

2. Цапалова, И. Э. Экспертиза грибов [Текст] : учебн. справ. пособие // И. Э. Цапалова, В. И. Бакайтис, Н. П. Кутафьева. – Новосибирск : Изд-во Новосиб. ун-та; Сиб. ун-та, 1995. – 205 с.

3. Пат. 1671229. СРСР МКІ А 23У4/06 F25Д13/00. Спосіб холодильної обробки штучних харчових продуктів [Текст] / Васильєв В. А., Васильєв В. С. – № 42649/0013 ; заявл. 15.06.87 ; опубл. 23.08.93, Бюл. 31.

4. ТУ 9739-002-00562732-2001 Гриби. Глива звичайна свіжа культивована [Текст] : технічні умови. – К. : Вид-во стандартів, 2001. – С. 10.

Отримано 15.03.2009. ХДУХТ, Харків.

© Д.М. Одарченко, А.М. Одарченко, А.М. Сесь, В.В. Піддубний, 2009.

УДК 648.42.846

Ю.І. Єфремов, канд. техн. наук, доц.

Д.М. Одарченко, канд. техн. наук, доц.

А.М. Одарченко, канд. техн. наук, доц.

М.О. Карев, здобувач

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ПІД ЧАС ВИРОБНИЦТВА ЗЕФІРУ

Досліджено вибір прискореного процесу структуроутворення зефіру на агарі та пектині різними способами охолодження.

Исследован выбор ускоренного процесса структурообразования зефира на агаре и пектине различными способами охлаждения.

The article is devoted to the research of the choice of accelerated process of zephyr structure creation based on agar and pectin by various cooling methods.

Постановка проблеми у загальному вигляді. У кондитерській промисловості України виробництво пастило-мармеладних виробів налічує більш 9% від усього об'єму виробництва цукрових кондитерських виробів і з кожним роком цей показник зростає. Технологічний процес складається із наступних стадій: підготовка сировини, приготування агаро-цукрово-паточного сиропу, приготування мармеладної або пастильної, зефірної маси, маси, структуроутворення, сушіння пастило-мармеладних виробів, обсіпка виробів та упаковка. Найбільш відповідальною стадією технологічного процесу є структуроутворення та сушіння пастило-мармеладних виробів. Тому дослідження шляхів прискорення цих технологічних процесів є дуже актуальною проблемою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У даний час дослідники проблеми якості виробів кондитерської промисловості приділяють значну увагу розробці перспективних технологій і обладнання. Одним із перспективних напрямків є обґрунтування найбільш важливих процесів охолодження і тепломасобмінної обробки. Тому обґрунтування і дослідження процесу охолодження є дуже важливою проблемою.

Мета та завдання статті. Основною метою статті є дослідження процесу структуроутворення зефіру на агарі та пектині для вибору прискореного процесу виробництва.

Виклад основного матеріалу. За останні роки в техніці охолодження кондитерських виробів за кордоном використовують методи променевого теплопідводу або охолодження радіацією. Закордонні дослідники вважають, що радіаційне охолодження дозволяє зменшити його час та підвищити якість кондитерських виробів тому, що тепловіддача шляхом поверхневого випромінювання коротких інфрачервоними хвилями протікає по всій масі матеріалу.

При конвективному способі теплопідводу швидке охолодження призводить до нерівномірності застигання продукту, причому не тільки поверхня півки, а внутрішній шар має рідку фракцію. При радіаційному охолодженні відвід тепла випромінюванням протікає не лише з поверхні, але з глибинних шарів маси, що забезпечує рівномірне температурне поле по товщині виробу [1].

Випромінюваний теплопідвід можна інтенсифікувати за рахунок близького розташування охолоджувального продукту з низькою температурою і високими теплопоглинаючими властивостями.

Ефективність радіаційного охолодження прискорюється у разі покриття теплопоглинаючої холодної поверхні вугільним шаром.

Для дослідження найбільш ефективного способу охолодження зефіру було розроблено експериментальну установку (рис.1), яка має вигляд тунелі довжиною 18 м, обшита нержавіючою сталлю. Між нержавіючими пластинами встановлено теплоізолятор – пенопласт товщиною 65 мм з гідроізоляцією товщиною 0,1 мм. Тунель складається з 9 секцій, між секціями перегородки з згином для переміщення повітря під кутом до зефіру. Для радіаційного охолодження тунель має конвеєрну стрічку марки FAB 2E товщиною 0,8 мм, на якій встановлені нержавіючі трубки, по яких циркулює пропиленглюколь або розсіл для радіаційного охолодження зефіру.

Конвективний тепловідвід від продукту шляхом охолодження і рециркуляції повітря з кожної з 9 секцій через тунель і 10 повітряохолоджувачами МІС 300 потужністю 2 кВт за холодом, кожний вмонтований у осьовий вентилятор, який подає повітряний потік зі швидкістю 2...9 м/с. Температуру повітря і розсолу визначали термометрами і тепловизиром, відносну вологість – електронним психрометром. Швидкість повітря замірювали електронним анемометром. Параметри режиму охолодження змінювали у наступних діапазонах: температуру повітряного середовища у робочій камері від -3 до 15°C, швидкість повітряного потоку від 3 до 9 м/с, відстань між випаровувачем і продуктом від 110 до 330 мм, температуру пропіленгліколя, використаного для охолодження поверхні конвеєрної стрічки шляхом теплопередачі змінювалась від -2 до 5° С. Вологовміст зефіру в процесі структуроутворення змінювався за рахунок градієнта температури, тому теплообмін у разі охолодження залежав від масообміну.

У процесі експерименту досліджували радіаційне охолодження зефіру. Дослідження проводили при вимкнених вентиляторах повітря охолоджувачів. Результати досліджень наведено на рис. 2.

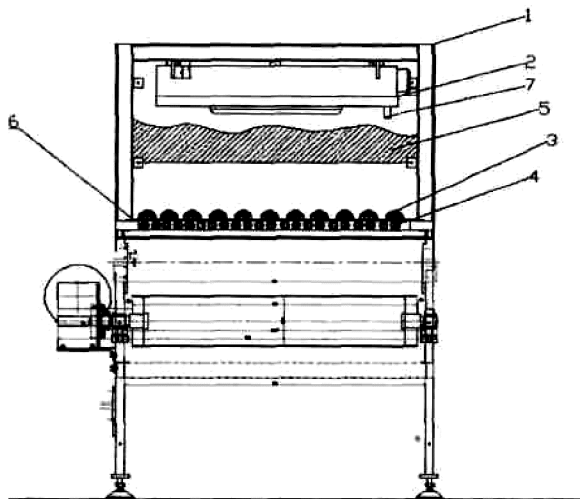
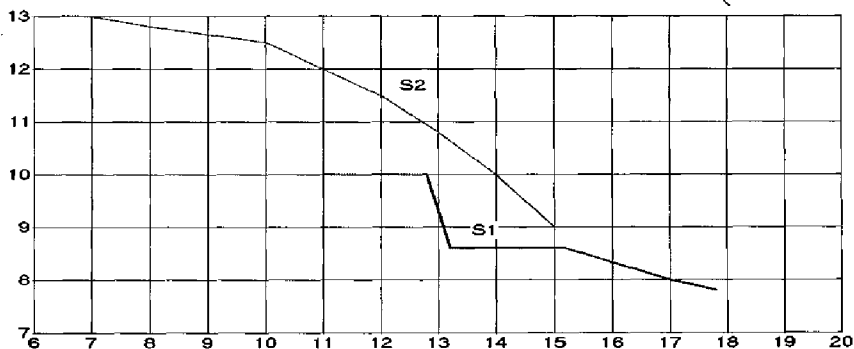


Рисунок 1 – Вид експериментального холодильного тунелю: 1 – холодильна камера; 2 – повітряохолоджувач; 3 – виріб (зефір); 4 – стрічка FAV 2E; 5 – перетин з радіусом згину 200 мм; 6 – труби з розчином; 7 – трубка для відведення конденсату з камери

$P, \text{г/см}^2$



$S_1 - 0,33 \text{ м}, S_2 - 0,22 \text{ м}$

Рисунок 2 – Зміни міцності зефіру (на агарі) залежно від відстані зефіру до випарника

$P, \text{г/см}^2$

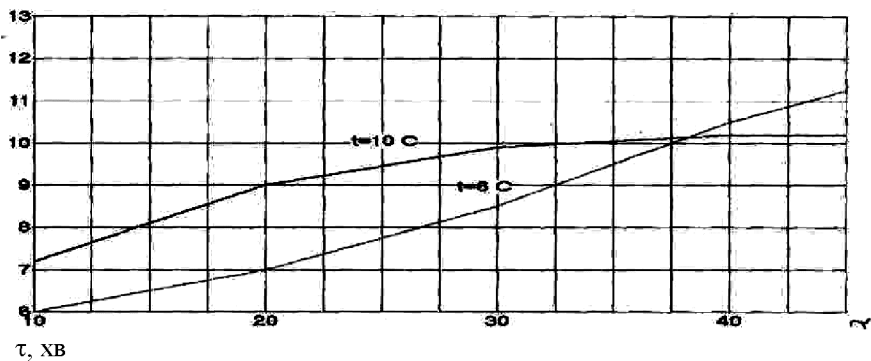


Рисунок 3 – Зміни міцності зефіру (на агарі) залежно від температури

Отримані графічні залежності свідчать, що на відстані при $S_1 = 0,33 \text{ м}$ міцність зефіру складає $P_1 = 10,1 \text{ г/см}^2$, а при $S_2 = 0,22 \text{ м}$ міцність зефіру складає $P_2 = 12,6 \text{ г/см}^2$, а відповідно діючим стандартам нормальною міцністю зефіру при структуроутворенні $P = 12,13 \text{ г/см}^2$.

Наступним етапом було досліджено міцність зефіру на агарі в залежності від температури (рис. 3).

Після встановлення постійної міцності зміни температури не впливають на зміни структури. Зниження температури середовища нижче 10...6°C не впливає на час процесу і для пектину і встановлює 20 хвилин для зефіру на пектині і 45 хвилин для зефіру на агарі.

Дослідження температурного поля зефіру при охолодженні при радіаційному тепло підводі призвело до різкого зростання градієнта температури по перерізу продукту через неоднорідну структуру виробу.

Таблиця 1 – Дослідження температурного поля зефіру

Відстань між продуктом і випарником, м	Кінцевий градієнт температур по перерізу зефіру, °С·см
0,33	2,1
0,22	1,9
0,11	0,4

Отримані дані свідчать, що рівномірне охолодження продукту по товщині при мінімальній відстані до холодної поверхні.

Наприкінці процесу охолодження кінцева температура центрального шару зефіру нижче температури поверхневих шарів, а усіх шарів охолодженого зефіру нижче температури середовища.

Таблиця 2 – Значення поля температури за продуктом

Температура, °С		Кінцева температура продукту, °С	
Випарник	Середовище	Верхній шар	Центральний шар
2,3...3,5	6	7,4	7,1
4,8...5,7	8	9,2	8,8
6,5...8,0	10	12,6	12,3

Результати експериментальних досліджень свідчать, що температура продукту, охолоджуваного радіаційним способом визначається не тільки температурою середовища, а температурою теплопоглинаючої поверхні.

Таким чином, при радіаційному охолодженні зефіру відвід тепла протікає не тільки від поверхні, але з внутрішніх шарів продукту. Час структуроутворення за одностороннього охолодження плитою складає 20 хвилин для зефіру на пектині і 45 хвилин для зефіру на агарі.

У другій серії експерименту досліджували радіаційно-кондуктивне охолодження зефіру. Нижче наведені дані по охолодженню зефіру радіацією верхньої поверхні виробу і теплопровідністю – безпосереднім контактом конвеєрної стрічки, на яку відсаджувався зефір, з нижньою плитою (температура навколишнього середовища 6°C).

Таблиця 3 – Дослідження процесу структуроутворення

Відстань між продуктом і випарником, S, м	Тривалість процесу структуроутворення зефіру на агарі, τ, с
0,33	1680
0,22	1440
0,11	1200

Радіаційно-кондуктивне охолодження продукту удвічі збільшує швидкість структуроутворення: тривалість процесу знижується до 10 хвилин для зефіру на пектині і до 20 хвилин зефіру на агарі.

При радіаційно-кондуктивному способі охолодження максимальний градієнт спостерігається в нижній половині виробу, безпосередньо дотичній з холодною поверхнею.

Як видно з таблиці, в процесі охолодження градієнт температури падає у верхній половині зефіру, що віддає тепло радіацією, до 0,8, а в нижній, дотичній з холодною стрічкою, його величина досягає 3,28 град/см.

У третій серії експерименту досліджували кондуктивно-конвективне охолодження зефіру. При дослідженні кондуктивно-комбінованого способів охолодження встановлено, що при конвективному теплообміні значно прискорюється структуроутворення зефіру, проте, підвищення швидкості повітря понад 4...5 м/сек не скорочує тривалість процесу.

Таблиця 4 – Дослідження зміни градієнта температури від тривалості процесу

Зона вимірювання температур, за температури $t = 6^{\circ}\text{C}$	Зміна градієнта температури (град/см) за часом від початку процесу, хвилин		
	1	10	20
Верхня половина зефіру	2,91	1,362	0,8
Нижня половина зефіру	7,36	5,27	3,28

Криві зміни міцності зефіру показують, що час його структуроутворення ($\tau = 15$ хв) і величина міцності ($P = 8,5$ г/см²) залишаються постійними за швидкостей повітря $V = 4,1$ і $8,9$ м/с.

P , г/см²

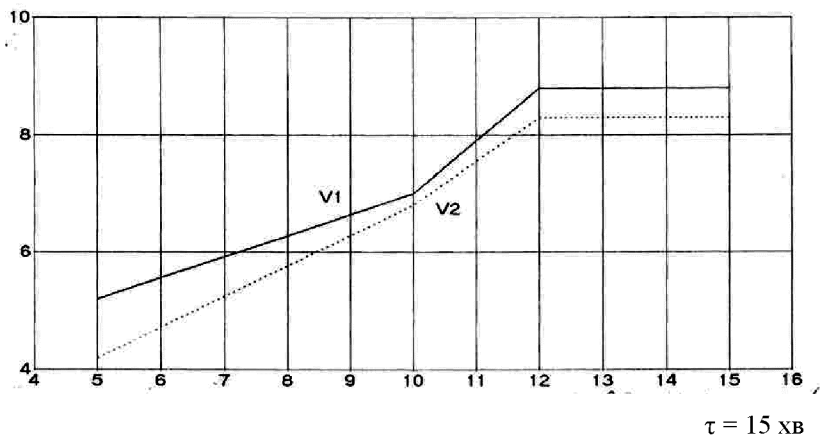


Рисунок 4 – Криві зміни міцності зефіру: $V_1 - 4,1$ м/с; $V_2 - 8,9$ м/с

Проте температурне поле зефіру під впливом конвективного чинника різко змінюється.

Якщо при радіаційній дії температурний градієнт у виробі низький, то при конвективному теплообміні він зростає відповідно до швидкості при $V = 4,1$ і $8,9$ м/с відповідно до $6,5$ і $11,3$ град/см.

Безпосередній контакт продукту з холодною поверхнею ефективніший, і оптимальні режими конвективного охолодження дає можливість спроектувати вдосконалений тунель для структуроутворення зефіру на агарі і пектині і застосувати його в розробці автоматизованої поточно-механізованої лінії для виробництва пастили і мармеладу як на пектині так і на агарі.

Мінімальна тривалість процесу і якнайкращі показники міцності зефіру комбінованим кондуктивно-конвективним тепловідводом: випромінюванням від продукту за рахунок безпосереднього контакту продукту з холодною поверхнею і дією на нього перпендикулярно направленим потоку повітря. При подібному способі термообробки час структуроутворення скоротився і склав для зефіру на пектині – 5 хв, для зефіру на агарі – 15 хв, при цьому у виробі досягається найбільш рівномірне температурне поле обох половинок зефіру майже строго симетричні щодо центру і температурний градієнт мінімальний ($\text{grad}t = 0,5 \text{ град/см}$).

Висновки. Зі всіх перевірених способів охолодження зефіру якнайкращим є комбінований кондуктивно-конвективний, такий, що дає можливість скоротити процес структуроутворення в 12...16 разів (з 3...4 годин, до 15 хв для зефіру на агарі), забезпечує достатню міцність і високу якість продукту завдяки рівномірному і симетричному температурному полю в перетині продукту.

Проведене дослідження процесу охолодження зефіру різними способами тепловідводу показало, що на противагу затвердженням зарубіжних вчених кондуктивне охолодження не призводить до такого інтенсивного прискорення процесу, яке досягається за умови конвективно-кондуктивного тепловідводу.

З урахуванням вищевикладених результатів досліджень спільно з фахівцями був розроблений і сконструйований холодильний тунель з безперервно рухомою стрічкою для структуризації зефіру на агарі та пектині.

Список літератури

1. Политика здорового питания. Федеральный и региональный уровни. [Текст]. – Новосибирск : Сиб. ун-т, 2002. – 680 с.

Отримано 15.03.2009. ХДУХТ, Харків.

© Ю.І. Єфремов, Д.М. Одарченко, А.М. Одарченко, М.О. Карев, 2009.