

SECTION 10. TECHNOLOGIES OF FOOD PRODUCTS

DOI: 10.46299/ISG.2023.MONO.TECH.4.10.1

10.1 Технологія мусів з використанням крохмалю пшеничного

10.1.1 Сучасні тенденції виробництва солодких страв з піноподібною структурою

В умовах процесів глобалізації та інтеграції України до світової спільноти значене місце займає харчова промисловість, яка використовує світові тенденції та інноваційні технології у своїй діяльності. Це виявляється в активному впровадженні сучасних технологій харчових виробництв і як результат – отримання продукції відповідного рівня якості, її конкурентоспроможність.

Аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить, що пошук шляхів ефективного розвитку харчової промисловості України, усунення негативних тенденцій її функціонування турбують низку провідних вітчизняних учених, які відмічають низьке споживання білків, надмірне споживання жирів тваринного походження, дефіцит у раціоні складних вуглеводів, харчових волокон, мінеральних речовин і вітамінів. Саме тому науковці України та більшості країн світу звертають увагу на виробництво харчової продукції, яка здатна підтримувати здоров'я споживачів на належному рівні та задовольняти їх потреби.

Заклади ресторанного господарства (ЗРГ) та підприємства харчової промисловості (ХП) відіграють важливу роль у житті суспільства, задовольняючи потреби людства у харчуванні. Для підвищення рівня конкурентоспроможності вони повинні слідувати за інноваціями та використовувати їх у своїй діяльності, щоб залишатись провідними у своїй сфері та бути попереду конкурентів. Якість продукції та обслуговування - не єдині чинники розвитку. На багатьох підприємствах накопичилося багато проблем – це низький технічний та технологічний рівень виробництва, недостатні темпи

оновлення основних засобів, висока енергоємність та матеріалоємність виробничих комплексів, використання застарілого обладнання та технологій, що впливає на ефективність їх роботи та стримує розвиток харчової промисловості.

Індустрія ЗРГ та підприємств ХП помітно змінилася останнім часом, тому для отримання високих прибутків та підтримання іміджу вони мають бути в тренді останніх інновацій, які зазвичай полегшують та покращують їх діяльність. Таким чином впровадження інновацій є запорукою оновлення підприємств, покращення їх конкурентних позицій. А інноваційна харчова продукція має бути високої якості та відповідати існуючим вимогам показників якості та безпеки, щоб користуватися широким попитом серед споживачів.

Моніторинг вітчизняних та іноземних джерел показав, що дослідження науковців спрямовані на раціональне використання природних ресурсів; зниження енергетичної цінності харчової продукції за рахунок застосування різних добавок; підвищення біологічної цінності; збільшення вмісту макро- та мікроелементів, селену, заліза, міді, а також вітамінів і харчових волокон.

Таким чином, сучасна стратегія харчової промисловості полягає в тому, щоб на основі фундаментальних, прикладних, пошукових досліджень та розробок, нових наукових ідей забезпечити перехід на якісно нові технологічні процеси виробництва харчової продукції і створення на їх основі нового покоління продукції масового, оздоровчого та профілактичного призначення, адаптованої до потреб споживача та ринкових умов.

Вищезазначене повною мірою стосується й солодкої десертної продукції, розвиток технологій якої знаходиться у площині запровадження індустріальних технологій для забезпечення бізнес-процесів Business to Business та Business to Customer. У широкому асортименті десертної продукції значну частку представлено десертами на основі молочної сировини – креми, морозиво, флани, панна котта, які виробляють підприємства харчової промисловості. Заклади ресторанного господарства пропонують споживачам обмежений їх асортимент, що спонукає виробників до запровадження конкурентоспроможних

ресурсозберігаючих технологій і сучасних інноваційних принципів створення харчової продукції.

Численні літературні дані свідчать, що інновації в обраному сегменті здійснюються в багатьох напрямках: застосування напівфабрикатів різного ступеня готовності, підвищення харчової і біологічної цінності, зниження калорійності, використання різноманітних структуроутворювачів, загущувачів, натуральних підсолоджувачів, цукрозамінників та ін..

На сьогоднішній день в Україні є актуальним розроблення і впровадження ресурсозберігаючих і безвідходних технологій переробки харчової продукції. Створено принципово нові технології інноваційної продукції з гелеподібною, піноподібною, емульсійною структурою, регульованого хімічного складу та з прогнозованими функціонально-технологічними властивостями, що виводить Україну на передові позиції виробництва харчової продукції XXI століття.

Слід зауважити, що сучасні принципи розробки високоякісної харчової продукції засновані на виборі та обґрунтуванні певних видів сировини у таких співвідношеннях, які б забезпечували прогнозовані якість, споживні й функціональні властивості та максимальну збалансованість харчових компонентів за хімічним складом готової продукції.

Аналіз ринку десертної продукції свідчить, що обсяги її виробництва за останні роки значно збільшилися, що обумовлено, в першу чергу, споживчим попитом. Дана тенденція проявляється у розширенні мереж спеціалізованих ЗРГ, які пропонують споживачам розширений асортимент солодких страв, як за рахунок оригінальних композиційних рішень, так і використання інноваційних технологій їх виробництва. Однак, слід зазначити, що солодкі страви з піноподібною структурою на основі плодово-ягідної сировини представлені, в основному, в ЗРГ, а харчова промисловість випускає збиті десерти переважно на молочній сировині або желе. Тому розширення сегменту солодких страв з піноподібною структурою є перспективним напрямом, який потребує подальших досліджень. А необхідність покращення споживних властивостей, підвищення конкурентоспроможності та забезпечення стабільних якісних показників

продукції потребує оптимізації складу та удосконалення вже існуючих технологій.

Проаналізувавши роботу ЗРГ можна зробити висновок, що до основних чинників, які стримують виробництво десертної продукції, відносяться трудоемність і тривалість технологічного процесу їх виробництва та підготовки рецептурних компонентів, нестабільні властивості сировини, нетривалі терміни зберігання та реалізації, відсутність індустріальних напівфабрикатів та ін..

З наведеної класифікації (мал. 1) видно, що рецептурні компоненти не тільки регулюють поживну цінність та формують органолептичні показники, а й виконують роль структуроутворювачів, тобто сприяють піноутворенню, згущуванню та гелеутворенню. Формування структури готової продукції відбувається за рахунок реалізації функціонально-технологічних властивостей як рецептурних компонентів, так і додатково внесених структуроутворювачів. Таким чином, обґрунтуванням для вибору сировини при виробництві солодких страв є функціонально-технологічні властивості та хімічний склад основної та допоміжної сировини, що забезпечують необхідну текстуру та дисперсні властивості готової продукції.

Як свідчать літературні дані, основу солодких страв з піноподібною структурою складає збита рецептурна суміш на основі плодово-ягідної / овочевої чи молочної сировини з вмістом повітряної фази в середньому від 30,0% до 45,0%, термодинамічно нестійка, схильна до саморуйнування.

Для утворення стійкої піни потрібна відповідна в'язкість рецептурної суміші і низький поверхневий натяг на межі розподілу фаз рідина – повітря. Традиційно для одержання збитої продукції зі стійкою піною використовують яєчний білок, низький поверхневий натяг якого зменшує товщину прошарку середовища між пухирцями з утворенням великої поверхні розділення. В той час як в'язкість суміші перешкоджає зниженню товщини прошарку, запобігаючи його розриву і коалесценції пухирців повітря.



Малюнок 1. Класифікація солодких страв

Стабільність білкової піни пояснюють структурно-механічними властивостями адсорбційних шарів і термодинамічною стійкістю рідких прошарків яєчного білка. Вони уповільнюють витікання рідини, знижуючи швидкість зменшення її товщини, що надає півці підвищеної в'язкості та міцності, створюючи пружний каркас, що забезпечує піні властивості твердого тіла.

Також традиційними компонентами, які формують структуру піноподібних страв, тобто сприяють піноутворенню та гелеутворенню, є желатин, манна крупа та пектин.

Перспективною сировиною у складі солодких страв з піноподібною структурою є поверхнево-активні речовини (ПАР), що мають низку переваг: стабільність під час зберігання, зручність у застосуванні, інертність до інших інгредієнтів, що входять до складу готової продукції, зниження собівартості. Їх застосовують, в основному, з метою забезпечення високої піноутворюючої здатності, тобто керованого протікання процесу піноутворення.

Обов'язковими компонентами при виробництві солодких страв з піноподібною структурою крім піноутворювачів, є стабілізатори. Використання цих речовин, особливості їх композицій, забезпечують високу збитість і стійкість структури, оскільки окрім стабілізуючої дії вони призводять до збільшення показників піноутворюючої здатності. З цією метою використовують камеді рослинного та мікробіологічного походження, а також карагінани, агар та ін. Вони зв'язують частину води в сумішах, збільшують їх в'язкість, підвищують здатність до збивання суміші, що призводить до покращення зберігання структури. Стабілізатори, залежно від їх ролі в стабілізації систем поділяються на вологозв'язуючі (желатин) і гелеутворюючі (рослинні камеді, борошно, пектин, карагінан).

Виходячи з вищесказаного, можна зробити висновок, що на процес піноутворення солодких страв та їх стабілізацію безпосередньо впливає наявність піноутворювачів та стабілізаторів. Піноутворювачі володіють здатністю прискорювати формування піни та забезпечувати гомогенне розподілення пухирців газу в процесі інтенсивної обробки суміші, а також розподіляти та фіксувати їх в рідкій фазі. Слід відмітити, що формування піноподібної структури солодких страв досягається за рахунок реалізації функціонально-технологічних властивостей функціональних інгредієнтів, в ролі яких можуть виступати як рецептурні компоненти, так і стабілізатори структури, що вводяться спеціально.

Формування якості готової продукції здійснюється на усіх етапах технологічного процесу її виробництва. При цьому багато технологічних

показників, які забезпечують створення високоякісної продукції, залежать від чинників технологічного процесу виробництва.

Технологічними чинниками, які впливають на піноутворення є: тривалість збивання, теплова обробка, гідромодуль, рН, якість сировини, внесення додаткових компонентів, характеристики устаткування та ін..

Одним із обов'язкових компонентів солодких страв є цукор, який виявляє виражені дегідратаційні властивості. Відомо, що цукор негативно впливає на поверхнево-активні речовини, зокрема, підвищує поверхневий натяг та зменшує міцність міжфазного адсорбційного шару. Однак він також виступає в ролі стабілізатора пінних систем за рахунок збільшення в'язкості водної фази та уповільнює рух бульбашок, що сприяє підвищенню показників стійкості піни.

Іншим важливим компонентом солодких страв з піноподібною структурою є лимонна кислота, яка сприяє покращенню піноутворюючої здатності та стійкості піни білкових систем, а також формує споживчі властивості готової продукції.

Параметри збивання рецептурної суміші визначають органолептичні показники готової продукції, а також стійкість піни, як результат одержання пін з різним дисперсним складом. На початку збивання в піні переважають бульбашки більшого розміру, збільшення тривалості збивання сприяє зменшенню розмірів дисперсної фази. Збільшення діаметру бульбашок повітряної дисперсної фази призводить до зниження стійкості пін та погіршення органолептичних показників продукції.

Теплова обробка також є важливим технологічним фактором в технології виробництва солодких страв з піноподібною структурою, яка спричиняє хімічні зміни в продуктах та сприяє засвоюваності їжі. Під час теплової обробки тваринні білки денатурують, крохмаль клейстеризується, знижується механічна міцність продуктів та утворюються нові смакові речовини.

Отже, технологічний процес виробництва солодких страв з піноподібною структурою, як правило, передбачає стабілізацію піни, яка досягається

введенням стабілізаторів чи окремих рецептурних компонентів – цукру, кислоти, дією низьких температур.

Таким чином і рецептурні компоненти, і технологічні чинники безпосередньо впливають на якість готової продукції з піноподібною структурою, тому встановлення їх впливу та методів керування ними представляє значний науковий та практичний інтерес. Також необхідність регулювання властивостей пін з метою оптимізації показників якості продукції з піноподібною структурою обумовлено збільшеним попитом на дану продукцію, оскільки процеси піноутворення широко застосовують при виробництві мусів, самбуків, пудингів, морозива та ін..

Аналіз численних літературних джерел свідчить, що основою багатьох солодких страв є піна, яка являє собою термодинамічно нестійку дисперсну систему з сильно розвиненою поверхнею поділу, утворення якої супроводжується збільшенням вільної енергії системи.

Піни вносять великий вклад в об'єм і текстуру багатьох харчових продуктів. Вони надають об'єм і характерного смаку таким продуктам, як збиті вершки і морозиво, і легку, повітряну текстуру випеченим виробам. Неправильно сформована або нестабільна піна приводить до отримання щільних продуктів з низьким об'ємом, які не відповідають споживчим характеристикам.

Харчова промисловість та ЗРГ використовують значну кількість піноподібних мас, які умовно можна поділити на піни, які використовуються одразу після приготування (коктейлі, креми), та піни, які можуть зберігатися тривалий час після технологічної обробки (зефір, пастила).

На сьогоднішній день теоретичними аспектами процесу піноутворення залежно від складу інгредієнтів, їх властивостей, способу утворення й стабілізації, а також дослідженням впливу на нього різних технологічних чинників займалися такі вчені, як Ребіндер П.О., Дерягін В.П., Ландау Л.Д., Dickinson E., Просеков О.Ю., Тихомиров В.К., Баканова О.О., Глєбова Н.В., Шур О.О., Котельнікова М.М., Держапольська Ю.І., Гринченко О.О., Пивоваров П.П.,

Горальчук А.Б., Гніцевич В.А., Васильєва О.О., Дорошкевич Р.Ю., Нєміріч О.В.,
Никифоров Р.П., Корецька І.Л. та інші.

Однак, незважаючи на значну кількість робіт не існує однієї загальної теорії утворення та стабілізації пін, що обумовлює подальші дослідження у даному напрямі. Тому вважаємо за необхідне розглянути основні теоретичні положення процесу піноутворення та його стабілізації з метою отримання солодких страв з піноподібною структурою, які б характеризувалися гарною збитістю та стійкістю у часі.

Піни або піноподібні дисперсні системи являють собою дисперсії, що складаються з пухирців газу розділених рідиною, які утворюються при змішуванні рідини з газом чи при внесенні до неї газу. Дисперсія газу в рідині, в якій концентрація газу мала, а товщина рідких прошарків така ж як розміри газових пухирців, називається газовою емульсією або шаровою піною.

Виділяють 2 способи одержання піни:

– диспергаційний – шляхом інтенсивного перемішування рецептурної суміші за атмосферного тиску в присутності піноутворювача. В цьому випадку повітря захоплюється, дробиться на дрібні частинки, а в'язкість маси зростає. При цьому поступово утворюється маса, що являє собою піну.

– конденсаційний – шляхом насичення маси газом за надлишкового тиску.

Літературні дані свідчать, що «чисті» рідини не спроможні утворювати піни достатньо високої стабільності, що підтверджено багатьма вченими на основі уявлень термодинаміки. Однокомпонентна система з достатньо великою поверхнею (плівка, пухирець) швидко руйнується незалежно від значення поверхневого натягу. У таких системах не проявляються чинники стабілізації, які характерні для пін, а процеси їх руйнації відбуваються самовільно і з дуже значною швидкістю. Так, за відсутності надлишку молекул ПАР у поверхневому прошарку, плівки чистих рідин руйнуються під впливом сил тяжіння ще за достатньо великої товщини.

Тихомиров В.К. виділяє такі основні властивості піни: піноутворююча здатність розчину; кратність піни; стабільність піни; дисперсність піни.

З літературних джерел відомо, що дві найважливіші характеристики піни – це об'єм піни та її стабільність. Об'єм піни (або піноутворююча здатність, ПЗ) залежить від здатності піноутворювача до адсорбції на межі розподілу фаз, швидкого зниження поверхневого натягу та швидкості збивання. Стабільність піни (СП) залежить від здатності піноутворювача утворювати стабільні міжфазні плівки і в'язку безперервну фазу.

Іншою важливою характеристикою піни є її дисперсність, яка визначає більшість властивостей та процесів, що протікають в ній, оскільки кінетика зміни дисперсності відображає швидкість внутрішнього руйнування завдяки коалесценції та дифузії газу. Між розмірами бульбашок та стійкістю пін є зв'язок: існує визначений інтервал розміру бульбашок, що має найбільшу стійкість. Цей інтервал зміщено у бік бульбашок меншого розміру, для отримання яких необхідно витратити більше енергії, ніж для отримання великих бульбашок.

У літературі представлено інформацію про вплив різних чинників на властивості піни, які можна розділити на 3 групи:

- пов'язані з присутністю піноутворювача, яким можуть бути колоїдні ПАР або високомолекулярні сполуки. Встановлено, що більшою ПЗ характеризуються ті піноутворювачі, які здатні стабілізувати емульсії першого роду (олія/вода). Слід відзначити, що важливу роль відіграє концентрація піноутворювача;

- пов'язані з властивостями дисперсійного середовища (рідини). Її характеристики зумовлені значенням в'язкості (чим вище в'язкість рідини, тим піна є більш стійкою); водневим показником (рН середовища) та присутністю в рідині низькомолекулярних електролітів. Активна кислотність та електроліти також здійснюють вплив на властивості піноутворювачів;

- пов'язані з зовнішнім впливом: температура, випаровування рідини, механічна дія (вібрація, гомогенізація). Відомо, що з підвищенням температури якісні характеристики пін, зазвичай, погіршуються через збільшення десорбції молекул піноутворювача, більш інтенсивного випаровування рідини з плівок та зниження їх в'язкості. Однак для пін, утворених на основі високомолекулярних

сполук, термічна обробка призводить до переходу рідкого дисперсійного середовища в твердоподібне з утворенням твердої піни, яка є абсолютно стійкою.

Іншим чинником, що впливає на властивості пін, є переведення двофазної піни в трифазну. Механізм стабілізації трифазних пін (газ – рідина – тверді частинки) пояснюють звуженням каналів Плато.

У роботі Баканової О.О. представлено наступну класифікацію чинників, що впливають на властивості пін та процес їх руйнування (мал. 2).



Малюнок 2. Чинники, що впливають на властивості та руйнування пін

Автор також відмічає, що велике значення при одержанні якісної піни має тривалість збивання, конструкція обладнання, частота обертання валу, форма лопастей та їх розташування, а також об'єм завантаження чаші. При збільшенні тривалості збивання збільшується об'єм піни, її дисперсність, а тому й стійкість. На піноутворюючу здатність піни, окрім природи і концентрації піноутворювача,

значно впливають такі чинники, як температура, в'язкість дисперсійного середовища, рН середовища та поверхневий натяг.

Відомо, що збільшення концентрації піноутворювача сприяє збільшенню показників ПЗ розчинів, але до певних значень. Цей факт пов'язують з міцелоутворенням, оскільки при досягненні критичної концентрації міцелоутворення спостерігається максимальний об'єм піни.

Зміна ПЗ зі зміною температури пов'язана з впливом великого числа чинників, що пояснює різну поведінку пін при зміні температури.

В'язкість дисперсійного середовища також тісно пов'язана з температурним чинником. Оскільки до рецептур страв з піноподібною структурою, як правило, входить цукор, збільшення концентрації якого призводить до більш в'язкої рідини в плівках піни, що сповільнює її руйнування і підвищує стабільність. Однак здатність цукру підвищувати поверхневий натяг розчинів значно ускладнює процес їх піноутворення.

Певну роль в піноутворенні розчинів, зокрема білкових, відіграє рН середовища: об'єм і стабільність досягають максимального значення в області, що відповідає ізоелектричній точці білків. Для розчинів неіоногенних ПАР характерна інша поведінка – їх піноутворююча здатність не залежить від рН в інтервалі 3,0...9,0.

Поверхневий натяг є однією з властивостей міжфазної поверхні. Доведено, що зі зменшенням поверхневого натягу розчинів їх ПЗ збільшується, оскільки для отримання піни однакового об'єму потрібно витратити менше роботи.

Науковці розрізняють два види стійкості пін:

- кінетичну (седиментаційну) – здатність зберігати незмінним розподіл частинок дисперсної фази в об'ємі системи, тобто здатність системи протистояти силі тяжіння;

- агрегативну – здатність зберігати незмінними в часі розміри частинок дисперсної фази (дисперсність) та їх індивідуальність.

Агрегативна стійкість визначається термодинамічними, кінетичними і структурно-механічними факторами та базується на дослідженнях Ребіндера

П.О., Дерягіна В.П., Ландау Л.Д., Dickinson E., Іоргачової К.Г., Дорохович В.В.,
Зубченко А.В. та ін..

Відповідно до літературних даних стабільність піни оцінюють за трьома показниками: стійкістю до витікання рідини з плівок (синерезис), зміною дисперсного складу; зменшенням загального об'єму піни.

Синерезису властиві наступні характеристики:

- швидкість синерезису обернено пропорційна збільшенню в'язкості розчину піноутворювача і змінюється обернено пропорційно квадрату кратності, і прямо пропорційно квадрату дисперсності піни;

- швидкість синерезису зменшується зі збільшенням концентрації піноутворювача;

- за однакової кратності і дисперсності швидкість синерезису знижується зі зменшенням висоти стовпа піни;

- зі зниженням температури швидкість синерезису зростає, хоча в'язкість розчину збільшується. Це пов'язано з підвищенням поверхневого натягу, яке призводить до збільшення розміру бульбашок піни.

Таким чином, важливим аспектом в утворенні та стабілізації піноподібних систем є розуміння сил, що діють на піну (табл.1).

У першу чергу, це сила гравітації, яка викликає витікання рідини з плівок між бульбашками. Витікання можна сповільнити, якщо підвищити в'язкість розчину або шляхом введення до розчину твердих частинок, які, потрапивши в канали Плато, зменшать їх «вільний діаметр». Сповільнення витікання рідини через звуження каналів може стати механізмом стабілізації піни з трьома фазами (газ-рідина-тверді частинки). Усі вищезазначені характеристики пін визначають її структурно-механічні властивості. На відміну від рідин піни мають характерні ознаки, що дозволяють розглядати їх як структуровані системи, які характеризуються властивостями твердих тіл.

Таблиця 1

Сили, що діють на піну

Природа сили	Вплив на піну
1	2
Гравітація	Дренаж рідини з піни
Різниця тиску у плівках і каналах	Витікання рідини в канали
Різниця тиску газу в пухирцях різного розміру	Дифузія газу з маленьких пухирців
Перекривання подвійних електричних шарів	Збільшення стійкості піни

Зовнішньо це виявляється в здатності піни зберігати початкову форму певний час. Очевидно, що є зв'язок між структурно-механічними властивостями піни, синерезисом і в'язкістю поверхневих прошарків. Високу в'язкість мають піни, що характеризуються меншою швидкістю витікання рідини і високою в'язкістю адсорбційних прошарків. Ці властивості притаманні розчинам речовин, що містять полярні органічні групи (наприклад, насиченим жирним спиртам або кислотам), які добре адсорбуються на поверхні поділу фаз рідина-газ.

Нестійкість пін викликано надлишком вільної енергії у поверхневому шарі, який розділяє дисперсну фазу та дисперсійне середовище, внаслідок чого погіршуються органолептичні показники готової продукції. Для отримання піноподібної продукції стабільної якості до її складу вносять стабілізатори, які також сприяють покращенню піноутворюючих властивостей. Для збільшення стійкості піни і в'язкості систем, що збиваються, додають агар, желатин та інші речовини. Цим досягається фіксація утвореної піни, надання їй механічної міцності.

Головним чинником стійкості піни у часі є стабілізуючі властивості ПАР. Критеріями оцінки ефективності ПАР є величина адсорбції на межі поділу

рідина – газ, зниження поверхневого натягу, гранична адсорбція. Визначають три основних чинника стійкості: кінетичний (в результаті розтягнення плівки зменшується концентрація ПАР, що призводить до збільшення поверхневого натягу та стабілізації (стягування) міжфазної поверхні), структурно-механічний (значне збільшення в'язкості міжфазного шару у порівнянні з в'язкістю рідини), термодинамічний (поява розклинюючого тиску в каналах в результаті відштовхування подвійних електричних шарів). Кінетичний чинник стійкості пов'язаний з утворенням стабілізуючих адсорбційних шарів ПАР, які зменшують швидкість витікання по каналах та плівкам. Таким чином кінетичний чинник стійкості зумовлено пружністю плівки.

Окрім природи та концентрації піноутворювача на стійкість піни системи впливає активна кислотність середовища (рН) і масова частка цукру. Більшість ПАР стабілізують піну в лужному середовищі. Вплив цукру на показники піноутворюючої здатності носить негативний характер. Отримані авторами експериментальні дані свідчать про значне зниження ПЗ та СП. На зниження даних показників впливає як кількість цукру, так і спосіб його введення. Найкращим способом введення цукру є введення всієї кількості в кінці збивання, що чинить найменший негативний вплив на піноутворюючу здатність.

З урахуванням проведеного аналізу можна стверджувати, що технологічні принципи забезпечення стабільності властивостей продукції з піноподібною структурою базуються на використанні в їх складі функціонально-технологічних інгредієнтів (ФТІ) – загусників, емульгаторів, стабілізаторів, піноутворювачів та інших, що забезпечують фазову стійкість таких систем та перешкоджають седиментації або коагуляції дисперсної фази.

При виборі стабілізатора необхідно враховувати те, що він або повинен збільшувати значення розклинюючого тиску в каналах піни, або значно підвищувати в них в'язкість, практично обмежуючи рух рідини по каналах. Цього можна досягти, знаючи склад і властивості стабілізатора (температуру дії, рН, раціональні концентрації та ін.).

Роль стабілізаторів полягає, як правило, у підвищенні в'язкості дисперсійного середовища, у зв'язку з чим їх вводять до харчової системи на останньому етапі технологічного процесу, коли дисперсна система вже сформована. Уведення стабілізатора на першому етапі не завжди можливе, оскільки висока в'язкість системи ускладнює, а в деяких випадках перешкоджає утворенню необхідної структури.

Аналіз результатів роботи показав, що низькі температури не тільки позитивно впливають на ПЗ, але й частково стабілізують піну. Це пояснюється збільшенням в'язкості системи, за якої спостерігається гідростатична стійкість, що призводить до зменшення дифузії та всмоктування міжплівкової рідини. При цьому сповільнюється зливання дрібних пухирців у великі, що здійснює менш руйнуючу дію на стійкість піни.

Збільшення температури збивання негативно впливає на стійкість пін. Це пов'язано з посиленням теплових коливань адсорбованих молекул, які послаблюють механічну міцність поверхневого шару, утвореного молекулами ПАР.

Необхідно відмітити, що всі вищезазначені чинники: природа й концентрація піноутворювача, температура, в'язкість дисперсійного середовища, рН середовища, значення поверхневого натягу розчинів, наявність електролітів в рідкій фазі, присутність різних інгредієнтів у вигляді твердих частинок, жиромісної сировини здійснюють значний вплив на стабільність піни. Однак ці взаємодії мають особливості характерні для різних піноподібних систем, тому їх потрібно досліджувати для кожного випадку окремо.

Слід відмітити, що в науковій літературі відсутні дані щодо використання нативних крохмалів в якості стабілізатора піни, що визначає необхідність проведення досліджень з метою створення науково обґрунтованих механізмів одержання стабільних піноподібних систем з використанням крохмалю.

Аналіз діючих закладів ресторанного господарства України свідчить, що обсяги виробництва солодких страв за останні роки значно збільшилися, що обумовлено, в першу чергу, споживчим попитом на дану групу продукції.

Дана тенденція проявляється у розширенні мереж спеціалізованих ЗРГ, які пропонують споживачам розширений асортимент солодких страв, як за рахунок оригінальних композиційних рішень, так і використання інноваційних технологій їх виробництва.

Однак, слід зазначити, що дана група продукції представлена, в основному, в ЗРГ, а харчова промисловість випускає досить обмежений асортимент який представлено желе, збитими молочними десертами та молочними коктейлями. Тому розширення даного сегменту є перспективним напрямом, який потребує подальших досліджень.

Численні літературні дані свідчать, що удосконалення технології даної групи продукції здійснюється в багатьох напрямках: застосування напівфабрикатів різного ступеня готовності, підвищення харчової і біологічної цінності, зниження калорійності, використання різноманітних структуроутворювачів, загущувачів, натуральних підсолоджувачів, цукрозамінників та ін..

На кафедрі технології харчування Відкритого міжнародного університету розвитку людини «Україна» (м. Київ) розроблено та впроваджено у виробництво рецептури й технологію десертів з використанням сухих функціональних сумішей «АЕ Panna Cotta Orange», «АЕ Африканська Мрія», «Крем-Брюле». Дані суміші містять такі інгредієнти, як карагінан, камедь плодів рожкового дерева, модифікований крохмаль, що забезпечують необхідну стійку структуру продукту, яка не змінюється протягом певного проміжку часу при зберіганні.

Перспективним напрямом розширення асортименту десертної продукції є використання молочно-білкових напівфабрикатів з молочною сироваткою та камеддю гуара. Функціональні суміші дозволяють отримати десертний продукт з високими показниками якості. Їх використання сприяє збільшенню термінів зберігання готової продукції, підвищенню економічної ефективності виробництва при застосуванні обладнання та закупівлі великої партії напівфабрикату тощо.

Також на основі функціональних напівфабрикатів продукція виготовляється

за спрощеною технологічною схемою. Доведено, що виробництво білкового, вершкового крему, коктейлю, мусу з використанням багатофункціонального напівфабрикату дозволяє скоротити тривалість технологічного процесу без погіршення структури готового продукту.

Аналізуючи сучасні технології виробництва десертної продукції, необхідно відмітити удосконалення її рецептурного складу за вітамінною складовою, нутрієнтним складом та надання їй певних властивостей. З цією метою доцільно використовувати рослинну сировину, багату вітамінами, макро- та мікроелементами, таку як журавлину, ягоди обліпихи, калини та фізалісу.

Використання рослинної сировини у складі десертної продукції є досить перспективним напрямом, оскільки за рахунок їх хімічного складу можна збагатити дану групу багатьма корисними речовинами.

Авторами розроблено мус функціонального призначення з використанням клітковини та олії з насіння розторопші. Збита десертна продукція характеризується підвищеною харчовою цінністю, збалансованим хімічним складом і здатністю поповнювати дефіцит життєво необхідних харчових речовин.

З метою оптимізації рецептури солодких страв та збагачення їх йодом і селеном розроблено технологію десертів «Яблучна піна» підвищеної біологічної цінності з використанням ламінарії та шроту бразильського горіха й гарбузового самбуку «Осілля насолода» з ламінарією. Розроблені десерти є продукцією функціональної дії, які можна рекомендувати до вживання дорослим і дітям з метою профілактики захворювань щитовидної залози, що сприятиме покращенню здоров'я й самопочуття споживачів.

Колективом авторів КНТЕУ та Інституту гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзеєва АМНУ запропоновано спосіб виробництва мусу, що включає приготування мусу шляхом теплової обробки молока, тертого шоколаду, манної крупи, цукрової пудри та вершкового масла, охолодження і введення до отриманої маси під час збивання біологічно активної добавки «Йодоселен», попередньо змішаної з ванільною пудрою, розлив готового мусу у формочки і

охолодження протягом 6 годин. Даний мус відрізняється тим, що під час його приготування на стадії збивання до рецептурної суміші додають біологічно активну добавку "Йодоселен" у кількості 1,0 % від маси мусу. Запропонований спосіб дозволяє отримати страви з покращеними смаковими властивостями, підвищеної харчової, біологічної цінності та зниженої калорійності.

Відомий спосіб виробництва ягідного мусу з калини звичайної, обліпихи крушинової, який передбачає набрякання желатину, його розчинення за температур 40...45°C, змішування з цукровим сиропом і пюреподібною масою, нагрівання до 85...90°C, охолодження до 30°C, збивання і наступне драглеутворення. Запропонований мус відрізняється тим, що отримання пюреподібної маси відбувається шляхом обробки ягід у вихровому шарі феромагнітних частинок обертаючого електромагнітного поля з величиною магнітної індукції 0,13 Тл протягом 50...55 с за швидкості обертання поля 3000 об/хв. і відокремлення насіння за допомогою центрифугування.

Науковцями ХТЕІ КНТЕУ розроблено технологію десертної продукції геродієтичного призначення із застосуванням композицій рослинного походження (продуктів переробки водоростей, злакових та олійних культур) та технологію напоїв функціонального призначення з використанням фізіологічно-активної сировини (молочної сироватки, пектину – зостерин, розчину гідратованих фулеренів (ВРГФ – C₆₀H_yF_n)). Дослідженнями встановлено, що збагачення десертної продукції та напоїв функціонального призначення добавками рослинного походження та фізіологічно-активною сировиною значно впливає на формування показників їх якості. Також, встановлено, що дана сировина здійснює позитивний вплив на органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники розробленої продукції.

Чисельними дослідженнями фахівців доведено, що використання натуральної рослинної сировини з метою структуроутворення дозволяє не тільки розширити асортимент харчової продукції, але й відмовитися від харчових добавок хімічної природи та раціонально застосовувати місцеві ресурси.

Так, авторами було встановлено можливість використання напівфабрикату

з топінambuра та кизилу (НТК) у технології самбуків до 100% заміни фруктового пюре при одночасному зменшенні вмісту цукру та яєчного білка. Висока збитість пояснюється наявністю високомолекулярних полімерів у складі топінambuра – пектинових речовин, білка, клітковини, здатних зміцнювати структуру страв, а здійснена оптимізація процесу збивання суміші дозволила визначити раціональні показники збитості харчової системи з використанням НТК.

Науковцями пропонується використання в технології кремів – солодких страв порошку з топінambuру. Отримані креми характеризуються покращеними споживчими характеристиками, підвищеною харчовою цінністю та можливістю їх вживання у дієтичному харчуванні.

З огляду на вищезазначене авторами здійснено розробку технології кремів з використанням порошку топінambuра, вершків, вершкового сиру та яєць. Обґрунтовано вибір сировини для виробництва вершкового крему, розроблено технологічну схему його виробництва.

Авторами запропоновано технологію мусу лікувально-профілактичного призначення, що містить яблука, крупу манну, воду, який відрізняється тим, що додатково містить пектиновмістну харчову добавку «Вітапектин» та мед. Завдяки емульгуючим, стабілізуючим та піноутворюючим властивостям харчової добавки «Вітапектин», мус краще та легше збивається, характеризується більшим об'ємом, має кращу консистенцію та більш виражений смак та аромат фруктів. Це пов'язано з тим, що харчова добавка підсилює смак та запах основних інгредієнтів і добре їх доповнює.

Іншими розробками даного колективу авторів є технологія солодких страв з використанням фруктових порошків (зокрема, самбуку з додаванням 4,0% яблучного кріопорошку) та смузі на зерновій основі (проса, вівса, льону, пшеничних висівок, проса з ламінарією). Проведені дослідження стверджують, що розроблені солодкі страви характеризуються високою біологічною активністю, збільшеним вмістом вітамінів, мінеральних речовин, харчових волокон і рекомендовані для лікувально-профілактичного харчування населення.

Колективом авторів запатентовано рецептурний склад солодкої збивної страви, який включає молочну основу, молоко цільне, яйця курячі, цукор білий, желатин, ванілін, воду, причому як молочну основу використовують вершки та додатково вносять порошок з апельсинів (чи яблук), отриманий способом холодного розпилювального сушіння.

На підставі аналізу органолептичних та фізико-хімічних показників, хімічного складу визначено вміст порошку з апельсинів, який знаходиться в межах 9,0...11,0% (або 7,0...9,0% порошку з яблук), що дозволяє покращити споживні властивості: надати пінної структури, високих смакових властивостей, знизити енергетичну цінність та розширити асортимент даної групи продукції.

Науковці вважають, що перспективним напрямом розроблення технології страв з пінною структурою є створення продукції без цукру з широким спектром овочево-ягідної сировини (буряк, квасоля, картопля, капуста, кабачки, морква, селера (корінь), хрін, яблука та журавлина). Так, для приготування самбуків на першому етапі отримують овочево-ягідну основу шляхом попередньої її термообробки та подрібнення до утворення однорідного пюре. На другому етапі желатин розчиняють у воді, додають до підготовленого пюре, перемішують з додаванням білків яєць. Потім збивають протягом 20...25 хв до утворення пишної пінної маси. На заключному етапі проводять охолодження готової суміші та здійснюють розлив у форми за температури 6...8°C. Дослідивши структурно-механічні показники збитих страв: дисперсність та пористість, виявлено, що самбуки характеризуються високою дисперсністю та щільністю, тим самим запобігаючи швидкому руйнуванню структури при меншій кількості пор. При цьому готові страви мають більшу пористість, забезпечуючи пінну та ніжну консистенцію.

Науковцями НУХТ розроблено технологію збитих десертів типу самбук з використанням фруктового та овочевого пюре на основі агару і пектину вітчизняного та зарубіжного виробництва, що мають профілактичне значення. Завдяки додаванню пюре з яблук, гарбуза та хурми солодкі страви збагачуються йодом, набувають радіопротекторних, антиоксидантних властивостей, а її

виробництво не потребує ускладнення технології та додаткового матеріального оснащення. Авторами встановлено, що більш доцільним структуроутворювачем є пектин. Найкращі показники якості самбуків отримано при додаванні структуроутворювача в кількості 6 г, цукру – 140 г, інвертного цукру – 30 г, кількість пюре залежить від вмісту сухих речовин.

Авторами розроблено спосіб виробництва мусу, що включає підготовку сировини, дозування компонентів, їх змішування, брикетування, який відрізняється тим, що на стадії підготовки сировини здійснюється попереднє оброблення манної крупи інфрачервоним випромінюванням за температури 155...165°C та подальше її екструзійне оброблення за температури 135...145°C.

Багато робіт зарубіжних та вітчизняних учених присвячено розробці технологій використання молочного білка як піноутворюючого агента в збитих молочних стравах. Так, В.П. Ануфрієв запропонував піноутворюючі композиції на основі казеїнату натрію, модифікованого крохмалю та пшеничного борошна. Зазначено, що якісні показники піни, отриманої з використанням даних композицій, кращі, ніж у яєчного білка. Широко використовуються концентрати молочної сироватки у виробництві морозива. З.С. Зобкова та Л.Г. Митник у своїх дослідженнях доводять доцільність використання піноутворюючих агентів – молочно-білкових концентратів у виробництві збитих молочних десертів.

Авторами зроблено висновок, що в сучасних технологіях збитої продукції не повною мірою реалізується функціонально-технологічний потенціал знежиреного молока (ЗМ) і рослинної сировини, та про доцільність використання білкових речовин ЗМ і пектинових речовин рослинної сировини в технологіях збитої десертної продукції (ЗДП). На підставі аналізу наукових літературних джерел доведено, що одним з перспективних шляхів використання ЗМ в технологіях ЗДП є концентрування білкових речовин шляхом термокислотної коагуляції з наступним переведенням казеїну лужним гідролізом в розчинний стан. Встановлено, що рослинна сировина з кислим середовищем може виступати чинником термокислотної коагуляції білків ЗМ.

Дослідниками ХДУХТ запропоновано спосіб виробництва збитого кисломолочного десерту, який передбачає попередню підготовку компонентів, пастеризацію суміші, змішування з кисломолочною основою, додавання суміші цукру та смакового наповнювача, перемішування та охолодження, збивання і стабілізацію збитого продукту. Даний десерт відрізняється тим, що як кисломолочну основу використовують молочно-білковий концентрат зі сколотин (МБК), як рідинний компонент сколотини, як стабілізатор структури – ксантан. Ксантан замочують в сколотинах для набрякання за температури $30 \pm 5^{\circ}\text{C}$, розчинюють за температури $35 \pm 5^{\circ}\text{C}$ протягом 80 ± 10 хвилин, а потім пастеризують протягом 5 хвилин. Суміш перемішують з підготовленим МБК у співвідношеннях 33...40:67...60, збивають протягом 5...7 хвилин та здійснюють стабілізацію структури протягом 2...3 годин. Готовий продукт характеризується підвищеною піноутворюючою здатністю та стійкістю піни та може зберігатися тривалий час. Технологію можна реалізовувати як в підприємствах молочної промисловості, так і в закладах ресторанного господарства.

У науковій літературі зустрічаються відомості про використання піноутворювачів, у тому числі з молока та сколотин. При їх застосуванні піна набуває дрібнозернистості та є досить стійкою. Сьогодні високоефективні піноутворювачі виготовляють з молочної сироватки одержуючи концентрати сироваткових білків методом ультрафільтрації, які потім висушують. Такий концентрат характеризується високою піноутворюючою здатністю та стійкістю піни. Велике значення приділяється використанню в якості піноутворювача білків цільної крові забійних тварин або її плазми. Підвищенню піноутворюючої здатності сприяє використання соєвого білкового гідролізату.

Дослідниками надано наукове обґрунтування складу морозива вершкового, молочно-шоколадного, вершкового з яйцем, з рослинними жирами і CO_2 -екстрактами. Встановлено раціональні концентрації і співвідношення рецептурних компонентів (молока, вершків, молока сухого знежиреного, масла вершкового, замінника молочного жиру, кріопорошків апельсину, манго, мандарину, підсолоджувала стевії, стабілізаторів-емульгаторів, борошна

ляного, рисового, кукурудзяного і вівсяного, молочної сироватки, меду), які забезпечують високі споживчі та лікувально-профілактичні властивості готового продукту.

Авторами розроблено молочний десерт з пінною структурою з використанням j-карагінану та k-карагінану. Процес збивання рецептурної суміші забезпечується завдяки присутності в її складі поверхнево-активних речовин. Запропоновано використовувати у складі десерту як структуроутворювачі модифікований крохмаль, j-карагінан, k-карагінан, агар, ксантан, високоестерифікований пектин. Ці речовини забезпечують стабілізацію колоїдних систем, у тому числі з пінною структурою на основі молочної сировини.

Науковцями запропоновано спосіб отримання мусу з використанням каппа-карагінану з якісно зміненими функціонально-технологічними властивостями, який включає приготування структуроутворювача, додавання його у відвар з плодово-ягідної сировини, внесення цукру, віджатого соку, кислоти лимонної, охолодження та збивання до перетворення суміші на пухку масу. Як драглеутворювач використовується каппа-карагінан з покращеними функціональними властивостями за рахунок функціональних добавок: триполіфосфату натрію, цитрату кальцію, альгінату натрію та хлористого кальцію.

Вченими НУХТ досліджено властивості модифікованих крохмалів: «MicrolysFH02», «SwelyGelSoft», «ColdSwell» з метою їх застосування у виробництві виробів піноподібної структури. Встановлено, що модифіковані крохмалі володіють здатністю до поглинання великої кількості води, що в десятки разів перевищує їх власну масу. Застосування цих крохмалів сприяє стабілізації піноподібних структур, а крохмаль «ColdSwell» значно покращує процес піноутворення. Автори констатують, що усі вищезазначені крохмалі позитивно впливають на стійкість піни і є стабілізаторами піноподібної структури.

Серед чисельних розробок та інновацій в технології солодких страв з піноподібною структурою є спосіб одержання мусу тривалого зберігання, який містить керовану емульсію типу «жир у воді», в якому співвідношення жирової фази до водної фази становить від 25:75 до 60:40.

Даний винахід відноситься до мусів тривалого зберігання, які не потрібно зберігати за низьких позитивних температур, і до кондитерського виробу, який містить такий мус як оздоблювальний напівфабрикат. Метою винаходу є одержання мусу тривалого зберігання, який забезпечує відчуття у роті, подібне до традиційних шоколадних мусів та є кращим за споживчими характеристиками, ніж наявні на ринку аналогічні продукти тривалого зберігання.

Мус може бути отриманий шляхом приготування жирової та водної фаз окремо, додаванням жирової фази до водної на швидкості, що дозволяє протягом певного часу за допомогою перемішування сформувати емульсію та піддати її аерації при застосуванні високообертового міксера. В іншому варіанті, жирова та водна фази можуть бути поєднані, а суміш піддана аерації.

Аналіз інформації щодо інновацій в технології солодких страв з піноподібною структурою показав, що усі вищезазначені технологічні рішення передбачають або використання нових інгредієнтів у їх складі, або нових технологічних підходів, що забезпечують сталі показники готової продукції. Однак, в літературних джерелах відсутня інформація щодо використання крохмалів у їх складі як структуроутворювачів, що потребує проведення експериментальних досліджень.

Запропонований підхід дозволить отримати муси тривалого зберігання та надасть можливість їх виробництва, як у закладах ресторанного господарства, так і на підприємствах харчової промисловості.

10.1.2 Організація, предмети, матеріали та методи дослідження

Предметами дослідження у роботі є:

- водні розчини ГПМЦ D5, ГПМЦ D50, ГПМЦ D4000, E471, E481 та E432 (Твін 20) в діапазоні концентрацій 0,1...0,3 %;
- суспензії пшеничного крохмалю за вмісту крохмалю 8,0% та Твін 20 – 0...0,3%;
- модельні системи «пшеничний крохмаль – Твін 20» за вмісту крохмалю 2,0...14,0%, Твін 20 – 0,1...0,3%;
- модельні системи «пшеничний крохмаль – Твін 20 – цукор» за вмісту крохмалю 8,0%, Твін 20 – 0,25%, цукру – 0...20,0 ;
- модельні системи «пшеничний крохмаль – Твін 20 – лимонна кислота» за вмісту крохмалю 8,0%, Твін 20 – 0,25%, лимонної кислоти – 0...1,0%;
- модельні системи «пшеничний крохмаль – Твін 20 – цукор – лимонна кислота» за вмісту крохмалю 8,0%, Твін 20 – 0,25%, цукру – 10,0%, лимонної кислоти – 0...1,0%;
- плодови та овочеві муси з використанням пшеничного крохмалю.

Кількість рецептурних компонентів визначалася за допомогою вагів електронних CERTUS із межами зважування 0,01...0,30 кг, ціною розподілу 0,01 кг.

Розчини ПАР отримували шляхом внесення необхідної кількості ПАР у дистильовану воду за температури $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ з подальшим нагріванням.

Суспензії пшеничного крохмалю (СПК) одержували суспендуванням сухого крохмалю з дистильованою водою за температури $20\pm 2^{\circ}\text{C}$. Оклеїстеризовані крохмальні дисперсії отримували шляхом нагрівання СПК за певних технологічних параметрів.

Модельні системи отримували перемішуванням суспензій пшеничного крохмалю з розчинами Твін 20, цукру та лимонної кислоти і подальшою термообробкою.

Модельні системи для визначення ефективної в'язкості готували наступним чином: за температури 20°C з'єднували складові модельної системи з дистильованою водою та нагрівали при постійному перемішуванні на водяній бані до 60°C. Прогріті системи переносили до вимірювального вузла ВПН-0,2, який був попередньо встановлений в термостаті за температури 60°C, залишали на $(5...7) \cdot 60$ с для відновлення температури, після чого здійснювали вимірювання. Після зняття показань температуру в термостаті підвищували на 5°C і після досягнення заданої температури знову знімали значення приладу. Нагрівання здійснювали при перемішуванні.

Модельні системи для визначення піноутворюючої здатності та стійкості піни готували наступним чином: за температури 20°C з'єднували складові модельної системи з дистильованою водою та нагрівали при постійному перемішуванні на водяній бані до 60, 70, 80 чи 90°C після чого піддавали збиванню протягом 3×60 с за відповідної температури.

Характеристику крохмалю пшеничного (ТОВ «Бакалійна справа») зазначено в табл. 2.

Характеристику поверхнево-активних речовин, представлених фірмою «Appli Chem GmbH» (Німеччина), зазначено в табл. 3.

Сировина та матеріали, що використовували для виробництва мусів, відповідали вимогам діючої нормативної документації: цукор білий за ДСТУ 4623, лимонна кислота за ДСТУ 908, сорбат калію (Е 202), плодові й овочеві соки та пюре за діючою нормативною документацією та дозволені до використання Центральним органом виконавчої влади в сфері охорони здоров'я.

Таблиця 2

Характеристика крохмалю пшеничного

Найменування показника	Фактичне значення
1	2
Зовнішній вигляд	Білий тонко дисперсний порошок
Запах	Властивий, нейтральний
Волога, %	13,0

Продовження таблиці 2

Білки на СР, %	0,3
Крохмаль на СР, %	97,0
Значення рН	6,0...7,0
Зола на СР, %	0,2
Ситовий аналіз частинок > 200 мкм, %	2,0
Насипна щільність, кг/м ³	500...600
КМАФАМ, КУО/г не більше	1·10 ⁴
Плісень, КУО/г не більше	200
Дріжджі, КУО/г не більше	200
БГКП в 1 г, Сальмонела в 25 г	Не допускається

Таблиця 3

Характеристика поверхнево-активних речовин

Найменування показника	Характеристика показника
1	2
Е 432 (Твін 20, поліоксіетиленсорбітан монолаурат)	
Зовнішній вигляд	Жовтувата, в'язка рідина
Густина (d _{20°/4°})	1,095...1,105
Число омилення	40...50
Гідроксильне число	100
ГПМЦ (гідроксипропілметилцелюлоза)	
Зовнішній вигляд	Білий порошок
Насипна маса, г/мл	0,45...0,55
Вміст метоксильних груп, %	19,0...24,0
Вміст гідроксипропілоксигруп, %	6,0...8,5
Зольність, %	≤ 1,0
Вологість, %	≤ 5,0

Піноутворюючу здатність та стійкість піни визначали за методом Лур'є.

Розрахунок піноутворюючої здатності (ПЗ, %) здійснювали за формулою:

$$ПЗ = \left(\frac{(V_n)}{(V_p)} \right) \cdot 100, \quad (1)$$

де V_n – об'єм піни, мл;

V_p – об'єм розчину до збивання, мл.

Розрахунок стійкості піни (СП, %) здійснювали за формулою:

$$СП = \left(\frac{(B_n^{15})}{(B_n)} \right) \cdot 100, \quad (2)$$

де B_n^{15} – висота піни через 15×60 с після збивання, м;

B_n – початкова висота піни, м.

Піноутворюючу здатність та стійкість піни модельних систем визначали шляхом їх збивання протягом 3×60 с та заміру результатів, отриманих одразу після збивання, та після 15×60 с від початку збивання.

Поверхневий натяг (σ , Н/м) водних розчинів ПАР визначали за допомогою сталагмометра методом підрахунку крапель. Розрахунок здійснювали за формулою:

$$\sigma = \frac{\sigma_0 \cdot n_0}{n} \quad (3)$$

де σ_0 , n_0 – поверхневий натяг та число крапель для дистильованої води;

n – кількість крапель для розчину, що досліджується.

Динамічну або ефективну в'язкість (η , Па·с) зразків визначали на віскозиметрі постійної напруги ВПН – 0,2М []. Визначення ефективної в'язкості здійснювали за формулою:

$$\eta = k \cdot U \cdot T \cdot A \quad (4)$$

де k – постійна вимірювального вузла, Па/В;

U – напруга керування, В;

T – період обертання, с;

A – коефіцієнт форми вимірювального вузла.

Швидкість зсуву ($\dot{\gamma}$) визначали за формулою:

$$\dot{\gamma} = \frac{1}{T \cdot A} \quad (5)$$

За отриманими даними будували криві течії $\eta = f(\dot{\gamma})$.

Для визначення в'язкості модельних систем порівнювали значення в'язкості з однаковою швидкістю зсуву, яку обирали в області мінімальної в'язкості

зруйнованої структури.

Реологічні характеристики ОКД під час нагрівання визначали на амілографі Брабендера. Початкова температура становила 25°C, збільшення температури нагріву відбувалося з інтервалом 1,5°C за хвилину. В'язкість дисперсій виражали в умовних одиницях амілографа від 0 до 1000.

Енергетичні (ентальпійні) зміни ОКД визначали методом диференціально-скануючої калориметрії. ДСК проводили для 8,0 %-вих крохмальних суспензій в температурному інтервалі 20...100°C за надлишкового тиску 0,25 МПа і швидкості сканування 1°C/хв.

З метою оптимізації технологічних параметрів одержання мусів з використанням пшеничного крохмалю використовували математичне моделювання, зокрема, кореляційно-регресійний аналіз.

Для опису залежностей між вихідними змінними і вхідними параметрами обрано неповну квадратичну модель виду (6), яка дає можливість експериментальним шляхом обрати їх оптимальні поєднання.

$$Ai(x, y, z) = ai_k + ai_k \cdot x + ai_k \cdot y + ai_k \cdot z + ai_k \cdot x^2 + ai_k \cdot y^2 + ai_k \cdot z^2 + ai_k \cdot x \cdot y + ai_k \cdot x \cdot z + ai_k \cdot y \cdot z \quad (6)$$

де ai_k – коефіцієнти математичної моделі;

$i=1,2$ – показник якості продукту (Y1, Y2);

k – коефіцієнти математичної моделі ($k=1 \dots 10$).

Для визначення коефіцієнтів моделі обрано оптимальний насичений план D, який складається з 10 дослідів і не передбачає перевірку всіх комбінацій вхідних величин, як у плані повнофакторного експерименту, але за точністю відтворення математичної моделі наближається до нього (табл. 4). Числові значення моделі представлені у кодованому вигляді (-1; 0; 1)).

Таблиця 4

Таблиця плану експерименту

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	0	0
Y	-1	1	-1	1	1	0	0	-1	-1	0
Z	1	-1	-1	1	0	1	-1	0	1	0

Побудовану матрицю експерименту G , яка враховує обраний вид математичної моделі (6) та визначені коефіцієнти моделі, що описують залежність зміни вихідних показників від параметрів технологічного процесу.

Визначення коефіцієнтів моделі здійснювали за формулою:

$$a_i = (G^T \cdot G)^{-1} \cdot G^T \cdot Y_i \quad (7)$$

де Y_i – вектори, що визначають показники якості ($i=1,2$).

Оптимальні параметри технологічного процесу виробництва мусів знаходили з використанням програм, які входять до складу пакету MathCAD для розв'язання задач оптимізації. Для об'єктивного судження про ступінь вірогідності отриманих даних проводили математичну обробку результатів досліджень.

Мікроскопіювання зразків для визначення діаметру повітряних бульбашок здійснювали за допомогою мікроскопу «Біолам» з цифровою камерою ScoreTek DCM-130E 1.3 Мр з одержанням фотографій за допомогою програмного засобу ScorePhoto 3.0. Обробку фотографій проводили за допомогою програмного засобу з відкритим вихідним кодом ImageJ 1.47. Отримані розмірні характеристики пін статистично обробляли за допомогою програмного засобу Microsoft Excel.

Органолептичний аналіз готової продукції проводили з використанням п'ятибальної шкали.

Хімічний склад мусів визначали наступними методами досліджень: масову частку вологи – шляхом висушування зразків у сушильній шафі за температури 130 °С, загальний вміст білка – методом К'ельдаля, вміст жирів – кислотним методом, вуглеводів – фериціанідним. Для встановлення вмісту золи використовували муфельну піч, в якій спалювали наважку за температури 450...500°С.

10.1.3 Наукове обґрунтування технологічних параметрів одержання та стабілізації піноподібних систем з використанням пшеничного крохмалю

Моніторинг асортименту солодких страв показав, що продукція, яка представлена на ринку, постійно потребує оновлення згідно з сучасними трендами розвитку технологій та проявляє ефект «втомлюваності» у часі. Це виявляється у незадоволенні в повній мірі потреб споживачів, що диктує необхідність удосконалювати технологічні підходи з її виробництва. Динамічний розвиток вищезазначеного сегмента визначає доцільність удосконалення існуючих технологій та розробки нових.

Необхідно зазначити, що в ланцюгу реалізації солодких страв споживачам заклади ресторанного господарства не є безпосередніми учасниками роздрібної торгівлі, оскільки, як правило, не виробляють продукцію тривалого зберігання через відсутність науково-технологічних принципів виробництва та виробничого менеджменту.

Проведені маркетингові дослідження свідчать, що сегмент збитої десертної продукції тривалого зберігання, в тому числі з пінною структурою, не є насиченим і не задовольняє попит споживачів. Зазначено, що головним принципом заповнення даної ніші є більш повна реалізація сировинного потенціалу, який покладено до основи функціонування галузі. Також зазначено, що лідером у виробництві даної групи продукції є молочна промисловість, яка пропонує споживачам десертну продукцію на молочній основі (сир кисломолочний, молоко коров'яче, йогурт) з різними наповнювачами. Вона представлена, в основному, десертами ТМ «Дольче», «Чудо» та «President». Відмічено, що за наявності реалізації індустріальних принципів виробництва збитої десертної продукції, ЗРГ здатні заповнити існуючий сегмент і скласти гідну конкуренцію провідним виробникам.

Одним із напрямів удосконалення технології солодких страв з піноподібною структурою є використання в рецептурному складі інгредієнтів, реалізація

функціонально-технологічних властивостей яких дозволить забезпечити отримання кінцевої продукції зі стабільними показниками якості, новими споживчими властивостями та реалізувати технологічний процес з вираженими індустріальними ознаками виробництва.

Проведений аналіз літератури щодо тенденцій виробництва солодких страв показав, що існуючі наукові досягнення в обраному сегменті не реалізуються повною мірою через відсутність сучасних актуалізованих технологій. Встановлено, що до рецептурного складу багатьох солодких страв входять модифіковані крохмалі, на частку яких припадає значна питома вага, гідроколоїди та ПАР. Крохмалі, властивості яких змінено фізичними, хімічними чи біохімічними впливами виконують роль згущувачів та сприяють утворенню й стабілізації емульсійних систем. Однак технологій кулінарної продукції, яка базується на реалізації вищезазначених властивостей існує обмежена кількість. Крохмалів, які б характеризувалися піноутворюючими властивостями та використовувалися у рецептурах солодких страв з піноподібною структурою у літературі не було виявлено.

Враховуючи вищезазначене виникає необхідність корегування властивостей нативних крохмалів з метою їх реалізації в технології солодких страв з піноподібною структурою, яке може бути здійснено шляхом сумісної взаємодії «крохмаль-ПАР».

Слід зазначити, що, як правило, утворення гетерогенної структури харчової продукції з пінною структурою суттєво відрізняється і протистоїть принципам її стабілізації. Це досягається введенням до харчової системи речовин, які характеризуються піно- та структуроутворюючими властивостями, таких як білки молока, меланж, желатин та похідні целюлози, полісахариди різноманітної природи (ксантан, карагінан, гуарова камедь та ін.). Традиційною операцією технологічного процесу їх виробництва є різка зміна параметрів обробки, таких як теплова чи холодильна, що призводить до фіксації пінної структури солодких страв. Але такий підхід ускладнює технологічний процес як за складом, так і за довжиною технологічного ланцюга.

Враховуючи вищезазначене технологія виробництва солодких страв з піноподібною структурою потребує корегування технологічного процесу, що дозволить реалізувати її не тільки в умовах харчових виробництв але й набути широкого поширення в ЗРГ.

З урахуванням аналітичних досліджень сформульовано робочу гіпотезу, згідно з якою кероване регулювання динамічних фазових переходів пшеничного крохмалю разом з ПАР дозволить реалізувати технологію мусів, а також запровадити індустріальні методи їх виробництва.

Удосконалення технології мусів полягає в науковому обґрунтуванні закономірностей одержання пінних систем з використанням пшеничного крохмалю й низькомолекулярних ПАР та їх стабілізації, що дозволить отримати піноподібну структуру та забезпечити її стабільність у часі. Характеристики інноваційного продукту та шляхи реалізації робочої гіпотези наведено в табл. 5.

З урахуванням функціональних властивостей речовин та способів їх обробки, вирішення проблеми значно звужується, бо існує незначна кількість речовин, які б зберігаючи спорідненість з дисперсійним середовищем, були б здатні утворювати нову фазу.

З цієї точки зору крохмаль – унікальна речовина, яка є гетерогенною системою, оскільки «клейстер» являє собою дисперсну систему, що характеризується певною щільністю. Залежно від параметрів технологічного процесу питомий показник щільності крохмального клейстеру можна регулювати.

Таблиця 5

Інноваційний задум нового продукту

Показник	Характеристика показника	Шляхи реалізації
1	2	3
Задум товару	Готовий до споживання мус (фасована страва для роздрібної мережі та ЗРГ), виготовлений з використанням пшеничного крохмалю та натуральної плодово-овочевої сировини. Отриманий шляхом реалізації технологічного процесу, до основи якого покладено фазові переходи крохмалю із використання ПАР. Характеризується високими органолептичними показниками характерними, які притаманні мусу	Досягається шляхом експериментальних досліджень із застосуванням математичних моделей
Характеристика товару	Зовнішній вигляд: продукт прямокутної чи круглої форми. Консистенція: піноподібна, пишна, дрібнопориста, однорідна за дисперсністю по всій масі, нетекуча, стійка. Колір, запах, смак добре виражені, властиві вхідним рецептурним компонентам, без сторонніх домішок. Колір характерний плодовій чи овочевій сировині. Запах приємний, добре виражений. Смак помірно солодкий	Досягається підбором сировини та забезпеченням реалізації технологічного процесу на основі фазових переходів крохмалю
Концепція товару	Готовий до споживання мус з відповідними органолептичними та фізико-хімічними показниками. Характеризується сталими показниками якості протягом усього терміну зберігання	Маркетингові дослідження ринку збитої десертної продукції
Вартість, цільовий сегмент	Має середню вартість, яка є прийнятною для споживачів з різним рівнем доходу	Економічні розрахунки, підбір складових компонентів
Пакування	Упаковується в пластикову тару місткістю 100...150 г	Асептичне пакування фасувальною машиною

Інноваційний задум нового продукту полягає в:

- розробці технології плодово-ягідних чи овочевих мусів з використанням пшеничного крохмалю та передбачає отримання мусу, який володіє певними конкурентними перевагами у порівнянні з традиційною технологією;
- реалізації індустріального підходу виробництва мусів.

У межах сформульованої робочої гіпотези з метою виробництва мусів індустріальним способом необхідним є реалізація динамічних фазових переходів функціональних речовин за таких умов:

- речовини, які задіяні в технологічному процесі повинні мати виражені фазові переходи з отриманням технологічного ефекту (наприклад, золь-гель переходи для білків чи золь (розчин ВМС)-гель переходи для термотропних полісахаридів);

- на першому етапі реалізації технології отримати термодинамічно нестабільну піну, яка на другому етапі безперервного технологічного процесу набуде стабілізації шляхом впливу додаткової механічної дії та теплової енергії;

- реалізувати технологічний процес отримання піноподібної структури та її фіксації в режимі одновекторного теплового потоку нагріванням.

Забезпечення реалізації технологічної задачі може бути здійснено за рахунок сумісного використання ПАР, які характеризуються високою здатністю до піноутворення, з пшеничним крохмалем, що дозволить отримати нефіксовану пінну систему з заданими показниками, як етапу неперервного технологічного процесу. Окрім цього використання пшеничного крохмалю в рецептурному складі мусів буде сприяти фіксації пінної системи шляхом введення додаткової механічної та теплової енергії на етапі виробництва.

Важливим моментом запропонованої технології є контроль процесу гідратації складових крохмалю, що забезпечується використанням певних за величиною температур. За цих умов ступінь гідратації крохмальних дисперсій може бути різним, тобто за певних (знижених) температур, наприклад 10,0 мас.% суспензія крохмалю може проявляти ефект 4,0 мас.% крохмального клейстеру, повністю оклейстеризованого. Тому використання певних температурних пауз в процесі клейстеризації крохмалю надасть можливість оклейстеризувати ту кількість крохмалю, яка буде відповідати його масовій концентрації піноутворення. За цих умов необхідно здійснити процес збивання, до утворення пінної структури, і в одновекторному режимі здійснити додаткове нагрівання,

що дозволить оклейстеризувати решту крохмалю, досягнувши ефекту концентраційної стабілізації піни з отриманням кінцевого продукту.

Таким чином отримання солодких страв з піноподібною структурою з використанням крохмалю можна регулювати зміною властивостей поверхонь учасників процесу. Утворення додаткових поверхонь в гетерогенних системах потребує збільшення величини роботи, що може бути реалізовано шляхом введенням ПАР, які займають місце на утворених поверхнях і надають системі додаткового технологічного ефекту. За цих умов технологічний процес є неперервним, здійснюється за високих температур, що досягають значень пастеризації і дозволяють отримати продукцію тривалого терміну зберігання.

На даний час в літературі існує достатньо інформації щодо застосування різних ПАР в технологіях солодких страв з піноподібною структурою. Так широкого використання набули ПАР, які мають низку переваг: стабільність під час зберігання, зручність у застосуванні, інертність до інших інгредієнтів, що входять до складу готової продукції. ПАР в технологіях солодких страв застосовують, в основному, з метою забезпечення умов утворення стійкої піни та структури під час їх виробництва. Вибір конкретної ПАР має базуватися з урахуванням їх характеристик: гідрофільно-ліпофільного балансу (ГЛБ) та її функціональних властивостей. Численні літературні дані свідчать, що найбільш розповсюдженими піноутворювачами та стабілізаторами піни є білкові речовини, наприклад яєчний білок та желатин. Проведений аналіз рецептурного складу солодких страв з піноподібною структурою показав, що в якості піноутворювача використовують похідні целюлози (ГПМЦ), Е471, Е481 та Твін 20 (Е432). Обґрунтування виду та концентрації ПАР необхідно здійснювати з урахуванням їх піноутворюючої здатності та можливості реалізації в технологічному процесі виробництва мусів. Виходячи з цього нами обрано шість ПАР (табл. 6), які характеризуються різним значенням ГЛБ та відповідно різною піноутворюючою здатністю й найчастіше використовуються у складі солодких страв з піноподібною структурою. Науковий інтерес дослідження вищезазначених ПАР полягає у встановленні показників піноутворюючої

здатності, стійкості піни та поверхневого натягу модельних систем «вода-ПАР» залежно від концентрації обраних речовин та температури обробки. Необхідним є досягнення максимальної піноутворюючої здатності оскільки подальша її стабілізація буде приводити до зниження значень даного показника. Дві найважливіші характеристики піни – це її об'єм та стабільність. Об'єм піни залежить від здатності піноутворювача до адсорбції на межі розподілу фаз і швидкого зниження поверхневого натягу та інтенсивності збивання. Стабільність піни залежить від здатності піноутворювача утворювати стабільні міжфазні плівки і в'язку безперервну фазу.

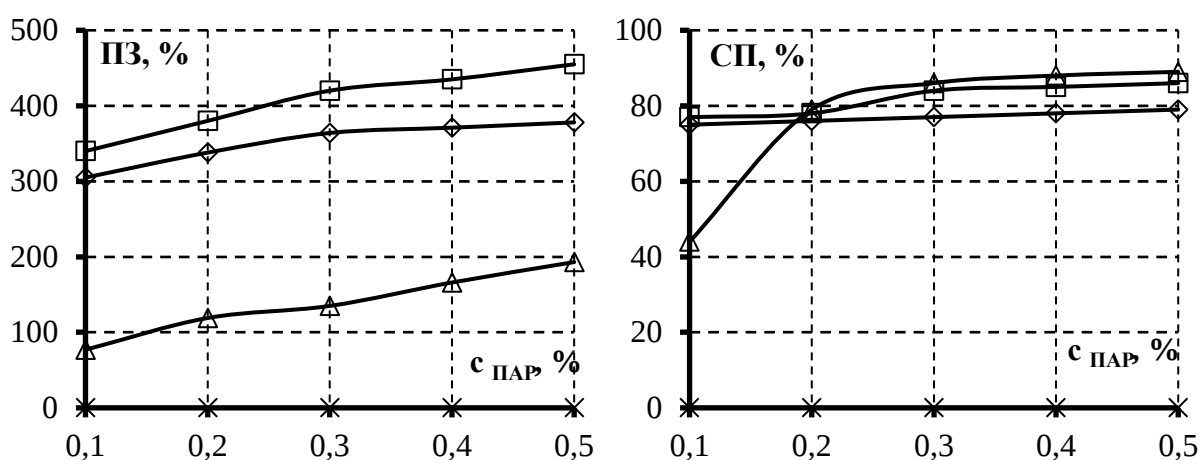
Таблиця 6

Характеристика ПАР для одержання продукції з піноподібною структурою

Найменування ПАР	Характеристика ПАР	Допустимий рівень, г/кг
1	2	3
ГПМЦ D5 (гідроксипропілметилцелюлоза)	Загущувач, емульгатор, стабілізатор, гелеутворювач, добре розчиняється у холодній воді	5
ГПМЦ D50 (гідроксипропілметилцелюлоза)		5
ГПМЦ 4000 (гідроксипропілметилцелюлоза)		5
Е 432 / Твін 20 (поліоксіетиленсорбітан монолаурат)	Неіоногенна ПАР, диспергується в воді, ГЛБ 16,7	3
Е471 моно- і дигліцериди жирних кислот	Неіоногенна ПАР, диспергується в воді, ГЛБ 3...4	Відсутній
Е481 стеароїл-2-лактилат натрію	Іоногенна ПАР, диспергується у воді, ГЛБ 18	5

Також для утворення піни важливим показником є низьке значення поверхнево активного натягу на межі розділення фази рідина-повітря. Низький поверхневий натяг дозволяє зменшувати товщину прошарку середовища між пухирцями з утворенням великої поверхні розділення.

У ході досліджень встановлено, що модельні системи «вода-E471» та «вода-E471» не здатні до піноутворення за відсутності жирової складової. Представники ГПМЦ (D5, D50, D4000) проявляють піноутворюючі властивості тільки у діапазоні температур 20...60°C, оскільки характеризуються зворотною розчинністю. Так, при збільшенні температури модельних систем «вода-ГПМЦ» їх спроможність до розчинення знижується внаслідок чого ГПМЦ випадає в осад і не відбувається процесу піноутворення. Встановлено, що найкращими показниками ПЗ та СП з ряду ГПМЦ характеризується D50 (мал. 3).



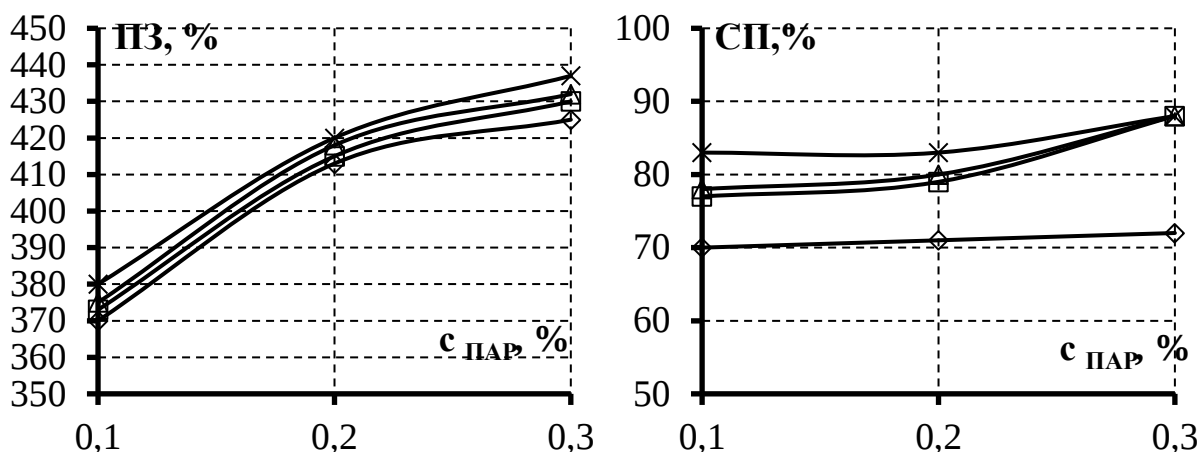
Малюнок 3. Піноутворююча здатність та стійкість піни ГПМЦ D50 від концентрації за температури обробки, °C: $\diamond$ – 20; $\square$ – 40; Δ – 60; $\times$ – 80

Визначено, що зростання концентрації ПАВ з 0,1 до 0,5% сприяє збільшенню показників ПЗ та СП модельних систем в діапазоні температур 20...60°C. Найвище значення показника ПЗ на рівні 450 % характерне для модельної системи з ГПМЦ D50 за температури обробки 40 °C, в той час як найвищими показниками СП на рівні 90% характеризується система за температури обробки 60°C. Слід зазначити, що за температури 80°C не відбувається процесу піноутворення внаслідок випадання ГПМЦ в осад.

Аналіз отриманих результатів підтвердив літературні дані, які констатують гарні показники піноутворюючої здатності та стійкості піни похідних целюлози за низьких позитивних температур.

Відповідно до робочої гіпотези технологія виробництва плодово-ягідних чи овочевих мусів передбачає теплову обробку рецептурної суміші за температури вище 60°C (з метою стабілізації пінної системи), що виключає можливість використання ГПМЦ в якості піноутворювача у складі мусів, що розробляються.

Встановлено, що збільшення концентрації E432 (Твін 20) в системі від 0,1 до 0,3% сприяє зростанню показників ПЗ та СП в діапазоні температур 20...80°C з 375 ± 10 % до 430 ± 15 % та з 75 ± 5 % до 87 ± 5 % відповідно (мал. 4).

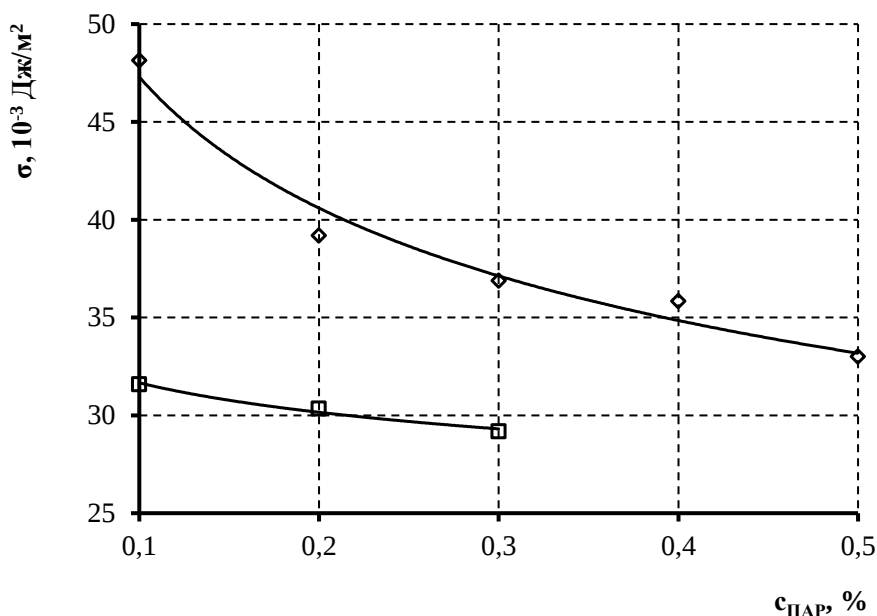


Малюнок 4. Піноутворююча здатність та стійкість піни Твін 20 від концентрації за температури обробки, °C : ◇ – 20; □ – 40; Δ – 60; × – 80

Отримані результати свідчать про прямопропорційну залежність показників ПЗ та СП від концентрації ПАР. Відповідно до літературних даних, зі збільшенням концентрації ПАР піноутворення розчинів, спочатку збільшується до максимального значення, потім залишається практично постійним, що підтверджується результатами експериментальних робіт.

На основі аналізу отриманих даних встановлено, що за величиною ПЗ (440%) та СП (89%) раціональним є використання модельної системи «вода-Твін 20» в діапазоні ПАР 0,25...0,3%, який забезпечує показники ПЗ на рівні ГПМЦ за температури 20 °C. Для подальших досліджень використовували модельні системи з Твін 20 в концентрації 0,25%.

З метою підтвердження вибору ПАР досліджено величину їх поверхневого натягу, яка визначає енергетичні витрати на одержання гетерогенної дисперсної системи. Чим нижче поверхневий та міжфазний натяги, тим легше отримати дисперсну систему. Результати дослідження поверхневого натягу розчинів ГПМЦ та Твін 20 (мал. 5) свідчать, що збільшення концентрації ПАР в системі призводить до зниження поверхневого натягу розчинів, а отже до збільшення показників ПЗ (мал. 4). Так, зниження поверхневого натягу разом зі зміною концентрації ПАР й зумовлюють здатність розчинів утворювати піни.



Малюнок 5. Залежність поверхневого натягу розчинів ПАР від концентрації,
%: $\diamond$ – ГПМЦ; $\square$ – Твін 20

Отримані дані підтверджують, що кращі поверхнево-активні властивості проявляє Твін 20, оскільки значення поверхневого натягу його розчинів у 1,3...1,5 рази нижче за поверхневий натяг розчинів ГПМЦ.

Аналіз отриманих даних з визначення показників ПЗ, СП та поверхневого натягу обраного ряду ПАР підтвердив доцільність використання Твін 20 в технології плодово-ягідних та овочевих мусів, інноваційний задум виробництва яких передбачає використання високих температур обробки рецептурної суміші з метою стабілізації її структури.

Відповідно до інноваційного задуму стабілізація піноподібних систем передбачається за рахунок використання структуроутворювача – пшеничного крохмалю, який за дії теплового та механічного впливу утворює оклейстеризовану крохмальну дисперсію (ОКД), яка є стабільною у часі. Необхідність керування даного процесу є обов'язковою умовою реалізації нової технології.

ОКД являють собою мікрогетерогенні системи, в яких дисперсною фазою є набряклі крохмальні зерна, що дисперговані у розчині водорозчинної фракції, головним чином амілози..

Слід зазначити, що характеристики ОКД можуть змінюватися залежно від складу харчової системи та умов перебігу технологічного процесу (температури, тривалості обробки, концентрації компонентів, їх виду та ін.).

Відомо, що додавання ПАР сприяє зменшенню значень максимальної в'язкості при підвищенні початкової та максимальної температури клейстеризації. Для ефірів сахарози таку поведінку пояснюють утворенням сполучення емульгатор-крохмаль за рахунок взаємодії гідрофільних груп, які утворюють водневі зв'язки. Ефіри, також, можуть проникати в середину спіральної структури амілози і через гідрофобні зв'язки об'єднуватися в надмолекулярні структури, зменшуючи порожнисту структуру амілози. В результаті швидкість розчинення крохмалю збільшується, а в'язкість зменшується.

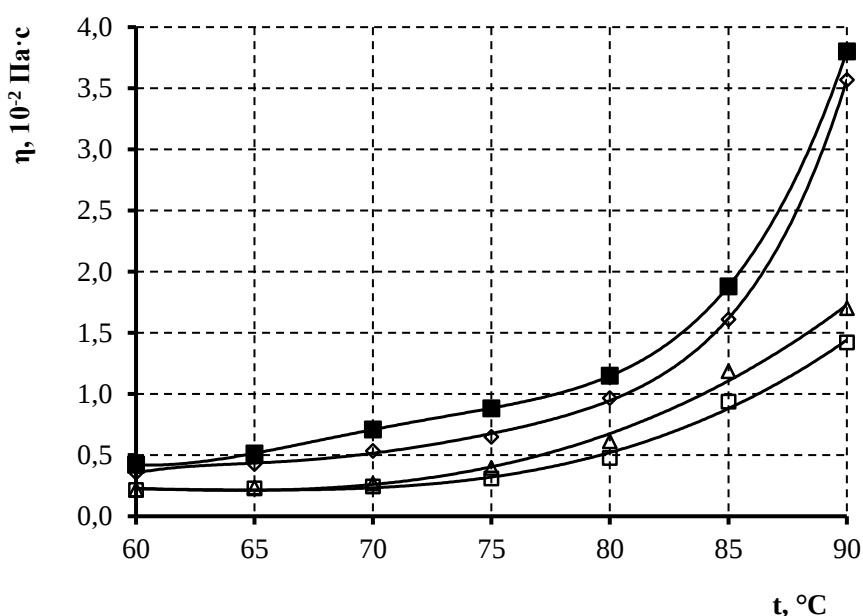
Таким чином, результати багатьох досліджень свідчать, що різні за характером ПАР по-різному взаємодіють та впливають на крохмаль під час теплової обробки. Однак, в літературі не знайдено даних щодо впливу Твін 20 на властивості пшеничного крохмалю за дією різних технологічних чинників.

Вплив Твін 20 на властивості ОКД визначали за постійної швидкості зсуву 320 c^{-1} з побудовою кривої ефективної в'язкості. Оскільки в'язкість для ОКД за цієї швидкості є величиною постійною, то будь-яка її зміна буде визначатися впливом технологічних чинників.

На першому етапі досліджено вплив Твін 20 (E432) на в'язкість 8,0% суспензії пшеничного крохмалю за різних температур обробки (мал. 6).

Аналіз літературних даних свідчить, що температура клейстеризації пшеничного крохмалю знаходиться в межах 60 °С (початкова)...80 °С (кінцева), а температура теплової обробки, яка забезпечує мікробіологічну чистоту та стійкість харчової продукції, становить 90 ± 2 °С.

Встановлено, що присутність в системі Твін 20 в концентраціях 0,25...0,3% сприяє зниженню показників в'язкості крохмальної суспензії у 2...2,7 рази, а також сповільнює початок росту в'язкості у діапазоні температур 60...70°С, тобто підвищує температуру клейстеризації пшеничного крохмалю.



Малюнок 6. Зміни ефективної в'язкості суспензій пшеничного крохмалю від температури обробки за концентрації Твін 20: ■ – 0; ◇ – 0,1; Δ – 0,2; □ – 0,3

Досліджено, що в'язкість крохмальних систем при внесенні Твін 20 в концентраціях 0,2% та 0,3% за температур 60...70°С практично не відрізняється; за температури 90°С різниця становить $0,14 \cdot 10^{-2} \text{Па} \cdot \text{с}$, тому для подальших досліджень в якості робочої концентрації Твін 20 обрано 0,25 %.

Аналіз отриманих результатів дозволяє стверджувати, що присутність ПАР в модельній системі «пшеничний крохмаль-Твін 20» за дії температурного впливу сприяє зменшенню показників в'язкості системи в порівнянні з

крохмальною суспензією, яка не містить Твін 20. Таким чином модифікація властивостей крохмалю шляхом їх сумісної взаємодії з ПАР розширює можливості їх застосування.

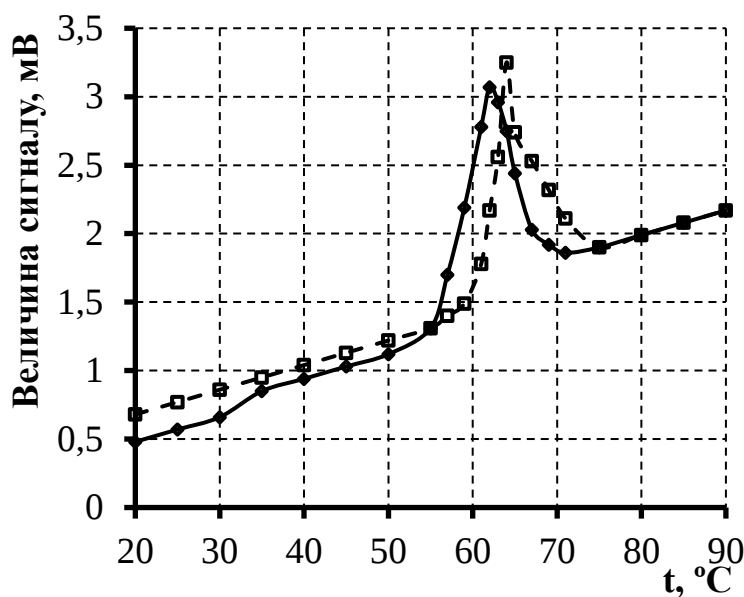
ПАР, які введено до харчової системи до початку процесу клейстеризації крохмалю, проникають в зерна, утворюючи молекулярні комплекси, та знижують здатність до набрякання. Ступінь впливу комплексоутворення з ПАР на властивості крохмалів за термообробки змінюється залежно від типу крохмалю, виду ПАР та умов обробки. Для взаємодії з крохмалем ПАР має добре розчинятися у воді або знаходитися у фазовому стані, здатному до утворення мономерів.

До початку процесу клейстеризації доступність молекул крохмалю досить обмежена, тому ПАР з'єднуються з поверхнею зерен і починають утворювати нерозчинні комплекси крохмаль-емульгатор на початку набрякання зерен, а амілоза – розчинятися. Утворені нерозчинні комплекси на поверхні стабілізують зерна крохмалю, внаслідок чого швидкість подальшого набрякання і вимивання амілози знижується. Температура клейстеризації зростає, оскільки потрібно більше енергії для термообробки або набрякання зерен. Деякі ПАР можуть покривати поверхню крохмальних зерен плівкою, збільшуючи їх гідрофобність, і перешкоджати проникненню води всередину.

Отже, можна припустити, що при внесенні Твін 20 до крохмальної суспензії відбувається його розподіл на поверхні зерен пшеничного крохмалю (адсорбція), що сприяє перешкоджанню проникненню в них води та зменшенню показників в'язкості. Тобто відбувається інгібування набрякання зерен крохмалю у водних системах наслідком чого є зсув початкової температури клейстеризації в бік більших значень, що підтверджено результатами диференціальної скануючої калориметрії (ДСК) та амілографа Брабендера.

Зважаючи на те, що термодинамічний метод, яким є ДСК, є найбільш інформативним та точним у визначенні впливу води на розпакування крохмальних зерен, нами використано його для вивчення процесу гідратації пшеничного крохмалю (мал. 7).

За результатами диференціальної скануючої калориметрії встановлено, що присутність Твін 20 в крохмальній суспензії сприяє зміщенню температурного діапазону фазових переходів в бік їх збільшення: з 55°C для пшеничного крохмалю до 60 °C в присутності ПАР. Наявність піку на кривій ДСК свідчить про проходження фазового перетворення – плавлення кристалічного полімеру крохмалю. На кривій ДСК плавлення виражається як інтенсивний екзотермічний пік: початок піку визначає температуру початку плавлення, а площа піку – теплоту плавлення.

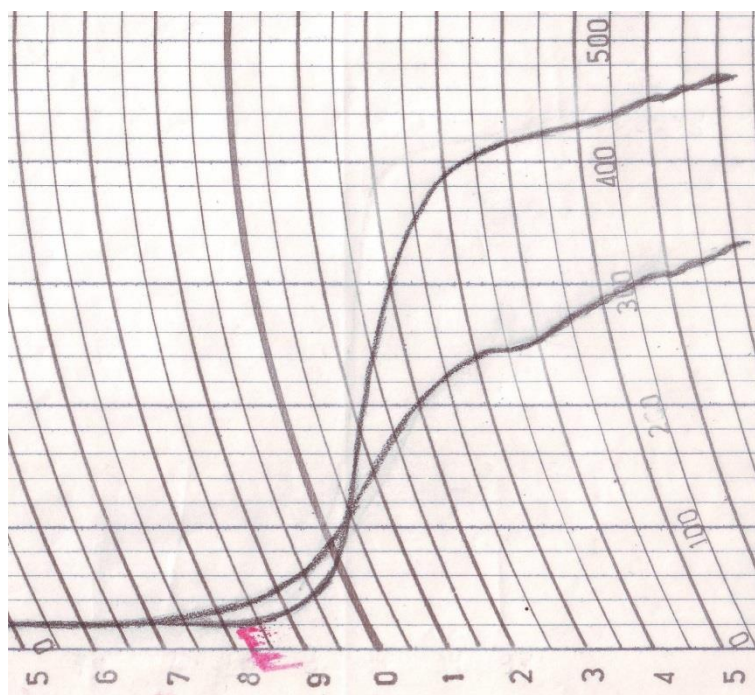


Малюнок 7. Криві ДСК модельних систем: $\diamond$ – пшеничний крохмаль;
 $\square$ – пшеничний крохмаль-Твін 20

На початку процесу відбувається помітне збільшення рухливості сегментів полімерних ланцюгів в аморфних областях. Це збільшення пластичності або розм'якшення аморфної склоподібної матриці, так зване «склування» (перехід з високоеластичного стану в склоподібне) робить можливим ще більше проникнення води в гранули, що супроводжується прискореним набряканням крохмалю. Далі в температурному діапазоні від 55°C до 75°C водневі зв'язки через набрякання гранул крохмалю піддаються дії напруг і розподіляються між ланцюгами полімеру в кристалічній фазі, і мікрокристаліт плавиться.

Динамічні зміни в'язкості 8,0% крохмальної суспензії залежно від температури можна зафіксувати за допомогою амілографа Брабендера, який характеризує процеси набрякання та клейстеризації крохмалю (мал. 8, табл. 7).

При підвищенні температури водних крохмальних суспензій вище 50 °С відбувається частковий розрив водневих зв'язків молекул в зерні крохмалю, що призводить до зміни його мікроструктури. Різко зростає гідратація амілози та амілопектину, а тому збільшується розмір зерен – відбувається набрякання.



Малюнок 8. Амілограми зміни в'язкості модельних систем:

1 – пшеничний крохмаль; 2 – пшеничний крохмаль-Твін 20

При підвищенні температури амілоза частково дифундує з аморфної частини зерна і переходить в розчин, а амілопектин залишається в нерозчинному стані. Під час руйнування зерен відбувається деструкція кристалічної частини зерна, полісахариди переходять до розчину, і починається процес клейстеризації. Процеси набрякання та клейстеризації супроводжуються зміною в'язкості суспензії.

Таблиця 7

Характеристики модельних систем

Найменування показника	Модельна система	
	пшеничний крохмаль	пшеничний крохмаль-Твін 20
1	2	
Температура початку клейстеризації, °С	55	60
Температура максимальної клейстеризації, °С	97	97
Максимальна в'язкість суспензії, од.Браб.	340	470

На початку процесу до досягнення температури клейстеризації відбувається адсорбційно-капілярне чи осмотичне поглинання вологи аморфними областями зерна крохмалю, їх структура зберігається, об'єм зростає. За температури клейстеризації та вище, коли відбувається руйнування міжмолекулярних зв'язків та нативної структури зерна, полісахариди стають розчинними і частково переходять у розчин. За цих умов об'єм зерен та в'язкість системи значно збільшується.

Нагрівання вище температур початку клейстеризації сприяє більш сильному руйнування нативної структури крохмальних зерен. Їх шарувата структура зникає, вони збільшуються в об'ємі в декілька десятків разів і перетворюються в бульбашки, які наповнені розчинною амілозою та сильно набряклим амілопектином. В'язкість клейстеру збільшується, відбувається інтенсивний вихід полісахаридів у розчин. Таким чином, отриманий під час нагрівання суспензії клейстер являє собою оклейстеризовані набряклі зерна, між якими розчинена спіралева амілоза. Ця система представляє собою крохмальний золь.

Отже, процес клейстеризації крохмалю супроводжується руйнуванням структури крохмального зерна. Однією з ознак клейстеризації є значне збільшення в'язкості крохмальної суспензії. В'язкість клейстеру зумовлена не стільки наявністю набряклих крохмальних зерен, скільки здатністю розчинених у воді полісахаридів утворювати тримірну сітку, що утримує велику кількість

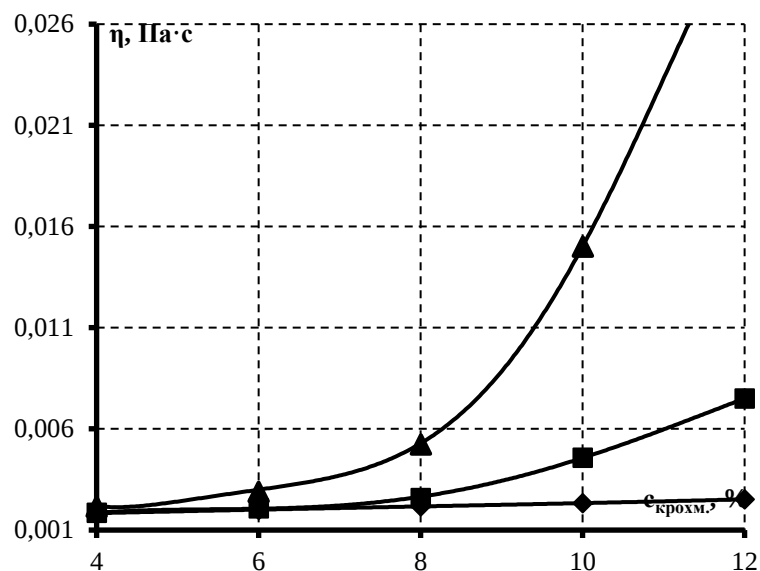
води. Цією здатністю найбільше володіє амілоза, оскільки її молекули знаходяться в розчині у вигляді вигнутих ниток, що відрізняються від конформації спіралей амілопектину. Хоча на амілозу припадає менша частина крохмального зерна, саме вона визначає його основні властивості – здатність до набрякання та в'язкість клейстера.

Аналіз даних, отриманих за допомогою амілографічного методу, підтвердив збільшення температури початку клейстеризації пшеничного крохмалю в присутності Твін 20 з 55°C до 60°C.

Наступним етапом є дослідження в'язкості модельних систем «пшеничний крохмаль – Твін 20» від концентрації крохмалю за різних температур обробки.

Отримані результати (мал. 9) свідчать, що процеси набрякання та клейстеризації модельних систем супроводжуються зміною їх в'язкості і відбуваються по-різному залежно від температури. Встановлено, що в'язкість модельних систем за температури обробки 60°C носить лінійний характер: збільшення значень показників в'язкості відбувається з $0,18 \cdot 10^{-2} \text{Па} \cdot \text{с}$ до $0,25 \cdot 10^2 \text{Па} \cdot \text{с}$. За температури обробки 70°C зростання показників в'язкості у діапазоні концентрацій крохмалю 4,0...8,0% незначний і становить лише 1,4 рази при 8,0% крохмалю, а для систем з концентрацією крохмалю 12,0% показники в'язкості збільшуються вже у 4 рази (з $0,18 \cdot 10^{-2} \text{Па} \cdot \text{с}$ до $0,75 \cdot 10^2 \text{Па} \cdot \text{с}$).

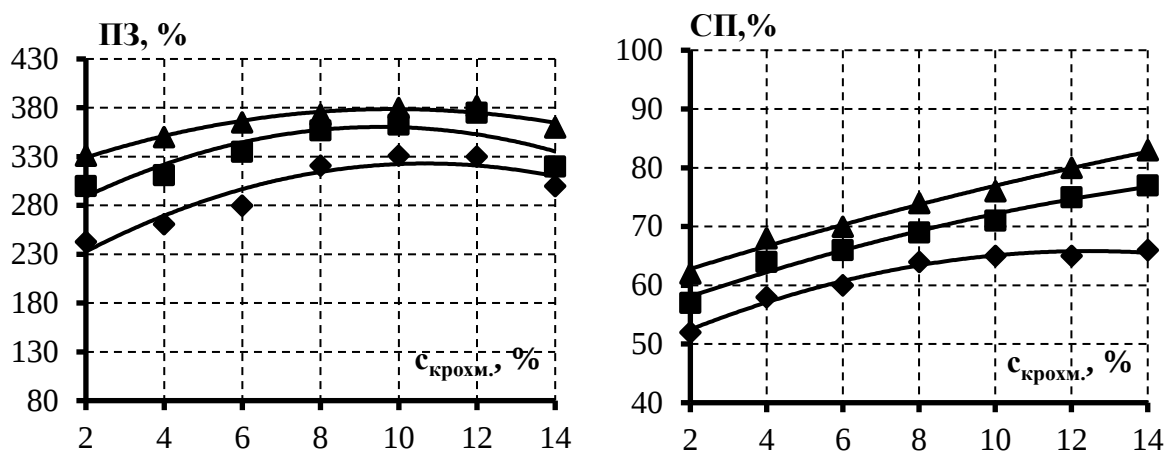
Крива в'язкості за температури 80°C характеризується екстремальним характером, оскільки збільшення показників у 1,4 рази спостерігається вже за вмісту в системі 6,0% крохмалю, за концентрації 12,0% досягає 14,4 рази. Встановлено, що показник в'язкості 4,0% ($0,22 \cdot 10^{-2} \text{Па} \cdot \text{с}$) оклейстеризованої крохмальної дисперсії за температури 80°C практично не відрізняється від показника в'язкості 12,0% крохмальної дисперсії за температури 60°C і становить $0,25 \cdot 10^{-2} \text{Па} \cdot \text{с}$.



Малюнок 9. Залежність в'язкості модельних систем «пшеничний крохмаль – Твін 20» від концентрації крохмалю за температури обробки: $\blacklozenge$ – 60 °C, $\blacksquare$ – 70 °C, $\blacktriangle$ – 80 °C

Експериментально доведено, що модельна система з концентрацією пшеничного крохмалю 10,0% за температури 60°C (початок клейстеризації) характеризується показниками в'язкості на рівні 4,0 % крохмальної дисперсії за температури 80°C (температура повної клейстеризації крохмалю), що вирішує поставлену технологічну задачу і дає змогу реалізувати інноваційний задум.

Для виявлення впливу параметрів теплової обробки на властивості піноподібних систем з використанням пшеничного крохмалю досліджено піноутворюючу здатність та стійкість піни модельних систем «пшеничний крохмаль – Твін 20» за різних температур обробки та концентрацій Твін 20 (мал. 10...13).



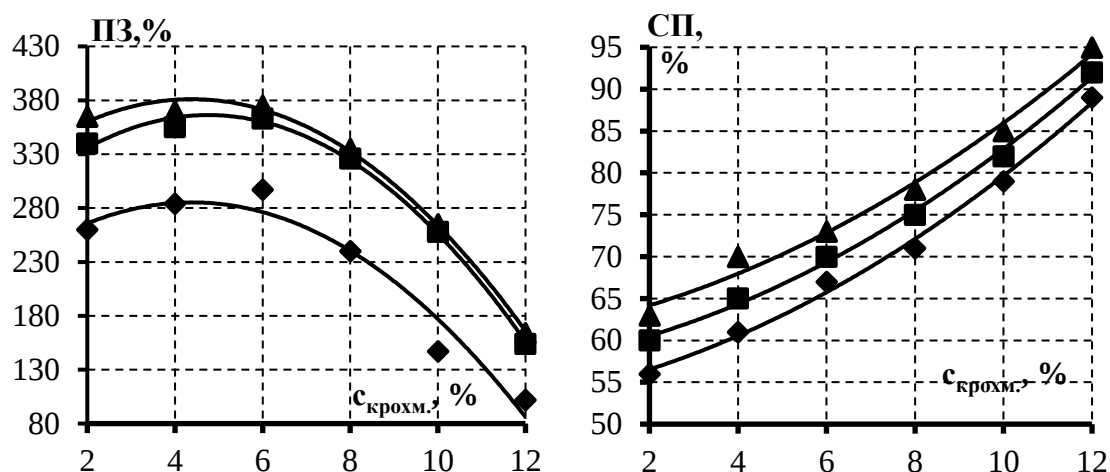
Малюнок 10. Піноутворююча здатність та стійкість піни Твін 20 за температури 60°C від концентрації крохмалю за концентрації ПАР, %:

◆ – 0,1; ■ – 0,2; ▲ – 0,3

Встановлено, що за температури обробки 60°C (мал. 3.8) спостерігається збільшення показників ПЗ та СП модельних систем залежно від концентрації Твін 20. Найвищі значення ПЗ характерні для систем, які містять 6,0...12,0% крохмалю та 0,3 % ПАР й зазначені в межах 365...380%. Найвищим показником СП (83,0%) характеризується система з концентрацією Твін-20 0,3% за максимального вмісту крохмалю, який становить 14,0%.

Визначено, що за температури обробки 70°C спостерігається зменшення показників ПЗ та підвищення значень СП (мал. 3.9). Найкращою ПЗ характеризується модельна система «пшеничний крохмаль – Твін 20» з концентрацією крохмалю 6,0%, значення показника якої складає 370,0% за концентрації ПАР 0,3%. Найвищий показник СП спостерігається для модельної системи з ПАР концентрацією 0,3% та крохмалю – 12,0%, значення якого знаходиться на рівні 95,0%.

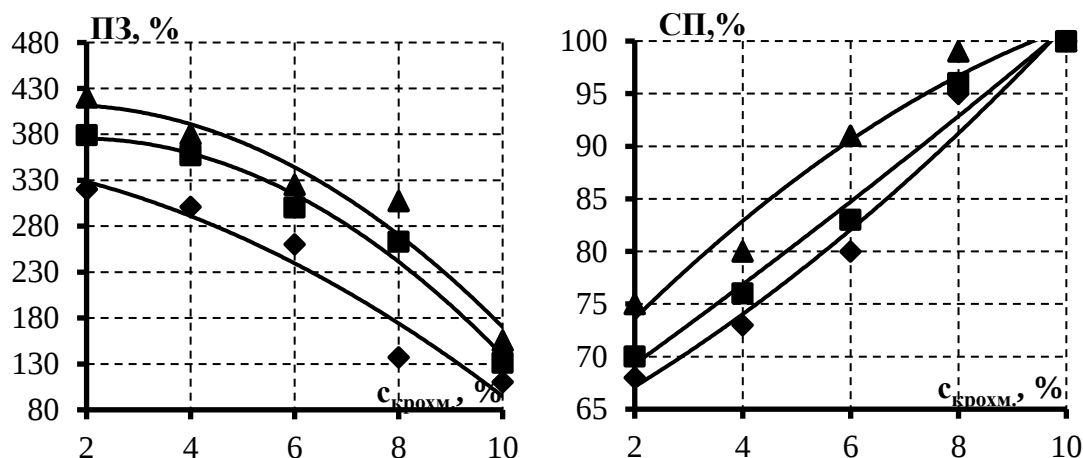
Встановлено, що за температури обробки 80°C (мал. 3.10) спостерігається зменшення показників ПЗ та підвищення значень СП за рахунок процесу клейстеризації крохмалю.



Малюнок 11. Піноутворююча здатність та стійкість піни Твін 20 за температури 70°C від концентрації крохмалю за концентрації ПАР, %:

◆ – 0,1; ■ – 0,2; ▲ – 0,3

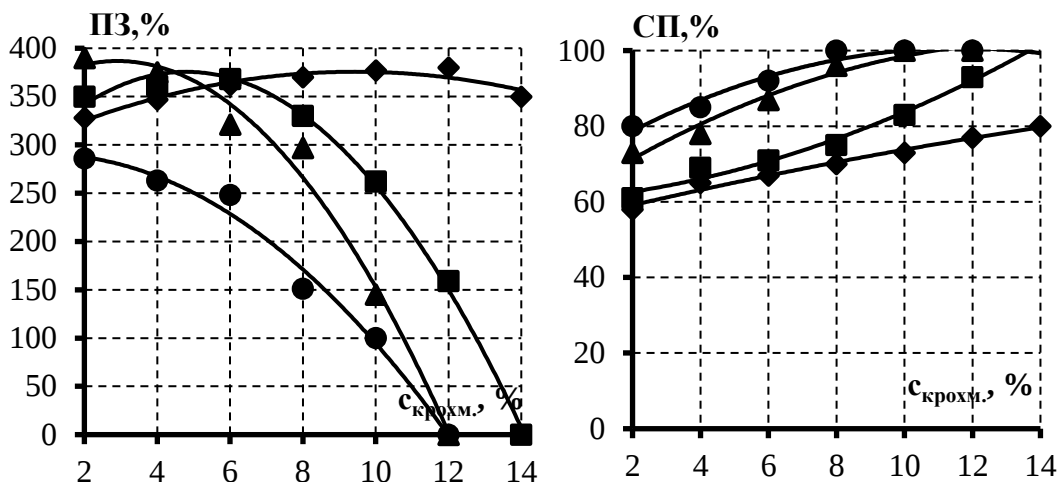
Найкращими показниками ПЗ характеризуються системи з концентрацією крохмалю у діапазоні 4,0...6,0% за концентрації ПАР 0,3%, значення яких знаходяться на рівні 380...325%. Найвище значення СП характерне для систем з ПАР концентрацією 0,3%, яке залежно від концентрації крохмалю в системі (2,0...10,0 %) знаходиться в діапазоні 75...100 %.



Малюнок 12. Піноутворююча здатність та стійкість піни Твін 20 за температури 80 °C від концентрації крохмалю за концентрації ПАР, %:

◆ – 0,1; ■ – 0,2; ▲ – 0,3

Аналіз отриманих даних (мал. 3.11) дозволяє стверджувати, що підвищення температури обробки модельних систем сприяє збільшенню їх в'язкості, що, в свою чергу, призводить до зменшення ПЗ, але збільшення показників СП.



Малюнок 13. Піноутворююча здатність та стійкість піни модельних систем «пшеничний крохмаль – Твін 20 (0,25 %)» від концентрації крохмалю за температури обробки, °С: ♦ – 60; ■ – 70; ▲ – 80; ● – 90

Встановлено, що за температури обробки 60°C, тобто на початку процесу клейстеризації, коли ще відсутній значний приріст в'язкості при збільшенні концентрації крохмалю в системі, спостерігаються найвищі показники ПЗ на рівні 330...380%, в той час як показники СП складають 60...80%. Це можливо пояснити колоїдною нестабільністю, оскільки в системі переважають крохмальні зерна, які не в змозі утримати структуру, а навпаки сприяють її руйнуванню.

Стійкість піни, показники якої близькі до 100 %, характерна для систем, які містять 8,0...14,0% крохмалю за температури обробки 80, 90°C та 12,0% крохмалю за температури обробки 70°C. Піноутворююча здатність для систем з концентрацією крохмалю 6,0% складає 250...285%, для 8,0 % крохмалю – 160...250%. Модельні системи з концентрацією крохмалю 12,0% не утворювали піну за температури обробки 80, 90°C, а за 70°C показники ПЗ характеризувалися

на рівні 160%, які є недостатніми для реалізації технології мусів з використанням пшеничного крохмалю.

Аналіз отриманих даних дозволяє констатувати, що збільшення концентрації пшеничного крохмалю підвищенню показників СП. Це пояснюється фазовими переходами крохмалю сумісно з ПАР (Твін 20), що дозволяє отримати модельні системи, які є стабільними у часі.

На основі аналізу експериментальних досліджень розроблено принципову схему виробництва плодово-овочевих мусів (мал. 14), яка передбачає з'єднання рецептурних компонентів та їх сумісне нагрівання за температури $60\pm 2^{\circ}\text{C}$ при перемішуванні, наступне збивання рецептурної суміші за температури $60\ldots 65^{\circ}\text{C}$ з поступовим підвищенням до $85\pm 2^{\circ}\text{C}$.

З метою забезпечення мікробіологічних показників на нормативному рівні здійснення пастеризації за температури $95\pm 2^{\circ}\text{C}$ забезпечить стійкість отриманої піноподібної системи.

Згідно із запропонованою схемою, пшеничний крохмаль разом з Твін 20 виконують роль піноутворювача і стабілізатора системи. Це можливо завдяки унікальній властивості крохмалю при гідротермообробці утворювати колоїдні дисперсії (клейстер). За своєю суттю утворення клейстеру є примусовою гідратацією складових крохмалю, що досягається використанням певних за величиною температур. За цих умов ступінь гідратації крохмальних дисперсій різний, тобто за знижених температур ($60\ldots 65^{\circ}\text{C}$) 10,0 % крохмальна дисперсія характеризується показниками на рівні 4,0%, що дозволяє реалізувати інноваційний задум.

Встановлено, що використання температурних пауз при клейстеризації крохмалю дасть можливість оклейстеризувати ту кількість пшеничного крохмалю, яка не буде заважати процесу піноутворення і за цих умов здійснити збивання, що забезпечить збиту структуру мусу. З метою стабілізації пінної системи в одновекторному режимі здійснити додаткове нагрівання до $85\pm 2^{\circ}\text{C}$, що призведе до клейстеризації решти крохмалю з досягненням ефекту концентраційної стабілізації піни з отриманням кінцевого продукту.

За цих умов технологічний процес є неперервним, відбувається за високих температур, які досягають температур пастеризації і дозволяють отримати харчову продукцію тривалого терміну зберігання.

Визначення технологічних параметрів одержання мусів з використанням пшеничного крохмалю, що мають відповідати заданим показникам якості, є складною технологічною задачею, розв'язання якої ґрунтується на використанні сучасних методів теорії планування експерименту з використанням математичного моделювання.

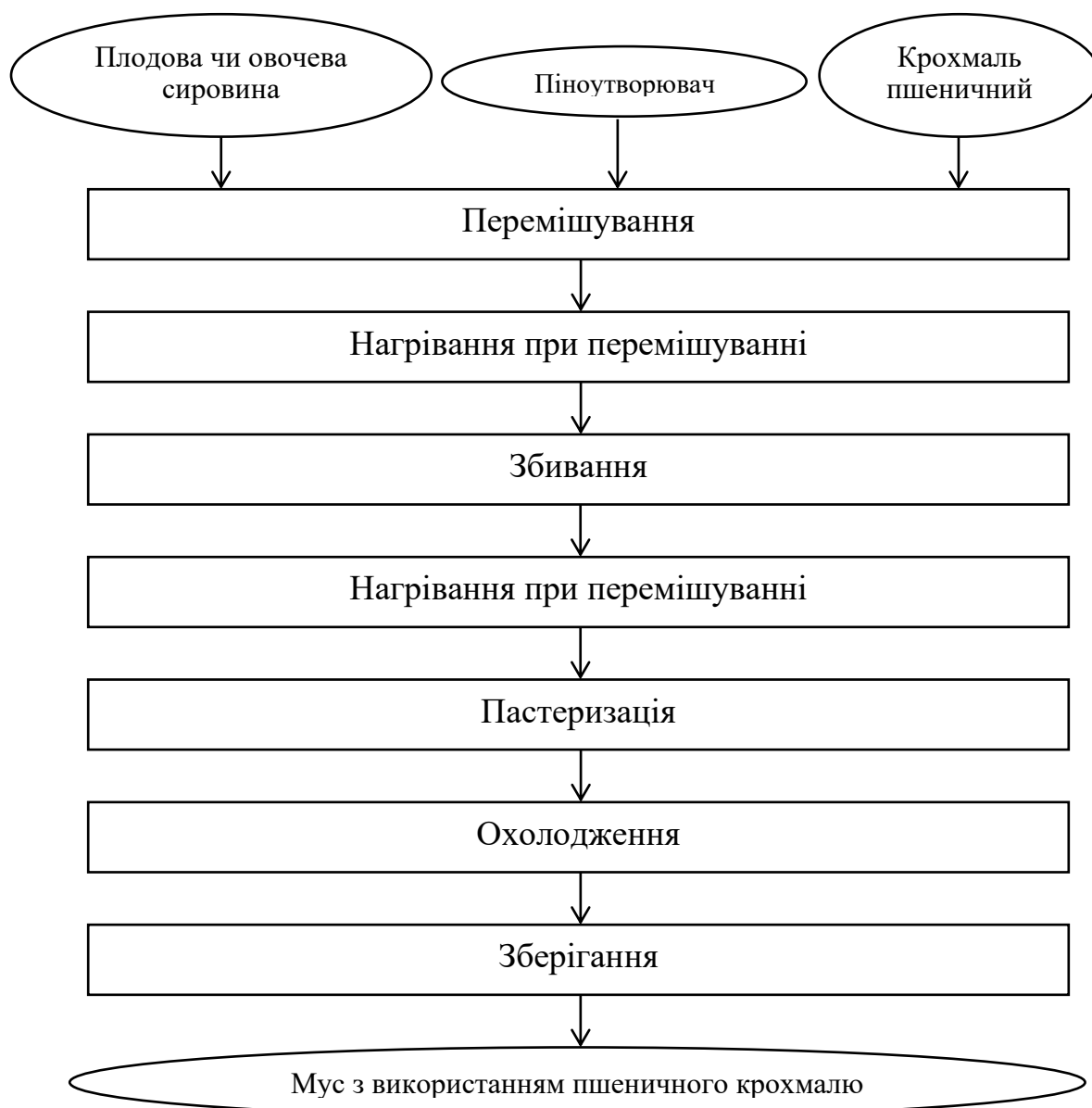
Шляхом проведення експериментальних досліджень встановлено основні залежності між вхідними технологічними параметрами одержання мусів і значеннями вихідних змінних (показників якості мусів), які дають уявлення щодо наявності об'єктивних зв'язків між вхідними та вихідними параметрами. На основі здобутої математичної моделі, шляхом використання методів чисельного аналізу, багатокритеріальної оптимізації та експериментальної оптимізації встановлено значення технологічних параметрів одержання мусів, які найбільше відповідають заданим показникам якості.

Метою побудови математичної моделі є знаходження відповідних залежностей між вхідними та вихідними параметрами технологічного процесу. За результатами проведених досліджень в якості вхідних змінних технологічного процесу одержання мусів обрано: x – концентрація пшеничного крохмалю, %; y – температура збивання, °C; z – концентрація ПАР, %; в якості вихідних змінних (показників якості): Y_1 – піноутворююча здатність, %; Y_2 – стійкість піни, %.

У результаті математичних розрахунків отримано дві математичні моделі для кожного показника якості:

$$A_1(x, y, z) = a_{1_1} + a_{1_2} \cdot x + a_{1_3} \cdot y + a_{1_4} \cdot z + a_{1_5} \cdot x^2 + a_{1_6} \cdot y^2 + a_{1_7} \cdot z^2 + a_{1_8} \cdot x \cdot y + a_{1_9} \cdot x \cdot z + a_{1_{10}} \cdot y \cdot z \quad (8)$$

$$A_2(x, y, z) = a_{2_1} + a_{2_2} \cdot x + a_{2_3} \cdot y + a_{2_4} \cdot z + a_{2_5} \cdot x^2 + a_{2_6} \cdot y^2 + a_{2_7} \cdot z^2 + a_{2_8} \cdot x \cdot y + a_{2_9} \cdot x \cdot z + a_{2_{10}} \cdot y \cdot z \quad (9)$$



Малюнок 14. Принципова схема виробництва мусів з використанням
пшеничного крохмалю

Перевірка за статистичними критеріями щодо адекватності моделі показала, що вони чітко відтворюють результати експерименту і можуть бути використані для подальших досліджень, тобто піноутворююча здатність і стійкість піни можуть бути описані відповідними співвідношеннями, де в якості змінних використовуються вхідні параметри процесу.

Для знаходження сукупності вхідних змінних, які визначають максимальні показники якості мусів використовували функцію $P = \text{Maximize } (A, x, y, z)$.

Визначені показники якості реалізуються за різних поєднань технологічних параметрів. Максимальне наближення до заданих значень за певним критерієм здійснено з використанням методів багатокритеріальної оптимізації. Загальний вибір виду найкращого критерію якості продукту обумовлено особливостями технологічної задачі. В даному випадку обрано критерій найменших квадратів q , який описано формулою:

$$q = (y_i - y_{iz})^2 \quad (10)$$

де y_i – показник якості, значення якого визначається за результатами обчислення математичної моделі;

y_{iz} – заданий (потрібний) показник якості відповідного параметра.

Для розв’язання поставленої задачі з урахуванням критерію q необхідно «згорнути» показники якості в один комплексний критерій.

Постановку загальної задачі представлено у вигляді 3.4, яка полягає в одночасній мінімізації двох критеріїв показників якості щодо технологічних параметрів одержання мусів з використанням пшеничного крохмалю:

$$q_i(X) \rightarrow \min_{X \in \Omega}, i = 1 \dots 3 \quad (11)$$

де $q(X)$ – загальний критерій якості;

Ω – множина дозволених рішень щодо використання критеріїв (всі можливі сполучення вхідних показників мусів).

Вибір загального критерію якості обумовлений значеннями вихідних показників якості технологічного процесу виробництва мусів після проведення експерименту. Аналіз здобутих результатів показав, що всі вихідні дані мають один порядок. Тому в якості критерію наближення, що дозволяє «згорнути» всі критерії до одного, обрано наступний вираз, який відповідає вимогам методу найменших квадратів:

$$C(X) = \sum_{i=2}^2 [q_i(X) - W_i]^2 \quad (12)$$

де $q_i(X)$ – значення i -го показника, що обчислюється за математичною моделлю;

W_i – необхідне значення показника якості щодо вимог до даного технологічного процесу, яке було визначено шляхом попередніх досліджень.

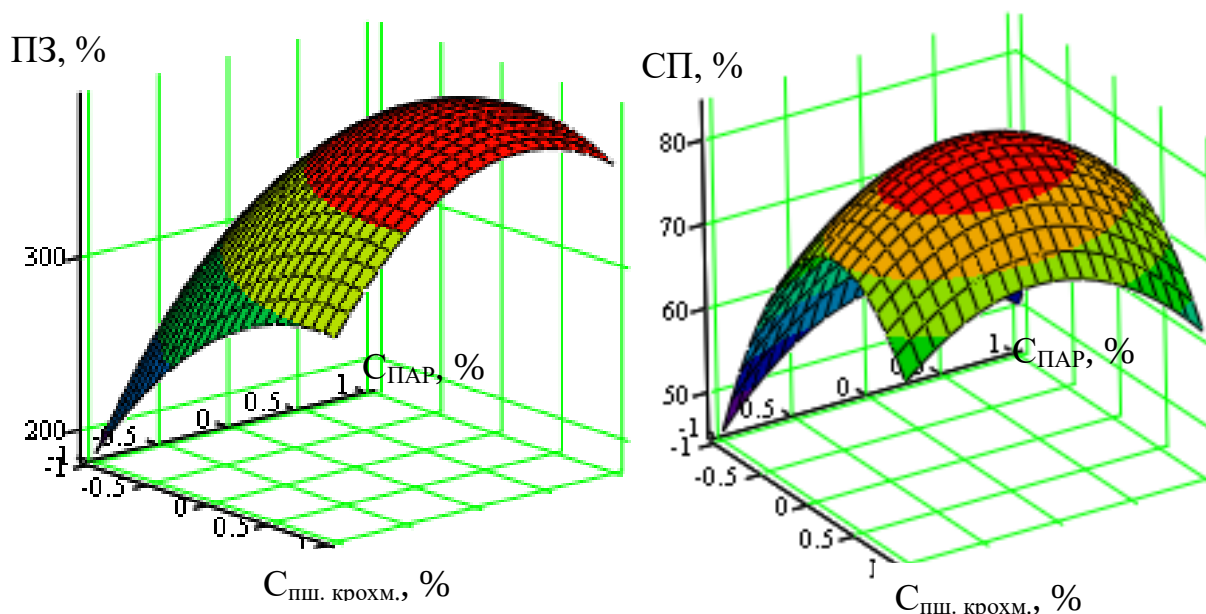
Остаточна формула для знаходження параметрів технологічного процесу X , що використовується у стандартній програмі Minimize пакету MathCAD [369], має вигляд:

$$C = \text{Minimize}(q, X) \quad (13)$$

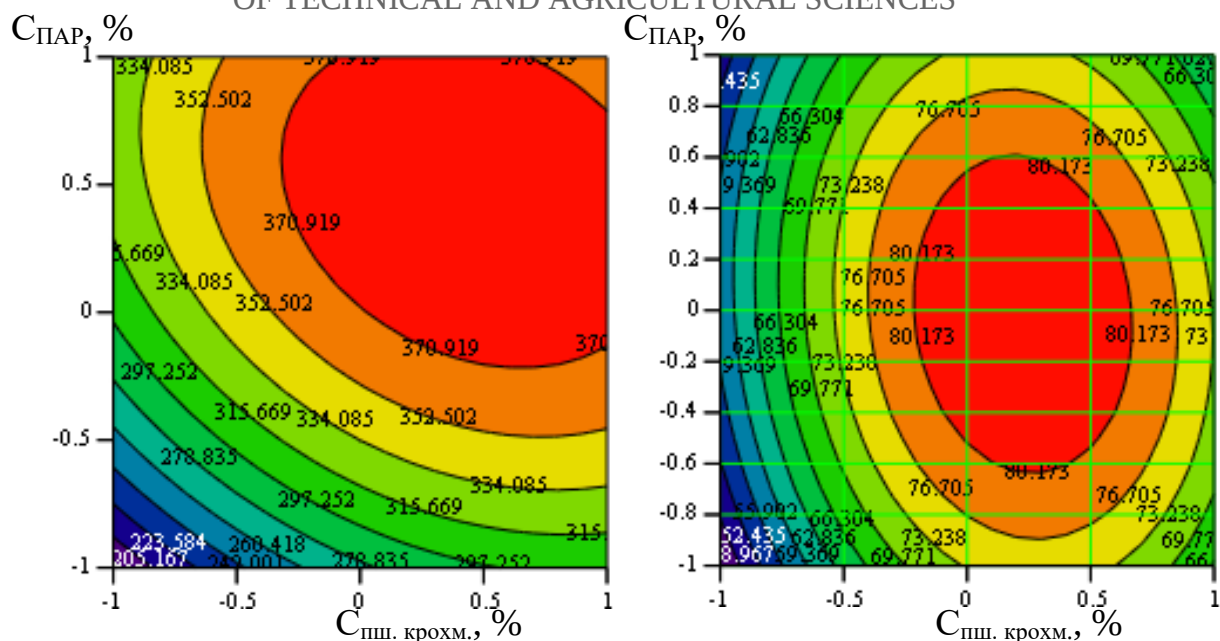
де C – значення вектору параметрів технологічного процесу, які забезпечують виконання;

X – вектор вхідних змінних процесу, який складається із змінних (x, y, z) .

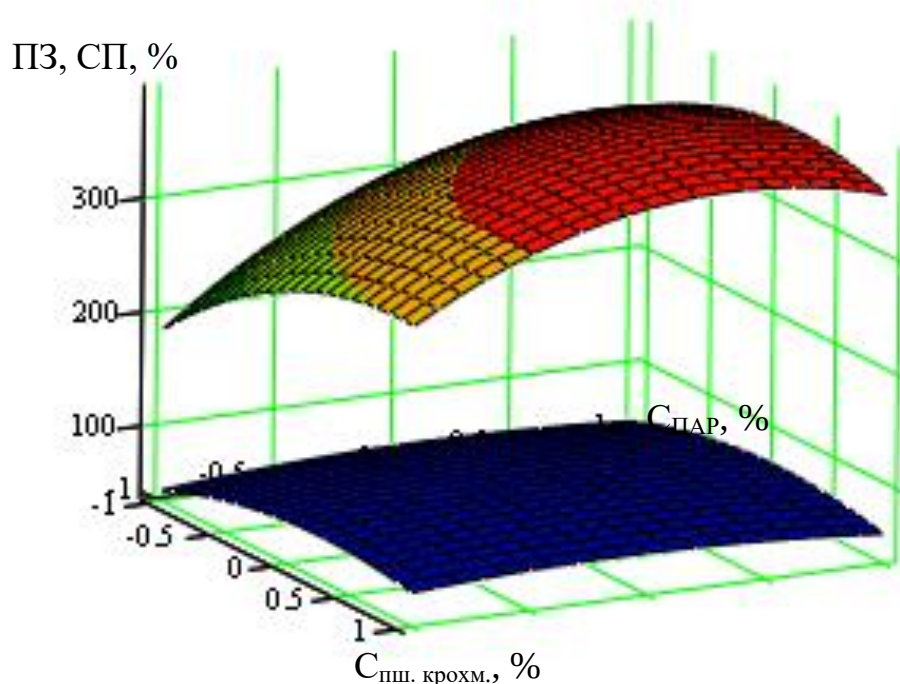
Графічні інтерпретації математичних моделей для показників піноутворюючої здатності та стійкості піни за температури 60 °C наведено на мал. 15-17.



Малюнок 15. Поверхні відгуку математичних моделей для піноутворюючої здатності та стійкості піни мусів з використанням пшеничного крохмалю за температури 60 °C



Малюнок 16. Максимальні значення піноутворюючої здатності (C_1) та стійкості піни (C_2) мусів з використанням пшеничного крохмалю за температури 60°C



Малюнок 17. Графічні інтерпретації математичних моделей для піноутворюючої здатності та стійкості піни мусів з використанням пшеничного крохмалю за температури 60°C

Остаточні дані, які представлено у кодованій формі, розраховані за допомогою математичної моделі та шляхом використання методу багатокритеріальної оптимізації, мають значення: $x=0,377$; $y=-1$; $z=0,37$. Після переходу до природних значень отримуємо наступні значення: $x=10,262\%$; $y=60^{\circ}\text{C}$; $z=0,237\%$. При цьому значення показників якості мусів з використанням пшеничного крохмалю становлять: $Y_1=388,875\%$; $Y_2=81,787\%$, що відповідає поставленій задачі.

Таким чином, результати оптимізації свідчать, що оптимальна концентрація крохмалю становить $10,3\%$, концентрація ПАР – $0,24\%$, температура обробки – 60°C . За цих параметрів значення піноутворюючої здатності складає $388,9\%$, стійкості піни – $81,8\%$, що дозволяє реалізувати запропоновану інноваційну стратегію розробки технології мусів з використанням пшеничного крохмалю.

10.1.4 Розроблення технології мусів з використанням пшеничного крохмалю

Одержання плодових та овочевих мусів з використанням пшеничного крохмалю потребує обґрунтування параметрів технологічного процесу їх виробництва, вивчення впливу технологічних чинників на ПЗ і СП мусів, обґрунтування й розробки рецептурного складу та технологічного процесу виробництва, оцінки показників якості.

Для одержання мусів з використанням пшеничного крохмалю високої якості необхідно врахувати вплив рецептурних компонентів і параметрів технологічного процесу виробництва та визначити їх раціональні параметри.

Для обґрунтування та розробки технології мусів необхідно здійснити перехід від модельних до реальних систем, а розуміння механізмів впливу рецептурних компонентів (цукру, кислоти лимонної) на процеси клейстеризації крохмалю є підґрунтям для обґрунтування рецептури та параметрів технологічного процесу виробництва мусів з використанням пшеничного крохмалю.

З метою отримання мусів зі сталими споживчими характеристиками було досліджено вплив технологічних чинників на в'язкість системи «пшеничний крохмаль – Твін 20»

Відомо, що перебіг процесу клейстеризації крохмалю, показники його в'язкості залежать не тільки від температури обробки, виду крохмалю, але й від виду та вмісту інших компонентів. Це потрібно враховувати, оскільки в процесі виробництва харчових продуктів крохмаль знаходиться в присутності таких речовин, як цукор, білки, жири, харчові кислоти, мінеральні солі, ПАР, вода.

У харчових продуктах вода не просто середовище для реакцій, а активний компонент у процесах, що відбуваються, до того ж значення має не кількість води, а її доступність для участі у перетвореннях чи її активність. На активність води впливають солі, цукри та інші компоненти, що зв'язують воду. Тому, якщо ці речовини присутні у великій кількості, активність води буде нижче, і клейстеризація крохмалю може не відбуватися чи відбуватися обмежено.

Наприклад, сахароза в концентрації до 20,0 % підвищує температуру клейстеризації крохмалів і збільшує в'язкість клейстерів, хлористий натрій навіть в дуже незначних концентраціях – знижує. Високий вміст цукру уповільнює швидкість клейстеризації крохмалю та знижує пік в'язкості. Дисахариди є більш ефективними з точки зору сповільнення процесу клейстеризації і зниження піку в'язкості, ніж моносахариди. Крім того, цукри зменшують силу крохмальних гелів, виконуючи роль пластифікаторів і втручаючись в утворення зон зв'язування.

Вплив цукру на перебіг клейстеризації та властивості ОКД має практичне значення при виготовленні мусів. Відомо, що сахароза затримує набрякання зерен крохмалю у воді за рахунок високого вмісту сухих речовин. Тому, для всебічного обґрунтування використання пшеничного крохмалю в технології мусів вважаємо за необхідне дослідити вплив цукру на показники в'язкості модельної системи «пшеничний крохмаль-Твін 20».

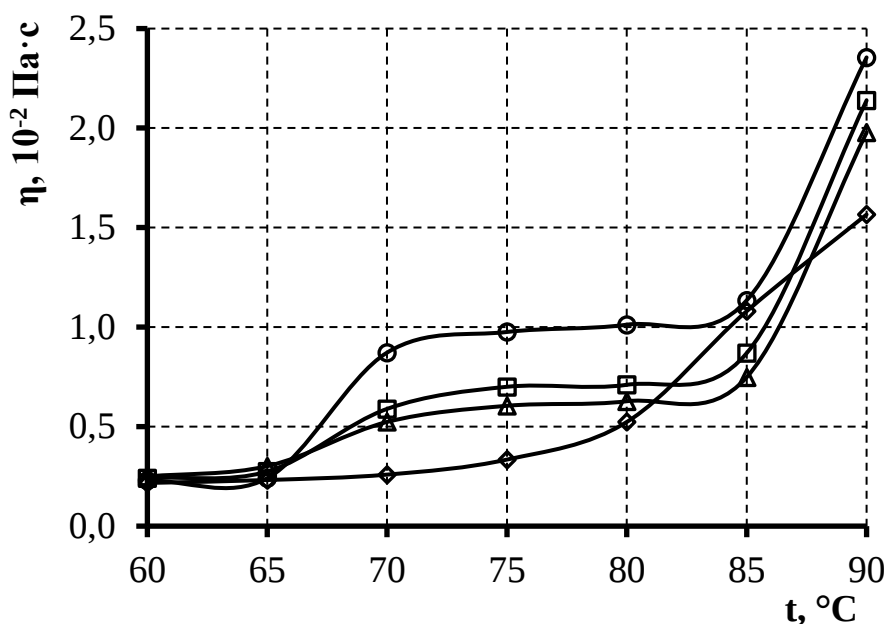
Літературні дані свідчать, що концентрація цукру в солодких стравах коливається від 5,0 до 20,0 %, що забезпечує гарні споживчі характеристики.

Відомо, що цукор володіє структуроутворюючою здатністю, яка заснована на властивості розчинів сахарози поступово змінювати в'язкість системи за зміни температури, при цьому не змінюючи фазового стану. Внесення сахарози та інших цукрів до систем на основі крохмалю збільшує температуру клейстеризації та ускладнює набрякання зерен крохмалю, а за високої концентрації цукру зерна взагалі погано набрякають. У випадку пшеничного крохмалю при додаванні цукру відбувається зниження активності води, що призводить до підвищення температури клейстеризації.

Так, при внесенні цукру до модельної системи «пшеничний крохмаль-Твін 20» у діапазоні температур 65...70 °C спостерігали збільшення показників в'язкості у 2...2,3 рази за вмісту 5,0 та 10,0 % і в 3,4 – за вмісту 20,0 % цукру (мал. 18). Показники в'язкості становили $(0,23...0,3) \cdot 10^{-2} \text{Па} \cdot \text{с}$ за температури 65 °C та $(0,52...0,59) \cdot 10^{-2} \text{Па} \cdot \text{с}$ і $(0,87 \pm 0,04) \cdot 10^{-2} \text{Па} \cdot \text{с}$ за температури 70 °C відповідно. Слід зазначити, що різке збільшення показників в'язкості спостерігали в діапазоні температур 85...90 °C.

Отримані результати свідчать, що встановлені науковцями закономірності щодо впливу цукру на крохмальну суспензію за теплової обробки: підвищення температури клейстеризації та збільшення максимальної в'язкості, характерні і для системи «пшеничний крохмаль-Твін 20». За вмісту цукру 20,0 % спостерігали найбільші показники ефективної в'язкості починаючи з 66 °C (за температури 70 °C в'язкість становила – $(0,87 \pm 0,04) \cdot 10^{-2} \text{Па} \cdot \text{с}$, а за 90 °C – $(2,4 \pm 0,12) \cdot 10^{-2} \text{Па} \cdot \text{с}$, тоді як в'язкість системи без цукру – $(0,26 \pm 0,01) \cdot 10^{-2}$ та $(1,6 \pm 0,08) \cdot 10^{-2} \text{Па} \cdot \text{с}$ відповідно). Очевидно, на початку процесу клейстеризації сахароза уповільнює процес набрякання зерен крохмалю у водній суспензії за рахунок збільшення вмісту сухих речовин у системі, що стримує початок наростання в'язкості в діапазоні температур 60...65°C.

Дослідження поведінки модельних систем «пшеничний крохмаль – Твін 20» в присутності цукру на амілографі Брабендера показали схожі закономірності зміни ефективної в'язкості.

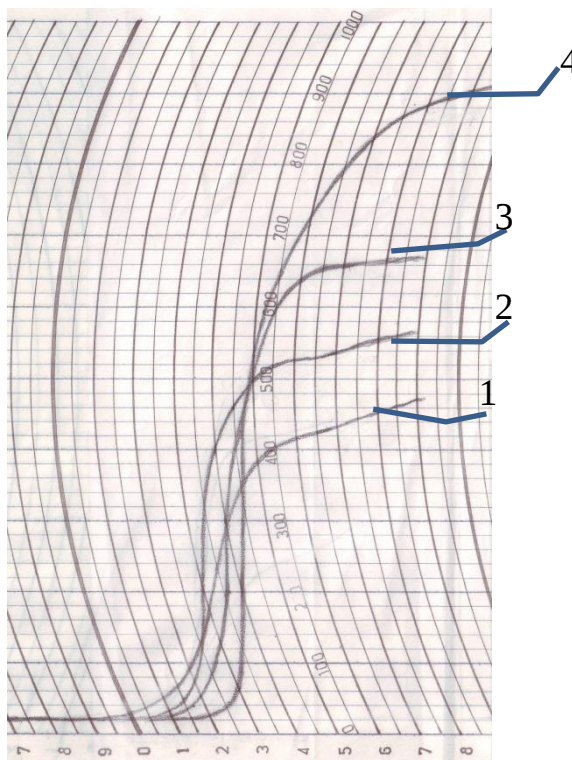


Малюнок 18. Зміни ефективної в'язкості модельних систем «пшеничний крохмаль – Твін 20» від температури обробки за концентрації цукру, %:

◇ – 0; Δ – 5,0; □ – 10,0; ○ – 20,0

Внесення цукру до систем «пшеничний крохмаль – Твін 20» уповільнює початок процесу клейстеризації на $(1..3) \cdot 60$ с, тобто на $1,5...4,5^{\circ}\text{C}$, а отже сприяє підвищенню її початкової температури. При збільшенні концентрації цукру в системі набрякання зерен крохмалю на початку нагрівання відбувається повільно, а після досягнення температури, яка сприяє проникненню води в середину зерна та його розпаковці, процес відбувається інтенсивніше, тим самим збільшуючи значення максимального піку в'язкості: за концентрації цукру $5,0...10,0\%$ в'язкість збільшується у $1,3...1,5$ рази, а за $20,0\%$ – у $2,1$ рази у порівнянні з системами без цукру.

Таким чином встановлено, що внесення цукру до модельних систем «пшеничний крохмаль – Твін 20» на початку процесу клейстеризації буде уповільнювати ріст в'язкості, а на заключному етапі буде сприяти фіксації структури за рахунок наростання в'язкості та унеможливилюватиме руйнування піни через стікання рідини по каналам Плато.

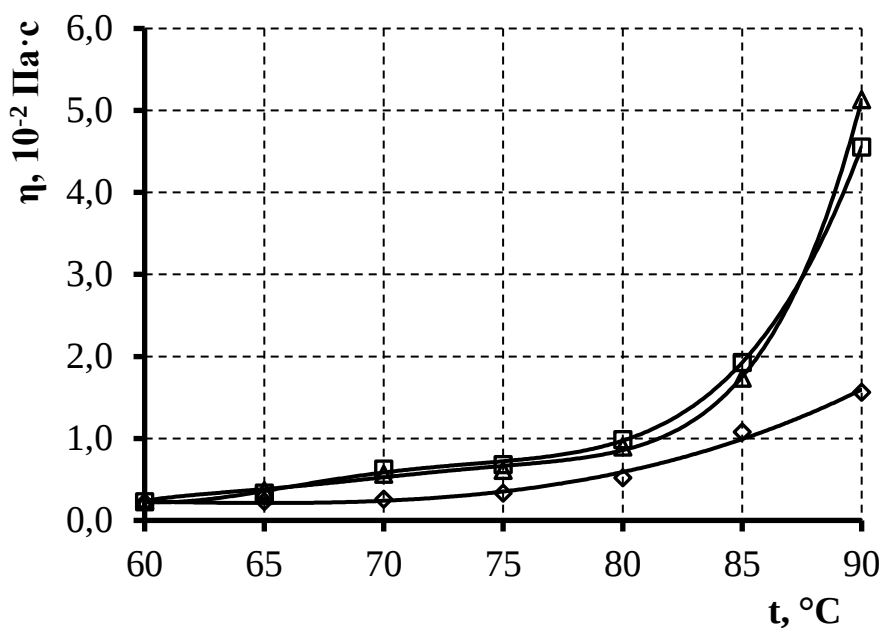


Малюнок 19. Амілограми зміни в'язкості модельних систем «пшеничний крохмаль – Твін 20» за концентрації цукру, %: 1 – 0; 2 – 5,0; 3 – 10,0; 4 – 20,0

Виходячи з показників в'язкості й органолептичних характеристик продукції, що розробляється, найбільш прийнятною концентрацією цукру в системі було обрано 10,0%. З літературних даних відомо, що перебіг процесу клейстеризації крохмалю залежить від значень рН: навіть невелика зміна кислотності може призвести до сильно виражених змін в процесі утворення ОКД.

Оскільки в рецептурах мусів використовується плодово-ягідна чи овочева сировина, яка характеризується певними показниками рН, було змодельовано харчову систему, в якій властивості даної сировини виконувала лимонна кислота. Вміст лимонної кислоти варіювали у діапазоні 0...1,0 %, який обирали в перерахунку відповідно до рН плодово-ягідної сировини, що передбачається у рецептурному складі мусів (мал.20).

Результати з визначення ефективної в'язкості модельних систем «пшеничний крохмаль-Твін 20» в присутності лимонної кислоти показали незначне збільшення показників, яке спостерігали вже за температури $65 \pm 2^\circ\text{C}$.

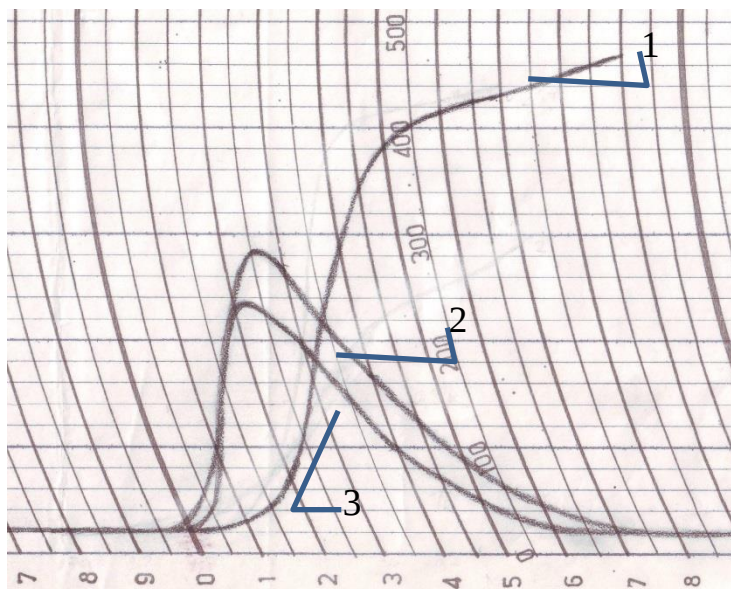


Малюнок 20. Зміни ефективної в'язкості модельних систем «пшеничний крохмаль – Твін 20» від температури обробки за концентрації лимонної кислоти, %: $\diamond$ – 0; Δ – 0,5; $\square$ – 1,0

Так, за 70 °C значення збільшилися вдвічі, зберігаючи таку тенденцію до $85 \pm 2^\circ\text{C}$. За температури 90°C найбільшою в'язкістю характеризувалася модельна система з концентрацією кислоти 0,5% значення якої становили $(5,1 \pm 0,25) \cdot 10^{-2} \text{Па}\cdot\text{с}$, в той час як значення в'язкості системи без кислоти склало $(1,6 \pm 0,08) \cdot 10^{-2} \text{Па}\cdot\text{с}$.

Амілографічні дослідження поведінки модельних систем «пшеничний крохмаль-Твін 20» під впливом лимонної кислоти (мал. 21) встановили, що процес клейстеризації в системах починається раніше та відбувається інтенсивніше зі значним збільшенням в'язкості в присутності кислоти, проте досягнувши температури гідролізу в'язкість починає швидко зменшуватись. Так для систем «пшеничний крохмаль-Твін 20-лимонна кислота» такою температурою є $92 \dots 93^\circ\text{C}$. Збільшення концентрації кислоти сприяє зменшенню температури початку клейстеризації та величину максимальної в'язкості. Таку поведінку можна пояснити гідролітичною дією кислоти, що руйнує структуру крохмального зерна, сприяючи вільному проникненню молекул води в середину

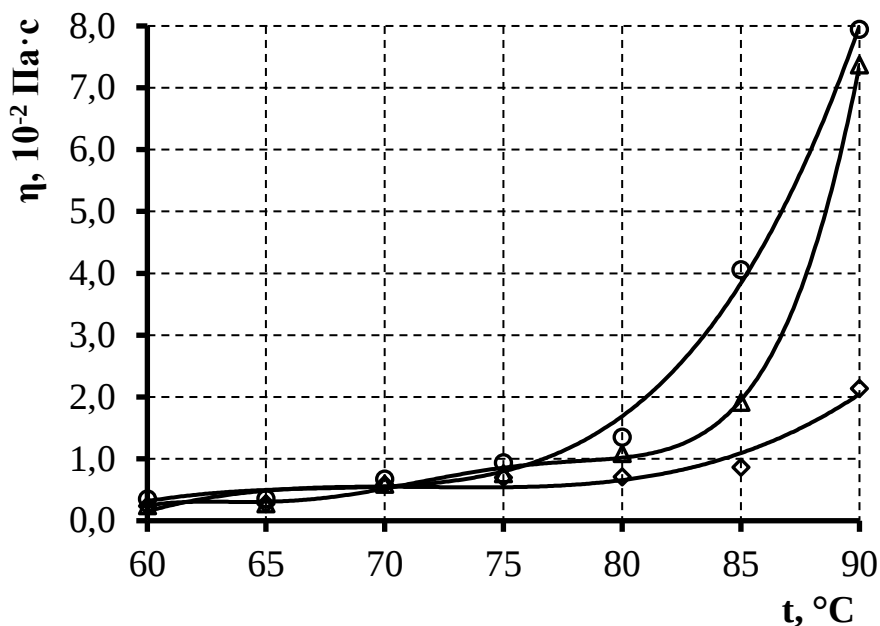
зерна та, відповідно, більш швидкому його набряканню – чим більша концентрація кислоти, тим інтенсивніше відбувається набрякання.



Малюнок 21. Амілограми зміни в'язкості модельних систем «пшеничний крохмаль – Твін 20» за концентрації лимонної кислоти, %: 1 – 0; 2– 0,5; 3– 1,0

Для обґрунтування рецептурного складу мусів досліджено сумісний вплив рецептурних компонентів на поведінку ефективної в'язкості модельної системи «пшеничний крохмаль – Твін 20» за вмісту цукру 10,0% та лимонної кислоти в діапазоні 0...1,0 % (мал. 22).

Дослідження поведінки в'язкості модельних систем «пшеничний крохмаль – Твін 20 – цукор» в присутності лимонної кислоти на амілографі Брабендера виявило, що на характер кривих найбільше впливає зміна рН (мал. 23). Встановлено, що присутність цукру в системах «пшеничний крохмаль – Твін 20 – лимонна кислота» сприяє збільшенню показників максимальної в'язкості у порівнянні з системами без цукру приблизно на 100 од.Браб., і становить 320...380 од.Браб., в той час як максимальна в'язкість системи «пшеничний крохмаль – Твін 20 – цукор» за концентрації останнього 10,0% складає приблизно 660 ± 33 од.Браб.



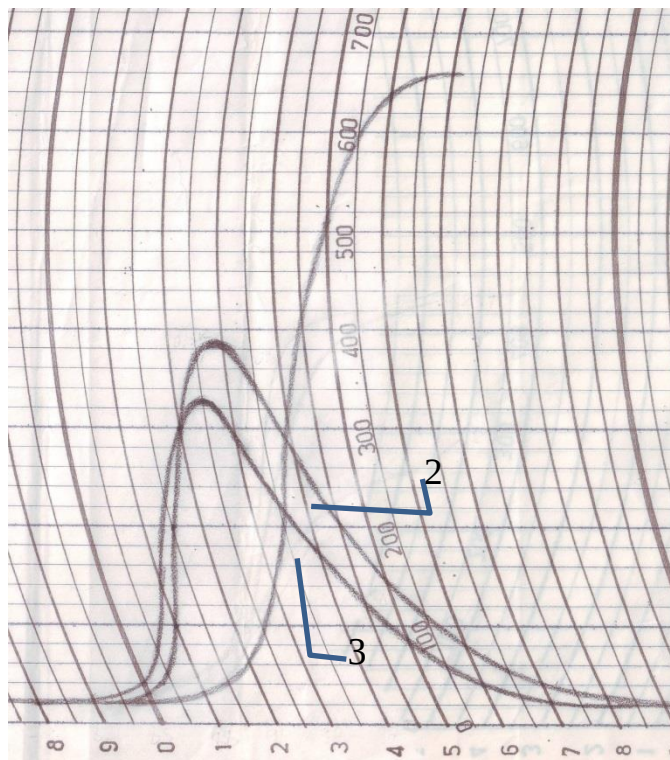
Малюнок 22. Зміни ефективної в'язкості модельних систем «пшеничний крохмаль – Твін 20 – цукор» від температури обробки за концентрації лимонної кислоти, %: $\diamond$ – 0; Δ – 0,5; $\circ$ – 1,0

Відмічено, що зменшення показників в'язкості під впливом кислоти найбільші за температури 92...93°C.

Таким чином, можна припустити, що під руйнівною дією лимонної кислоти зерна крохмалю починають раніше й інтенсивніше взаємодіяти з молекулами води та цукру, тим самим швидше збільшуватися у своїх розмірах, що, в свою чергу, призводить до збільшення значень в'язкості.

Слід зазначити, що присутність в модельній системі цукру та лимонної кислоти сприяє підвищенню показників в'язкості, що не суперечить даним наукової літератури. Важливим моментом є практично сталі показники в'язкості в діапазоні температур 60...70°C, що дозволяє реалізувати інноваційний задум.

Для визначення умов утворення піноподібних систем стійких у часі необхідним є дослідження поведінки рецептурних компонентів. Відомо, що зміна в'язкості піноподібних мас сприяє змінам показників структури і тим самим впливає на їх якість. Слід також зазначити, що в'язкість дисперсійного середовища досить тісно пов'язана з температурним фактором.

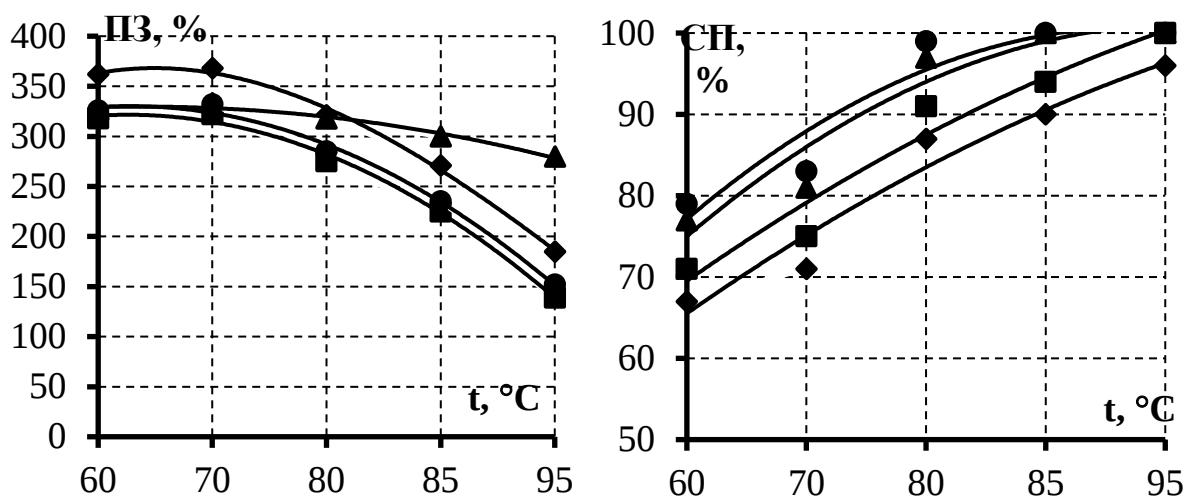


Малюнок 23. Амілограми зміни в'язкості модельних систем
«пшеничний крохмаль–Твін 20–цукор» за концентрації лимонної кислоти, %:
1 – 0; 2– 0,5; 3– 1,0

Так як до рецептур збитих десертів, як правило, входить цукор, із зростанням концентрації якого збільшується в'язкість рідини в плівках піни, то сповільнюється їх руйнування і підвищується стабільність. Але здатність цукру підвищувати поверхневий натяг розчинів значно ускладнює процес піноутворення. Тому саме від температури залежить, яким буде вплив цукру на піноутворюючу здатність розчинів.

Вплив цукру виявляється у зв'язуванні води і відповідно збільшенні в'язкості системи, яка сприяє підвищенню стійкості піни, обумовлено дегідратуючим ефектом сахарози. Встановлено, що піноутворююча здатність за різного вмісту цукру від температури має екстремальний характер, за якого значення ПЗ коливаються в діапазоні 320...145 %, і лише для системи за вмісту цукру 10,0 % (мал. 24, крива – ▲) характерна більш лінійна залежність, за якої значення ПЗ становлять 280...330%. Натомість залежність стійкості піни від

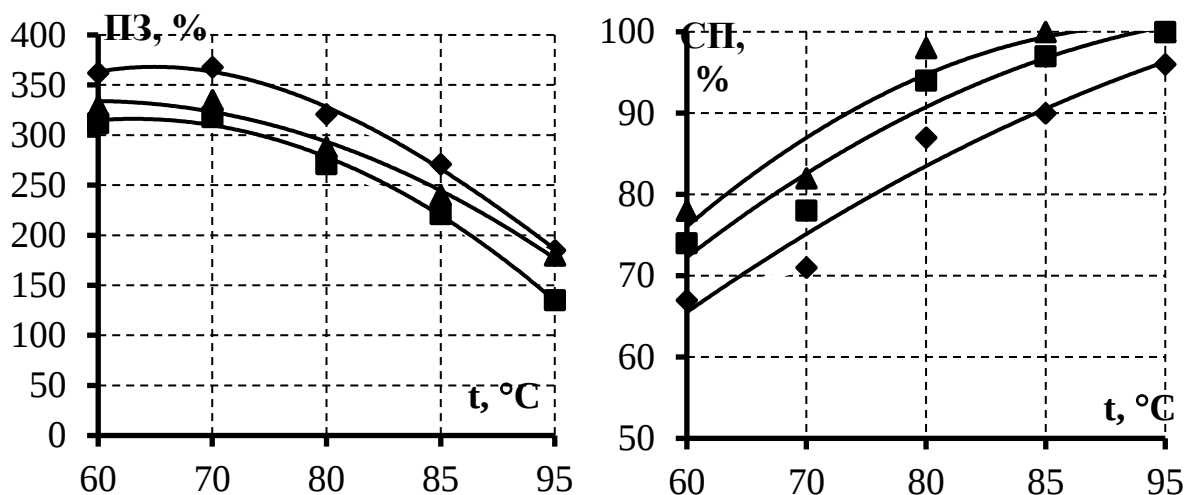
температури характеризується майже лінійною залежністю: СП зростає за збільшення температури та концентрації цукру в системі (мал. 24).



Малюнок 24. Піноутворююча здатність та стійкість піни модельних систем «пшеничний крохмаль – Твін 20» за температури обробки від концентрації цукру, %: ♦ – 0; ■ – 5,0; ▲ – 10,0; ● – 20,0

Відомо, що певну роль в утворенні та стабілізації піни відіграє рН середовища яке забезпечується присутністю у харчових системах рецептурних компонентів, що характеризуються значним вмістом кислот. Відповідно до літературних даних ПЗ неіоногенних ПАР, до яких належить Твін 20, не залежить від рН в інтервалі від 3 до 9, однак дослідження в'язкості модельних систем з лимонною кислотою встановили наростання в'язкості, що може вплинути на показники ПЗ та СП. Встановлено, що ПЗ модельних систем за різного вмісту лимонної кислоти (мал. 25) відрізняється незначно, знаходячись на рівні 310...335% за температури 60...70 °C та 135...180% за температури 95°C. Для показників стійкості піни характерні схожі залежності.

На основі отриманих даних можна стверджувати, що складові модельних систем та їх взаємодія між собою чинять істотний вплив на в'язкість, що, в свою чергу, впливає на показники піноутворюючої здатності та стійкості піни.



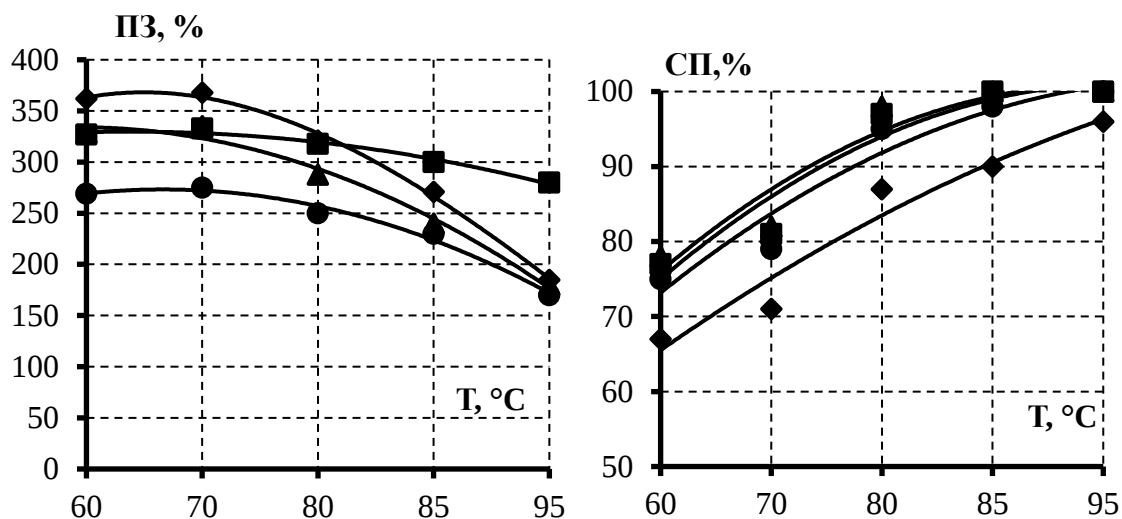
Малюнок 25. Піноутворююча здатність та стійкість піни модельних систем «пшеничний крохмаль - Твін 20» за температури обробки від концентрації лимонної кислоти, %: ♦ – 0; ■ – 0,5; ▲ – 1,0

Досліджено поведінку багатокомпонентної системи (мал. 26) з точки зору піноутворюючої здатності та стійкості піни з метою можливості її регулювання.

Встановлено, що присутність цукру в модельній системі сприяє зменшенню показника ПЗ до 330...320% в діапазоні температур 60...80°C порівняно з аналогом (без цукру), значення якого знаходяться на рівні 360...330%. Лимонна кислота також здійснює негативний вплив на ПЗ модельної системи, сумісна дія якої з цукром призводить до отримання показників ПЗ на рівні 276...250%.

Дослідження СП вищезазначеної модельної систем свідчить про позитивний вплив цукру та лимонної кислоти на показники СП, які вже за температури обробки 85°C становлять 100%.

Проведені експериментальні дослідження довели можливість сумісного використання Твін 20 разом з пшеничним крохмалем, які виконують роль піноутворювача та стабілізатора системи. Це стало можливо завдяки унікальній властивості крохмалю за гідротермообробки утворювати колоїдні дисперсії (клейстер) під впливом певних температур.



Малюнок 26. Піноутворююча здатність та стійкість піни модельних систем «пшеничний крохмаль - Твін 20» за температури обробки від концентрації, %: цукру ♦ – 0, ■ – 10,0; лимонної кислоти ▲ – 1,0; ● – цукру та лимонної кислоти

За цих умов ступінь гідратації крохмальних дисперсій різний, тобто за знижених температур (60...65°C) 14,0% крохмальна дисперсія характеризується показниками ПЗ на рівні 6,0%, що дозволяє реалізувати технологію мусів з використанням пшеничного крохмалю.

З метою стабілізації пінної системи необхідно здійснити її додаткове нагрівання до температури 85±2°C, що призведе до клейстеризації решти крохмалю з досягненням ефекту концентраційної стабілізації піни. За цих умов технологічний процес є неперервним, дозволяє реалізувати його в умовах індустріального виробництва та отримати продукцію стабільної якості з пролонгованим терміном зберігання.

Розроблені муси є продукцією тривалого зберігання, яку можна реалізувати як в закладах РГ, так і на підприємствах харчової промисловості. Технологія отримання мусів з використанням пшеничного крохмалю являє собою цілісну систему, в межах якої виділено підсистеми – D, C, B, A, функціонування яких спрямовано на отримання готового продукту відповідної якості.

Підсистема D «Приймання сировини та підготовка рецептурних компонентів» передбачає приймання сировини за масою та її вхідний контроль відповідно до вимог діючих нормативних документів, сухі інгредієнти просіюють, плодове чи овочеве пюре звільнюють від тари та дозують відповідно до рецептури.

Підсистема C «Одержання рецептурної суміші» передбачає з'єднання та перемішування попередньо підготовлених інгредієнтів з метою отримання рецептурної суміші.

Підсистема B «Формування споживчих характеристик мусів» передбачає послідовне виконання операцій з обробки сировини. На першій стадії здійснюють нагрівання рецептурної суміші до температури $60\pm 2^{\circ}\text{C}$ при постійному перемішуванні та збивання за цієї температури, що забезпечує високі показники піноутворюючої здатності. На другій стадії продовжують нагрівання рецептурної суміші до температури $85\pm 2^{\circ}\text{C}$ (при перемішуванні), що сприяє її стабілізації за рахунок процесу клейстеризації пшеничного крохмалю. Для забезпечення мікробіологічної стабільності та стійкості у часі рецептурну суміш піддають пастеризації за температури $95\pm 2^{\circ}\text{C}$ протягом 10х60 с.

Підсистема A «Одержання мусу» передбачає отримання кінцевого продукту – мусу з використанням пшеничного крохмалю з визначеними органолептичними та фізико-хімічними характеристиками, які є сталими протягом визначеного часу зберігання.

Проведені дослідження дозволили розробити рецептурний склад (табл. 8) та технологічний процес виробництва мусів тривалого зберігання (мал. 27).

Плодові та овочеві муси з використанням пшеничного крохмалю є новим видом харчової продукції з піноподібною структурою, яка характеризується тривалим терміном зберігання. Враховуючи цей факт визначено органолептичні, фізико-хімічні, мікробіологічні та показники безпечності готової продукції.

Таблиця 8

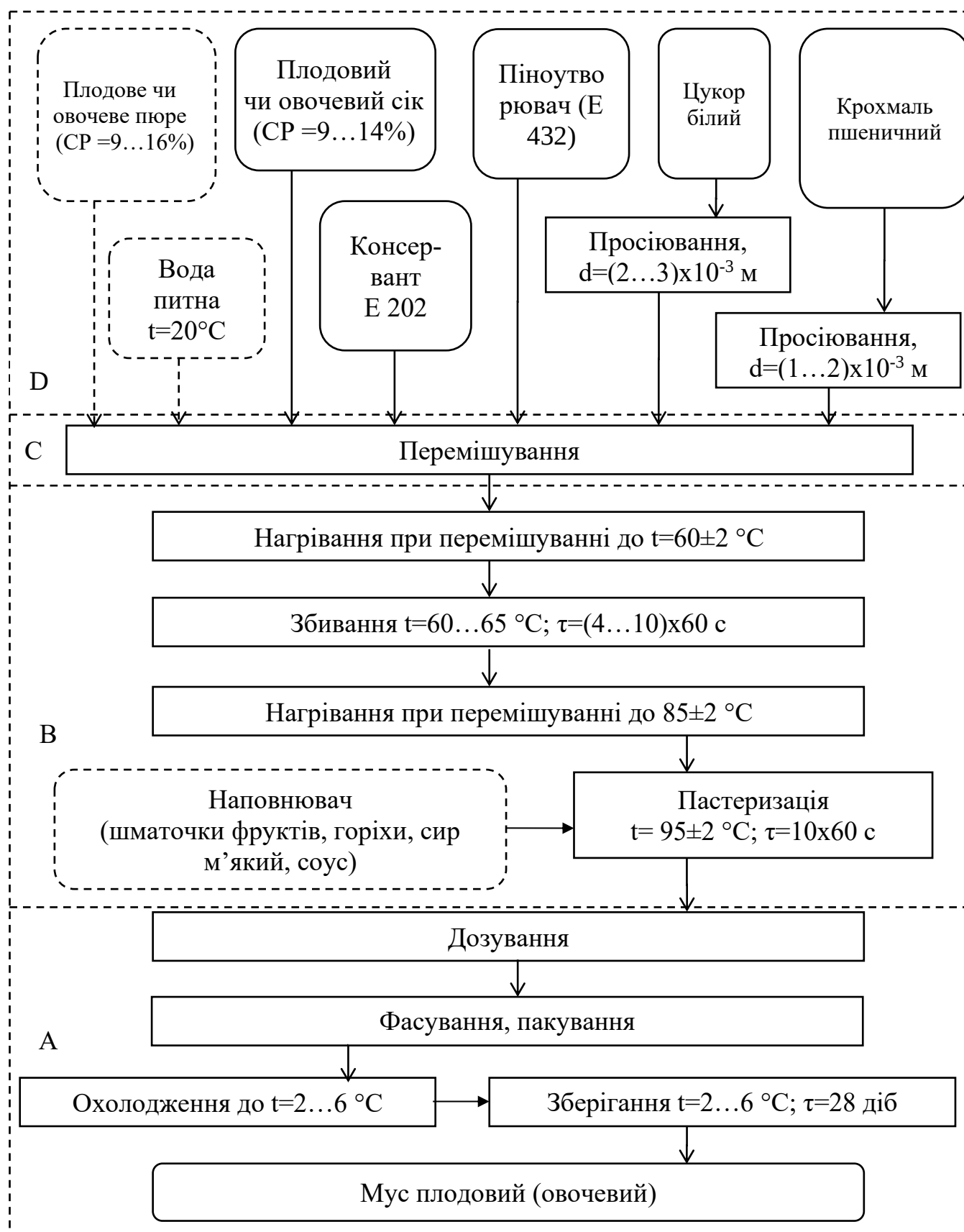
Рецептурний склад мусів з використанням пшеничного крохмалю

Найменування сировини	Витрати сировини на 1000 г готового продукту, г			
	Мус апельсиновий		Мус морквяний	
	брутто	нетто	брутто	нетто
1	2	3	4	5
Сік або пюре плодове / овочеве	797,86* ¹	795,38	267,68* ²	262,5
Вода питна	-	-	574,71	574,88
Крохмаль пшеничний	147,71	147	105,5	105
Цукор білий	105,51	105	105,5	105
Поліоксіетиленсорбітанмонолаурат (E432, Твін 20)	2,62	2,63	2,62	2,63
Сорбат калію (E202)	0,5	0,5	0,5	0,5
Всього	1053,7	1050	1056	1050
Вихід	-	1000	-	1000

*¹ – маса соку, *² – маса пюре

Дослідження показників якості та безпечності нової продукції здійснено на прикладі мусу «Апельсиновий» (виготовленого на основі соку) та мусу «Морквяний» (виготовленого на основі пюре). Дані наведено в табл. 9.

Для визначення органолептичних показників розроблено шкалу їх оцінки (табл. 10)



Малюнок 27. Технологічна схема виробництва мусів з використанням пшеничного крохмалю

Таблиця 9

Органолептичні показники мусів з використанням пшеничного крохмалю

Найменування показників	Найменування мусів	
	Апельсиновий	Морквяний
1	2	3
Зовнішній вигляд	ніжна, дрібнопориста, пишна і злегка пружна маса	ніжна, дрібнопориста, пишна і злегка пружна маса
Консистенція	піноподібна, дрібнопориста, однорідна по всій масі, нетекуча, стійка	піноподібна, дрібнопориста, однорідна по всій масі, нетекуча, стійка
Колір	однорідний, відповідний кольору апельсина. Однорідний за об'ємом	однорідний, відповідний кольору моркви. Однорідний за об'ємом
Запах, смак	властиві апельсину. Приємний смак від солодкого до кисло-солодкого. Не допускаються сторонні присмак і запах	властиві моркви. Приємний смак від солодкого до кисло-солодкого. Не допускаються сторонні присмак і запах

Таблиця 10

Шкала загальної органолептичної оцінки мусів з використанням пшеничного крохмалю

Показник якості	Рівень якості, бал				
	5	4	3	2	1
1	2	3	4	5	6
Зовнішній вигляд	Ніжна, дрібнопориста, пишна і злегка пружна маса	Ніжна, пориста і пишна маса	Маса з неоднорідною пористістю	Маса з ознаками відділення вологи	Неоднорідна маса з відділенням вологи
Консистенція	Піноподібна, дрібнопориста, однорідна по всій масі, нетекуча, стійка	Піноподібна, дрібнопориста, з поодинокими великими порами маса, нетекуча, стійка	Пориста маса з великою кількістю неоднорідних пор, не текуча, стійка	Піноподібна, неоднорідна та мазеподібна маса	Неоднорідна, текуча, нестійка маса

Продовження таблиці 10

1	2	3	4	5	6
Колір	Однорідний, відповідний кольору сировини. Однорідний за об'ємом	Однорідний, відповідає кольору сировини	Неоднорідний за об'ємом, відповідає кольору сировини	Неоднорідний за об'ємом	Не відповідає кольору сировини
Запах	Властивий сировині. Не допускається сторонній запах	Властивий сировині	Властивий сировині, погано виражений	Властивий сировині, невиражений	Зі стороннім запахом
Смак	Приємний смак від солодкого до кисло-солодкого. Не допускається сторонній присмак	Приємний смак від солодкого до кисло-солодкого	Нейтральний або незбалансований смак	Неприємний, кислий смак	Зі стороннім присмаком

Визначено хімічний склад мусів з використанням пшеничного крохмалю (табл. 11). Установлено, що продукт характеризується масовою часткою вологи на рівні 65,84...78,46%, містить незначну кількість жиру (до $0,05 \pm 0,003$). Вміст білків та вуглеводів коливається в діапазоні 0,42...0,59% та 20,08...32,16% відповідно.

Досліджено мікробіологічні показники мусів (табл. 12). Визначено, що їх значення відповідають вимогам нормативних документів: протягом визначеного строку зберігання (28 діб) патогенні мікроорганізми, зокрема роду *Salmonella*, *БГКП*, *Staph.aureus*, *Proteus*, плісень та дріжджів не було ідентифіковано; кількість МАФАМ склала 1×10^1 в 1 г, що не перевищує встановлених норм.

Таблиця 11

Хімічний склад мусів з використанням пшеничного крохмалю

Найменування показника	Вміст, %	
	мус «Апельсиновий»	мус «Морквяний»
1	2	3
Масова частка вологи, %	66,34±3,29	78,46±3,92
Масова частка жиру, %	-	0,05±0,003
Масова частка білків, %	0,59±0,03	0,42±0,02
Масова частка вуглеводів, %	32,16±1,61	20,08±1,00
Масова частка золи, %	0,25±0,01	0,44±0,02

Таблиця 12

Мікробіологічні показники мусів з використанням пшеничного крохмалю

Найменування показника	Значення показника	
	за нормативною документацією	фактичний вміст
1	2	3
Патогенні мікроорганізми, зокрема роду <i>Salmonella</i> в 25 г продукту	Не дозволено	Не виявлено
Мезофільні аеробні і факультативно-анаеробні мікроорганізми КУО в 1 г продукту, не більше ніж	1×10^3	1×10^1
Бактерії групи кишкових паличок (коліформи) в 1 г продукту (см ³)	Не дозволено	Не виявлено
<i>Staph.aureus</i> , в 1 г продукту (см ³)	Не дозволено	Не виявлено
<i>Proteus</i> , в 0,1 г продукту (см ³)	Не дозволено	Не виявлено
Кількість плісень, КУО в 1 г, не більше ніж	50	Не виявлено
Кількість дріжджів, КУО в 1 г, не більше ніж	50	Не виявлено

Результати токсикологічних досліджень свідчать, що розроблена продукція за показниками безпечності відповідає вимогам нормативної документації.

Дослідження змін органолептичних та мікробіологічних показників мусів з використанням пшеничного крохмалю, які відбуваються в процесі зберігання, проводили протягом 28 діб.

Муси в упакованому вигляді (у герметичній поліетиленовій упаковці) зберігали за температури $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ та відносної вологості повітря не більше 75%. Порівняння органолептичної оцінки та мікробіологічних показників мусів проводили в першу та двадцять восьму добу зберігання. Встановлено, що органолептичні показники впродовж зазначеного терміну зберігання характеризуються стабільними показниками кольору, смаку, запаху; консистенція ніжна, піноподібна, дрібнопориста з появою поодиноких великих пор. Визначено, що середній діаметр бульбашок повітря збільшився з $118,6\cdot 10^{-6}$ м до $130,67\cdot 10^{-6}$ м.

Дослідження мікробіологічних показників у процесі зберігання показало незначне збільшення кількості МАФАМ з 1×10^1 до 1×10^2 в 1 г. Також на 14 добу з'явилися плісняви та дріжджі, кількість яких на 28 добу в 1 г не перевищила 10. Отже, можна констатувати, що протягом всього терміну зберігання мікробіологічні показники знаходилися в межах допустимих значень, регламентованих нормативною документацією.

Таких чином, проведені дослідження мікробіологічних показників підтверджують доцільність зберігання мусів з використанням пшеничного крохмалю за температури $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ та відносної вологості повітря не більше 75%, що забезпечує стабільні споживчі характеристики протягом 28 діб.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз сучасного стану виробництва солодких страв з піноподібною структурою та використання в їх складі піно- та структуроутворювачів дозволив зробити висновок про перспективність та актуальність розробки технології мусів з використанням пшеничного крохмалю, що зумовлено необхідністю розширення асортименту даної групи продукції та збільшення обсягів її виробництва з метою задоволення потреб споживачів.

2. Узагальнення існуючих теоретичних та експериментальних досліджень показали, що у науковій літературі відсутні дані щодо використання нативних крохмалів в якості піноутворювача та стабілізатора пінних систем, що визначило

необхідність проведення досліджень з метою отримання науково обґрунтованих механізмів одержання стабільних піноподібних систем з використанням пшеничного крохмалю.

3. Науково обґрунтовано закономірності одержання піноподібних систем з використанням пшеничного крохмалю й низькомолекулярних ПАР (Твін 20) та їх стабілізації з метою реалізації технології мусів промислового виробництва. Встановлено, що за величиною ПЗ (440%) та СП (89%) раціональним є використання Твін 20 в діапазоні 0,25...0,3 %, що дозволило отримати піноподібні системи з необхідними технологічними характеристиками.

4. Шляхом математичного моделювання визначено раціональний вміст рецептурних компонентів мусів: пшеничного крохмалю – 10,3 %, Твін 20 – 0,24 %, температура теплової обробки 60°C, що забезпечує збігу структуру мусів та її стабільність.

5. Досліджено характеристики оклейстеризованих крохмальних дисперсій та їх зміну під впливом технологічних чинників. Встановлено, що присутність в модельній системі цукру в діапазоні концентрацій 0...20,0% та лимонної кислоти в концентраціях 0...1,0% сприяє підвищенню показників в'язкості. Визначено, що в діапазоні температур 60...70°C спостерігаються сталі значення в'язкості на рівні $0,3 \pm 0,01 \cdot 10^{-2} \text{Па} \cdot \text{с}$, що дозволяє реалізувати інноваційний задум. Встановлено, що присутність 10,0% цукру та 1,0% лимонної кислоти в модельній системі сприяють зменшенню показника ПЗ, а їх сумісна дія призводить до отримання показників ПЗ на рівні 276...250%. Дослідження СП вищезазначеної модельної систем свідчить про позитивний вплив цукру та лимонної кислоти на показники СП, які вже за температури обробки 85°C становлять 100%.

6. Обґрунтовано закономірності стабілізації піноподібних систем з використанням пшеничного крохмалю. Встановлено, що внесення цукру до модельних систем «пшеничний крохмаль – Твін 20» на початку процесу клейстеризації уповільнює ріст в'язкості, а на заключному етапі сприяє фіксації структури за рахунок наростання в'язкості та унеможлиблює руйнування піни через стікання рідини по каналам Плато. Доведено, що за знижених температур

(60...65°C) 14,0% крохмальна дисперсія характеризується показниками ПЗ на рівні 6,0%, що дозволяє реалізувати технологію мусів з використанням пшеничного крохмалю.

7. Науково обґрунтовано та розроблено рецептурний склад і технологічну схему виробництва мусів плодових та овочевих, досліджено її функціонування як технологічної системи. Визначено основні показники якості та безпечності нової продукції, харчову цінність та їх зміни під час зберігання.

8. Розроблено та затверджено нормативну та технологічну (технологічна інструкція з виробництва мусів плодових та овочевих) документацію, що регламентує технологічний процес виробництва мусів з використанням пшеничного крохмалю. Досліджено основні показники якості та безпечності, обґрунтовано умови та терміни зберігання, які становлять 28 діб за температури $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ та відносної вологості повітря не більше 75%.