

УДК 664.643.1

**МЕТОДИКА І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ УТВОРЕННЯ ПОР В
БУБЛИКУ «ПОДІЛЬСЬКОМУ»**

¹Стадник І.Я., ²Добротвор І.Г., ¹Деркач А.М., ³Василів В.П.

¹*Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя,*

Тернопіль-001, вул. Руська, 56, 46001

²*Тернопільський національний економічний університет,*

Тернопіль-011, вул. Львівська, 11, м. Тернопіль, 46020

³*Національний університет біоресурсів і природокористування України,*

Київ-041, вул. Героїв Оборони, 15, 03041

¹Stadnik I.Y., ²Dobrotvor I.G., ¹Derkach A.M., ³Vasyliv V.P.

**METHODS AND RESULTS CREATION PORES IN THE DONUT
"PODOLSKYI"**

¹*Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ternopil, Ruska str., 56, 46001*

²*Ternopil National Economic University, Ternopil, Lvivska st., 11, 46000*

³*National university of life and environmental sciences of Ukraine,*

Kyiv, Heroyiv Oborony st., 15, 03041

Анотація. Виконано пошук взаємозв'язку структури готового виробу з параметрами технологічного процесу формування тістової заготовки. Запропоновано методіку розрахунку структури готового виробу при використанні параметрів розкатування тіста на формувальній машині з врахуванням режимів обробки, реологічних властивостей.

Ключові слова: тісто, структура, реологія, бублик, енергосилові параметри.

Abstract. Done search relationship structure of the finished product with the parameters of the process of forming the dough piece. The method of calculating the

structure of the finished product using parameters stretching dough molding machines with regard to processing modes, rheological properties.

Key words: dough structure, rheology, bagel, energy-power parameters.

Не дивлячись на відносно високий рівень механізації хлібопекарського виробництва, ряд технологічних операцій здійснюється недосконалими машинами. Така ситуація негативно впливає на продуктивність поточкових ліній, якість готової продукції та ефективність використання сировинних і енергоресурсів хлібопекарської та кондитерської промисловості. В першу чергу це відноситься до машин, що мають валкові робочі органи, які не забезпечують якісну форму тістової заготовки та постійний ритм її виходу при поточковому виробництві. Тому створення нових сучасних або модернізація та удосконалення існуючих старих валкових робочих органів повинні базуватися на обґрунтованому вивченні процесів, що проходять при формуванні, розкачуванні, нагнітанні та поділі тіста на заготовки. Виходячи з цього виникає необхідність у вивченні та проведенні досліджень впливу конструктивних параметрів робочих органів і фізико–механічних властивостей тіста на якість готових виробів [1].

Успішне рішення поставлених багатогранних задач по якісному забезпеченню роботи технологічної системи можливе на основі глибокого вивчення впливу валкових робочих органів на етапі формування тістових заготовок булочних і кондитерських виробів [2]. Тому в роботі поставлена задача визначення впливу різного роду параметрів на структуру готового виробу - бублика «Подільського».

Необхідно відзначити, що для забезпечення більш точної роботи формувальної машини велике значення має часткова відсутність включень газів в тісті. Тому необхідно замішане тісто зразу подавати на формування, а частково дозріле– піддавати механічній обробці (обминанню валками) [3]. При дії валків, тісто піддається багаторазовому обминанню та розкачуванню. Така дія призводить до ущільнення тіста за рахунок виділення частини газів, що знаходяться в ньому. Потім оброблене тісто подається на формувальну машину,

і ступінь його ущільнення має досить вагоме значення для стабілізації тиску при нагнітанні тіста та додержанні оптимальних режимів роботи валків.

До теперішнього часу не було зроблено пошуку співвідношення показників реології з величиною ефективності бродіння. В більшості робіт визначався оптимум таких показників як допустиме напруження зсуву, в'язкість та їх вплив на готову продукцію [4]. Відомо, що при обминанні та формуванні з подальшою термообробкою вуглекислий газ виходить з тіста в певній кількості. Це викликає відповідні витрати вуглеводів та сухих речовин.

Проведені нами дослідження, для розкриття механізму процесу рихлення бубличного тіста в період його нагнітання, показали, що незважаючи на відносно малу кількість дріжджів (1.2 кг), вже в перші хвилини «відпочинку» тіста після замішування за рахунок спиртового бродіння навколо дріжджових клітин появляються бульбашки вуглекислого газу. Вони постійно збільшуються із часом в об'ємі.

Дослідження проводились у двох напрямках: брався виріб з тіста після початкового формування (зразу після замішування), та виріб на кінцевій стадії формування (дозріле тісто перед формуванням). Якість готового виробу зафіксували фотографією (рис. 1).

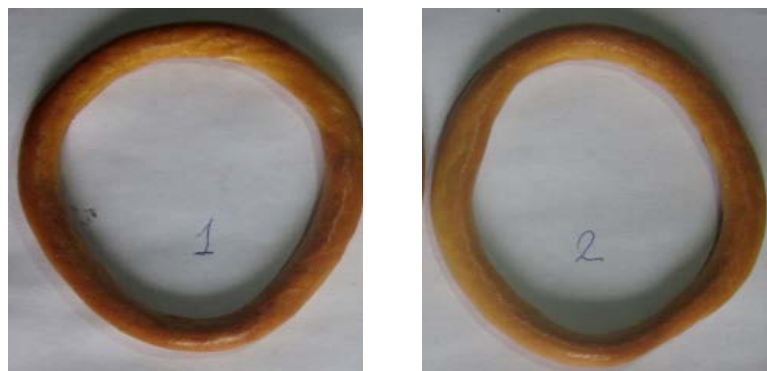


Рис. 1. Загальний вигляд бублика «Подільського»:

1- бублик без бродіння; 2 – бублик після тривалого часу бродіння.

Візуальне зображення підтверджує наші припущення про характер процесу та його можливі наслідки. Зовнішній вигляд виробів має різний колір забарвлення, глянцевою поверхню та масу.

Також дослідили внутрішню структуру готових булочних виробів. Оцінку структурних характеристик, зокрема пористості, здійснювали використовуючи розроблену нами методику [5]. Її суть заключається в наступному. Проводили розрізання готового бублика по його діаметру. Після цього, використовуючи дрібний наждак із дисперсністю не вище 40 мкм, проводили шліфування поверхні із послідуочим продуванням поверхні для видалення пилу. Поверхню зрізу покривали барвником на спиртовій основі. Структурні зміни досліджували на оптичних мікроскопах “МБС-10”, “МІМ-8” при збільшенні до 100 разів (рис.2).

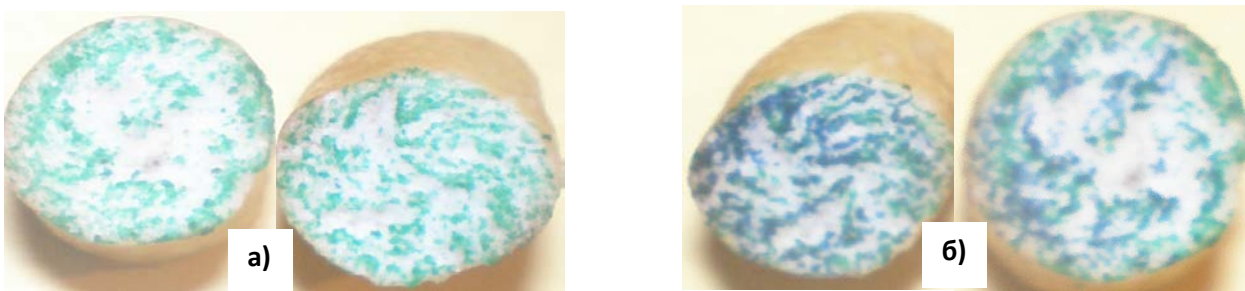


Рис. 2. Поверхня зрізу:

а)- першого зразка; б) – другого зразка.

Фотографування зразків проводили у відбитому світлі за допомогою мікроскопа XS-2610 MICRO med та фотоапарата OLYMPUS C-8080 з витримкою при фотографуванні $2 \pm 0,1$ с. Отримали фотографії у форматі BMP, що дозволило збільшити їх в 10^3 разів при відповідній роздільній здатності (рис.3).

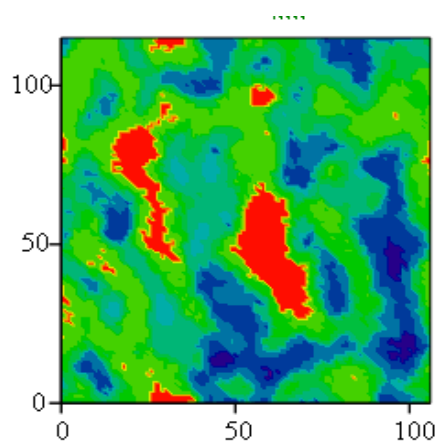


Рис. 3. Геометрична характеристика ЗПШ.

Оброблення фотографій і обчислення геометричних характеристик зовнішніх поверхневих шарів (ЗПШ) проводили в інтерактивному режимі.

Структурний аналіз ЗПШ здійснювався у матриці навколо наповнювача на основі цифрової оптичної мікроскопії. Обробка отриманих зображень проводилася з використанням програмного забезпечення у системі MathCad (лістинг 1).

Лістинг 1.

```

k := cols(A) k = 116      r := rows(A) r = 107      h := 5
z := floor((r - 1) / h)  z = 21 v := floor((k - 1) / h) v = 23
C := submatrix(A, 0, r - 1, 0, k - 1)  i := 0..z - 1 j := 0..v - 1
Di,j := submatrix[C, h·i, h·(i + 1), h·j, h·(j + 1)]
mi,j := max(Di,j) li,j := min(Di,j) c := m - 1

```

У результаті досліджень було отримано матрицю кольорів фрагменту, яка задає деяку функцію яскравості зображення. Для аналізу структури використовували диференціальні оператори I-го порядку, будуючи відповідні масиви оцінок градієнту яскравостей (лістинг 2).

Лістинг 2.

$$\begin{aligned}
 & i := 1..r - 2 \quad j := 1..k - 2 \\
 C_{x_{i,j}} & := \frac{C_{i+1,j+1} - C_{i-1,j+1} + C_{i+1,j-1} - C_{i-1,j-1}}{4} \\
 C_{y_{i,j}} & := \frac{C_{i+1,j+1} - C_{i+1,j-1} + C_{i-1,j+1} - C_{i-1,j-1}}{4} \\
 g_{i,j} & := \sqrt{(C_{x_{i,j}})^2 + (C_{y_{i,j}})^2}
 \end{aligned}$$

Нами встановлено, що в області високих значень градієнта існують більш сприятливі умови міжфазової взаємодії. У таких ділянках спостерігали неоднорідності поля градієнту кольорів, що дозволяє оцінювати густину пор бублика (рис.4).

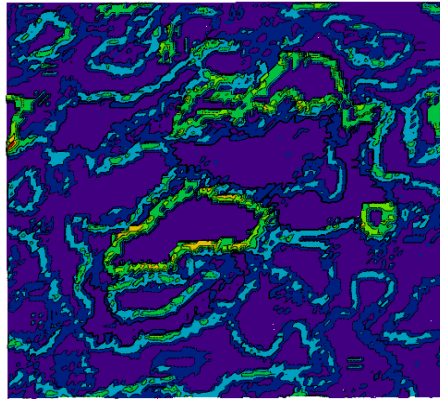


Рис. 4. Матриця контрастності.

Формування матриці контрастності g забезпечує можливість підрахунку площі sg стінок комірок пористості, а також відсоток nn пористості матеріалу (рис. 5), (лістинг 3).

Лістинг 3.

$$sg := \sum_{i=0}^{r-2} \sum_{j=0}^{k-2} g_{i,j} \quad sg = 3.034 \times 10^3$$

$$nn := \frac{sg}{(r-2) \cdot (k-2)} \quad nn = 0.253$$

$$g_{i,j} := \begin{cases} 1 & \text{if } g_{i,j} > 9 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

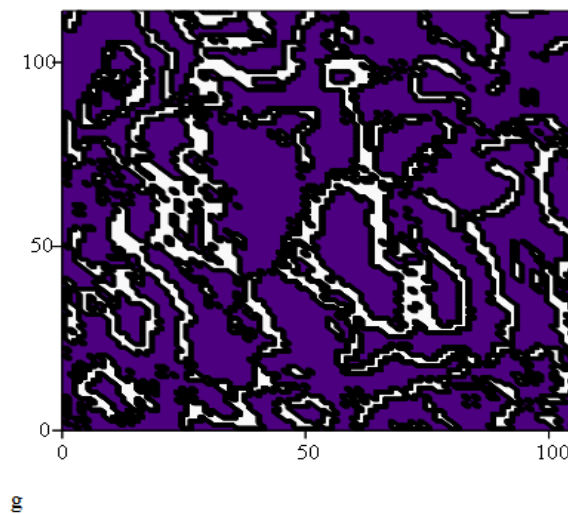


Рис. 5. Сформована матриця контрастності.

Отримані значення пористості двох різних готових виробів формують масиви b . Крім того, перед випіканням бубликів, у дослідах з першим та другим бубликами робили заміри параметрів: m_1 – маса тістової заготовки до випікання, m_2 - маса бублика після остигання, дефект мас $dm=m_2-m_1$, G – міра газоутворення, k - кислотність, ρ – густина.

Далі знаходили параметри лінійної регресії $b_1(dm, G, k, \rho)$ для першого бублика, використовуючи програму MathCad 14 (лістинг 4).

Лістинг 4.

$$\begin{array}{l}
 m1 := \begin{pmatrix} 9.9 \\ 9.7 \\ 9.5 \end{pmatrix} \quad m2 := \begin{pmatrix} 7.9 \\ 7.8 \\ 7.5 \end{pmatrix} \quad G := \begin{pmatrix} 10 \\ 10 \\ 10.8 \end{pmatrix} \quad k := \begin{pmatrix} 1.57 \\ 1.6 \\ 1.76 \end{pmatrix} \\
 \rho := \begin{pmatrix} 1.12 \\ 1.115 \\ 1.1 \end{pmatrix} \quad b := \begin{pmatrix} 0.34 \\ 0.23 \\ 0.2 \end{pmatrix} \quad dm := m1 - m2 \quad dm = \begin{pmatrix} 2 \\ 1.9 \\ 2 \end{pmatrix}
 \end{array}$$

$$a1 := 0 \quad a2 := 0 \quad a3 := 0 \quad a4 := 0 \quad a5 := 0$$

$$\text{Given} \quad b = a1 \cdot dm + a2 \cdot G + a3 \cdot k + a4 \cdot \rho + a5$$

$$\begin{pmatrix} a1 \\ a2 \\ a3 \\ a4 \\ a5 \end{pmatrix} := \text{Minerr}(a1, a2, a3, a4, a5) \quad \begin{pmatrix} a1 \\ a2 \\ a3 \\ a4 \\ a5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.104 \\ -0.177 \\ 0 \\ -0.087 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Із отриманих значень параметрів видно, що значимими є не всі, а лише a_1 та a_2 . Аналогічно до попереднього, знаходили параметри лінійної регресії $b_2(dm, G, k, \rho)$ для другого бублика (лістинг 5).

Лістинг 5.

$$\begin{aligned}
 m1 &:= \begin{pmatrix} 9.8 \\ 9.5 \\ 9.4 \end{pmatrix} & m2 &:= \begin{pmatrix} 7.8 \\ 7.7 \\ 7.5 \end{pmatrix} & G &:= \begin{pmatrix} 20 \\ 23 \\ 27 \end{pmatrix} & k &:= \begin{pmatrix} 2.156 \\ 2.226 \\ 2.35 \end{pmatrix} \\
 \rho &:= \begin{pmatrix} 1.08 \\ 1.07 \\ 1.03 \end{pmatrix} & b &:= \begin{pmatrix} 0.24 \\ 0.13 \\ 0.16 \end{pmatrix} & \underline{dm} &:= m1 - m2 & dm &= \begin{pmatrix} 2 \\ 1.8 \\ 1.9 \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

$$\underline{a1} := 0 \quad \underline{a2} := 0 \quad \underline{a3} := 0 \quad \underline{a4} := 0 \quad \underline{a5} := 0$$

$$\text{Given} \quad b = a1 \cdot dm + a2 \cdot G + a3 \cdot k + a4 \cdot \rho + a5$$

$$\begin{pmatrix} \underline{a1} \\ \underline{a2} \\ \underline{a3} \\ \underline{a4} \\ \underline{a5} \end{pmatrix} := \text{Minerr}(a1, a2, a3, a4, a5) \quad \begin{pmatrix} a1 \\ a2 \\ a3 \\ a4 \\ a5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.519 \\ 8.422 \times 10^{-3} \\ -0.449 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Із лістингів 4 і 5 зрозуміло, що для побудови діаграм пористості (рис. 6) заготовок тіста перед випіканням двох зразків бубликів, необхідно використовувати лише значимі параметри у рівняннях регресії (лістинг 6).

Лістинг 6.

$$\begin{aligned}
 G &:= 10, 10.1 .. 11 & \underline{dm} &:= 1.2, 1.3 .. 2.2 & k &:= 2.0, 2.1 .. 2.4 \\
 b1(dm, G) &:= 1.1 \cdot dm - 0.18 \cdot G & b2(dm, k) &:= 0.52 \cdot dm - 0.45 \cdot k \\
 i &:= 0 .. 10 & \underline{h} &:= 0.1 & l &:= 0 .. 10 & j &:= 0 .. 4 \\
 dm_i &:= 1.2 + i \cdot h & G_l &:= 10 + l \cdot h & k_j &:= 2 + j \cdot h \\
 \underline{b1}_{i,1} &:= b1(dm_i, G_l) & \underline{b2}_{i,j} &:= b2(dm_i, k_j)
 \end{aligned}$$

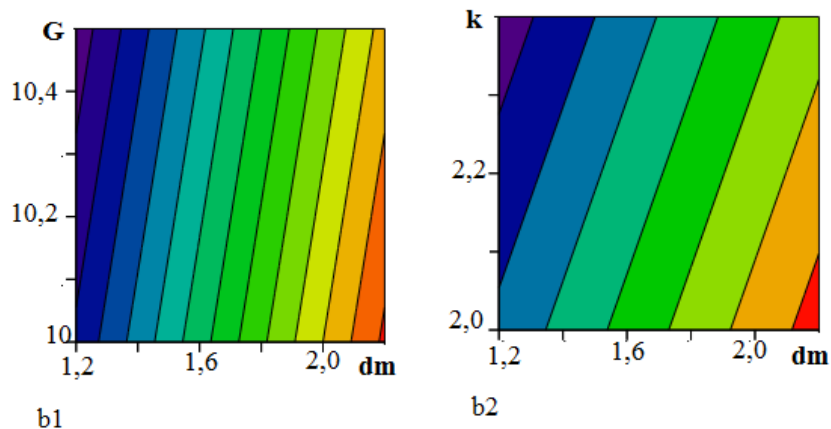


Рис. 6. Діаграми пористості

Приведені матеріали показують, що для удосконалення процесу виробництва бубликів необхідне подальше проведення досліджень в різних технологічних та конструктивних напрямках. Особливо необхідно встановити вплив конструктивних параметрів валків та робочої камери на якість та скорочення процесу формування виробу.

Література.

1. Пучкова, Л.Н. Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства / Пучкова Л.Н. - М.: Пищевая промышленность. – 1971. – 191 с.

2. Мачихин Ю.А. Формование пищевых масс / Мачихин Ю.А., Берман Г.К., Клаповский Ю.В. – М.: Колос, 1992. – 272 с.

3. Мачихин Ю.А. Инженерная реология пищевых материалов / Ю.А. Мачихин, С.А. Мачихин – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 216 с.

4. Николаев Б.А. Структурно-механические свойства мучного теста / Николаев Б.А. – М.: Пищевая промышленность, 1976. – 247 с.

5. Стадник І.Я. Дослідження параметрів поверхневих шарів при тістоутворенні з використанням спектрального аналізу / І.Я. Стадник, І.Г. Добротвор, В.П. Василів // Сборник научных трудов SWorld. – Вып. 3(36).- Том. 8.-2014р.

Стаття відправлена: 28.04.2015р.

© Стадник І.Я., Добротвор І.Г., Деркач А.М., Василів В.П.