-	-	-	-	0,1	-	-
– лимонна		1,1	1,7	2,0	0,1	0,03	0,04	0,08	1,0	0,09
– щавлева		0,02	0,03	0,06	0,02	0,01	0,01	0,01	-	-
– яблучна		1,0	1,0	0,25	1,2	1,1	1,0	0,7	-	1,3

Таблиця 3.3 – Фізико-хімічні показники плодово-ягідних пюре

Показник	Одиниця вимірювання	Значення показників для пюре зі свіжої сировини							
		із журавлини	із чорниці	із чорної смородини	із вишні	із полуниці	із малини	із яблук	із банана
Масова частка сухих речовин	%	12,8±0,3	13,7±0,4	10,0±0,3	12,0±0,3	8,5±0,2	9,4±0,2	15,8±0,5	24,2±0,7
Активна кислотність (t=20±2°C)	од. рН	3,07±0,09	3,13±0,09	2,86±0,07	3,33±0,09	3,34±0,09	3,21±0,09	3,60±0,10	4,81±0,10
Титрована кислотність	% у перерахунку на лимонну кислоту (моногідрат)	2,14±0,06	3,01±0,09	2,30±0,06	–	–	–	–	–
	% у перерахунку на яблучну кислоту	–	–	–	1,83±0,05	1,78±0,05	1,25±0,03	1,30±0,03	1,10±0,03
Ефективна в'язкість (t=20±1°C, γ=50 с ⁻¹)	Па·с	0,50±0,01	0,61±0,01	0,59±0,01	0,53±0,01	0,49±0,01	0,50±0,01	0,46±0,01	0,88±0,02

Таблиця 3.4 – Фізико-хімічні показники соків концентрованих

Показник	Одиниця вимірювання	Значення показників для соків концентрованих				
		вишневий	малиновий	полуничний	персиковий	апельсиновий
Масова частка сухих речовин	%	65,0±1,9	63,0±1,8	65,0±1,9	67,0±2,0	62,0±1,8
Активна кислотність (t=20±2°C)	од. рН	3,35±0,1	3,11±0,09	3,17±0,09	3,65±0,1	3,44±0,1
Титрована кислотність	% у перерахунку на лимонну кислоту	–	–	–	1,38±0,04	1,33±0,04
	% у перерахунку на яблучну кислоту	2,78±0,08	2,83±0,08	2,51±0,07	–	–
Ефективна в'язкість (t=20±1°C, $\gamma=50 \text{ c}^{-1}$)	Па·с	0,45±0,01	0,35±0,01	0,41±0,01	0,39±0,01	0,40±0,01

Визначено, що концентрати соків мають більшу кількість сухих речовин (62,0–67,0%) ніж плодово-ягідні пюре (8,5–24,2%). Активна кислотність плодово-ягідної сировини (2,86–3,55), вміст органічних кислот, наявність пектинових речовин може вплинути на структурно-механічні характеристики соусу.

На рівні модельних систем нами досліджено вплив кислот на властивості ОКД та визначено залежність між значеннями рН і структурно-механічними властивостями, зазначено ступінь гідролітичної дії кислот.

Дані досліджень в'язкості МС «пюре–вода–крохмаль» (рис. 3.2, 3.3) підтверджують поведінку крохмалів у МС – зі збільшенням вмісту крохмалю ефективна в'язкість підвищується.

Рациональні концентрації КФМ «Prima» для дресінгів становлять 1,5–2,0%, для топінгів від 2,0 до 6,0% – відповідно для всіх досліджених видів пюре. Вміст крохмалю в діапазоні 6,3–7,5% за наявності пюре забезпечує формування густої щільної консистенції, яка притаманна дипам та начинкам.

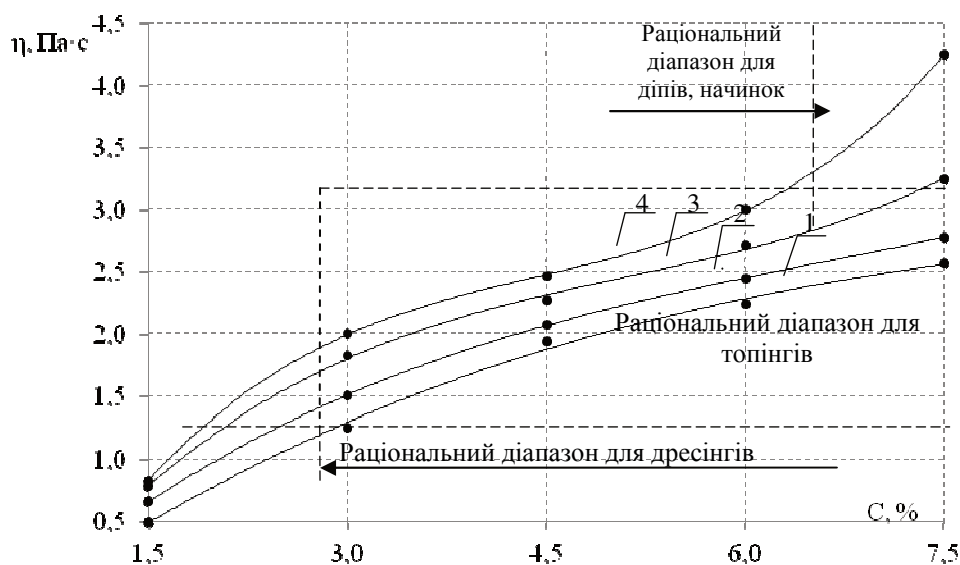


Рисунок 3.2 – Залежність ефективної в'язкості МС («пюре – вода – КФМ «Prima»») від вмісту крохмалю на основі пюре: 1 – журавлини; 2 – чорної смородини; 3 – малини; 4 – банана ($\gamma=50 \text{ c}^{-1}$)

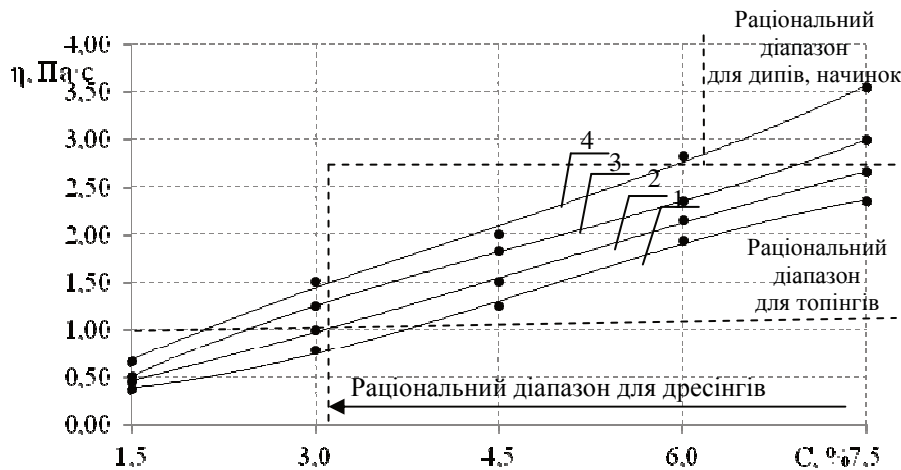


Рисунок 3.3 – Залежність ефективної в'язкості МС («пюре–вода–КФМ «Endura»») від вмісту крохмалю на основі пюре: 1 – журавлини; 2 – чорної смородини; 3 – малини; 4 – банана ($\gamma=50 \text{ c}^{-1}$)

Аналогічні тенденції виявляють і модельні системи на основі крохмалю «Endura», але за дещо інших концентрацій. МС на основі крохмалю «Endura» мають різні текстурні характеристики, що дає змогу регулювати структуру соусів:

- для дресінгів (мають рідку консистенцію, швидко розтікається на горизонтальній поверхні) доцільно використовувати МС на основі пюре із журавлини та чорної смородини за вмісту крохмалю 1,5–3,0%, МС на основі малини та банана – 1,5–2,5%.

- для топінгів необхідний вміст крохмалю становить від 3,0 до 5,5% (для МС на основі пюре малини, банана);

- для начинок, дріпів, що мають більш густу консистенцію з «короткою» текстурою вміст крохмалю становить близько 7,0% для МС на основі всіх видів пюре (крім бананового, яке утворює систему у вигляді гелю).

У технологіях соусів розглядається використання й соків концентрованих (СК): вишневого, малинового, персикового, які мають низку переваг як для споживача, так і виробника. Тому далі нами досліджено МС «СК – вода – крохмаль» (рис. 3.4, 3.5).

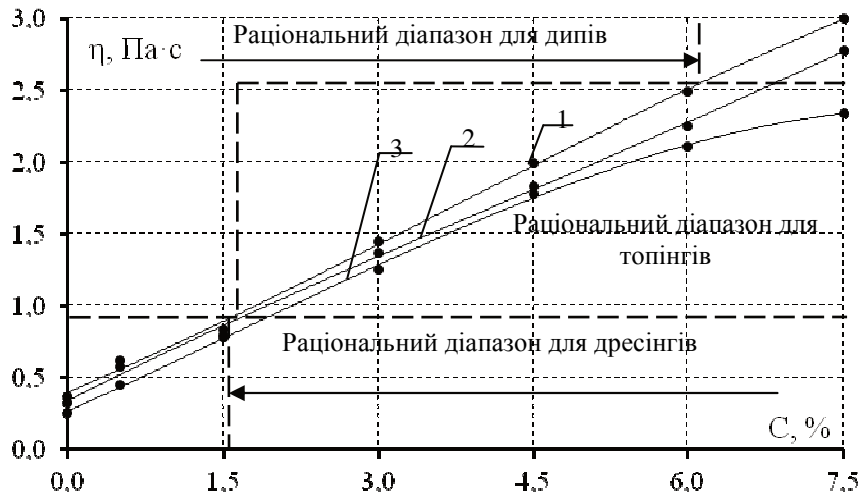


Рисунок 3.4 – Залежність ефективної в'язкості модельних систем «Сік – вода – КФМ «Prima»» від вмісту крохмалю на основі СК: 1 – вишневого; 2 – малинового; 3 – перикового ($\gamma=50\text{с}^{-1}$)

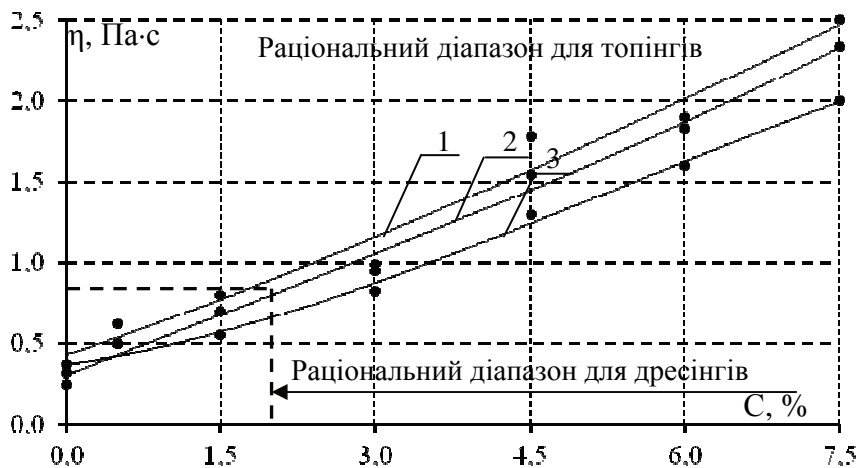


Рисунок 3.5 – Залежність ефективної в'язкості модельних систем «Сік – вода – КФМ «Endura»» від вмісту крохмалю на основі СК: 1 – вишневого; 2 – малинового; 3 – перикового ($\gamma=50\text{с}^{-1}$)

Із наведених даних бачимо, що всім модельним системам притаманний загальний характер підвищення в'язкості за умови підвищення вмісту крохмалю. Аналіз кривих дозволяє стверджувати, що використання крохмалю «Prima» в кількості 0,5–1,5% є найбільш раціональним для формування в'язкісних характеристик дресінгів.

Дослідженнями в'язкості МС за вмісту крохмалю «Prima» 1,5–6,0%, крім МС на основі СК персикового (до 7,5%) обґрунтовано раціональний діапазон для формування топінгів. Установлено, що вміст крохмалю 6,0–7,5% є раціональним для одержання соусів дип або начинок.

Моделльні системи за вмістом крохмалю «Endura» рекомендовано тільки для дресінгів та топінгів. Так, консистенція МС за вмісту крохмалю 1,5–2,5% є рідкою та досить плинною, а з підвищенням концентрації до 7,5% вона перетворюється на в'язко-текучу.

Визначено (розділ 2), що під час охолодження ОКД на основі крохмалю «Prima» до температури 1...6°C в'язкість зростає за рахунок утворення водневих зв'язків, а ОКД на основі крохмалю «Endura» характеризується незначним зростанням показників в'язкості під час охолодження. Тому нами запропоновано використання крохмалю «Endura» для більш рідких систем, що мають гомогенну текстуру (наприклад, дресінги, топінги гомогенні, без включень наповнювачів).

Відомо, що консистенція соусів може бути створена за двома механізмами: концентруванням сухих речовин (наприклад, уварювання) або введенням структуроутворювача. Оскільки в технологічній схемі параметр «тривалість» є змінним та вибирається залежно від кількості суміші, яка одночасно обробляється, виду устаткування.

Наступний рівень досліджень передбачає максимальне наближення складу МС до рецептурного складу соусів солодких. Тому на підставі попередніх досліджень нами розроблено склад МС із різним вмістом цукру та досліджено ефективну в'язкість МС (рис. 3.6). Крім формування солодкого смаку, цукор істотно впливає на консистенцію за рахунок підвищення вмісту сухих речовин.

Установлено, що введення цукру в концентраціях до 10,0% суттєво не впливає на зміну в'язкості модельних систем. Оптимальний вміст цукру для МС (1) становить 15,0%. Концентрація цукру для МС (2) варіюється в діапазоні 15–20%.

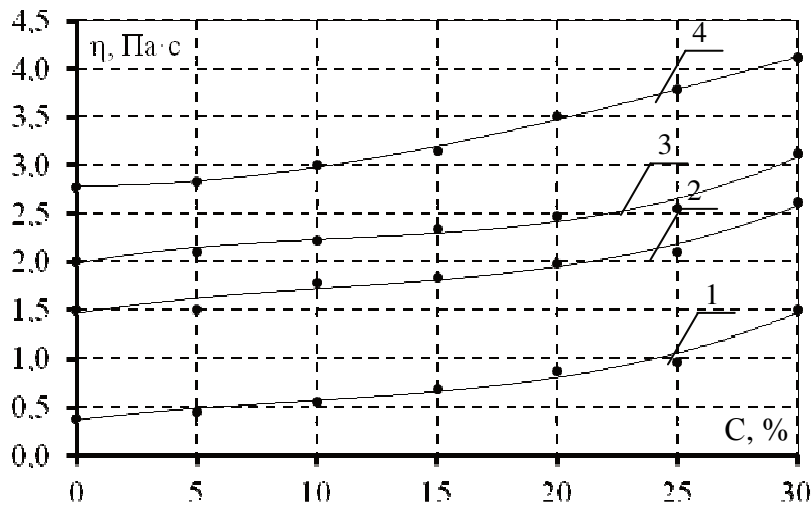


Рисунок 3.6 – Залежність ефективної в'язкості від складу МС на основі:

1 – СК персикового; 2 – СК вишневого; 3 – пюре з малини;

4 – пюре з чорної смородини ($\gamma=50\text{с}^{-1}$)

Із підвищенням вмісту цукру в'язкість систем зростає за рахунок клейстеризації крохмалю. За органолептичними показниками для топінгів із гомогенною структурою зі збільшенням концентрації цукру змінюються колір і смак.

МС (3) за концентрації цукру більше 15% утворює в'язко-текучі пружні системи. За умови збільшення концентрації цукру до 20,0% в'язкість становить $2,47\pm 0,07$ Па·с, ці показники є раціональними для утворення топінгів із наповнювачами.

Визначено раціональний діапазон концентрації цукру для дипів і начинок. Установлено, що за концентрації 20% у МС (4), консистенція є в'язко-густою, що характеризується консистенцією соусів дип. Досліджено, що подальше збільшення концентрації цукру з 25 до 30% призводить до утворення гелеподібної пружної консистенції, в'язкість якої варіюється від $3,78\pm 0,1$ до $4,12\pm 0,1$ Па·с.

Рецептурний склад і технологічний процес виробництва повинні забезпечувати формування заданих споживчих властивостей та їх сталість

упродовж термінів зберігання. Явище «старіння» крохмалю є суттєвим недоліком і супроводжується розшаровуванням, втратою відчуття соковитості.

Модельні системи досліджували за різних концентрацій крохмалів, відповідно до їх видів – дресінги, топінги, дип (табл. 3.5).

Таблиця 3.5 – Дослідження стійкості модельних систем від тривалості зберігання

Назва і склад, % МС	Кількість рідкої фази, що відшарувалася, %	Тривалість зберігання до відшарування рідини, діб	Зовнішній вигляд, консистенція соусу	
			МС із використанням крохмалю кукурудзяного (контроль)	МС із використанням КФМ
МС 1 (дресінг)	5,0/0,0	27/90	Неоднорідність консистенції за рахунок відшарування вологи	Без змін
СК персиковий – 27,0				
Вода питна – 56,0				
Цукор білий – 15,0				
Крохмаль кукурудзяний (контроль) – 2,0 / Крохмаль «Endura» – 2,0				
МС 2 (топінг гомогенний)	8,0/0,0	3/90	Неоднорідність консистенції за рахунок відшарування вологи	Без змін
СК вишневий – 27,5				
Вода питна – 54,0				
Цукор білий – 15,0				
Крохмаль кукурудзяний (контроль) – 3,5 / Крохмаль «Endura» – 3,5				
МС 3 (топінг із наповнювачем)	12,0/0,0	5/90	Консистенція неоднорідна, з утворенням грудочок. На поверхні утворилася плівка. Під час перемішування МС відбувається розшарування вологи та системи	Без змін
Пюре з малини – 58,0				
Вода питна – 22,0				
Цукор білий – 15,0				
Крохмаль кукурудзяний (контроль) – 3,5 / Крохмаль «Prima» – 3,5				
МС 4 (начинка, дип)	18,0/0,0	7/60	Консистенція неоднорідна, з відшаруванням вологи, щільна, пухка, на поверхні утворена плівка	Без змін
Пюре з чорної смородини – 50,0				
Вода питна – 22,5				
Цукор білий – 20,0				
Крохмаль кукурудзяний (контроль) – 7,5 / Крохмаль «Prima» – 7,5				

Проте для модельних систем за вмісту крохмалю кукурудзяного 2,0% через 3 доби спостерігається відшаровування вологи до 8,0%, а за концентрації 7,5% – на 27 добі відбувається відшаровування вологи до 18,0%.

Наведені дані підтвердили високу функціональність крохмалів «Prima», «Endura», у тому числі в процесах зберігання готової продукції.

Під час розробки науково-практичної концепції (підрозділ 2.1) нами передбачено можливість використання соусів у складі замороженої продукції або в циклі «заморожування – розморожування».

На попередніх етапах ми дослідили вплив низьких температур на властивості ОКД та визначили високий потенціал крохмалів «Prima», «Endura» щодо збереження функціональних властивостей. Але «навантаження» рецептурного складу МС харчовими інгредієнтами (плодово-ягідною сировиною, цукром) потребує їх перевірки в циклі «заморожування – розморожування» (табл. 3.6). Як контроль узято МС на основі крохмалю кукурудзяного.

Результати дослідження свідчать про нестійкість МС на основі кукурудзяного крохмалю в циклі «заморожування – розморожування». МС на основі крохмалів «Endura», «Prima» виявили себе стійкими до дії низьких температур, про що свідчать показники ефективної в'язкості до та після розморожування, що майже не змінилися.

Таким чином, комплексом проведених досліджень науково обгрунтовано та доведено доцільність використання крохмалів «Prima», «Endura» для соусів солодких, які дають можливість створення стійких у часі та до дії дестабілізуючих чинників варіабельних консистенцій.

Таблиця 3.6 – Значення ефективної в'язкості МС під впливом заморожування – розморожування

Модельна система	В'язкість МС, Па · с ($\gamma=50\text{с}^{-1}$) на основі крохмалів:					
	до заморожування ($t=20\pm 2^\circ\text{C}$)			після розморожування ($t=20\pm 2^\circ\text{C}$; $\tau=7$ діб)		
	кукурудзяного	тапікового «Endura»	із воскової кукурудзи «Prima»	кукурудзяного	тапікового «Endura»	із воскової кукурудзи «Prima»
МС 1 на основі СК персикового (дресінг)	1,10± 0,03	1,60± 0,04	–	-*	1,40±0,04	–
МС 2 на основі СК вишневого (топінг гомогенний)	2,5±0,1	3,0±0,1	–	-*	2,8±0,1	–
МС 3 на основі пюре малинового (топінг гетерогенний)	3,3±0,1	–	3,8±0,1	-*	–	3,7±0,1
МС 4 на основі пюре з чорної смородини (начинка, діп)	3,9±0,1	–	4,4±0,1	-*	–	4,4±0,1
Примітка. * не досліджували у зв'язку з утворенням неоднорідності системи						

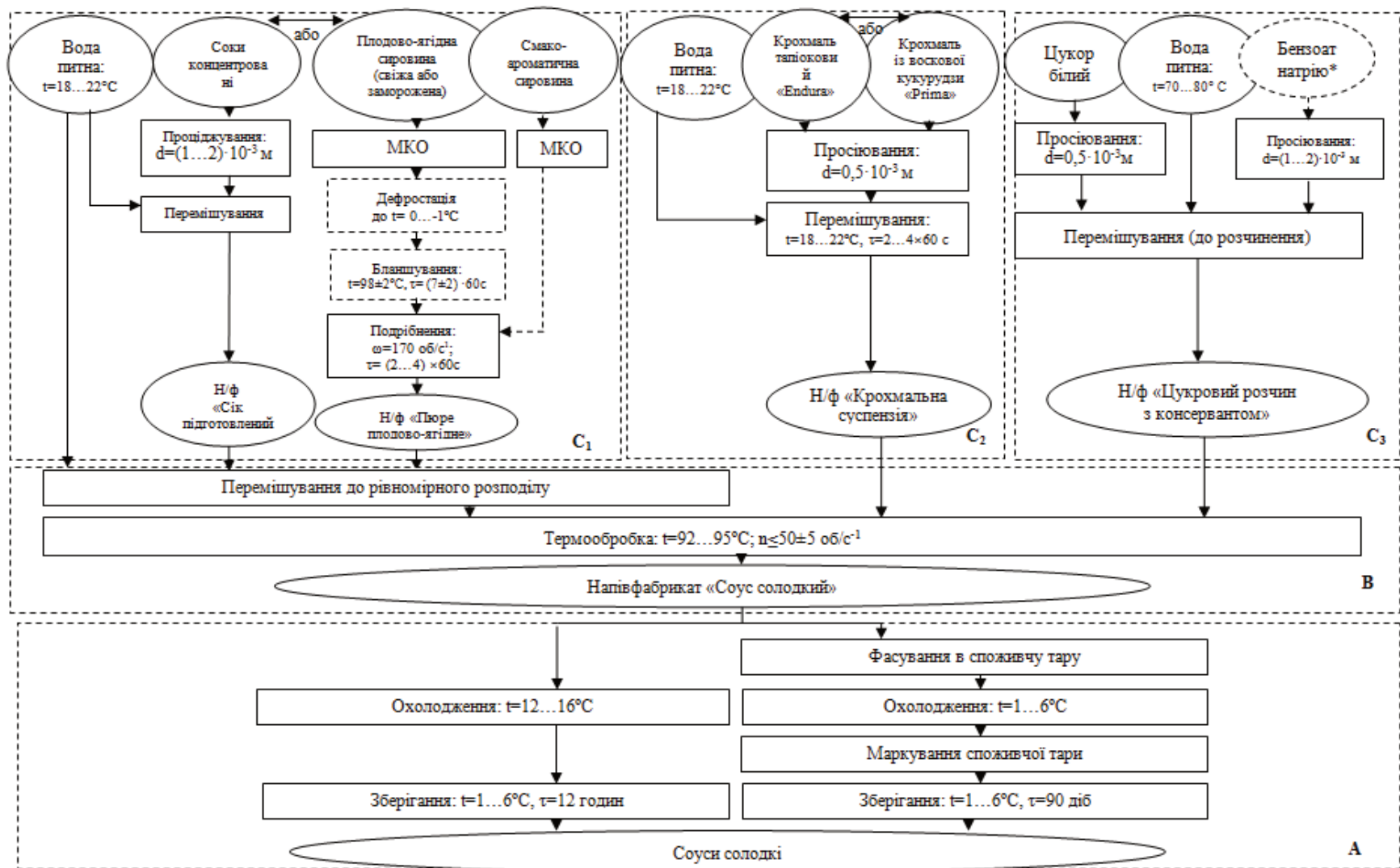
3.2. Розробка рецептурного складу та технологічної схеми виробництва соусів солодких на основі плодово-ягідної сировини

На основі проведених експериментальних досліджень нами було розроблено рецептурний склад та асортимент соусів (табл. 3.7). Технологічну схему виробництва соусів солодких на основі плодово-ягідної сировини надано на рис. 3.7. Функціонування технологічної системи забезпечується функціонуванням окремих її компонентів згідно з поставленою метою (табл. 3.12).

Таблиця 3.7 – Рецептурний склад соусів солодких на основі плодово-ягідної сировини

Рецептурний компонент	Витрати сировини для соусу, %									
	дресінг «Персиковий»		топінг «Вишневий»		топінг «Ягідний мікс»		дип «Полунично-банановий»		начинка «Смородинова»	
	брутто	нетто	брутто	нетто	брутто	нетто	брутто	нетто	брутто	нетто
Банани свіжі	-	-	-	-	-	-	20,6	15,7	-	-
Полуниця свіжа або заморожена	-	-	-	-	-	-	42,0	41,5	-	-
<i>Н/ф «Пюре полунично-бананове»</i>	-	-	-	-	-	-	-	55,0	-	-
Смородина чорна свіжа або заморожена для пюре	-	-	-	-	-	-	-	-	42,0	41,3
Смородина чорна свіжа або заморожена	-	-	-	-	-	-	-	-	8,3	7,8
<i>Н/ф «Пюре з чорної смородини з цільними ягодами»</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47,0
Вишня заморожена без кісточки	-	-	-	-	16,9	15,7	-	-	-	-
Малина свіжа або заморожена	-	-	-	-	22,9	21,8	-	-	-	-
Смородина червона свіжа або заморожена	-	-	-	-	10,1	10,0	-	-	-	-
Сік концентрований полуничний	-	-	-	-	12,0	12,0	-	-	-	-
<i>Н/ф «Пюре з цільними ягодами»</i>	-	-	-	-	-	59,0	-	-	-	-
Сік концентрований персиковий	30,0	30,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Сік концентрований вишневий	-	-	39,0	39,0	-	-	-	-	-	-
Вода питна	61,0	61,0	53,0	53,0	32,0	32,0	30,0	30,0	37,0	37,0
Цукор білий	17,0	17,0	17,0	17,0	18,0	18,0	23,0	23,0	24,0	24,0
Крохмаль тапіоковий «Endura»	2,3	2,3	3,9	3,9	-	-	-	-	-	-
Крохмаль з воскової кукурудзи «Prime»	-	-	-	-	5,7	5,7	8,4	8,4	8,7	8,7
Бензоат натрію*	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Маса набору сировини	-	111,3	-	119,0	-	115,8	-	116,4	-	116,7
Вихід	-	100,0	-	100,0	-	100,0	-	100,0	-	100,0

Примітка.* для соусів тривалого зберігання



Примітка.* використовується у складі соусів солодких тривалого зберігання

Рисунок 3.7 – Технологічна схема виробництва соусів на основі плодово-ягідної сировини

Таблиця 3.8 – Структура технологічної системи та мета функціонування складових частин

Підсистема	Назва підсистеми	Мета функціонування підсистеми
А	Утворення соусу	Отримання продукту із заданими властивостями та складом, готового до реалізації та споживання
В	Утворення напівфабрикатів соусу солодкого	Стабілізація соусу, начинки шляхом клейстеризації крохмалю в плодово-ягідній основі
С ₁	Утворення напівфабрикатів «Пюре плодово-ягідне» «Сік підготовлений»	Отримання пюре та соку з певними технологічними властивостями
С ₂	Утворення напівфабрикату «Крохмальна суспензія»	Одержання суспензії, що здатна згущувати та стабілізувати систему соусу під час теплової обробки
С ₃	Підготовка напівфабрикату «Цукровий розчин»	Просіювання рецептурних компонентів із метою видалення сторонніх механічних домішок та руйнування агломерованих частинок

На наступному етапі нами проведено нормування та дослідження показників якості та безпечності продукції, яку розроблено.

3.3. Дослідження основних показників якості та безпечності соусів солодких

Соуси солодкі з використанням КФМ «Endura», «Prima», які представлені дресінгами, топінгами, дипами та начинками, є новим харчовим продуктом на продовольчому ринку України. Вони можуть споживатися безпосередньо або входити як напівфабрикати до складу іншої продукції.

Для нормування органолептичних показників нами розроблено шкалу сенсорної оцінки соусів, яку декомпозовано за складовими, і визначено коефіцієнти вагомості (табл. 3.9).

У формуванні органолептичних показників найбільш значущими є показники консистенції (текучість, густина, відчуття тіла), які суттєво впливають на загальне сприйняття продукту. Узагальнення результатів досліджень дозволило визначити та нормувати органолептичні показники розроблених соусів (табл. 3.10). Критеріями оцінки соусів є їх колоїдна стійкість, ефективна в'язкість та органолептичні показники за теплової обробки та циклічного (повторного) нагрівання під час, процесу заморожування-розморожування, зберігання.

На основі попередньо проведених експериментальних досліджень встановлено, що величина рН впливає на показники колоїдної стійкості соусів. Для дослідження було вибрано дві асортиментні одиниці: топінг гомогенний «Ягідний мікс», який має в'язко-текучу консистенцію, рН ($3,83 \pm 0,1$), та начинку «Смородинову» з густою консистенцією, рН ($3,78 \pm 0,1$). Значення рН інших асортиментних одиниць соусів знаходяться близько цих значень.

Установлено, що повторна термообробка соусів солодких за температури вище 100°C призводить до зменшення колоїдної стійкості соусів із різною інтенсивністю та залежить від виду та концентрації крохмалю, що, у свою чергу, визначається значенням рН соусу. Більш виражено відбувається зміна ефективної в'язкості соусів за повторної термообробки, що визначає показники їх консистенції (рис. 3.8).

Таблиця 3.9 – Результати сенсорного аналізу соусів солодких на основі плодово-ягідної сировини

Показник	Коефіцієнт вагомості показника	Коефіцієнт вагомості характеристики	Характеристика	Оцінка, бал							
				Дресінги (а)		Топінги гомогенні (б)		Топінги гетерогенні (в)		Начинки (г)	
				Сироп ¹ (контроль)	Дресінг персиковий	Соус вишневий ² (контроль)	Топінг «Вишневий»	Соус малиновий ² (контроль)	Топінг «Ягідний мікс»	Начинка фруктова ⁴ (контроль)	Начинка полунично-бананова
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Зовнішній вигляд	0,2	0,83	Однорідність	4,8	5,0	4,8	4,9	4,4	4,9	4,3	5,0
		0,17	Відсутність включень	5,0	5,0	4,3	4,8	-	-	4,2	4,9
		0,17	Наявність наповнювачів (включень)	-	-	-	-	4,7	4,9	-	-
Сумарна оцінка за показником				0,98	1,00	0,91	0,97	0,91	0,99	0,85	1,00
Консистенція	0,25	0,4	Текучість «довга»	4,2	5,0	4,8	5,0	3,9	4,9	-	-
			Текучість «коротка»	-	-	-	-	-	-	4,7	5,0
		0,3	Густина	4,4	4,9	4,7	4,9	4,4	5,0	4,5	4,9
		0,3	Відчуття тіла	4,3	5,0	4,2	5,0	4,7	5,0	4,4	5,0
Сумарна оцінка за показником				1,08	1,24	1,14	1,24	1,08	1,24	1,13	1,20
Колір	0,2	0,3	Однорідність	4,7	5,0	5,0	5,0	4,8	4,9	4,8	5,0
		0,2	Виразність	4,6	4,7	4,7	4,9	4,5	5,0	4,8	5,0

Продовження табл. 3.9

1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13
		0,2	Інтенсивність	4,7	5,0	4,9	4,9	5,0	4,9	4,5	5,0
		0,3	Натуральність	5,0	5,0	4,9	4,9	4,8	5,0	4,8	4,8
Сумарна оцінка за показником				0,95	0,99	0,98	0,99	0,95	0,99	0,94	0,98
Смак	0,15	0,1	Виразність	4,9	4,9	4,7	5,0	4,1	4,9	4,5	5,0
		0,2	Збалансованість	4,7	5,0	4,5	4,9	4,8	4,9	4,4	4,9
		0,1	Швидкість вивільнення	4,9	5,0	4,3	4,7	4,0	4,5	3,7	4,7
		0,3	Чистота	4,7	4,9	5,0	5,0	3,7	4,8	3,9	4,8
		0,3	Натуральність	4,9	5,0	5,0	5,0	4,8	5,0	4,8	5,0
Сумарна оцінка за показником				0,72	0,74	0,71	0,74	0,64	0,72	0,64	0,72
Запах	0,2	0,3	Виразність	4,5	4,9	4,4	5,0	4,5	4,9	3,9	4,9
		0,2	Відповідність виду сировини, що використовується	3,5	4,7	4,9	5,0	4,7	4,9	5,0	5,0
		0,2	Стійкість	5,0	5,0	4,1	4,8	5,0	5,0	4,3	4,8
		0,3	Чистота	4,8	5,0	4,9	4,9	4,1	5,0	4,7	5,0
Сумарна оцінка за показником				0,88	0,98	0,92	0,99	0,92	0,99	0,89	0,99
Загальна оцінка				4,64	4,95	4,64	4,88	4,48	4,88	4,40	4,86
Примітки. ¹ – контроль (Сироп «Персик» ТМ «Delicia») [138]											
² – контроль (Соус вишневий № 837) за збірником рецептур страв та кулінарних виробів [139]											
³ – контроль змінено за рахунок уведення наповнювача (Соус малиновий № 837) за збірником рецептур страв та кулінарних виробів [139]											
⁴ – контроль (Начинка фруктова № 71) за збірником рецептур борошняних кондитерських і булочних виробів [140]											

Таблиця 3.10 – Органолептичні показники якості соусів солодких на основі плодово-ягідної сировини

Соус	Показник		
	зовнішній вигляд і консистенція	колір	запах і смак
Дресінг «Персиковий»	Однорідна, рівномірно рідка маса, що швидко розтікається на горизонтальній поверхні	Однорідний за об'ємом, відповідає кольору персика	Кисло-солодкий, з вираженим смаком персика, без сторонніх запаху та смаку
Топінг «Вишневий»	Однорідна, рівномірно протерта пюреподібна маса, що повільно розтікається на горизонтальній поверхні	Однорідний за об'ємом, відповідає кольору вишні	Кисло-солодкий, із вираженим смаком вишні, без сторонніх запаху та смаку
Топінг «Ягідний мікс»	Однорідна, рівномірно протерта пюреподібна маса, що повільно розтікається на горизонтальній поверхні з включенням цільним ягід червоної смородини	Однорідний за об'ємом, відповідає кольору ягід	Кисло-солодкий, із вираженим смаком ягід, без сторонніх запаху та смаку
Начинка «Смородинова»	Однорідна, рівномірно протерта маса, що не розтікається на горизонтальній поверхні з включенням смородини	Однорідний за об'ємом, від малинового до темно-малинового	Кисло-солодкий, із вираженим смаком чорної смородини, без сторонніх запаху та смаку
Дип «Полунично-банановий»	Однорідна, рівномірно протерта маса, що не розтікається на горизонтальній поверхні	Однорідний за об'ємом, від світло-рожевого до рожевого	Кисло-солодкий, із вираженим смаком полуниці та банані, без сторонніх запаху та смаку

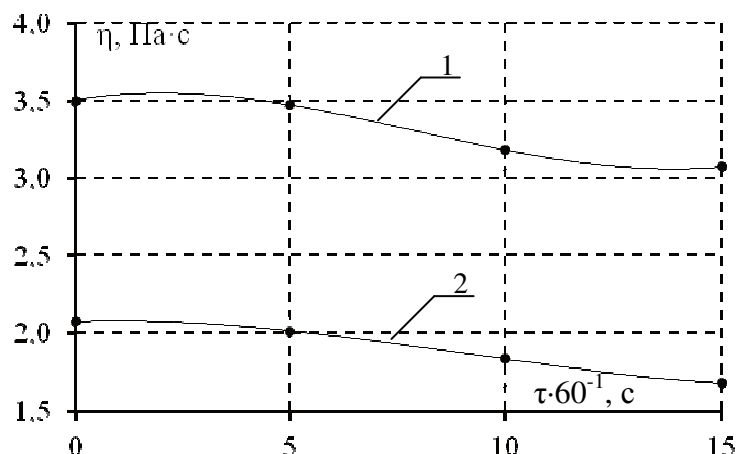


Рисунок 3.8 – Залежність ефективної в'язкості соусів від тривалості повторного нагрівання: 1 – топінг «Ягідний мікс»; 2 – начинка «Смородинова» ($\gamma=50\text{с}^{-1}$)

Як бачимо, через 5·60 с за температури $98\pm 2^\circ\text{C}$ ефективна в'язкість соусів знижується несуттєво, а протягом $(10\dots 15)\cdot 60^{-1}$, с для топінгу «Ягідний мікс» та начинки «Смородинової» вона знизилася приблизно на 10%, але структуру соусів не зруйновано.

Результати дослідження підтвердили гіпотезу про тенденцію зниження значень показників в'язкості для всіх зразків, але для начинок (2) вона менш виражена. Ефективна в'язкість начинки в результаті термообробки зменшується, але незначно, що забезпечується властивостями крохмалів імовірно, вміст амілопектину в крохмалі сприяє утворенню стійких колоїдних розчинів та перешкоджає процесу ретроградації, відсутність амілозно-ліпідних комплексів у крохмалі підвищує розчинність і водозв'язувальну здатність зерен крохмалю.

Узагальнюючи результати досліджень органолептичних показників повторної теплової обробки, було визначено, що консистенція соусів є більш рідкою, зовнішній вигляд, колір і запах практично не змінюються. Графічно органолептичну оцінку соусів до та після повторної теплової обробки подано на рис. 3.9, 3.10.

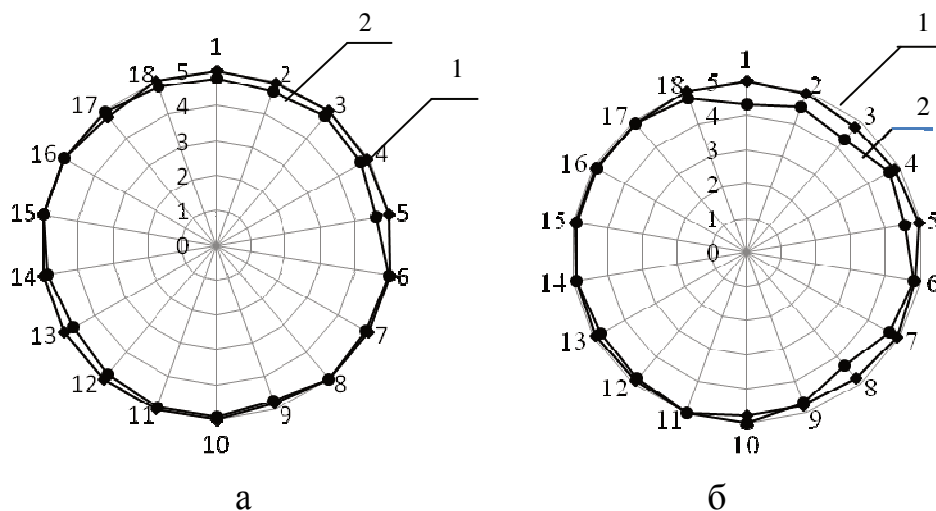


Рисунок 3.9 – Органолептичні профілі соусів: 1 – соус «Ягідний мікс» на основі крохмалю кукурудзяного (контроль); 2 – соус «Ягідний мікс» на основі крохмалю із воскової кукурудзи «Prima»; а – свіжевикотворений; б – після повторної термообробки

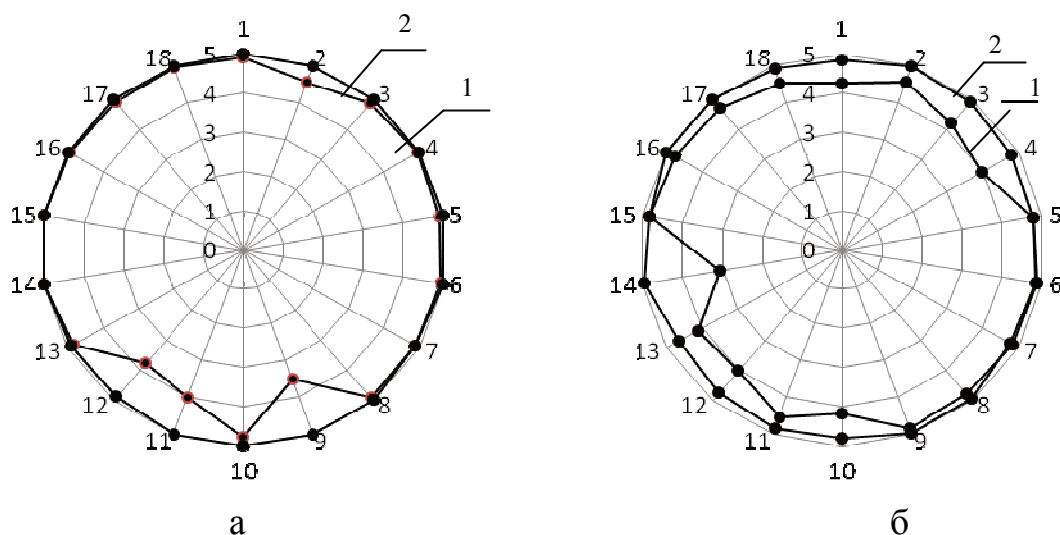
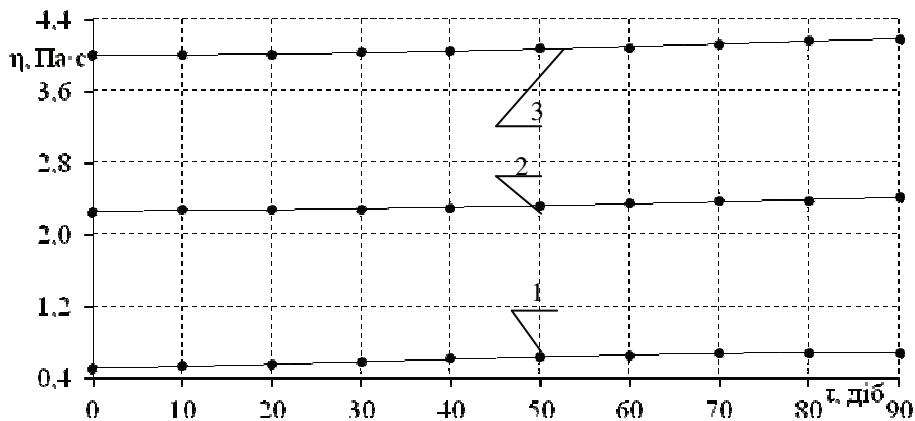


Рисунок 3.10 – Органолептичні профілі соусів: 1 – соус «Полунично-банановий» на основі крохмалю кукурудзяного (контроль); 2 – соус «Полунично-банановий» на основі крохмалю із воскової кукурудзи «Prima»; а – свіжевикотворений; б – після повторної термообробки

У процесі зберігання крохмалевмісних продуктів відбувається їх еволюція: перерозподіл вологи, ущільнення тощо. Тому для розуміння змін та управління якістю готової продукції досліджено динаміку зміни ефективної

в'язкості соусу. Для визначення та обґрунтування умов зберігання готову продукцію зберігали за температури 2...6°C у споживчій тарі з термопластичних полімерних матеріалів згідно з нормативною документацією (рис. 3.11).



**Рисунок 3.11 – Залежність ефективної в'язкості соусів від тривалості зберігання:
1 – дресінги; 2 – топінги; 3 – начинки ($\gamma=50\text{c}^{-1}$)**

Установлено, що зберігання до 90 діб характеризується незначним зростанням в'язкості: для дресінгів – із $0,50\pm0,01$ до $0,68\pm0,02$ Па·с, для топінгів – із $2,25\pm0,06$ до $2,41\pm0,07$ Па·с, для начинок – із $4,00\pm0,1$ до $4,18\pm0,1$ Па·с.

Таким чином, проведені дослідження підтверджують можливість використання розроблених топінгів, начинок і технологіях, що передбачають теплову обробку, максимальний термін термообробки яких за температури $98\pm2^\circ\text{C}$ не перевищує 30-60 с.

Поживна цінність соусів і начинок визначається вмістом у них вуглеводів, мінеральних речовин тощо (табл. 3.11). Установлено, що вміст загальних вуглеводів залежить від рецептурного складу й становить: для дресінгів – 23,6%, топінгів гомогенних – 32,0%, для топінгів з наповнювачем – 40,0%, дипів – 53,0%, начинок – 57,0%.

Таблиця 3.11 – Загальний хімічний склад соусів солодких

Показник	Вміст, %				
	дресінг «Персиковий»	топінг «Вишневий»	топінг «Ягідний мікс»	дип «Полунічно-банановий»	начинка «Смординова»
Масова частка сухих речовин	24,0±0,7	33,7±1,0	42,3±1,3	55,0±1,7	60,0±1,8
Масова частка вуглеводів, у тому числі:					
- моно- та дисахариди	21,3±0,7	28,3±0,7	33,7±0,8	43,9±1,3	47,7±1,4
- крохмаль	2,3±0,07	3,3±0,09	4,8±0,1	7,3±0,2	7,4±0,2
- харчові волокна	сліди	сліди	1,5±0,04	1,5±0,02	2,0±0,06
Масова частка золи	0,2±0,007	0,2±0,007	0,3±0,008	0,3 ±0,008	0,4±0,1
Масова частка титрованих кислот у перерахунку на яблучну кислоту	0,7±0,002	1,4±0,04	1,1±0,03	0,4±0,01	1,7±0,05

За іншими складовими також простежується залежність від рецептурного складу (за консистенціями соусів), наприклад, за вмістом крохмалю, який для дресінгів становить близько 2,0%, а для начинок – понад 7,0%.

Визначення мінерального складу розроблених соусів солодких наведено в табл. 3.12. Дослідження мінерального складу показали, що зольний залишок соусу представлено як макро-, так і мікроелементами, переважну більшість із яких складає калій (2,9%–8,5%), натрій (0,3–0,8%) і фосфор (0,5–0,8%). Серед мікроелементів вміст марганцю становить від 0,2 до 1,4%. Крім цього, ідентифіковано також кальцій, магній та інші мінеральні речовини.

Але за всіх можливих переваг продукції безумовним пріоритетом є показники безпечності, нормування яких проведено в ТУ У 10.8-01566330-306:2015 «Соуси солодкі плодово-ягідні». Результати досліджень мікробіологічних показників (табл. 3.13) показали їх відповідність нормативній документації як після виробництва, так і протягом зберігання.

Таблиця 3.12 – Мінеральний склад соусів солодких

Показник	Вміст мінеральних речовин у соусах				
	дресінг «Персиковий»	топінг «Вишневий»	топінг «Ягідний мікс»	дип «Полунично- банановий»	начинка «Смородинова»
Макроелементи, мг					
Кальцій	8,5±0,2	12,3±0,3	10,4±0,3	2,4±0,07	11,9±0,3
Калій	85,4±2,5	78,8±2,4	58,9±1,7	29,9±0,8	78,3±2,3
Фосфор	5,8±0,1	9,9±0,3	8,9±0,2	3,8±0,1	10,8±0,3
Магній	3,8±0,1	8,2±0,2	6,1±0,1	4,1±0,1	5,3±0,1
Натрій	7,9±0,2	6,8±0,2	4,4±0,1	3,9±0,1	7,3±0,2
Хлор	0,8±0,02	2,4±0,07	3,6±0,1	-	-
Сірка	2,2±0,06	1,8±0,05	2,7±0,08	-	-
Мікроелементи, мкг					
Залізо, мг	0,5±0,01	0,18±0,005	0,2±0,007	0,08±0,002	0,2±0,008
Марганець, мг	13,9±0,4	24,5±0,7	36,0±1,08	-	-
Йод	0,68±0,02	0,6±0,01	254,9±7,6	-	-
Хром	0,8±0,02	-	0,8±0,02	-	-
Фтор	3,8±0,1	3,9±0,11	1,8±0,05	-	-
Молібден	1,3±0,03	-	3,0±0,09	-	-
Бор	75,8±2,3	38,3±1,1	40,0±1,2	-	-
Кобальт	0,3±0,01	0,3±0,009	0,3±0,01	-	-
Нікель	3,7±0,11	-	1,7±0,05	-	-
Рубідій	13,8±0,4	-	8,9±0,2	-	-

Проведені дослідження свідчать, що мікробіологічні показники соусів відповідають вимогам нормативної документації: протягом визначеного терміну зберігання встановлено, що бактерії групи кишкової палички, *Staph. Aureus*, плісняві гриби та патогенні мікроорганізми не ідентифіковано в 1 г та 25 г соусів солодких відповідно, а кількість МАФМ становила $1,0 \times 10^2$ в 1 г, що не перевищує затверджених норм.

Вміст радіонуклідів у продукті не перевищував допустимі рівні, установлені ГН 6.6.1.1.-130-2006 «Допустимі рівні вмісту радіонуклідів цезію – 137, стронцію – 90 в продуктах харчування і питній воді» [142] (табл. 3.14).

Таблиця 3.13 – Результати мікробіологічних досліджень соусів солодких

Показник	За нормативною документацією	Фактичний вміст протяго зберігання, діб			
		0	30	60	90
Патогенні мікроорганізми, зокрема роду <i>Salmonella</i> в 25 г продукту	не допускається	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено
Мезофільні аеробні та факультативно-анаеробні мікроорганізми КУО в 1 г продукту, не більше ніж	$1,0 \cdot 10^3$	$1,0 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^2$	$1,1 \cdot 10^2$	$1,5 \cdot 10^2$
Бактерії групи кишкових паличок (коліформи) в 1 г продукту (см ³)	не допускається	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено
<i>S/aureus</i> в 1 г продукту (см ³)	не допускається	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено
<i>Proteus</i> в 0,1 г продукту (см ³)	не допускається	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено

Таблиця 3.14 – Результати радіаційних досліджень соусів солодких

Показник	Допустимі рівні, Бк/кг	Фактичне значення, мг/кг
¹³⁷ Cs	Не більше 140	127±3,0
⁹⁰ Sr	не більше 20	8±0,2

Результати токсикологічних досліджень (табл. 3.15) свідчать, що за цими показниками безпечності соуси повністю відповідають вимогам нормативної документації.

Таблиця 3.15 – Результати токсикологічних досліджень соусів солодких

Найменування показника	Значення показника	
	допустимі рівні, мг/кг, не більше	фактичний вміст, мг/кг
Токсичні елементи:		
Свинець	0,4	не виявлено
Миш'як	0,2	не виявлено
Кадмій	0,03	не виявлено
Ртуть	0,02	не виявлено
Мідь	5,0	не виявлено
Цинк	10	не виявлено
Мікотоксин патулін	0,05	не виявлено

3.4. Розробка рекомендацій із використання соусів солодких у технології кулінарної продукції

Узагальнення результатів досліджень стало підґрунтям для розробки рекомендацій у використанні соусів солодких у складі кулінарної продукції. Проведені дослідження з визначення основних показників якості та безпечності соусів солодких, їх змін під впливом технологічних чинників дозволяють стверджувати, що нові продукти витримують механічний вплив (перемішування), повторне нагрівання, заморожування-разморожування, тому можуть бути рекомендовані до використання в широкому асортименті десертної продукції.

На сьогодні десертна продукція стрімко набуває популярності серед споживачів, що стимулює її виготовлення як у ЗРГ, так і в умовах харчових виробництв. Наприклад, десертна продукція індустріального виробництва представлена молочними продуктами (на основі йогурту, сирів), плодово-ягідними десертами, кремами. Асортимент десертної продукції, що виготовляється вітчизняними виробниками, в основному, представлено сирковими масами та питними десертами. Терміни зберігання продукції досить варіабельні та становлять: від 7 до 14 днів для сиркової маси, від 14 днів до 5 місяців для йогуртів, від 3 до 5 місяців для пудингів.

Найпопулярнішими десертами у ЗРГ сьогодні є креми, муси, самбуки, суфле, чизкейки та багато інших страв, асортимент яких можна суттєво розширити шляхом додавання соусів солодких на основі плодово-ягідної сировини.

Під час технологічних відпрацювань розроблено рецептурний склад і технологію виробництва холодних та гарячих солодких страв (десертів) із використанням соусів солодких. Вміст і послідовність уведення соусів солодких до складу рецептурної суміші обґрунтовано для кожної групи окремо. Під час дегустаційної наради доведено, що використання соусів дозволяє зробити страви більш соковитими, надати їм нових смакових характеристик, креативності (рис. 3.12).

Але використання соусів солодких не обмежується зазначеним асортиментом страв і він може бути значно розширений за бажаннями та смаковими вподобаннями споживачів. Так, на сьогодні, все більш популярними стають страви, у яких використовують комбінацію м'ясної, рибної, овочевої сировини з використанням плодово-ягідних соусів.

На рис. 3.13 подано технологічну схему виробництва десерту «Крем полуничний» із додаванням соусу солодкого «Ягідний мікс».

Соуси з густою консистенцією («Смородиновий», «Полунично-банановий») можна рекомендувати для продукції з повторним нагріванням (фаршировані страви, борошняні кулінарні та кондитерські вироби). Термостабільність соусів дресінгів дозволяє рекомендувати їх для використання як тушкування плодово-ягідної, м'ясної та рибної сировини.

На рис. 3.14 подано технологічну схему виробництва сиркового пудингу з додаванням розробленої начинки «Смородинова».

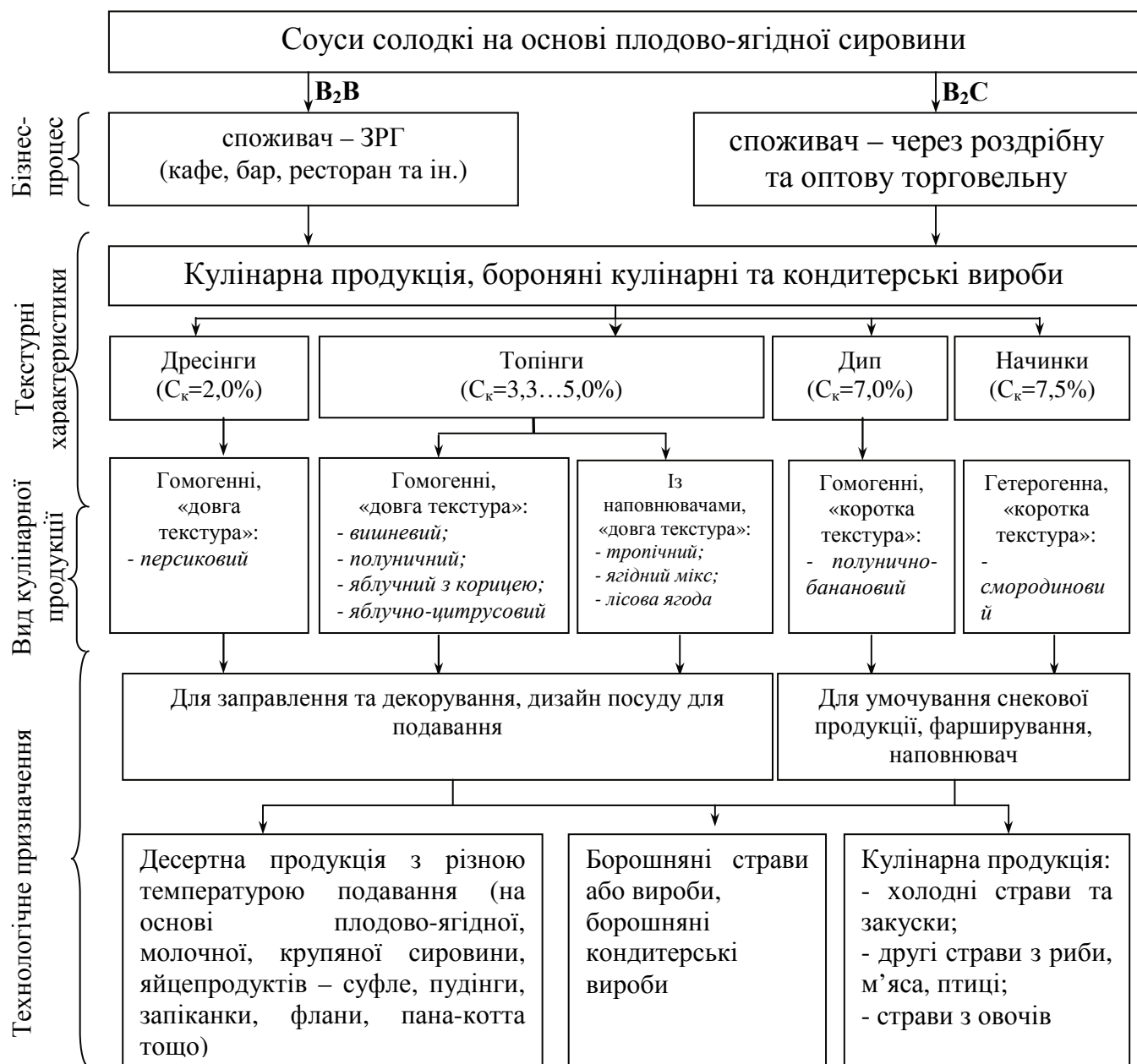


Рисунок 3.12 – Узагальнені рекомендації з використання соусів солодких у складі кулінарної продукції

У ході технологічних відпрацювань встановлено раціональний вміст начинки визначено кількість вологи, що відділяється у процесі термообробки, зокрема, із таких компонентів як сир кисломолочний, крупа манна, яйцепродукти, цукор, що враховано в рецептурному складі для забезпечення заданої в'язкості та колоїдної стійкості начинки.

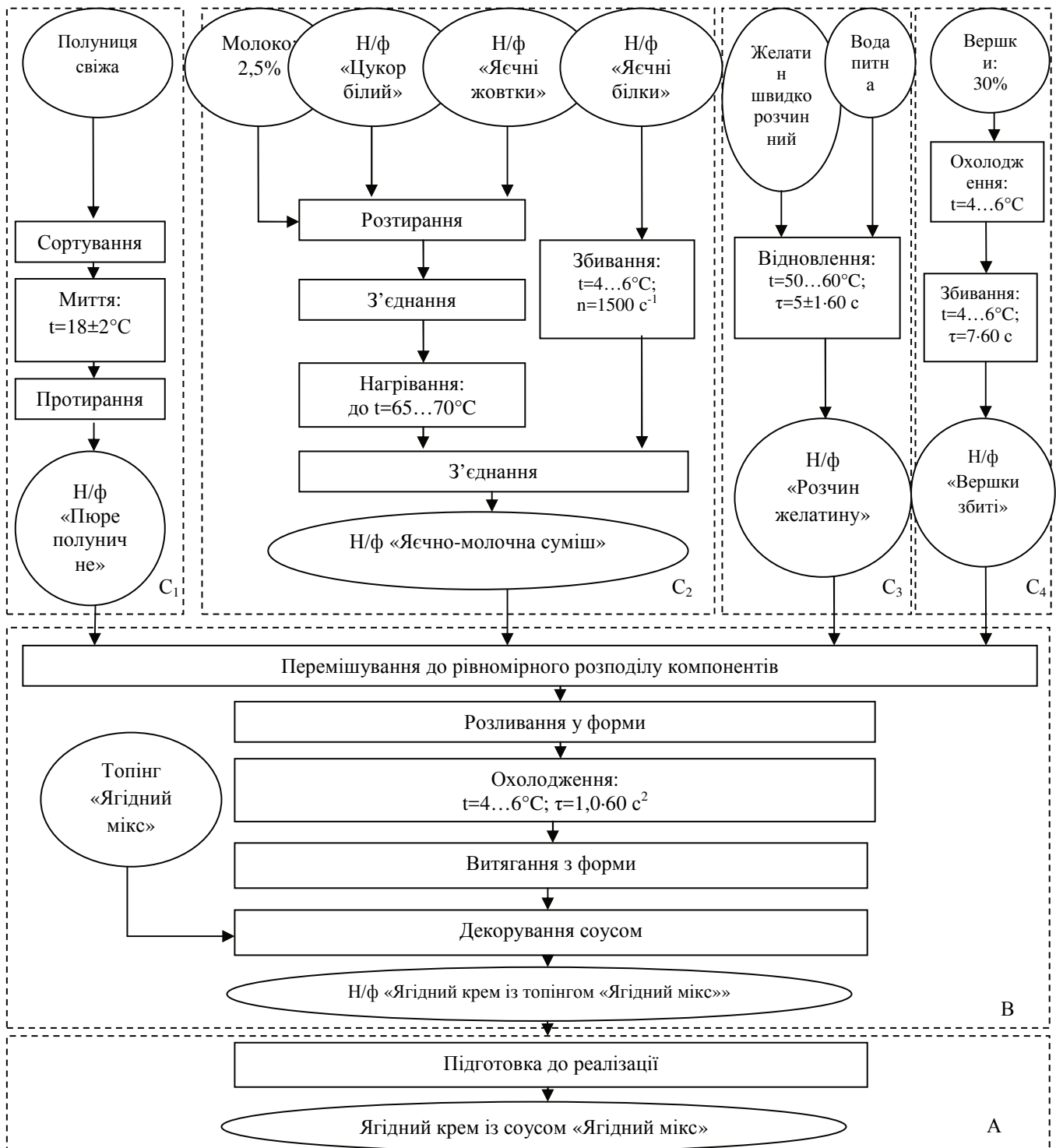


Рисунок 3.13 – Технологічна схема виробництва ягідного крему з топінгом «Ягідний мікс»

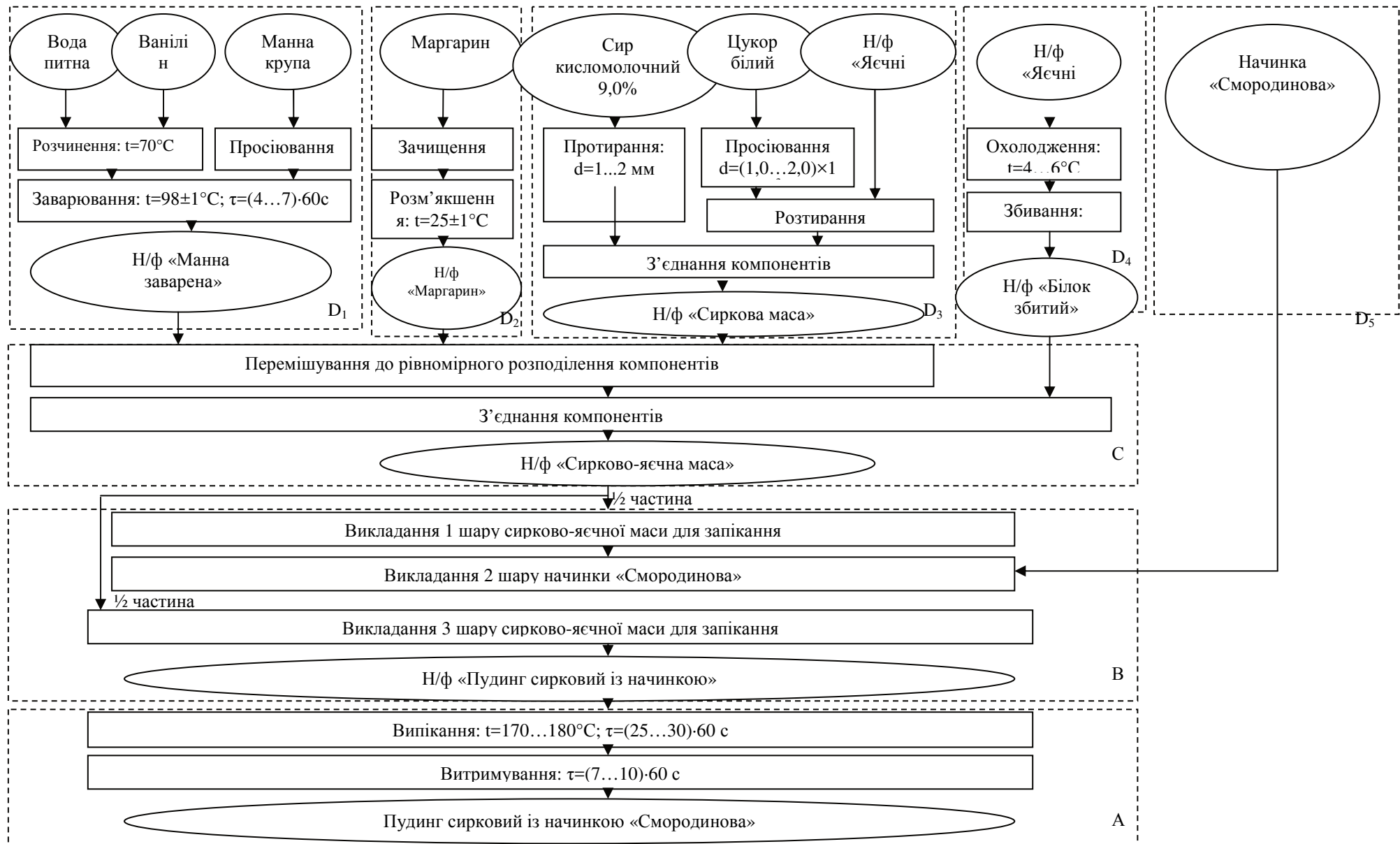


Рисунок 3.14 – Технологічна схема виробництва пудингу сиркового з начинкою «Смородинова»

Технологічна система виробництва сирного пудингу з використанням начинки «Смородинова» складається з таких підсистем: А – «Утворення сиркового пудингу з начинкою «Смородинова»; В – «Утворення напівфабрикату сиркового пудингу з начинкою «Смородинова»; С – «Утворення напівфабрикату сирково-яєчної маси»; D₁ – «Утворення напівфабрикату манни завареної»; D₂ – «Утворення напівфабрикату маргарину підготовленого»; D₃ – «Утворення напівфабрикату сиркової маси»; D₄ – «Утворення напівфабрикату білка збитого»; D₄ – «Утворення напівфабрикату начинки «Смородинова».

ВИСНОВКИ

1. Аналітичним оглядом інформаційних джерел, узагальненням науково-технічної інформації, моніторингом сучасних тенденцій розвитку технологій соусів визначено актуальність розробки соусів солодких і перспективність використання крохмалів фізичної модифікації.

2. Розроблено та експериментально підтверджено науково-практичну концепцію технології соусів солодких, у межах якої сформульовано вимоги до органолептичних, структурно-механічних та інших показників з урахуванням їх технологічного призначення: для дресінгів (рідкі), топінгів (середньої густини), дипів, начинок (густі).

3. Установлено взаємозв'язок між середнім розміром крохмальних зерен, вмістом у їх складі амілози й амілопектину, а також параметри клейстеризації крохмальних дисперсій з огляду на забезпечення їх технологічної стійкості. Дослідженнями мікроструктурних характеристик КФМ визначено, що для крохмалів із воскової кукурудзи «Prima» та тапіокового «Endura» характерна більш чітко визначена монодисперсність – 40 – 43% складають зерна розміром від 16 ± 1 до 20 ± 1 мкм. Досліджено оптичну густину КС та показано, що крохмалі характеризуються різним вмістом амілози та амілопектину. Установлено, що найменша кількість амілози (сліди) міститься в крохмалях кукурудзяному амілопектиновому та з воскової кукурудзи «Prima», кореляція між вмістом амілози та розмірами зерен слабка.

4. Установлено гідродинамічні зміни параметрів ОКД залежно від температури та виду крохмалю. Визначено, що ОКД на основі крохмалів тапіокових «Endura», «Indulge» та з воскової кукурудзи «Prima» є більш стійкими до дії температури порівняно з кукурудзяним та кукурудзяним амілопектиновим. Мінімальна та максимальна в'язкості (η_{\min} та η_{\max}) мають близькі значення (920–1000 од. Брабендера), що свідчить про стійкість структури ОКД.

5. Досліджено закономірності зміни фізико-хімічних, структурно-механічних і функціонально-технологічних властивостей оклейстеризованих

дисперсій на основі КФМ під впливом технологічних чинників. Установлено закономірності впливу цукру білого, кислоти лимонної, мінеральних солей, пектину на гідродинамічні параметри клейстеризації та функціонально-технологічні властивості харчових систем на основі КФМ і плодово-ягідної сировини. Визначено, що ОКД на основі крохмалів «Prima», «Endura» виявляють стабільність під час взаємодії з кислотою лимонною та цукром білим (коефіцієнт стійкості 1,0). Ефективна в'язкість за наявності 5–30% цукру характеризується підвищенням значень у 1,5 разу. Визначено граничні значення рН для рецептурних сумішей, які становлять не менше 3,0.

6. Доведено, що найбільш термостійкими у циклі «нагрівання-охолодження–повторне нагрівання» є ОКД на основі крохмалів «Prima», «Endura», для яких в'язкість після повторного нагрівання знижується несуттєво.

7. Експериментально встановлено, що регулювання вмісту крохмалю дозволяє створювати ОКД із властивостями рідких дисперсій (від 2,0 до 3,0%), середньої густини (від 3,5 до 8,0%) та густих (від 7,0 до 8,0%), які закріплено як параметри рецептурного складу соусів із варіабельною консистенцією. Визначено еталонні показники консистенції (ефективна в'язкість) соусів: для дресінгів – $0,78 \pm 0,03$ Па·с за вмісту крохмалю 2,0–2,5%; для топінгів із гомогенною структурою – $1,60 \pm 0,04$ Па·с за вмісту крохмалю 3,0–4,0%; для топінгів із гетерогенною структурою – $2,70 \pm 0,08$ Па·с за вмісту крохмалю 4,5–6,5%; для дипів – $3,25 \pm 0,09$ Па·с за вмісту крохмалів 7,0; для начинок – $3,50 - 3,83$ Па·с за вмісту крохмалю 7,5–8,0%.

4. На підставі узагальнення аналітичних та експериментальних даних науково обґрунтовано рецептурний склад і технологічну схему виробництва соусів солодких, параметри окремих технологічних операцій. Розроблено нову технологію виробництва соусів солодких із використанням КФМ та асортимент, варіабельний за консистенціями (дресінги, топінги, дипи, начинки), який налічує 10 найменувань.

5. Розроблено й затверджено технічні умови ТУ У 10.8-01566330-306:2015 «Соуси солодкі плодово-ягідні» та технологічну інструкцію з їх

виробництва. Проведено обґрунтування та нормування показників якості та безпечності для соусів солодких, визначено умови й терміни зберігання готової продукції, які становлять 90 діб за температури 1...6°C та відносної вологості повітря 75,0–85,0%.

6. Розроблено рекомендації з використання соусів солодких у технологіях кулінарної продукції, борошняних кулінарних і кондитерських виробів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Купчак П. М. Харчова промисловість України в умовах активізації інтеграційних та глобалізаційних процесів / П. М. Купчак ; за ред. Л. В. Дейнеко. – Київ : РВПС України НАН України, 2009. – С. 16.
2. Алексеева Е. Л. Соусы – ценное дополнение к готовым блюдам / Е. Л. Алексеева // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 7. – С. 33–38.
3. Atkins P. J. Vinegar and Sugar: The Early History of Factory-Made Jams, Pickles and Sauces in Britain / P. J. Atkins // The Food Industries of Europe in the Nineteenth and Twentieth Centuries. – 2016. – № 5. – С. 41.
4. A comparison of native and oxidized normal and waxy corn starches: Physicochemical, thermal, morphological and pasting properties // K. S. Sandhu [et al.] // LWT-Food Science and Technology. – 2008. – Т. 41, № 6. – С. 1000–1010.
5. Анализ рынка и оценка потребительских мотиваций при выборе соусов О. В. Вакуленко [и др.] // Новые технологии. – 2012. – № 1. – С. 27–30.
6. Евпатченко Ю. В. Маркетинговые исследования рынка как один из этапов создания новых обогащенных продуктов / Ю. В. Евпатченко, Е. Ю. Вольф, Н. М. Птичкина // Проблемы современной науки. – 2012. – № 5–2. – С. 12.
7. Тележенко Л. М. Креативні соуси-дресінги – нові продукти на ринку України / Л. М. Тележенко, А. В. Жмудь // Харчова наука і технологія. – 2010. – № 4. – С. 49–51.
8. Rengsutthi K. Physico-chemical properties of jackfruit seed starch (*Artocarpus heterophyllus*) and its application as a thickener and stabilizer in chilli sauce / K. Rengsutthi, S. Charoenrein // LWT-Food Science and Technology. – 2011. – Т. 44, № 5. – С. 1309–1313.
9. Колесниченко С. Л. Блюда молекулярной кухни профилактического назначения / С. Л. Колесниченко, Л. Н. Тележенко // Наукові праці ОНАХТ. – 2013. – № 44 (2). – С. 126–129.

10. Тапешкина С. А. Инновационные технологии в ресторанном бизнесе / С. А. Тапешкина, И. А. Колесникова // Здоровье человека и экологически чистые продукты питания – 2014. – С. 350.
11. Бордюг В. Л. Мобильные технологии ресторанного бизнеса / В. Л. Бордюг // Международный научно-исследовательский журнал. – 2014. – № 9 (28). – С. 16.
12. Oronsky C. R. An exploratory study examining information technology adoption and implementation in full-service restaurant firms / C. R. Oronsky, P. K. Chathoth // International Journal of Hospitality Management. – 2007. – Т. 26, № 4. – С. 941–956.
13. Vega C. Molecular gastronomy: a food fad or science supporting innovative cuisine? / C. Vega, J. Ubbink // Trends in food Science & technology. – 2008. – Т. 19, № 7. – С. 372–382.
14. Коваленко Т. Д. Инновации в производстве ресторанных услуг: проблемы и перспективы внедрения / Т. Д. Коваленко // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». – 2013. – Т. 2.
15. Юрченко С. Л. Розробка рецептурного складу плодово-ягідних начинок / С. Л. Юрченко, М. Б. Колеснікова // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2013. – № 13, т. 7. – С. 83–88.
16. Кравченко М. В. Плодово-ягідні системи як основа для соусів / М. Ф. Кравченко, А. В. Антоненко, В. С. Михайлик // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. – Х. : ХДУХТ, 2012. – № 1. – С. 49–55.
17. Антоненко А. Наукове обґрунтування і розроблення фруктових систем як основи для солодких соусів / А. Антоненко, М. Кравченко // Товари і ринки. – 2009. – № 2. – С. 76–83.
18. Effects of plant essential oils and oil compounds on mechanical, barrier and antimicrobial properties of alginate–apple puree edible films / M. A. Rojas-Graü [et al.] // Journal of Food Engineering. – 2007. – Т. 81, № 3. – С. 634–641.

19. Технологія продуктів функціонального призначення : монографія / А. А. Мазаракі, М. І. Пересічний, М. Ф. Кравченко [та ін.]. – К. : КНТЕУ, 2012. – 1116 с.
20. Imeson A. P. Thickening and gelling agents for food / A. P. Imeson // Springer Science & Business Media – 2012. – № 7. – С. 24–36.
21. Babu R. P. Current progress on bio-based polymers and their future trends / R. P. Babu, K. O'Connor, R. Seeram // Progress in Biomaterials. – 2013. – Т. 2, № 1. – С. 1–16.
22. Saha D. Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review / D. Saha, S. Bhattacharya // Journal of food science and technology. – 2010. Т. 47, № 6. – С. 587–597.
23. Ипатова Л. Г. Научное обоснование и практические аспекты применения пищевых волокон при разработке функциональных пищевых продуктов [Электронный ресурс] : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Л. Г. Ипатова. – Киев, 2011. – Режим доступа : http://www.mgutn.ru/files/graduates-anddoctors/avtoreferat_ipatova_lg.pdf.
24. Виллинс Г. О. Справочник по гидроколлоидам: рук. разработчика : [пер. с англ.] / Г. О. Виллинс. – СПб. : ГИОРД, 2006. – 536 с.
25. Native tapioca starch as a potential thickener for fruit fillings. Evaluation of mixed models containing low-methoxyl pectini / A. Agudelo [et al.] // Food Hydrocolloids. – 2014. – Т. 35. – С. 297–304.
26. Круподёров А. Ю. Реологические характеристики аномально вязких пищевых продуктов и других сред / А. Ю. Круподёров, Л. К. Николаев, А. В. Кузнецов // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2014. – № 4. – С. 12–15.
27. Novel food processing: effects on rheological and functional properties / J. Ahmed [et al. (ed.)]. – CRC Press, 2016. – С. 168.
28. Rheological, Textural and Flavour Properties of Yellow Mustard Sauce as Affected by Modified Starch, Xanthan and Guar Gum / T.Wang [et al.] // Food and Bioprocess Technology. – 2016. – Т. 9, № 5. – С. 849–858.

29. Зіолковська А. В. Технологія плодово-ягідних соусів з використанням екстракту полісахаридів оболонки насіння льону : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / А. В. Зіолковська. – Харків, 2008. – 19 с.

30. Балацька Н. Ю. Технологія соусів ягідних з використанням природної нетрадиційної сировини : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Н. Ю. Балацька. – Харків, 2011. – 19 с.

31. Гринченко О. А. Научное обоснования и разработка технологии кулинарной продукции с использованием полуфабрикатов функциональных композиций на основе полисахаридов : дисс. ... д-ра техн. наук : 05.18.16 / Гринченко О. А. – Харьков, 2005. – 380 с.

32. Малюк Л. П. Закономірності впливу ароматичної сировини на біофлавоноїди плодово-ягідних соусів / Л. П. Малюк, А. В. Зіолковська, І. М. Гурікова // Наукові праці ОНАХТ. – 2009. – № 36 (2). – С. 40–45.

33. Дзюндзя О. В. Новітні технології фруктових соусів / О. В. Дзюндзя // Perspective innovations in science, education, production and transport. – 2013. – № 17–26.

34. Энциклопедия питания : в 10 т. Т. 4. Пищевые добавки / под общ. ред. А. И. Черевко, В. М. Михайлова ; сост. В. А. Большакова [и др.]. – Х. : Мир Книг, 2016. – 645 с.

35. Грабовська О. В. Дослідження стану води в крохмальних суспензіях та клейстерах / О. В. Грабовська, О. С. Парняков, В. А. Михайлик // Наукові праці ОНАХТ. – 2011. – № 40 (2). – С. 76–79.

36. Антоненко А. Оцінка безпечності соусної продукції / А. Антоненко, М. Кравченко // Товари і ринки. – 2010. – № 1. – С. 184–188.

37. Oszmianski J. Characterization of phenolic compounds and antioxidant activity of *Solanum scabrum* and *Solanum burbankii* berries / J. Oszmianski, J. Kolniak-Ostek, A. Wojdyło // Journal of agricultural and food chemistry. – 2014. – Т. 62, № 7. – С. 1512–1519.

38. Определение сохранности питательных веществ при производстве соусной пасты с использованием ягод ежевики / А. С. Джабоева [и др.] //

Международный научно-исследовательский журнал. – 2013. – № 7–2 (14). – С. 155.

39. Гранатова В. П. Теория и практика получения и применения натуральных структурообразователей / В. П. Гранатова, А. А. Запарожский, Г. И. Касьянов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2007. – № 2. – С. 55–70.

40. Ickinson E. Colloids in food: ingredients, structure, and stability / E. Ickinson // Annual review of food science and technology. – 2015. – Т. 6. – С. 211–233.

41. Dickinson E. Microgels – An alternative colloidal ingredient for stabilization of food emulsions / E. Dickinson // Trends in Food Science & Technology. – 2015. – Т. 43, № 2. – С. 178–188.

42. Цыкало А. Л. Молекулярная динамика дисперсных систем. 1. Простые дисперсионные среды / А. Л. Цыкало // Холодильна техніка та технологія. – 2013. – № 1 – С. 49–57.

43. Шабанова Н. А. Золь-гель технологии [Электронный ресурс] / Н. А. Шабанова, П. Д. Саркисов. – Режим доступа : <http://files.pilotlz.ru/pdf/cC2574-0-ch.pdf>.

44. Controlled/living radical polymerization in dispersed systems: an update / P. B. Zetterlund [et al.] // Chemical reviews. – 2015. – Т. 115, № 18. – С. 9745–9800.

45. Ферт К. Уайтхауз. Выбор и использование гидроколлоидов / Ферт К. Уайтхауз // Пищевая промышленность. □ 2008. □ № 10. □ С. 76.

46. Кряжев В. Н. Последние достижения химии и технологии производных крахмала / В. Н. Кряжев, В. В. Романов, В. А. Широков // Химия растительного сырья. – 2010. – № 1. – С. 115.

47. Інноваційні технології виробництва харчової продукції масового споживання : монографія / П. П. Пивоваров [та ін.] ; за заг. ред. П. П. Пивоварова ; Харк. держ. ун-т харч. та торгівлі. – Х., 2011. – 444 с.

48. Технологія харчових продуктів на основі драглеутворювачів з якісно зміненими функціональними властивостями : монографія / Ф. В. Перцевой [та ін.] ; за заг. ред. Ф. В. Перцевого ; Харк. держ. ун-т харч. та торг. – Х. : ХДУХТ, 2012. – 290 с.

49. Пивоваров Є. П. Технологія драглеподібної десертної продукції з використанням систем крохмаль-функціональний полісахарид : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Пивоваров Є. П. – Харків, 2003. – 157 с.

50. A systematic review of the cost and cost effectiveness of using standard oral nutritional supplements in community and care home settings / M. Elia [et al.] // *Clinical nutrition*. – 2016. – Т. 35, № 1. – С. 125–137.

51. Milani J. Hydrocolloids in food industry [Electronic resource] / J. Milani, G. Maleki // INTECH Open Access Publisher, 2012. – Available at : <http://cdn.intechopen.com/pdfs/29151.pdf>

52. Production and extraction of polysaccharides and oligosaccharides and their use as new food additives / C. Nobre [et al.] // *Industrial Biorefineries & White Biotechnology*. – 2015. – С. 653–679.

53. Thang V. H. A novel process for direct production of acetone–butanol–ethanol from native starches using granular starch hydrolyzing enzyme by *Clostridium saccharoperbutylacetonicum* N1-4 / V. H. Thang, G. Kobayashi // *Applied biochemistry and biotechnology*. – 2014. – Т. 172, № 4. – С. 1818–1831.

54. Sandhu K. S Effect of granule size on physicochemical, morphological, thermal and pasting properties of native and 2-octenyl-1-ylsuccinylated potato starch prepared by dry heating under different pH conditions / K. S. Sandhu, L. Sharma, M. Kaur // *LWT-Food Science and Technology*. – 2015. – Т. 61, № 1. – С. 224–230.

55. Ashogbon A. O. Recent trend in the physical and chemical modification of starches from different botanical sources: A review / A. O. Ashogbon, E. T. Akintayo // *Starch/Stärke*. – 2014. – Т. 66, № 1–2. – С. 41–57.

56. Production, structure, physicochemical and functional properties of maize, cassava, wheat, potato and rice starches / J. Waterschoot [et al.] // *Starch-Stärke*. – 2015. – Т. 67, № 1–2. – С. 14–29.

57. Acetylated and native corn starch blend films produced by blown extrusion / O. V. López [et al.] // Journal of Food Engineering. – 2013. – Т. 116, № 2. – С. 286–297.

58. Retrogradation properties of high amylose rice flour and rice starch by physical modification / Wu Y. [et al.] // LWT-Food Science and Technology. – 2010. – Т. 43, № 3. – С. 492–497.

59. ДСТУ 4380:2005. Крохмаль модифікований. Загальні технічні умови. – Київ, 2005. – 35 с.

60. Иванова О. В. Рациональные способы улучшения качества продуктов питания при использовании модифицированных крахмалов в пищевой промышленности / О. В. Иванова, Р. М. Халиков // Инновационная наука. – 2016. – № 3–3. – С. 112–114.

61. Халиков Р. М. Полисахариды модифицированных крахмалов в качестве технологических структурообразователей / Р. М. Халиков // Инновационная наука. – 2015. – № 3. – С. 51–59.

62. Pea starch (*Pisum sativum* L.) with slow digestion property produced using β -amylase and transglucosidase / M. Shi [et al.] // Food chemistry. – 2014. – Т. 164. – С. 317–323.

63. Мысаков Д. С. Оценка возможности использования структурообразователей в производстве пищевых продуктов / Д. С. Мысаков, О. В. Чугунова // Ответственные за выпуск. – 2014. – С. 179.

64. Progress in starch modification in the last decade / B. Kaur [et al.] // Food Hydrocolloids. – 2012. – Т. 26, № 2. – С. 398–404.

65. Ratnayake W. S. A new insight into the gelatinization process of native starches / W. S. Ratnayake, D. S. Jackson // Carbohydrate Polymers. – 2007. – Т. 67, № 4. – С. 511–529.

66. Relationships between amylopectin molecular structures and functional properties of different-sized fractions of normal and high-amylose maize starches / L. Lin [et al.] // Food Hydrocolloids. – 2016. – Т. 52. – С. 359–368.

67. Изучение физико-химических характеристик крахмала картофельного и крахмала кукурузного с целью создания пролонгированных лекарственных форм с жидкой дисперсионной средой / Е. Т. Жилиякова [и др.] // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия : Медицина. Фармация. – 2011. – Т. 13, № 4–2 (99). – С. 10–19.

68. Composition and thermodynamic properties of starches from facultative wheat varieties / J. Rosicka-Kaczmarek [et al.] // Food Hydrocolloids. – 2016. – Т. 54. – С. 66–76.

69. Pukkahuta C. Effect of osmotic pressure on starch: new method of physical modification of starch / C. Pukkahuta, S. Shobsngob, S. Varavinit // Starch-Stärke. – 2007. – Т. 59, № 2. – С. 78–90.

70. Starch: chemistry and technology [Electronic resource] / J. N. BeMiller, R. L. Whistler (ed.). – Academic Press, 2009. – Available at : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224496100364>.

71. Recent advances in application of modified starches for bread making / M. Miyazaki [et al.] // Trends in food science & Technology. – 2006. – Т. 17, № 11. – С. 591–599.

72. Sanz T. Effect of thermally inhibited starches on the freezing and thermal stability of white sauces: Rheological and sensory properties / T. Sanz, A. Tárrega, A. Salvador // LWT-Food Science and Technology. – 2016. – Т. 67. – С. 82–88.

73. Wu B. Development of hydrocolloid microgels as starch granule mimetics: Hydrogel particles fabricated from gelatin and pectin / B. Wu, D. J. McClements // Food Research International. – 2015. – Т. 78. – С. 177–185.

74. Сарафанова Л. А. Применение пищевых добавок в кондитерской промышленности / Л. А. Сарафанова. – СПб. : Профессия, 2007. – 256 с.

75. Kapelko-Zeberska M. Physically and chemically modified starches in food and non-food industries / M. Kapelko-Zeberska, T. Zieba, A. V. Singh // Surface Modification of Biopolymers. – 2015. – С. 173.

76. Шарипов М. С. Стабилизация физико-химических свойств крахмала путём окислительной модификации / М. С. Шарипов // Проблемы современной науки и образования. – 2015. – № 9 (39). – С. 25–30.

77. Lee H. L. Effect of hydroxypropylation on physical and rheological properties of sweet potato starch / H. L. Lee, B. Yoo // LWT-Food Science and Technology. – 2011. – Т. 44, № 3. – С. 765–770.

78. Chung H. J. Effect of partial gelatinization and retrogradation on the enzymatic digestion of waxy rice starch / H. J. Chung, H. S. Lim, S. T. Lim // Journal of Cereal Science. – 2006. – Т. 43, № 3. – С. 353–359.

79. Ball-milling treatment effect on physicochemical properties and features for cassava and maize starches / Z. Q. Huang [et al.] // Comptes Rendus Chimie. – 2008. – Т. 11, № 1. – С. 73–79.

80. Starch nanocrystals and starch nanoparticles from waxy maize as nanoreinforcement: A comparative study / S. B. Haaj [et al.] // Carbohydrate polymers. – 2016. – Т. 143. – С. 310–317.

81. Компанія «Ingredion» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.ingredion.com>.

82. Продукт «без пищевых добавок» – результат соединения инновационных ингредиентов серии Novation // Пищевые ингредиенты: сырье и добавки. – 2010. – № 2. – С. 44.

83. Постанова Ради (ЄС) № 834/2007 від 28 червня 2007 року стосовно органічного виробництва і маркування органічних продуктів, та скасування Постанови (ЄЕС) № 2092/91. – Київ, 2007. – 25 с.

84. Rheological properties of fermented rice extract with probiotic bacteria and different concentrations of waxy maize starch / K.Costa [et al.] // LWT-Food Science and Technology. – 2016. – Т. 72. – С. 71–77.

85. Enhanced thermal and antibacterial properties of cross-linked waxy maize starch granules by chitosan via dry heat treatment / Z. Zhou [et al.] // International Journal of Food Science & Technology. – 2015. – Т. 50, № 4. – С. 899–905.

86. Singh J. Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications – A review / J. Singh, L. Kaur, O. J. McCarthy // Food hydrocolloids. – 2007. – Т. 21, № 1. – С. 1–22.

87. Structural and thermal transitions during the conversion from native to granular cold-water swelling maize starch / D. M. Dries [et al.] // Carbohydrate polymers. – 2014. – Т. 114. – С. 196–205.

88. Sauces and dressings: a review of properties and applications / M. Sikora [et al.] // Critical reviews in food science and nutrition. – 2008. – Т. 48, № 1. – С. 50–77.

89. Caramel sauces thickened with combinations of potato starch and xanthan gum / M. Krystyjan [et al.] // Journal of Food Engineering. – 2012. – Т. 112, № 1. – С. 22–28.

90. Камбулова Ю. В. Дослідження реологічних властивостей розчинів пектинів, альгінату натрію та їх комплексів / Ю. В. Камбулова, І. О. Соколовська // Харчова наука і технологія. – 2014. – № 1. – С. 68.

91. Пат. 54308 Україна, МПК А23С 9/00. Молочний соус «Ванільний» / ДНУЕТ, Малигіна В. Д., Булгакова О. В., Мерзликіна М. В. – № 201003213 ; заявл. 19.03.10 ; опубл. 10.11.10.

92. Assessing the suitability of locally produced gum exudates in the food industry / J. Owusu [et al.] // The Fifth Edition of the International Journal of Technology and Management Research. – 2016. – Т. 1, № 5. – С. 24–30.

93. Притульская Н. В. Исследование функциональной композиции / Н. В. Притульская, Г. И. Сеногонова, Н. В. Вдовенко // Вісник Національного технічного університету. – 2015. – № 11. – С. 146–151.

94. Пат. 64254 Україна, МПК А23L 1/06. Функціональний топінг (солодкий соус) «Потенціал спорту» для харчування спортсменів / Луганський національний університет ім. Т. Шевченка, Притульська Н. В., Сеногонова Г. І., Бондаренко Є. В., Коваль І. В. – № 201011826 ; заявл. 05.10.10 ; опубл. 10.11.11.

95. Функціональний топінг «Потенціал спорту» для спортсменів / Н. В. Притульська [и др.] // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – Т. 4, № 6 (58). – С. 19–25.

96. Пат. 76535 Україна, МПК А23L 1/39. Соус фруктовый солодкий «Екзотик» / Хомич Г. П., Кирильченко М. В. – № 201206819 ; заявл. 05.06.12 ; опубл. 10.01.13.

97. Пат. 2178659 РФ, МПК А23L1/24, А23L1/39. Соус овощной для детского питания / Квасенков О. И., Тамкович С. К., Степанишева Н. М., Посокина Н. Е., Борцов Ю. Н. – № 99106172/13 ; заявл. 30.03.99 ; опубл. 27.01.02.

98. Пат 2173069 РФ, МПК А23L1/24, А23L1/39. Соус для детского питания / Квасенков О. И. ; Тамкович С. К., Степанишева Н. М., Посокина Н. Е., Борцов Ю. Н. – № 99106172/13 ; заявл. 30.03.99 ; опубл. 10.09.01.

99. Лебедев А. Б. Новые рецептуры кулинарных соусов для функционального питания / А. Б. Лебедев, А. В. Маликов, Д. А. Воскресенский // Известия ВУЗОВ. Пищевая технология. – 2006. – № 1. – С. 52–53

100. Киселева Т. Ф. Сладкие соусы на основе сои с пониженным содержанием антипитательных веществ / Т. Ф. Киселева, Н. Ф. Ульянкина, С. И. Хорунжина // Техника и технология пищевых производств. – 2011. – № 4 (23). – С. 55–65.

101. Пат. 51738 Україна, МПК А23L 1/06. Спосіб отримання соусу з плодової сировини / Національний університет харчових технологій, Стешенко О. М. ; Гойко І. Ю. – № 201002106 ; заявл. 25.02.10 ; опубл. 26.07.10.

102. Шевченко О. В. Технологія солодких страв і соусів із вітапектином та фітосорбентом : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / О. В. Шевченко. – К., 2002. – 20 с.

103. Khomych G. Дослідження якості пюре з хеномелесу та його вплив на структуроутворюючі властивості фруктових соусів / G. Khomych, V. M. Vasuta, Y. Levchenko // Науковий вісник ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій. – 2016. – Т. 18, № 1. – С. 137–143.

104. Дзюндзя О. Перспективи використання хурми у виробництві продуктів харчування функціонального призначення / О. Дзюндзя // Товари і ринки. – 2009. – № 2. – С. 65–70.
105. Ходырева З. Р. Разработка новых видов соусов / З. Р. Ходырева, М. Е. Романова // Ползуновский вестник. – 2011. – № 3/2. – С. 175–179.
106. Крисанов Д. Пищевая продукция качественная, безопасная и инновационная: проблемы стандартизации, производства и реализации / Д. Крисанов // Економіст. – 2012. – № 3. – С. 42–49.
107. Рихтер М. Избранные методы исследования крахмала / М. Рихтер, З. Аугустат, Ф. Ширбаум. – М. : Пищ. пром-ть. – 1975. – 183 с.
108. Кларк Э. Микроскопические методы исследования материалов / Э. Кларк, К. Эберхардт // Litres. – 2016. – № 7. – С. 45–78.
109. Никитина Е. В. Влияние обработки амилазой *Bacillus licheniformis* на морфологические свойства кукурузного крахмала / Е. В. Никитина, С. В. Захарова, Ф. К. Алимова // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16, № 8. – С. 18–29.
110. Никитина Е. В. Сравнительная характеристика физико-химических и морфологических свойств модифицированных картофельных крахмалов / Е. В. Никитина, Л. З. Габдукаева // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15, № 11. – С. 65–77.
111. Изучение кукурузного крахмала ферментированного амилазой *Bacillus licheniformis* / Е. В. Никитина [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16, № 5. – С. 27–33.
112. Morphology, structure and gelatinization properties of heterogeneous starch granules from high-amylose maize / С. Cai [et al.] // Carbohydrate polymers. – 2014. – Т. 102. – С. 606–614.
113. Ягофаров Д. Ш. Исследование морфологических свойств картофельного крахмала / Д. Ш. Ягофаров, А. В. Канарский, Ю. Д. Сидоров // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – № 4. – С. 84–97.

114. Современные тенденции создания специализированных пищевых соусов / О. В. Вакуленко [и др.] // Новые технологии. – 2011. – № 3. – С. 16–19.
115. Ходырева З. Р. Разработка новых видов соусов / З. Р. Ходырева, М. Е. Романова // Ползуновский вестник. – 2011. – № 3/2. – С. 175–179.
116. A colloidal singularity reveals the crucial role of colloidal stability for nanomaterials in-vitro toxicity testing: nZVI-microalgae colloidal system as a case study / S. Gonzalo [et al.] // PloS one. – 2014. – Т. 9, № 10. – С. 109–645.
117. Peycheva E. Application of the yeast comet assay in testing of food additives for genotoxicity / E. Peycheva, R. Alexandrova, G. Miloshev // LWT-Food Science and Technology. – 2014. – Т. 59, № 1. – С. 510–517.
118. Short Review of Sulphites as Food Additives [Electronic resource] A. R. Garcia-Fuentes [et al.]. – Available at : <http://imsear.li.ac.th/handle/12345/1648>.
119. Lang Y. U. The research progress on traditional broad-bean sauce [J] / Y. U. Lang, K. A. N. Jian-quan // China Condiment. – 2008. – Т. 5. – С. 100.
120. Старовойтова К.В. Перспективы отечественного производства микроингредиентов / К. В. Старовойтова, Л. В. Терещук // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – Т. 41, № 2. – С. 45–49.
121. Сравнительная оценка эффективности разделения картофельного крахмала на амилозу и амилопектин химическими методами / А. Ш. Закирова [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2010. – № 9. – С. 37–56.
122. Применение метода электродиализа для разделения амилозы и амилопектина картофельного крахмала / Д. Ш. Ягофаров [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2010. – № 11. – С. 55–63.
123. Применение фотоколориметрического метода для количественного определения амилозы в крахмале / А. Ш. Закирова [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – № 10. – С. 101–110.

124. Сравнительная характеристика спектроскопических свойств нативных и модифицированных крахмалов / Е. В. Рощина [и др.] // *Хранение и переработка сельхозсырья*. – 2009. – № 5. – С. 56–59.
125. Rao M. A. Rheology of food gum and starch dispersions / M. A. Rao // *Rheology of fluid, semisolid, and solid foods*. – Springer US, 2014. – С. 161–229.
126. Манк В. В. Роль воды в процессах структурообразования биополимеров / В. В. Манк, О. П. Мельник, В. В. Трачевский // *Химия и технология воды*. – 2011. – № 33, № 6. – С. 667–674.
127. Пивоваров П. П. Вивчення емульгуювальних і стабілізуючих властивостей крохмальних дисперсій для створення десертів емульсійного типу / П. П. Пивоваров, О. О. Гринченко, Л. М. Мостова // *Наукові праці ОНАХТ*. – 2011. – № 40 (2). – С. 196–199.
128. Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ / Н. Дрейпер, Г. Смит. – М. : Вильямс, 2007. – 912 с.
129. Control of viscosity in starch and polysaccharide solutions with ultrasound after gelatinization / Y. Iida [et al.] // *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. – 2008. – Т. 9, № 2. – С. 140–146.
130. Дослідження основних фізико-хімічних властивостей набухаючих видів крохмалю / В. Я. Пічкур, О. В. Лисий, О. В. Грабовська, В. М. Ковбаса // *Наукові праці ОНАХТ*. – 2014. – Т. 2, № 46. – С. 148–152.
131. Методы исследований и организация экспериментов / под ред. К. П. Власова. – Х. : Гуманитарный центр, 2002. – 256 с.
132. МакКенн Б. М. Структура и текстура пищевых продуктов. Продукты эмульсионной природы / Б. М. МакКенн. – СПб. : Профессия, 2008. – С. 278–283.
133. Arocas A. Influence of corn starch type in the rheological properties of a white sauce after heating and freezing / A. Arocas, T. Sanz, S. M. Fiszman // *Food Hydrocolloids*. – 2009. – Т. 23, № 3. – С. 901–907.

134. Кріскопічні дослідження розчинів харчових інгредієнтів полісахаридної природи / М. О. Янчева [и др.] // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – Т. 2, № 12 (68). – С. 15–24.

135. Цуканов М. Ф. Технологические аспекты показателя «Активность воды» и его роль в обеспечении качества продукции общественного питания / М. Ф. Цуканов, А. Б. Черноморец // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2010. – № 11. – С. 258–270.

136. Химический состав пищевых продуктов. Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов / под ред. И. М. Скурихина. □ М. : Агропроиздат, 1987. – 360 с.

137. Суменков М. В. Физико-химические свойства экстрактов ягод клюквы / М. В. Суменков, А. Ф. Сорокопуд // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2016. – № 1. – С. 69–76.

138. Наполнители вкусо-ароматические ТМ «Delicia» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://delicia.biz.ua/sirop>.

139. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий: для предприятий общественного питания / авт.-сост. : А. И. Здобнов, В. А. Цыганенко. – К. : Арий» ; М. : Лада, 2010. – 680 с.

140. Могильный М. Сборник технических нормативов. Сборник рецептур на продукцию кондитерского производства : сб. документов / М. Могильный, В. А. Тутельян. – М. : ДеЛи плюс, 2011.

141. МУ 4082-86. Методические указания по обнаружению, идентификации и определению содержания афлотоксинов в продовольственном сырье и пищевых продуктах с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии. – Москва, 1986. – 76 с.

142. МУ 5178-90. Методические указания по обнаружению и определению содержанию общей ртути в пищевых продуктах методом беспламенной атомной адсорбции. – Москва, 1989. – 35 с.

143. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді : [Держ. гігієнічні нормативи : затверджено Наказом МОЗ України 03 травня 2006 р. № 256 : зареєстровано в Міністерстві юстиції України 17 липня 2006 р.]. – Київ, 2006. – 18 с.

144. ДСТУ-Н CODEX STAN 192:2009. Харчові добавки. Номенклатура та загальні вимоги. Національний стандарт України – К. : Мінекономрозвиток України, 2016. – 268 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Матриця експерименту для визначення оптимізації модельних систем

Матриця експерименту

Дані експерименту

$$F := \begin{pmatrix} 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$Y1 := \begin{pmatrix} 1.5 \\ 1.6 \\ 1.9 \\ 2.1 \\ 2.0 \\ 1.6 \\ 1.8 \\ 1.7 \\ 1.8 \end{pmatrix} \quad Y2 := \begin{pmatrix} 1.2 \\ 1.4 \\ 1.78 \\ 1.83 \\ 1.81 \\ 2.3 \\ 1.8 \\ 1.4 \\ 1.5 \end{pmatrix} \quad Y3 := \begin{pmatrix} 0.6 \\ 0.9 \\ 0.7 \\ 1.0 \\ 1.0 \\ 0.7 \\ 1.0 \\ 0.8 \\ 0.9 \end{pmatrix}$$

$$a1 := (F^T \cdot F)^{-1} \cdot F^T \cdot Y1 \quad a2 := (F^T \cdot F)^{-1} \cdot F^T \cdot Y2 \quad a3 := (F^T \cdot F)^{-1} \cdot F^T \cdot Y3$$

Коефіцієнти моделі

$$a1 = \begin{pmatrix} 1.789 \\ 0.217 \\ 0.067 \\ 0.017 \\ -0.033 \\ 0.025 \end{pmatrix} \quad a2 = \begin{pmatrix} 1.768 \\ 0.087 \\ 0.108 \\ 0.153 \\ -0.302 \\ -0.037 \end{pmatrix} \quad a3 = \begin{pmatrix} 0.922 \\ 0.083 \\ 0.133 \\ -0.083 \\ -0.033 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$F \cdot a1 = \begin{pmatrix} 1.514 \\ 1.597 \\ 1.897 \\ 2.081 \\ 2.022 \\ 1.589 \\ 1.822 \\ 1.689 \\ 1.789 \end{pmatrix} \quad F \cdot a2 = \begin{pmatrix} 1.387 \\ 1.679 \\ 1.635 \\ 1.777 \\ 2.008 \\ 1.834 \\ 1.574 \\ 1.358 \\ 1.768 \end{pmatrix} \quad F \cdot a3 = \begin{pmatrix} 0.589 \\ 0.856 \\ 0.756 \\ 1.022 \\ 0.922 \\ 0.756 \\ 1.022 \\ 0.756 \\ 0.922 \end{pmatrix}$$

$$Y1(X1, X2) := a1_0 + a1_1 \cdot X1 + a1_2 \cdot X2 + a1_3 \cdot X1^2 + a1_4 \cdot X2^2 + a1_5 \cdot X1 \cdot X2$$

$$Y1e(x1, x2) := 1.061 + 5.17 \cdot 10^{-3} \cdot x1 + 0.195 \cdot x2 + 5.55 \cdot 10^{-5} \cdot x1^2 - 1.95 \cdot 10^{-2} \cdot x2^2 + 1.09 \cdot 10^{-3} \cdot x1 \cdot x2$$

Модель для оцінки крохмалю «Endura»

$$Y2(X1, X2) := a2_0 + a2_1 \cdot X1 + a2_2 \cdot X2 + a2_3 \cdot X1^2 + a2_4 \cdot X2^2 + a2_5 \cdot X1 \cdot X2$$

$$Y1e(x1, x2) := 1.061 + 5.17 \cdot 10^{-3} \cdot x1 + 0.195 \cdot x2 + 5.55 \cdot 10^{-5} \cdot x1^2 - 1.95 \cdot 10^{-2} \cdot x2^2 + 1.09 \cdot 10^{-3} \cdot x1 \cdot x2$$

Модель для оцінки крохмалю амілопектинового

$$Y3(X1, X2) := a3_0 + a3_1 \cdot X1 + a3_2 \cdot X2 + a3_3 \cdot X1^2 + a3_4 \cdot X2^2 + a3_5 \cdot X1 \cdot X2$$

$$Y1e(x1, x2) := 1.061 + 5.17 \cdot 10^{-3} \cdot x1 + 0.195 \cdot x2 + 5.55 \cdot 10^{-5} \cdot x1^2 - 1.95 \cdot 10^{-2} \cdot x2^2 + 1.09 \cdot 10^{-3} \cdot x1 \cdot x2$$

Додаток Б

Таблиця Б.1 – Текстульні характеристики модельних систем на основі крохмалів

Вид МС	Склад МС, %	Характеристика	Показник
1	2	3	4
МС для дресінгів (t=14±2°C)	вода – 87,0%; врохмаль «Prime» – 2,5%; цукор – 10,0%; кислота лимонна – 0,5%	Зовнішній вигляд	Текстура поверхні МС гладка, прозора, однорідна, глянцева
		Фізичні показники в стані спокою	МС в'язко-розріджена
		Характеристика течії	Текстура швидко-текуча «довга»
		Характер течії рідини	Неньютонівська
		Здатність до обволікання	Не утримується на горизонтальній поверхні, під час нагрівання розріджується
	вода – 87,0%; крохмаль «Endura» – 2,5%; цукор – 10,%; кислота лимонна – 0,5%	Зовнішній вигляд	Текстура поверхні МС гладка, прозора, однорідна, глянцева
		Фізичні показники в стані спокою	МС рідка
		Характеристика течії	Текстура швидко – текуча «довга»
		Характер течії рідини	Ньютонівська
		Здатність до обволікання	Не утримується на горизонтальній поверхні, під час нагрівання розріджується
	вода – 87,0%; крохмаль «Indulge» – 2,5%; цукор – 10,%; кислота лимонна – 0,5%	Зовнішній вигляд	Текстура поверхні МС гладка, каламутна, однорідна, матова
		Фізичні показники в стані спокою	МС рідка
		Характеристика течії	Текстура швидко – текуча «довга»
		Характер течії рідини	Ньютонівська
		Здатність до обволікання	Не утримується на горизонтальній поверхні, при нагріванні розріджується

1	2	3	4
МС для топінгів (t=14±2°C)	вода – 74,25; крохмаль «Prime» – 5,0%; цукор – 20,0%; кислота лимонна – 0,75%	Зовнішній вигляд	Текстура поверхні МС гладка, прозора, однорідна, глянцева
		Фізичні показники в стані спокою	МС в'язко-текуча, пружна
		Характеристика течії	Текстура повільно-текуча «довга»
		Характер течії рідини	Бінгамовська
		Здатність до обволікання	Не утримується на горизонтальній поверхні, під час нагрівання розріджується
	вода – 78,75; крохмаль «Endura» – 5,5%; цукор – 15,0%; кислота лимонна – 0,75%	Зовнішній вигляд	Текстура поверхні МС гладка, прозора, однорідна, глянцева
		Фізичні показники в стані спокою	МС в'язко-текуча
		Характеристика течії	Текстура повільно-текуча «довга»
		Характер течії рідини	Бінгамовська
		Здатність до обволікання	Не утримується на горизонтальній поверхні, під час нагрівання розріджується
	вода – 78,25; крохмаль «Indulge» – 6,0%; цукор – 15,0%; кислота лимонна – 0,75%	Зовнішній вигляд	Текстура поверхні МС гладка, мутна, однорідна, матова
		Фізичні показники в стані спокою	МС в'язко-розріджена
		Характеристика течії	Текстура повільно-текуча «довга»
		Характер течії рідини	Бінгамовська
		Здатність до обволікання	Не утримується на горизонтальній поверхні, під час нагрівання розріджується

1	2	3	4
МС для дип, начинки (t=14±2°C)	вода – 59,0%; крохмаль «Prime» – 8,0%; цукор – 30,0%; кислота лимонна – 1,0%	Зовнішній вигляд	Текстура поверхні МС гладка, прозора, однорідна, глянцева
		Фізичні показники в стані спокою	МС гелеподібна, пружна
		Характеристика течії	Межа текучості відсутня, «коротка»
		Характер течії рідини	Тиксотропна
		Здатність до обволікання	Утримується на горизонтальній поверхні, під час нагрівання розріджується
	вода – 71,0; крохмаль «Endura» – 8,5%; цукор – 20,0%; кислота лимонна – 0,5%	Зовнішній вигляд	Текстура поверхні МС гладка, прозора, однорідна, глянцева
		Фізичні показники в стані спокою	МС в'язка, пружна
		Характеристика течії	Межа текучості відсутня, «коротка»
		Характер течії рідини	Тиксотропна
		Здатність до обволікання	Утримується на горизонтальній поверхні, під час нагрівання розріджується
	вода – 71,0; крохмаль «Indulge» – 8,5%; цукор – 20,0%; кислота лимонна – 0,5%	Зовнішній вигляд	Текстура поверхні МС гладка, каламутна, однорідна, матова
		Фізичні показники в стані спокою	МС в'язко-текуча
		Характеристика течії	Межа текучості відсутня, «коротка»
		Характер течії рідини	Бінгамовська
		Здатність до обволікання	Не утримується на горизонтальній поверхні, під час нагрівання розріджується

Наукове видання

АНДРЕЄВА Світлана Сергіївна
КОЛЕСНИКОВА Марина Борисівна
ГРИНЧЕНКО Ольга Олексіївна
ПИВОВАРОВ Павло Петрович

**ТЕХНОЛОГІЇ СОУСІВ СОЛОДКИХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ
КРОХМАЛІВ ФІЗИЧНОЇ МОДИФІКАЦІЇ**

Монографія

Редактор Н. А. Кобилко

План 2017 р., поз. 14/

Підп. до друку 18.12.2017 р. Формат 60×84 1/16. Папір офсет. Друк офс.
Ум. друк. арк. 8,2. Тираж 100 екз.

Видавець і виготівник
Харківський державний університет харчування та торгівлі
вул. Клочківська, 333, м. Харків, 610651.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 4417 від 10.10.12 р.