

Н.І. Черевична, ст. викл.

О.В. Самохвалова, канд. техн. наук

В.В. Полевич, д-р техн. наук

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РЕЦЕПТУРИ БІСКВІТНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ З КСАМПАНОМ

Розглянуто питання розробки рецептур бісквітних напівфабрикатів з ксампаном за допомогою методів математичного моделювання з попереднім експериментальним визначенням раціональних діапазонів основних інгредієнтів. Застосований метод дозволив одержати оптимальні концентрації ксампану, яєць та цукру в рецептурах запропонованого асортименту бісквітних напівфабрикатів з додаванням цього біополімеру.

Рассмотрен вопрос разработки рецептур бисквитных полуфабрикатов с ксампаном при помощи методов математического моделирования с предыдущим экспериментальным определением рациональных диапазонов основных ингредиентов. Применяемый метод позволил получить оптимальные концентрации ксампана, яиц и сахара в рецептурах предложенного ассортимента бисквитных полуфабрикатов с добавлением этого биополимера.

The question of development of compounding of biscuit ready-to-cook foods is considered with xampan by the methods of mathematical design with previous experimental determination of rational ranges of basic ingredients. The applied method allowed to get the optimum concentrations of xampan, eggs and sugar in compounding of the offered assortment of biscuits ready-to-cook foods with addition of it to the biopolymer.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Виробництво вітчизняних борошняних кондитерських виробів останніми роками демонструє стійку динаміку зростання. Особливе місце серед них займають вироби, основою яких є бісквітний напівфабрикат. Він відрізняється пишною дрібнопористою структурою і м'якою еластичною м'якушкою, яка утворюється під час інтенсивного збивання яєць з цукром-піском, і подальшого перемішування збитої маси з борошном та випікання одержаного тіста. Оскільки формування властивостей бісквітного напівфабрикату, в першу чергу, відбувається на стадії отримання збитої яєчно-цукрової маси, то резерви підвищення якості бісквітної продукції полягають в стабілізації його структури. Нами запропоновано використання в якості піноутворювача і стабілізатора в технології бісквітного напівфабрикату вітчизняного мікробного біополімеру, який отримують промисловою ферментацією штаму фітопато-

генних бактерій *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* і випускають під торговою маркою «ксампан» [1]. Кількість та співвідношення інгредієнтів рецептури, а також їх властивості значно впливають на показники якості збитої яєчно-цукрової суміші та споживні характеристики готових виробів. З погляду на це, моделювання оптимального рецептурного складу бісквітного напівфабрикату з додаванням ксампану є важливим завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як загушувач і драг-леутворювач цей біополімер широко використовується під час виготовлення різноманітного асортименту продуктів. Відомо застосування ксампану в якості регулятора структури борошняних кондитерських виробів, зокрема, дріжджового, прісного, млинцевого та листкового тіста.

Мета та завдання статті. Метою даної роботи є дослідження впливу рецептурних компонентів на показники якості збитої яєчно-цукрової суміші для визначення їх оптимальної кількості в рецептурі бісквітного напівфабрикату з ксампаном за допомогою математичних методів моделювання.

Виклад основного матеріалу дослідження. Об'єктами досліджень були зразки яєчно-цукрової суміші з різним вмістом цукру і ксампану. Рациональна кількість цієї добавки була визначена згідно з попередніми дослідженнями і складала 0,2...0,4% до маси яєць [2]. Було досліджено піноутворювальна здатність і піностійкість яєчно-цукрової суміші з рецептурною та зменшеною кількістю яєць, що була замінена водним та сироватковим розчинами полісахариду. Також вивчали показники якості випечених напівфабрикатів з додаванням ксампану в дослідному діапазоні концентрацій. Контролем служили зразки яєчно-цукрової суміші та випечених напівфабрикатів без добавки. Визначення показників якості збитої яєчно-цукрової суміші, а також випечених напівфабрикатів проводили загальноприйнятими методами.

Обов'язковим компонентом рецептури бісквітних виробів є цукор і його присутність в системі значно впливає на піноутворювальну здатність та стабільність піни. Він виконує роль стабілізатора пінної структури збитої яєчно-цукрової суміші за рахунок підвищення в'язкості рідини у плівках піни, а також являється структуроутворюючим компонентом колоїдної системи тіста. Кількість цукру в різних рецептурах бісквітного тіста коливається в межах 31,0...37,0% до маси випеченого напівфабрикату, або 33,5...40,0% до маси яєчно-цукрової суміші. Тому вважали за доцільне визначити вплив цього інгредієнту на характеристики отриманої піни з додаванням ксампану. Його вміст варіювали в інтервалі 20...40% до маси яєчно-цукрової суміші, яку під-

давали збиванню протягом 18 хв за температури 20° С. Результати експерименту наведено на рис. 1 (а, б).

Видно, що за додавання цукру до яєчно-цукрової суміші з мікробним полісахаридом у всіх дослідних концентраціях спостерігається близький характер змін піноутворювальної здатності (ПЗ), але зі значно вищими абсолютними значеннями. У разі збільшення кількості цукру цей показник дещо зменшується, що узгоджується з відомими даними літератури [3].

Стійкість отриманої піни (ПС) з ксампаном у всьому дослідному діапазоні концентрацій складає 100% не залежно від кількості цукру в системі, тоді як у контрольних зразках і цей показник поступово зростає, але досягає лише 88%.

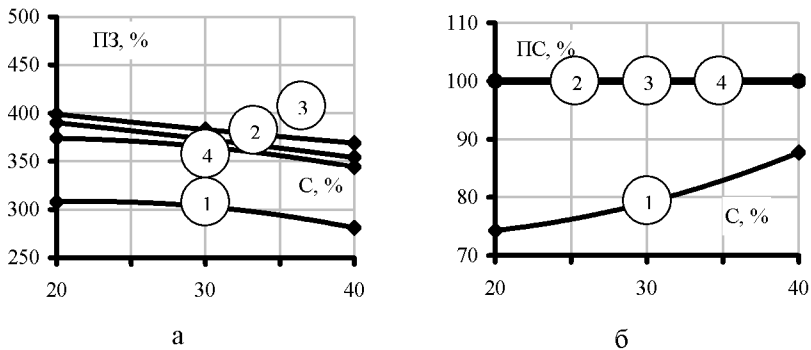


Рисунок 1 – Вплив концентрації цукру на піноутворювальну здатність (ПЗ) яєчно-цукрової суміші (а) та її піностійкість (ПС) – (б) з ксампаном: 1- контроль (без ксампану); 2 – 0,2%; 3 – 0,3%; 4 – 0,4%

Таким чином, збільшення вмісту цукру в рецептурі від 20 до 40% сприяє незначному зниженню ПЗ яєчно-цукрової суміші з біополімером і не змінює її стійкість. Це є передумовою варіювання рецептурної кількості цукру в бісквітному тісті у присутності ксампану.

Головним рецептурним компонентом бісквіту, який істотно впливає на його структуру на всіх етапах виробництва, є яєчна сировина. Присутність ксампану під час збивання яєчно-цукрової суміші призводить до збільшення її ПЗ. Спостерігаючи подібний ефект у присутності препаратів таких полісахаридів, як Na-карбоксиметилцелюлоза, пектин, а також полісахаридвмісної сировини (фруктово-овочеві пюре, порошки тощо [4; 5], автори рекомендують скорочення кількості яйцепродуктів на 20...40% без зниження якості готової бісквітної продукції. Це призводить до зниження її собівартості, але і до

зменшення масової частки білка. В якості альтернативних джерел ефективних піноутворювачів під час розробки піноподібних продуктів можливе використання разом з яєчним молочних білків. Досить дешевим їх джерелом – є білки молочної сироватки. З погляду на дослідження [6], в яких вивчались піноутворювальні властивості сироваткових білків та їх застосування у технологіях бісквітів, нами було запропоновано використання молочної сироватки для виготовлення бісквітного напівфабрикату зі зниженою кількістю яєць.

Виходячи з вищенаведеного були досліджені піноутворювальні властивості яєчно-цукрової суміші зі зменшеною кількістю яєць за додавання ксампану та сироватки. У дослідних зразках яєчно-цукрової маси рецептурну кількість яєць скорочували на 10...50% та замінювали її на 2%-й водний або сироватковий розчин ксампану. В якості контролю використовували зразки без добавок. Дослідження характеру піноутворення яєчно-цукрової маси проілюстровано на рис. 2 (а, б).

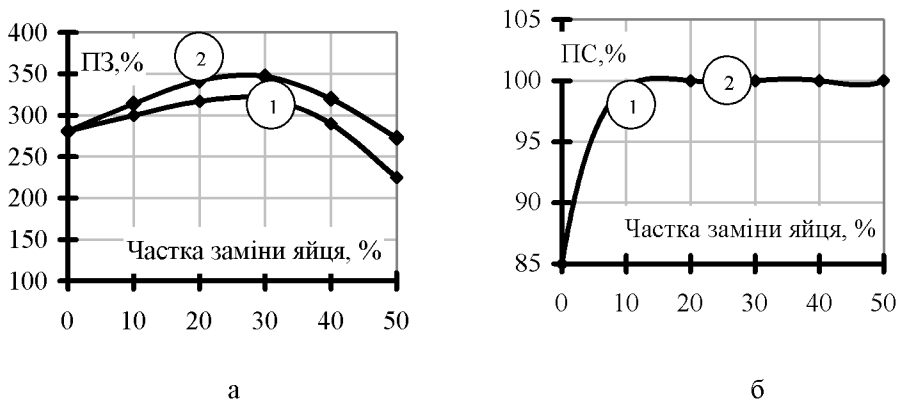


Рисунок 2 – Залежність піноутворювальної здатності (ПЗ) - (а) і піностійкості (ПС) (б) яєчно-цукрової суміші від частки заміни яйця на розчин ксампану: 1 – водний; 2 – на сироватці

Слід відмітити, що у разі заміни 10...30% яєць водним розчином ксампану ПЗ яєчно-цукрової суміші підвищується на 6,8...14%, а у разі використання розчину препарату на сироватці – на 11,7...23,5% відповідно. Заміна більше 30% рецептурної кількості яєць призводить до погіршення показників піноутворення порівняно з контролем. ПС збитої суміші вже у разі заміни 10% яєчної сировини водним та сироватковим розчинами ксампану становить 100%. Це можна пояснити взаємодією ксампану не тільки з білками яєць, але й з молочними біл-

ками, що підтверджується дослідженнями, якими встановлено, що у присутності ксампану покращується збитість молочних десертів на сколотинах [7] Враховуючи це, під час подальшої розробки технології бісквітного напівфабрикату зі зменшеною на 30% кількістю яйцепродуктів запропоновано використовувати розчин ксампану в сироватці.

Важливою характеристикою якості випечених бісквітних напівфабрикатів є їх питомий об'єм, який характеризує розпушеність і текстуру готової продукції. Тому, нами було вивчено цей показник в бісквіті зі скороченою на 20...40% кількістю яєць (табл. 1).

Видно, що заміна 20...30% яєчної сировини розчинами ксампану як на воді, так і на сироватці призводить до збільшення питомого об'єму напівфабрикатів, при чому значення цього показника у разі додавання сироватки дещо вищі, ніж водного розчину. Подальше скорочення кількості яєць до 40% – недоцільно в обох випадках, тому що призводить до зменшення питомого об'єму, хоча і не перевищує показників контрольного зразка.

Таблиця 1 – Вплив ксампану на питомий об'єм випечених напівфабрикатів з ксампаном

Зразки випечених напівфабрикатів	Частка заміни яєць на розчин ксампану, %		
	20,0	30,0	40,0
Контроль (без добавки)	354		
З додаванням водного розчину ксампану	416	418	400
З додаванням розчину ксампану в сироватці	417	420	403

Зважаючи на те, що питомий об'єм готових напівфабрикатів, найбільшою мірою може характеризувати пористу структуру їх м'якушки та висоту виробів, тому саме він був прийнятий в якості критерію оптимізації під час процесу математичного моделювання.

З метою оптимізації параметрів технологічного процесу застосовували кореляційно-регресивний аналіз, який дозволив інтерполювати й екстрапольовати експериментальні дослідження на більш широкий діапазон параметрів. Для досягнення певного рівня органолептичних і фізико-хімічних показників якості продукту необхідно було встановити оптимальне співвідношення компонентів рецептури та добавки, що рекомендується. В якості факторів варіювання обирали дозування: X_1 – цукру 25,0...35,0%, X_2 – яєць 37,5...49,5%, X_3 – ксампану 0,2...0,4%. Границі варіювання чинників X_1 та X_2 були обрані на основі методу експертного аналізу відомих (діючих) рецептур з метою зна-

ходження обмежень на мінімальну та максимальну можливу кількість цих видів сировини. Діапазон значень X_3 прийнято на основі проведених нами досліджень. У межах трифакторної моделі значення $V_{\text{шт}}$ були побудовані поверхні відгуку залежності цього показника випечених напівфабрикатів від $C_{\text{ц}}$, $C_{\text{я}}$ та $C_{\text{кс}}$, графічне зображення яких наведено на рис. 3 і 5.

Отримані моделі поверхонь дозволили побудувати відповідні лінії рівних значень $V_{\text{шт}}$ випеченого напівфабрикату залежно від чинників варіювання, які наведені на рис. 4 і 6.

Отже, математичне моделювання досліджень з попереднім експериментальним визначенням раціональних діапазонів основних компонентів рецептури бісквітного напівфабрикату дозволило одержати відповідні статистично значущі поверхні відгуку наступних чинників ($V_{\text{шт}}$, $C_{\text{ц}}$, $C_{\text{кс}}$, $C_{\text{я}}$) і тим самим закріпити їх оптимальні концентрації: ксампан – $(0,29 \pm 0,05)\%$; яйця курячі – $(44,5 \pm 0,5)\%$, цукор – $(30,5 \pm 1,5)\%$.

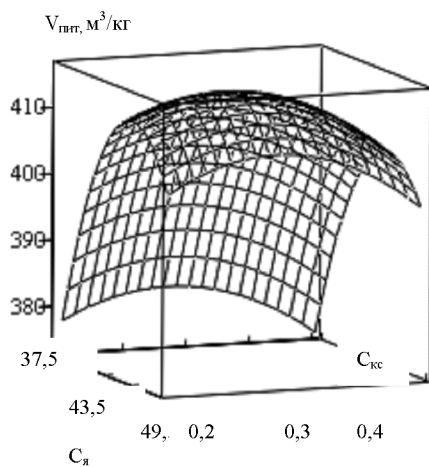


Рисунок 3 – Поверхня відгуку залежності $V_{\text{шт}}$ випеченого напівфабрикату від $C_{\text{я}}$ і $C_{\text{кс}}$, за $C_{\text{ц}} = 30,0\%$

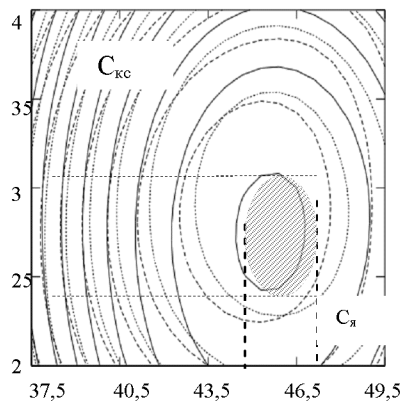


Рисунок 4 – Лінії рівних значень $V_{\text{шт}}$ випеченого напівфабрикату залежно від $C_{\text{я}}$ і $C_{\text{кс}}$

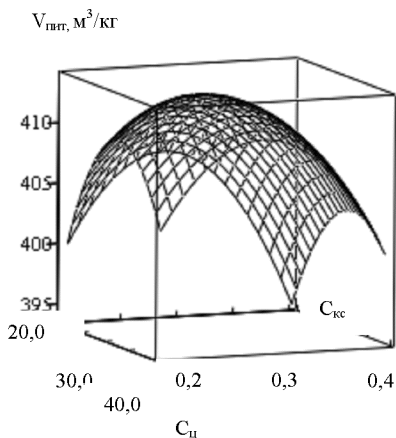


Рисунок 5 – Поверхня відгибу залежності $V_{штт}$ випеченого напівфабрикату від $C_{ц}$ і $C_{кк}$, за $C_{я}$ – 43,5%

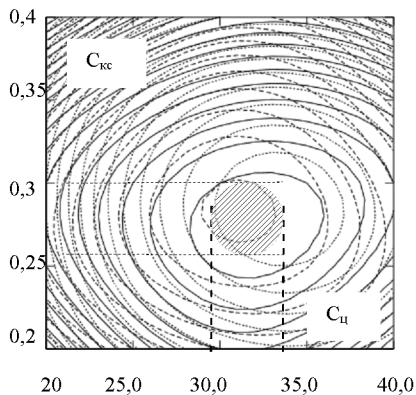


Рисунок 6 – Лінії рівних значень $V_{штт}$ випеченого напівфабрикату залежно від $C_{ц}$ і $C_{кк}$

Проведені дослідження дозволили розробити рецептури бісквітних напівфабрикатів та технологічний процес їх виробництва, які нормативно закріплені у розроблених та затверджених ТУ У 15.8-01566330-185:2006 «Напівфабрикат бісквітний з ксампаном» та технологічній інструкції на їх отримання. Технологія пройшла апробацію у низці підприємств Харкова, яка підтвердила перспективність її використання.

Розроблені напівфабрикати «Оksamит», «Легкий» та «Пряний» можуть бути рекомендовані для виготовлення широкого асортименту бісквітних виробів (тортів, тістечок, рулетів). Під час приготування тортів і тістечок заготовки не потребують промочування сиропом. Слід зазначити, що напівфабрикат «Легкий» рекомендовано випікати у вигляді тонкого (10...12 мм) пласту для рулетів, так як він має високу еластичність і не утворює розривів і щілин при згортанні.

Бісквітні напівфабрикати з ксампаном характеризуються приємним зовнішнім виглядом, рівномірною дрібнопористою добре пропеченою м'якушкою, приємними смаком і запахом з властивими присмаком і ароматом, а також достатньо високими показниками пористості, стискаємості та питомого об'єму. Фізико-хімічні показники якості розроблених виробів наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Фізико-хімічні показники якості бісквітних напівфабрикатів з ксампаном

Показник	«Оксамит»	«Легкий» (для рулету)	«Пряний»
Пористість, %	84±3	80±3	83±3
Питомий об'єм, м ³ /кг	420±15	413±15	420±15
Стисливість, од.пр.	118±5	137±5	118±5
Масова частка вологи, %	26±2	24±2	26±2

Висновки. Таким чином, застосування методів математичного моделювання рецептур з попереднім експериментальним визначенням раціональних діапазонів її основних компонентів дозволяє оптимізувати рецептурний склад бісквітних напівфабрикатів і забезпечити високі органолептичні, фізико-хімічні та структурно-механічні показники якості готової продукції.

Список літератури

1. Микробный полисахарид ксампан [Текст] // Информационный лист №064-98. – Киев : ЦНТЭИ, 1998.
2. Вдосконалення технології бісквітного напівфабрикату з використанням мікробного полісахариду ксампану [Текст] / О. В. Самохвалова [та ін.] // Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічне обґрунтування у підприємствах харчування : зб. наук. пр. / ХДУХТ. – Харків, 2004. – С. 124.
3. Просеков, А. Ю. Принципы проектирования пенообразных масс с заданными составом и свойствами [Текст] / А. Ю. Просеков // Молочная промышленность. – 2001. – № 11. – С. 41.
4. Санина, Т. В. Комплексно обогащенный бисквит [Текст] / Т. В. Санина, С. И. Лукина // Кондитерское производство. – 2003. – № 2. – С. 16.
5. Тамова, М. Ю. Разработка технологии мучных кондитерских изделий профилактического назначения [Текст] / М. Ю. Тамова, Г. М. Зайко // Кондитерское производство. – 2001. – № 2. – С. 20.
6. Бульчук, Е. Молочная сыворотка для мучных кондитерских изделий [Текст] / Е. Бульчук // Хлебопродукты. – 2006. – № 5. – С. 60.
7. Ветров, В. М. Технологія молочно-білкових напівфабрикатів зі скотин для виробництва структурованої десертної продукції [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / В. М. Ветров. – Донецьк, 2007. – 18 с.

Отримано 15.03.2009. ХДУХТ, Харків.

© Н.І. Черевична, О.В. Самохвалова, В.В. Полевич, 2009.