

УДК 664.68

А.М. Дорохович, д-р техн.наук (НУХТ, Київ)

Н.П. Лазоренко, к.т.н. (НУХТ, Київ)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИПІКАННЯ МАФФІНІВ НА САХАРОЗІ (ЦУКРІ БІЛОМУ КРИСТАЛІЧНОМУ), ФРУКТОЗІ І ЛАКТУЛОЗІ

Розглянуто процес випікання маффінів на різних цукрах, визначено оптимальні умови випікання маффінів, досліджено кінетику зміни температури центральних та поверхневих шарів маффінів на сахарозі і фруктозі, визначено ріст заготовки в процесі випікання.

Рассмотрен процесс выпечки маффинов на различных сахарах, определены оптимальные условия выпекания маффинов, исследовано кинетику изменения температуры центральных и верхних шаров маффинов на сахарозе и фруктозе, определено рост заготовки в процессе выпечки.

The process of baking of maffiniv is considered on different cukrozaminnikakh, certainly optimum terms of baking of maffiniv, investigational kinetics of change of temperature of central and superficial layers of maffiniv on sugar and fructose, certainly growth of purveyance in the process of baking.

Ключові слова: маффін, лактулоза, коефіцієнт яскравості, кінетика прогріву, тепломасоперенос.

Ключевые слова: маффин, лактулоза, коэффициент яркости, кинетика прогрева, тепломассоперенос.

Keywords: muffin, lactulose, brightness ratio, kinetic heating, heat and mass transfer.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Усі борошняні кондитерські вироби підлягають термічній обробці, внаслідок чого, тістова заготовка набуває якісно нових характеристик, які формують органолептичні та структурно-механічні показники, харчову та біологічну цінність, створюють відповідні умови транспортування та зберігання.

Серед різних груп БКВ досить широко користуються популярністю бісквіти, кекси на хімічних розпушувачах, зараз набуває популярності новий вид борошняних кондитерських виробів - маффіни. Маффіни –

це золота середина між кексом і масляним бісквітом. За органолептичними показниками маффін поєднує в собі легку, ніжну структуру бісквіту, пористість кексів і має свою індивідуальність. До рецептурного складу маффінів входить рослинна олія, меланж, цукор білий або цукрозамінник, емульгатори і розпушувачі, і кожен з цих компонентів має свій вплив на процес термооброблення, його інтенсивність та швидкість.

Згідно класифікації [1] борошняні кондитерські вироби в залежності від механізму тепломасопереносу при тепловій обробці поділяються на три групи: вироби - теплова обробка яких є процесом випікання (пряники, кекси, бісквітні напівфабрикати); вироби, теплова обробка яких є процесом сушіння (білково-здобне печиво, вафлі); вироби, теплова обробка яких є комбінований процес випікання – сушіння (печиво цукрове, затяжне, здобне, галети, білково – збивний та пісочний напівфабрикат). Характерною рисою процесу випікання є те, що волога у процесі термообробки під дією градієнту термовологопровідності пересувається з поверхневих шарів до центральних, що приводить до того, що вологість м'якушки готового виробу на 1 – 1,5% більше вологості тіста. Маффінам, як кексам і бісквітам притаманна наявність м'якушки, що вказує на те, що термооброблення маффінів – це процес випікання.

Аналіз робіт [2,3] присвячених дослідженню кінетики та динаміки тепломасообмінних процесів випікання кексів і бісквітів, дозволило визначити оптимальні умови термооброблення в залежності від виду сировини та маси тістових заготовок. Однак робіт присвячених вивченню тепломасообмінних процесів, які відбуваються при випіканні маффінів, нами не було знайдено.

Технологія і рецептурний склад маффінів відрізняється від кексів і бісквітів тим, що до його складу замість маргарину і вершкового масла входить рослинна олія у кількості 30-40% до маси борошна. Це потребує при виробництві маффінів використовувати емульгатори і збільшити кількість хімічних розпушувачів.

Нами були проведені дослідження, де за допомогою багатофакторного експерименту встановлено оптимальну кількість емульгаторів: моно – і ді гліцериди жирних кислот (Е 471) і ефіри полігліцеридів жирних кислот (Е 475) і хімічних розпушувачів: вуглеамонійної солі, харчової соди і пірофосфату натрію [5] .

Зараз у світі різко збільшилось число хворих на цукровий діабет. По прогнозам в 2012 році в світі число хворих на цукровий діабет буде становити близько 300 млн. Якщо раніше вважали, що цукровий діабет – це хвороба людей похилого віку, то зараз різко збільшилось число

хворих дітей, навіть немовлят на цю страшну хворобу. Діти дуже люблять борошняні кондитерські вироби, в тому числі і маффіни, але хворі діти не можуть навіть і крихітки скуштувати цього чудового продукту. Тому нами було поставлено завдання розробити маффіни для всіх груп населення, в тому числі хворим на цукровий діабет. В якості цукрозамінника, хворим на цукровий діабет, дозволяється вживати фруктозу в кількості 0,5-1,0г на 1 кг маси тіла людини. Для надання виробам функціональної спрямованості ми пропонуємо додавати пребіотик лактулозу. Добова потреба лактулози складає 3-10г [5].

Метою даної роботи було визначення оптимальних умов випікання маффінів на цукрі білому кристалічному (надалі сахарозі), на сахарозі з додаванням лактулози, фруктозі, фруктозі з додаванням лактулози. Нами було встановлено оптимальне співвідношення рецептурних інгредієнтів, які наведено в таблиці 1.

Таблиця 1- Рецептурні композиції досліджуваних тістових моделей

Сировина	Модель 1 (на цукрі)	Модель2 (на цукрі +лактулоза)	Модель3 (на фруктозі)	Модель4 (на фруктозі +лактулоза)
Борошно пшеничне в/с	100,0	100,0	100,0	100,0
Фруктоза			68,3	
Цукор білий	65,0	52,5		63,2
Лактулоза		5,1		5,1
Рослинна олія	36,5	36,5	36,5	36,5
Меланж	42,0	42,0	42,0	42,0
Вуглеамонійна сіль	0,86	0,86	0,86	0,86
Сода харчова	0,82	0,82	0,82	0,82
Пірофосфат натрію	1,15	1,15	1,15	1,15
Емульгатор Е 471	0,5	0,5	0,5	0,5
Емульгатор Е 475	0,5	0,5	0,5	0,5

Для визначення оптимальних параметрів процесу випікання маффінів готували чотири моделі тістових заготовок (табл.1). Перша модель виготовлена на сахарозі у кількості 65% до маси борошна; друга модель на сахарозі і лактулозі. Кількість лактулози становить 10 % до маси сахарози, що відповідає 2% до маси готового виробу. Таке

дозування лактулози було встановлене нами з метою надання виробу статусу «функціональний харчовий продукт». Нами було прийнято, що споживання 100г маффінів забезпечує задоволення добової потреби лактулози на 20%, і надає маффіну статусу «функціональний харчовий продукт». За рахунок використання лактулози вміст сахарози зменшено до 52,5%, враховуючи вміст сухих речовин. Третя модель була виготовлена на фруктозі. Дозування фруктози було збільшено до 68,3% з урахуванням вмісту води фруктози 5%, у цукрі 0,15%. Кількість фруктози відповідає кількості сухих речовин сахарози. Четверта модель виготовлена на фруктозі і лактулозі. Дослідження проводили для штучних виробів вагою 65 г.

Було визначена різка відмінність забарвлення скоринки маффінів виготовлених на сахарозі, фруктозі, лактулозі. На універсальному фотометрі ФМ – 50 було визначено коефіцієнт забарвлення м'якушки і скоринки маффінів. Результати досліджень наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Значення коефіцієнту яскравості забарвлення маффінів

Предмет досліджу	Коефіцієнт яскравості забарвлення маффінів, %			
	Модель 1 на цукрі білому	Модель 2 на цукрі і лактuloзі	Модель 3 на фруктозі	Модель 4 на фруктозі і лактuloзі
Випікання при 180 °C				
М'якушка	44,6	42,9	28,7	25,16
Скоринка	26,07	24,75	15,5	13,2
Випікання при 170 °C				
М'якушка	45,4	43,3	34,3	33,7
Скоринка	27,4	25,7	17,8	15,9
Випікання при 160 °C				
М'якушка	45,8	44,2	42,5	41,9
Скоринка	28,9	26,0	22,2	20,8

Аналіз даних (табл.2) показав, що випікання маффінів при температурі $t=180^{\circ}\text{C}$ найкращого темно золотистого забарвлення набувають маффіни випечені на сахарозі. Додавання лактулози в кількості 10% до маси сахарози (модель 2) інтенсифікує забарвлення скоринки на 7%, м'якушки на 4%, по відношенню до маффінів випечених на сахарозі, це пояснюється перебігом реакції меланоїдиноутворення, яка проходить за рахунок розкладу лактулози на фруктозу та галактозу в процесі випікання. Випікання маффінів на фруктозі при $t=180^{\circ}\text{C}$ (модель 3) інтенсифікує забарвлення: скоринки на 40,5%, м'якушки на 35,8% по відношенню до коефіцієнта

яскравості забарвлення маффінів на сахарозі. Використання лактулози разом з фруктозою інтенсифікує забарвлення скоринки на 15%, м'якушки на 13%. На інтенсивність забарвлення скоринки маффінів на фруктозі крім реакції меланоїдиноутворення впливає реакція карамелізації, тобто розкладу фруктози на гумінові продукти. Реакцію карамелізації обумовлює низька температура плавлення фруктози, а саме 103...104°C, в той час як у сахарозі 180-185°C. Було встановлено, що при випіканні маффінів при температурі 180°C, температура скоринки маффінів на сахарозі досягає 155...160°C, на фруктозі – 168...170°C. Лактулоза практично не впливає на температуру скоринки. Проведені дослідження показали доцільність зменшення температури пекарної камери для випікання маффінів на фруктозі.

На якість готового виробу впливає, як температура, так і тривалість випікання. Для визначення оптимальних параметрів процесу термооброблення маффінів на сахарозі і на фруктозі були проведені дослідження за допомогою багатофакторного експерименту (БФЕ). Для складання експерименту вибрані рівні факторів: x_1 – температура випікання (160-180°C); x_2 – тривалість випікання (23-25 хв.) та інтервали варіювання $\lambda_t=10^\circ\text{C}$; $\lambda_\tau=60$ с. За фактор оптимізації було прийнято показник, який характеризує коефіцієнт яскравості забарвлення ($I=42-44\%$) і питомий об'єм готового виробу (3,0-3,2 см³/г), як один з показників, що визначає якість готового виробів. На основі проведених досліджень визначено, що оптимальними параметрами процесу випікання маффінів на сахарозі є: $t_{\text{ср.п.к}}=180^\circ\text{C}$, $\tau=25\cdot60\text{с}$, на фруктозі: $t_{\text{ср.п.к}}=160^\circ\text{C}$, $\tau=23\cdot60\text{с}$. Лактулоза при даних параметрах випікання незначно інтенсифікує забарвленість скоринки і м'якушки і не впливає на тривалість.

На основі встановлених оптимальних параметрів, були проведені дослідження по визначенню кінетики прогріву центральних ($t_{\text{ц}}$) та поверхневих ($t_{\text{п}}$) шарів маффінів на сахарозі та фруктозі. Результати досліджень представлені на рисунку 1 і рисунку 2.

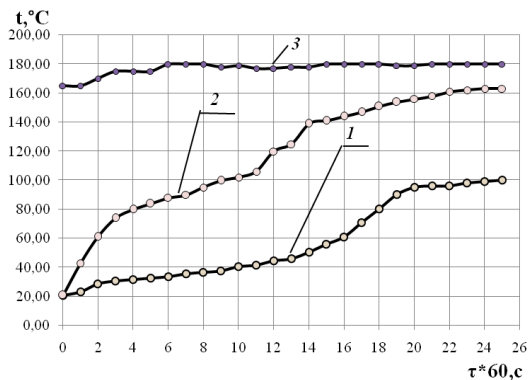


Рисунок 1 - Кінетика зміни температури центральних та поверхневих шарів маффінів на сахарозі,

де 1- температура центральних шарів $t_{ц.ш.}=f(\tau)$,

2 – температура верхніх шарів $t_{в.п.}=f(\tau)$,

3 - температура пекарної камери .

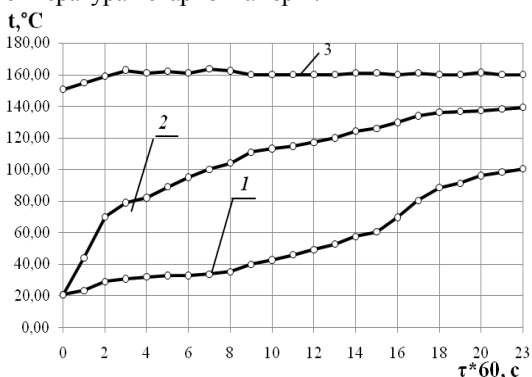


Рисунок 2 - Кінетика зміни температури центральних та поверхневих шарів маффінів на фруктозі,

де 1- температура центральних шарів $t_{ц.ш.}=f(\tau)$,

2 – температура верхніх шарів $t_{в.п.}=f(\tau)$,

3 - температура пекарної камери .

Дослідження показали, що маффіни, як було сказано раніше, є золотом серединою між кексом і бісквітом. В роботі Бондаренко Е.Г [2] показано, що температура центральних шарів м'якушки бісквітів в кінці випікання становить 97-98°C, у роботах Дорохович В.В. встановлено [3], що температура центральних шарів м'якушки кексів в кінці випікання становить 103-104°C, наші дослідження показали, що

температура центральних шарів м'якушки маффінів в кінці випікання становить $100-101^{\circ}\text{C}$, якої маффін на сахарозі досягає через 25хв, на фруктозі через 23 хв. Різниця кінцевої температури прогріву м'якушки пояснюється різним вмістом газоподібної фази, так пористість бісквіту дорівнює $0,29 \text{ кг/см}^3$, кексу – $0,35 \text{ кг/см}^3$, маффіну – $0,32 \text{ кг/см}^3$.

У процесі дослідження випікання маффінів при оптимальних температурах було визначено ріст заготовки в процесі випікання ($h=f(\tau)$). Збільшення висоти заготовки залежить від теплового розширення водяних парів та летких речовин (NH_3 , CO_2 , H_2O), що утворюються при розкладі хімічних розпушувачів, від фізико-хімічних, колоїдних змін, які пов'язані з денатурацією білків, клейстеризацією крохмалю, розкладу вуглеводів. Вказані процеси зумовлюють формування структури маффінів і його висоту. На рис.3 показано, як змінюється висота маффіну в процесі випікання.

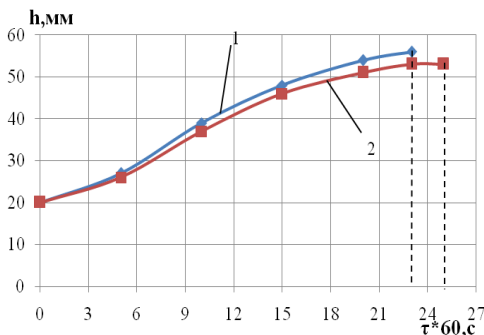


Рисунок 3 – Зміна висоти заготовки маффінів в процесі випікання на:
1- фруктозі, 2 - сахарозі.

Маффін відрізняється від кексів та бісквітів станом верхньої поверхні. Для кексів характерний розрив верхньої поверхні з утворенням тріщини. При випіканні бісквітів спостерігається незначний підйом верхньої поверхні без підриву та тріщин. При випіканні маффінів на верхній поверхні утворюється характерний горбик, але підриву і тріщини не спостерігається. Ми це пояснюємо тим, що скоринка маффінів має порувату структуру, а кексам притаманна більш монолітна структура м'якушки. На рисунку 4 показано наглядну форму готових маффінів на сахарозі і фруктозі.

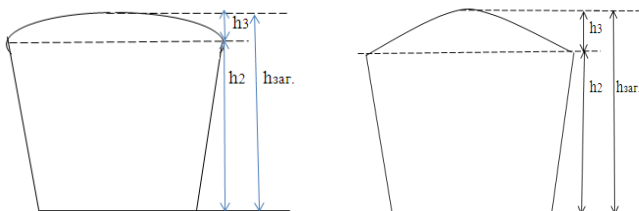


Рисунок 4 – Форма готових маффінів

а – маффін на сахарозі, б- маффін на фруктозі.

Аналізуючи форму маффінів і стан верхньої поверхні можна зробити висновок, що під час випікання маффінів на сахарозі збільшення висоти тістової заготовки проходить рівномірно і газоподібні речовини виходять однаково по всій поверхні. У маффінах на фруктозі, за рахунок низької температури плавлення (104°C) швидко утворюється міцна скоринка верхньої поверхні, яка знаходиться далі від центру (ближче до поверхні металевої форми). Тому газоподібні речовини шукаючи вихід концентруються в центрі, що і надає маффіну на фруктозі більш вираженого горбика. На приладі Строгонова нами була визначена міцність верхньої скоринки у маффінів виготовлених на сахарозі, сахарозі і лактулозі, фруктозі, фруктозі і лактулозі і встановлено, що міцність скоринки маффіну відповідно дорівнює 1,2Н, 1,4Н, 2,0Н, 2,1Н.

Висновки: досліджено та науково обґрунтовано вплив сахарози, фруктози та лактулози на процес термообробки маффінів. Встановлено, що незважаючи на те, що температура прогріву пекарної камери для маффінів на фруктозі нижча (160°C), ніж для маффінів на сахарозі (180°C) – тривалість випікання маффінів на фруктозі скорочується на 6-8%, що ми пояснюємо більшою кількістю вільної води і зразках на фруктозі. Встановлені оптимальні параметри випікання маффінів на сахарозі $t_{\text{ср.п.к}}=180^{\circ}\text{C}$, $\tau=25\cdot60$ с, і на фруктозі - $t_{\text{ср.п.к}}=160^{\circ}\text{C}$, $\tau=23\cdot60$ с. Лактулоза не впливає на процес випікання, але інтенсифікує яскравість забарвлення скоринки і м'якушки виробів. Встановлено температуру центральних шарів маффінів в кінці випікання, яка становить $100\text{--}101^{\circ}\text{C}$. Визначено, що ріст заготовок і формування верхньої поверхні маффінів на сахарозі і фруктозі відбувається по-різному. Маффіни на фруктозі мають міцнішу скоринку і більш виражений горбик.

Список літератури:

- 1.Дорохович А.Н. Разработка научных основ технологии различных мучных кондитерских изделий улучшенного качества: Дис. д-ра. техн. наук : 05. 18. 01. – М., 1988. – 438 с.
2. Бондаренко Є.Г. Исследования кинетики процесса выпечки бисквитных полуфабрикатов. Автореферат канд.диссертации, КТИПП, 1979,24с.

3. Дорохович В. В. Розробка раціональних технологій діабетичних борошняних кондитерських виробів на основі фруктози: дис. ... кандидата техн. наук : 05.18.16 / Дорохович Вікторія Віталіївна. – К., 2000. – 152 с.
4. Дорохович А.М. Використання лактулози при виробництві кексів / А.М.Дорохович, Н.П.Лиман // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – 2009, Том 1, Випуск №36. - С.177-180.
5. Лиман Н.П. Мафін – новий вид борошняних кондитерських виробів, дослідження по оптимізації його хімічного складу / Н.П. Лиман, А.М. Дорохович // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: 76-а наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 12-13 квітня 2010р.: матеріали конф.– К.: НУХТ, 2010. – Ч.2. - С. 151.