

УДК 664.665

В.І. Теличкун, канд. техн. наук

V. Telychkun

Ю.С. Теличкун, асистент

Yu. Telychkun

**ВИВЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ТА МОДЕЛЮВАННЯ  
ПРОЦЕСУ ЗАБАРВЛЕННЯ СКОРИНКИ ХЛІБА  
ПРИ ВИПІКАННІ  
STUDY OF CONFORMITIES TO THE LAW AND DESIGN  
TO THE PROCESS OF COLOURING OF CRUST OF BREAD  
AT BAKING**

*Визначено закономірності забарвлення скоринки хліба в залежності від температури скоринки і тривалості прогрівання, кислотності тіста, вмісту цукру і жиру*

**Ключові слова:** *Забарвлення скоринки, температура, тривалість прогрівання, кислотність, вміст цукру і жиру.*

*Conformities with a law of colouring of crust of bread are define in depending on the temperature of crust and duration of warming up, acidity of dough, content of sugar and fat.*

**Keywords:** *Colouring of crust, temperature, duration of warming up, acidity, maintenance of sugar and fat.*

Якість випеченого хліба оцінюється цілим комплексом показників, важливе місце серед яких посідає стан та забарвлення скоринки хліба, яке тісно пов'язане з ароматом хліба [1].

Процес забарвлення скоринки вивчався багатьма вченими , однак, в літературі відсутні дані про динаміку накопичення речовин-барвників в процесі випікання і вплив на інтенсивність забарвлення різних рецептурних

добавок та технологічного режиму.

На розробленій нами експериментальній установці були проведені дослідження впливу температури і тривалості прогрівання на інтенсивність забарвлення скоринки. Тісто для дослідів замішували на пресованих дріжджах без рецептурних добавок із пшеничного борошна першого ґатунку. Для стабілізації температури зразки, масою 5 г, розміщували між попередньо нагрітими до заданої температури, яка підтримувалася автоматично, масивними металевими пластинами і прогрівали їх при постійних температурах 100, 120, 140, 160, 180 і 200 °С на протязі 5, 10, 20, 40 хвилин. Температуру пластин та температуру тіста реєстрували за допомогою термопар електронним потенціометром ЭПП-09. На початку прогрівання температура зразків швидко підвищувалась до 100 °С і на протязі деякого часу залишалась сталою до видалення із них вологи. Чим вище температура пластин тим коротший процес зневоднення зразка. Після досягнення зразком заданої температури, вона залишається постійною до кінця дослідів.

Інтенсивність забарвлення скоринки визначали на фотометрі ФМ- 56 і спектрофотометрі СФ-10 по здатності відбивати світло R поверхнею скоринки.

Проведені дослідження показали, що залежність здатності відбивати світло скоринкою R в залежності від температури прогрівання при однаковій тривалості прогрівання носить лінійний характер при всіх досліджених значеннях температури від 100 до 200 °С (рис. 1.). Із збільшенням тривалості прогрівання при постійній температурі відбувається накопичення продуктів меланоїднової реакції та карамелізації цукрів, що зменшує здатність відбивати світло. Найбільш інтенсивно потемніння відбувається в перші хвилини прогрівання зразка, про що свідчить характер початкової ділянки кривої.

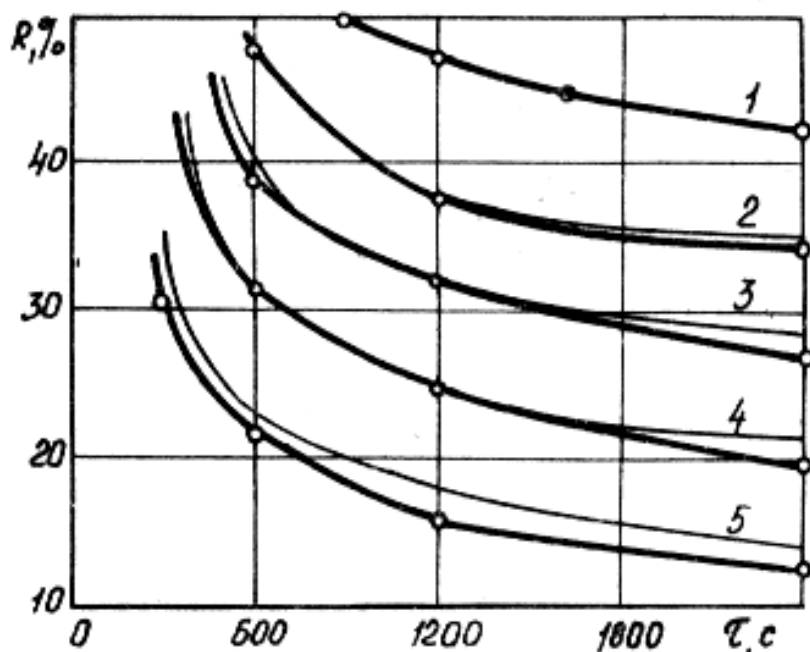


Рис. 1. Зміна інтенсивності забарвлення скоринки R в залежності від тривалості прогрівання при температурі, °С: 1-120, 2-140, 3-160, 4-180, 5-200.

Отримані спектрограми показали, що більші значення коефіцієнта відбивання знаходяться в зоні більших довжин хвиль видимої частини спектру. Чим вище ґатунок борошна, тим вище здатність відбивати світло скоринки і м'якушки виробів, випечених із цього борошна.

Математична обробка експериментальних даних дозволила описати сукупність кривих зміни інтенсивності забарвлення скоринки хліба від тривалості прогрівання при постійних температурах такою залежністю:

$$R = R_n - (0,11 t - 10,58) \tau^{0,15}$$

де:  $R_n$  – здатність відбивати світло при температурі скоринки 100 °С, (для тіста із пшеничного борошна 1 ґатунку  $R_n = 50$  %);

$t$  – температура скоринки;

$\tau$  - тривалість прогрівання.

Визначення інтенсивності забарвлення скоринки хліба в реальних умовах, при яких температура поверхні не постійна, а змінюється на протязі всієї тривалості випікання, виконується наступним чином. Криву зміни температури на поверхні тістової заготовки при випіканні розбивають на елементарні ділянки тривалістю  $\Delta\tau$ , в межах яких приймають температуру скоринки постійною, рівною середньому значенню температури  $t_i$ . Рівняння для розрахунку інтенсивності забарвлення матиме вигляд:

$$R_i = R_n - \Delta R_i^t = R_n - (0,11 t_i - 10,58) \left[ \frac{(R_n - R)}{(0,11 t - 10,58)} \right]^{6,65} + \Delta\tau_i^{0,15},$$

де  $t_i$  - температура на  $i$  – тій ділянці, °C;

$i$  – номер ділянки  $i = 1, \dots, n$ ;

$\Delta\tau_i$  – тривалість  $i$ -тої ділянки з температурою  $t_i$ ;

$\Delta R_i^t$  – зниження здатності відбивати світло в залежності від температури від початку прогрівання до  $t_i$ .

Наведене рівняння дозволяє прослідкувати динаміку процесу забарвлення скоринки при випіканні.

З метою вивчення впливу додавання цукру та жиру на інтенсивність забарвлення скоринки булочних виробів на експериментальній установці на протязі 10 хвилин при температурі 160 °C прогрівали зразки тіста з вмістом цукру 0, 5, 10, 20, 30% до маси борошна, а також зразки з вмістом жиру в такому ж співвідношенні.

Зниження коефіцієнта відбивання спостерігається на всьому інтервалі зміни вмісту жиру (рис.2). Зазначений ефект спостерігається внаслідок інтенсифікації процесів меланоїдіноутворення і карамелізації цукрів.

Вплив вмісту цукру на інтенсивність забарвлення скоринки можливо врахувати по отриманому нами рівнянню:

$$\Delta R_{\text{ц}} = -2,144 \cdot 10^{-2} C_{\text{ц}}^2 + 1,095 C_{\text{ц}} - 0,261,$$

де:  $C_{\text{ц}}$  – відсотковий вміст цукру на 100 кг борошна.

Додавання жиру неоднозначно впливає на зміну інтенсивності забарвлення (рис.2). При вмісті жиру до 10 % спостерігається деяке збільшення  $R$ , а при подальшому збільшенні вмісту жиру здатність скоринки відбивати світло зменшується.

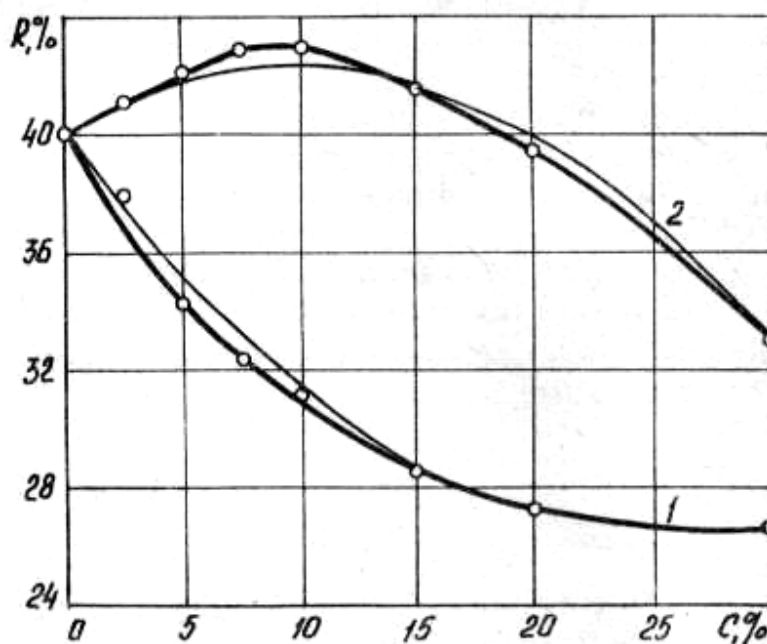


Рис. 2. Залежність інтенсивності забарвлення скоринки від вмісту цукру(1) і жиру (2).

Зміна інтенсивності забарвлення скоринки, яка визначається наявністю в тісті жиру описується наступним рівнянням:

$$\Delta R_{\text{ж}} = 0,024 C_{\text{ж}}^2 - 0,48 C_{\text{ж}} - 0,072,$$

де:  $C_{\text{ж}}$  - відсотковий вміст жиру на 100 кг борошна.

Для дослідження впливу кислотності на процес забарвлення скоринки тісто готували безопарним способом із пшеничного борошна 1 ґатунку. Тісто виброджувалоило в термостаті на протязі 6 годин при температурі 32°C. Через кожен годину відбирались проби для визначення кислотності та

інтенсивності забарвлення , що визначалась по здатності відбивати світло зразків, прогрітих на протязі 10 хвилин при температурі 160°C.

Результати досліджень показали, що залежність здатності скоринки відбивати світло від кислотності тісті носить параболічний характер з мінімумом значень при 3°Н, коли утворюється найбільша кількість речовин, які забарвлюють скоринку, що відповідає оптимальному значенню кислотності, яке рекомендується для виробів, виготовлених із пшеничного борошна 1 ґатунку. Відхилення на  $\pm 1^\circ$  від оптимального значання приводить до збільшення здатності відбивати світло до 10%.

**Висновок:** Таким чином, в результаті проведених досліджень і опрацювання експериментальних даних процес забарвлення скоринки пшеничного хліба описується наступним рівнянням:

$$R = R_H - \Delta R_t - \Delta R_c - \Delta R_j.$$

Наведена формула може бути використана для обчислення інтенсивності забарвлення скоринки для виробів із інших сортів пшеничного борошна.

Нами складено алгоритм, програма і виконано розрахунок на ЕОМ інтенсивності забарвлення скоринки по експериментальній температурній кривій поверхні хліба. Відхилення розрахункових значень не перевищувало 5% від значень, отриманих прямими вимірюваннями на фотометрі.

Результати досліджень використані при створенні математичної моделі процесу випікання, обґрунтуванні оптимального режиму роботи печі, розробки системи автоматизованого контролю і регулювання параметрів процесу випікання з метою отримання стандартної продукції з наперед визначеними показниками якості.

## Література

1. Ауэрман Л.Я., Васиев М.Г. Взаимосвязь между интенсивностью окраски корки и ароматом пшеничного хлеба/ Хлебопекарная и кондитерская промышленность, 1973, №10, с.5.