

МЕТОДОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДО РОЗРОБЛЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ КОМБІНОВАНИХ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ, ЩО ФОРМУЮТЬСЯ МЕТОДОМ КО-ЕКСТРУЗІЇ

У світі останнім часом постійно проводяться роботи з розроблення та вдосконалення технологічних ліній для виробництва комбінованих виробів, що складаються з кількох кондитерських напівфабрикатів із різними смаками. Під час створення обладнання для їх формування надається перевага методу ко-екструзії, який дає можливість інтенсифікувати виробничий процес та отримати різноманітний асортимент виробів. Тому розроблення вітчизняних технологій конкурентоспроможних комбінованих кондитерських виробів та рекомендацій із створення обладнання для їх механізованого виробництва під час формування методом ко-екструзії є актуальною проблемою для кондитерської галузі України.

Метою статті є обґрунтування методологічного підходу до розроблення раціональних технологій комбінованих кондитерських виробів (печива та пряників з різноманітними начинками, цукерок із комбінованими корпусами) з використанням прогресивного методу формування – ко-екструзії.

Виробництво кожного кондитерського виробу – складний, багатофакторний процес, який слід розглядати як велику централізовану систему, що складається з декількох підсистем [1 – 3]. Тому методологічний підхід до розроблення раціональних технологій комбінованих кондитерських виробів повинен базуватися на системному аналізі процесів на макро- та мікрорівнях в межах кожної підсистеми.

Під час організації комплексно-механізованого виробництва кондитерських виробів центром технологічної системи є підсистема їх формування. Технологічні параметри процесу формування взаємозв'язані зі структурно-механічними властивостями напівфабрикатів для комбінованого корпусу й, відповідно, впливатимуть на їх рецептурний склад та технологію приготування. Розробляючи технології нових кондитерських мас, ураховують структурні властивості напівфабрикатів, які обумовлюють вибір формуючого обладнання або вимоги до створення нового. Тобто вихідні параметри підсистем приготування кондитерських мас будуть впливати на параметри функціонування підсистеми формоутворення й, таким чином, технологічні системи матимуть дві центральні підсистеми: приготування напівфабрикатів для комбінованих шарів та їх формоутворення.

У процесі аналізу формуючого обладнання, яке експлуатується на підприємствах України для виготовлення комбінованих кондитерських виробів, було встановлено, що виробниками використовується переважно закордонна ко-екструзійна техніка фірм Rheon (Японія), Mimas, Comas, Minipan (Італія), Fis (Росія – Італія). Слід зазначити, що перелічене формуюче обладнання відрізняється за конструктивним виконанням, але найбільш поширеними моделями є ко-екструдери з двокамерним нагнітанням за типом «шнек – лопатевий барабан» та «валки-валки». Дослідженнями було встановлено, що під час формування методом ко-екструзії напівфабрикатів для комбінованих кондитерських виробів, виготовлених за традиційною технологією (здобного печива та пряників із начинками), продуктивність обладнання обмежується критичною швидкістю зсуву (1), за умов досягнення якої спостерігаються процеси нестійкої течії маси в каналі екструдера: шорсткість поверхні, пульсація джгутів та колювання їх діаметра, що негативно впливає на якість виробів.

$$g_k = \frac{Q_v \cdot 2(2 \cdot n + 1)}{n \cdot \pi \cdot d_0 \cdot \delta^2}, \quad (1)$$

де g_k – критична швидкість зсуву, c^{-1} ;

Q_v – об'ємні витрати напівфабрикату, що відповідають прояву нестійкої течії, m^3/c ;

n – індекс течії;

δ – товщина кільцевої щілини, м;

d_0 – діаметр матриці, м.

Тобто збільшенню продуктивності та забезпеченню якості сформованих напівфабрикатів сприятиме збільшення індексу течії кондитерських мас, що треба враховувати під час створення нових видів виробів.

Пропонуємо класифікацію комбінованих кондитерських виробів (ККВ), в основу якої покладено структурні властивості напівфабрикатів, що обумовлюють вибір конструкції формуючого обладнання. Також визначено діапазон їх структурно-механічних властивостей (таблиця 1).

Таблиця 1 – Діапазон структурно-механічних характеристик напівфабрикатів для комбінованих кондитерських виробів під час їх формування методом ко-екструзії

Тип моделі екструдера	Напівфабрикат	Пластична міцність, кПа		Адгезійна міцність, кПа		Індекс форми	
		min	max	min	max	min	max
Із нагнітанням за типом «шнек – лопатевий барабан»	здобне пісочне тісто	2,2	3,6	1,1	1,8	0,65	0,85
	пряникове тісто	2,6	3,8	1,6	1,8	0,65	0,75
	цукеркова маса для зовнішнього шару	2,2	2,6	1,2	1,4	0,85	0,95
	внутрішнього шару	1,6	2,6	1,2	1,4	0,55	0,85
За типом «валки – валки»	здобне пісочне тісто	1,6	2,4	1,1	1,8	0,65	0,75
	пряникове тісто	1,8	2,6	1,6	1,8	0,65	0,75

У другій групі виробів, що складаються з кондитерських мас різної структури та з різною масовою часткою вологи (наприклад, печиво та пряники зі фруктовю начинкою), крім відповідних структурно-механічних характеристик, важливим фактором досягнення якості є стійкість до перерозподілу вологи між напівфабрикатами комбінованих кондитерських виробів у процесі їх термообробки та під час зберігання.

Залежно від структурних властивостей напівфабрикатів, комбіновані кондитерські вироби можуть складатися із двох капілярно-пористих тіл (двокольорове здобне пісочне печиво), з капілярно-пористого тіла та колоїдного тіла (тісто для здобного печива – фруктові начинки), із колоїдного капілярно-пористого тіла та колоїдного тіла (пряниковий напівфабрикат зі фруктовю начинкою), із двох колоїдних капілярно-пористих тіл (кремово-збивні цукерки з комбінованими корпусами). За аналогією до теорії стійкості дисперсних систем [4] авторами запропоновано теоретичну модель агрегативної стійкості комбінованої системи, що складається з напівфабрикатів із різною структурою, з урахуванням кінематичного, гідродинамічного та термодинамічного факторів (рисунк 1).



Рисунок 1 – Фактори, що обумовлюють створення агрегативно стійкої системи

Стосовно моделі кінематичний фактор стійкості визначатиме структурно-механічні властивості напівфабрикатів із урахуванням вимог до формування методом ко-екструзії; гідродинамічний – кількість та форми зв'язку вологи, які впливатимуть на агрегативну стійкість системи як у процесі формування, так і в процесі термообробки тістових заготовок.

Під дією ентропійного фактора в комбінованій системі має відбуватися вирівнювання концентрації дисперсійних середовищ кондитерських мас з різною масовою часткою вологи, тому термодинамічні фактори відіграватимуть вирішальну роль при утворенні граничного шару на межі поділу напівфабрикатів з різною структурою та впливатимуть на процеси, що відбуваються під час зберігання комбінованих кондитерських виробів.

Інтенсивніше дифузійні процеси відбуватимуться між шарами з різним вмістом вільної вологи. Для встановлення рівноважного вологовмісту вільна волога буде рухатися з напівфабрикату, що має високу активність води, до ділянок з низьким значенням цього показника. Щоб запобігти небажаним міграційним процесам, показник активності води напівфабрикатів комбінованих кондитерських мас має бути близьким за значенням.

Найбільш складні масообміні процеси відбуваються в процесі термообробки пряників і здобного печива з начинками. У ході досліджень встановлено, що найінтенсивніше внутрішня дифузія вологи відбувається у граничному шарі між напівфабрикатами з різною масовою часткою вологи та залежатиме від градієнтів вологопровідності й термовологопровідності. У разі збільшення в'язкості дисперсійного середовища та кількості зв'язаної вологи у напівфабрикатах швидкість міграційних процесів зменшується.

Запропоновано методологічний підхід до розроблення технологій здобного печива та заварних пряників з начинкою, цукерок з комбінованими корпусами, основою якого є створення агрегативно стійких систем напівфабрикатів комбінованих кондитерських виробів, що мають структурно-механічні характеристики згідно з вимогами до формування методом ко-екструзії та забезпечують обмеження процесів дифузії вологи під

час термообробки та зберігання виробів. Підвищенню агрегативної стійкості дисперсних систем буде сприяти утворення прошарків дисперсійного середовища з певними в'язко-пружно-пластичними властивостями завдяки застосуванню додаткових структуроутворювачів – гідроколоїдів і поверхнево-активних речовин.

З метою розроблення стабілізаційних комплексних сумішей для формування структури напівфабрикатів комбінованих кондитерських виробів були проведені дослідження щодо визначення сорбційних властивостей, поверхневої активності, гідратаційної здатності різних груп гідроколоїдів: галактомананів, камеді ксантану, стабілізаційних крохмалепродуктів, рослинної клітковини, к-карагінану, LM-пектину, желатину. Запропоновано класифікацію гідрофільних сполук залежно від сорбційних властивостей і енергії зв'язування вологи під час утворення мономолекулярного шару в процесі адсорбції. Доведено, що до першої групи відносяться к-карагінан, LM-пектин, яблучна клітковина, камеді ксантану й тари, які здатні до найбільшого набухання та гелеутворення. До другої групи належать камеді гуару, рожкового дерева, мальтодекстрин, які мають меншу здатність до набухання. До третьої групи – модифіковані крохмалі Selectamyl XK, Farinex WM55 і желатин, які зв'язують воду міцнішими зв'язками й утворюють жорсткі структури.

У ході досліджень було встановлено, що найвища енергія активації в'язкої течії була у розчині комплексної суміші гідроколоїдів у разі поєднання камедей ксантану, тари, мальтодекстрину, крохмалю Selectamyl XK. На підставі цих досліджень розроблена нова технологія високов'язкої термостабільної фруктової начинки, до складу якої додають 5 % яблучної клітковини, 0,8 % комплексної суміші Едгум КД-15, яка містить камеді тари, ксантану, мальтодекстрин, модифікований крохмаль Selectomyl XK. Нова комбінація поліцукридів сприятиме підвищенню в'язкості гелевих прошарків дисперсійного середовища фруктової начинки для здобного печива та пряників у процесі термообробки.

З метою створення стабілізаційних комплексних сумішей для регулювання структури здобного пісочного тіста проведені дослідження технологічних властивостей поверхнево-активних речовин вітчизняного виробництва: складного ефіру полігліцерину, тригліцериду стеаринової кислоти, сорбату тристеарату, моностеарату гліцерину. Розроблено та досліджено властивості комплексних сумішей на їх основі; доведено ефективність використання вищевказаних сполук у співвідношенні 20:20:20:40 у кількості 0,3 - 0,5 % для стабілізації піноподібної емульсії та здобного тіста з низьким вмістом жиру (до 20 %). Розроблена нова технологія здобного пісочного тіста з урахуванням вимог до його формування методом ко-екструзії, яка передбачає інтенсифікацію процесів приготування піноподібної емульсії та тістоутворення й забезпечує сталість структури напівфабрикатів.

На основі методологічного підходу до розроблення нових технологій нами запропоновано технологію виробництва заварного пряника на основі нового способу приготування заварки, що дає змогу скоротити тривалість її вистоювання, інтенсифікувати процес тістоутворення, забезпечити сталість структури тіста, поліпшити якість готових виробів і збільшити термін їх зберігання. Для інтенсифікації процесу гідролізу крохмалю до гідрофільних низькомолекулярних речовин (декстринів, мальтози, глюкози) запропоновано спосіб приготування заварки з житнього борошна з додаванням ячмінно-солодового борошна та їх заварювання інвертним сиропом і ферментації протягом 2 діб. Для створення структурно-механічних властивостей тістового напівфабрикату, згідно з вимогами до формування методом ко-екструзії, запропоновано введення до його складу до 10 % рослинного жиру разом з 0,3 % комплексної суміші емульгаторів.

Досліджено й обґрунтовано оптимальні параметри термообробки заварних пряників і здобного печива з фруктовою начинкою. Доведено, що внутрішня дифузія

вологи під час їх термообробки залежить від градієнтів вологопровідності та термовологопровідності. Найінтенсивніше ці процеси відбуваються у граничному шарі між напівфабрикатами з різною масовою часткою вологи. Встановлено, що введення до складу начинки стабілізаційної комплексної суміші зменшує швидкість міграції вологи з начинки в борошняний напівфабрикат, сприяє стабілізації її структури та якості готових виробів протягом зберігання.

Одним із завдань під час розроблення технологій нового асортименту цукерок з комбінованими корпусами є створення агрегативно стійких кремово-збивних структур. З цією метою запропоновано використовувати суміш аніоноактивних (к-карагінану, LM пектину) та амфолітних (желатину) гідроколоїдів, які мають здатність до утворення на межі поділу фаз повітря, рідину подвійних електричних або сольватних шарів. Експериментально підтверджено можливість стабілізації властивостей трифазних дисперсних систем під час їх формування методом ко-екструзії, завдяки створенню агрегативно стійких прошарків дисперсійного середовища за допомогою комплексних сумішей типу «желатин – LM-пектин» і «желатин – к-карагінан».

У ході наукового обґрунтування та розроблення раціональних технологій комбінованих кондитерських виробів було вирішено ряд взаємопов'язаних завдань: створення нового асортименту конкурентоспроможних кондитерських виробів, забезпечення ефективності технологічного процесу й умов для його максимальної механізації. Підвищення конкурентоспроможності нового асортименту досягається внаслідок покращання смаку, аромату, структури виробів за рахунок гармонійного поєднання комбінованих напівфабрикатів; підвищення харчової цінності, зниження калорійності, зменшення собівартості виробів і дотримання показників якості протягом гарантованого терміну зберігання. Підвищення ефективності нових технологій досягнуто шляхом встановлення оптимальних технологічних режимів на всіх стадіях виробництва комбінованих кондитерських виробів за умови максимальної інтенсифікації процесів. Дослідження та розроблення раціональних режимів процесів технологічних систем виробництва здобного печива та заварних пряників з начинками, цукерок з комбінованими корпусами були спрямовані на забезпечення можливості максимальної механізації виробничого процесу й обґрунтування технологічних вимог до створення обладнання для їх виробництва. Експериментальні дослідження та впровадження наукових розробок проводили у два етапи: на першому - створювали нові технології комбінованих кондитерських виробів з урахуванням конструктивних особливостей вітчизняного та закордонного ко-екструзійного обладнання; на другому – на підставі одержаних технологічних і технічних рішень розробляли нові технології напівфабрикатів і рекомендації до модернізації обладнання або створення нового. У процесі використання такого підходу розроблені нові раціональні технології виробництва здобного печива та заварних пряників з начинкою, цукерок з комбінованими корпусами та знайдені нові рішення до розроблення обладнання, які захищені 18 патентами України.

Проведена інтегральна оцінка ефективності функціонування технологічних систем комбінованих кондитерських виробів з урахуванням показників якості готових виробів і ефективності розроблених технологій. Згідно з розрахунком відносний інтегральний показник ефективності технологічної системи виробництва здобного печива з начинкою склав 1,35, заварних пряників з начинкою – 1,45, цукерок з комбінованими корпусами – 1,52, що підтвердило ефективність обраних напрямків у ході розроблення раціональних технологій.

ВИСНОВКИ

Завдяки новому методологічному підходу до створення технологій комбінованих кондитерських виробів, що формуються методом ко-екструзії, були обґрунтовані оптимальні параметри процесів технологічних систем виробництва комбінованих кон-

дитерських виробів під час створення агрегативно стійких комбінованих структур для кремово-збивних цукеркових мас, термостабільної фруктової начинки, здобного пісочного тіста, завдяки застосуванню нових стабілізаційних комплексних сумішей гідроколоїдів і поверхнево-активних речовин.

Перспективами подальших досліджень у цьому напрямку є розробка нових технологій борошняних і цукристих комбінованих кондитерських виробів з визначеними оптимальними технологічними параметрами й обґрунтування технологічних вимог до створення нових моделей сучасного вітчизняного ко-екструзійного обладнання.

Список літератури

1. Дорохович А.Н. Разработка научных основ технологии различных кондитерских изделий улучшенного качества: Дис... д-ра техн. наук: 05.18.01. – М., 1988. – 433 с.
2. Панфилов В.А. Научные основы развития технологических линий пищевых производств. – М.: Агропромиздат, 1986. –240 с.
3. Панфилов В. Технологические линии пищевых производств и создание технологии потока / В.Панфилов, О.Ураков. – М.: Пищ. пром-сть, 1996. – 476 с.
4. Зубченко А.В. Физико-химические основы технологии кондитерских изделий. – Воронеж: Гос. технол. академия, 1997. – 416 с.