



XXI Міжнародна науково-практична конференція «Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення»

ОСОБЛИВОСТІ МІНІМІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ У ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ ВИРОБНИЦТВА ХЛІБА

Волошин В.С., докт. техн. наук, професор, ДВНЗ ПДТУ

Єлістратова Н. Ю. ст. викладач, ДВНЗ ПДТУ

Бурко В.А., канд. техн. наук, доцент, ДВНЗ ПДТУ

Вступ

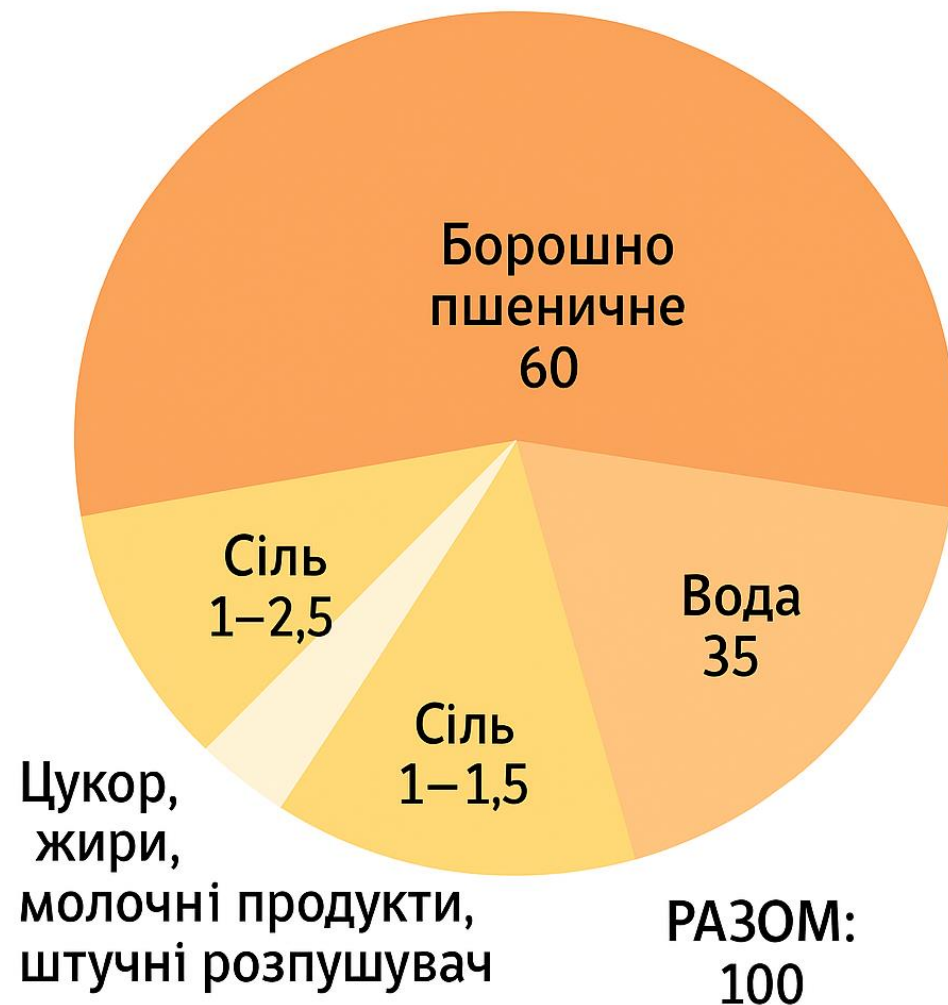
- ▶ Технології виробництва хліба беруть свій початок разом з аграрною революцією, яка була призвана створити нове людське суспільство, і хліб тут зіграв не останню роль. Тому вивчення особливостей утворення відходів у такій традиційній технології має бути повчальним для сучасних фахівців.
- ▶ Представлені основні параметри, для вивчення особливостей термодинамічного стану виробничої системи, основи яких викладені у вигляді наведеної нижче методики дослідження.

Структура вихідної сировини (% від сумарного)

Матеріальний баланс
компонент сучасної технології
виробництва хліба у вигляді
 $(J_0 + J_w)$,

де J_0 - частини матеріального
потоків сировини, з якої
створюється товарна
продукція сучасного
технологічного процесу
виробництва хліба

J_w - її відходи, представлені в
таблиці 1.



Відходи (J_w) (кг/тонну сировини)

Назва відходу	Кількість, кг/т віхідної сировини	Енергетич на цінність втрат, кДж/кг відх. сировини
Борошно, що не використано в технологічному процесі	50÷100	120
Борошняний пил	5÷10	80÷90
Залишки води з тіста (випарювання)	20÷30	330
Хімічні добавки, зокрема, дріжджі	15÷20	50 ÷ 120
Тісто, яке не підійшло для випічки (брак)	50÷80	150÷220
Підсушений і зіпсований хліб	85÷150	120÷280
Відходи упаковки (пластик, картон))	30÷50	-

Енергетичні витрати (кДж на 1 кг сировини)

Зовнішня вхідна енергія (E_0), включаючи:	1650÷2200
-енергію, що витрачається на ферментацію та на нагрівання тіста в процесі замісу –	60÷100
-енергію, що необхідна для замісу тіста –	100÷150
-енергію, що необхідна для нагрівання тіста –	500÷600
-енергію, що витрачається на випарювання води	80÷100
-енергію для адсорбції води крохмалем –	50÷70
-енергію необхідну на створення клейковини –	10÷20
-енергію, що втрачається у вигляді відходу –	850÷1160
Корисна робота щодо зміни сировини до кінцевого продукту (A_0)	~500
Зміна внутрішньої енергії в системі (ΔU)	~650

Енергетичні втрати (ΔQ_w) (кДж на 1 кг сировини)

Теплові втрати на етапах:

- приготування тіста і заміс –
- ферментації (бродіння) –
- формування тіста –
- випічки–
- охолодження хліба –

70÷80

80÷100

50÷60

470÷670

180÷250

РАЗОМ:

850÷1160

Тепловий баланс у хлібопекарній технології

Приймаючи до уваги всі ключові етапи процесу, тепловий баланс у хлібопекарній технології можна виразити наступним чином:

$$E_0 = A_0 + \Delta U + \Delta Q_w,$$

де E_0 – зовнішня енергія, що надається у технологічний процес (кДж/кг сировини);

A_0 – корисна робота, що створюється при виробництві хліба (кДж/кг сировини);

ΔU – зміна внутрішньої енергії технологічного процесу (кДж/кг сировини);

ΔQ_w - безповоротні втрати енергії (кДж/кг сировини).

Етапи методики

► При наданні в систему додаткової енергії E_w ми не приймаємо до уваги що внутрішня енергія системи при цьому також змінюється, тобто залишаємо $\Delta U = const$ и запишемо, що

►
$$E_0 + E_w \geq \Delta U + (A_0 + A_w).$$

► Але тут параметр A_w вже означає роботу, що виконана для того, щоб перевести матеріальний потік J_w , з якого раніше отримували відхід, в максимально можливий товарний стан, тобто, в певну корисну продукцію.

► Узгоджений феноменологічний показник λ у рівнянні Л. Онсагера загального виду

►
$$\frac{\Delta S}{E_0} = \frac{J_0 X_0 + J_w X_w}{E_0} \lambda (1 - \lambda) \quad [1] \text{ запишемо у вигляді } \lambda = \frac{X_0}{X_0 + X_w}.$$

► Враховуючи принцип взаємності Онсагера для системи в стані, близькому до термодинамічної рівноваженості у відносності частин сировини J_0 і J_w , а також встановлене відношення $A_w/A_0 \approx 0,62$, показник λ представимо, як

►

►
$$\lambda = \frac{X_0}{X_0 + X_w} = \frac{A_0/J_0}{A_0/J_0 + A_w/J_w} = \frac{J_w}{(0,62J_0 + J_w)},$$

►

Вихідними даними для кожного з розглянутих технологічних процесів є статистична звітність про:

- ▶ величину зовнішньої енергії E_0 , що надходить у технологічний процес для переробки сировини на одиницю її маси;
- ▶ температурні параметри T_i власне технологічного процесу та зовнішнього середовища T_0 для розрахунку зміни ентропії;
- ▶ параметр матеріального потоку J_0 , який витрачається на отримання основної товарної продукції;
- ▶ параметр матеріального потоку J_w , який становить весь первісний обсяг відходоутворюючій частині;
- ▶ запропоновану величину додаткової зовнішньої енергії $E_w \leq kE_0$ обраної якості, яка може дозволити вивести матеріальний потік J_w зі стану близького до термодинамічної рівноваги до нерівноважного стану;

Розрахунку підлягали показники:

- величина термодинамічної сили X_0 , що забезпечує цілеспрямовану зміну матеріального потоку J_0 до стану товарної продукції;
- величина необхідної термодинамічної сили X_w , яка здатна змінити матеріальний потік J_w до максимальної можливості корисної продукції, у відповідності до типу технологічного процесу;
- зміна ентропії системи, залежно від стану її невірноваженості, відповідно до відомих рівнянь Л. Онсагера, теореми І. Пригожина та ін.
- зміна наведеної ентропії системи $\Delta S/E_0$ залежно від феноменологічного показника $\lambda = \frac{X_0}{X_0 + X_w}$ з подальшим виявленням його параметрів на кожному наступному n -му етапі ітерації.

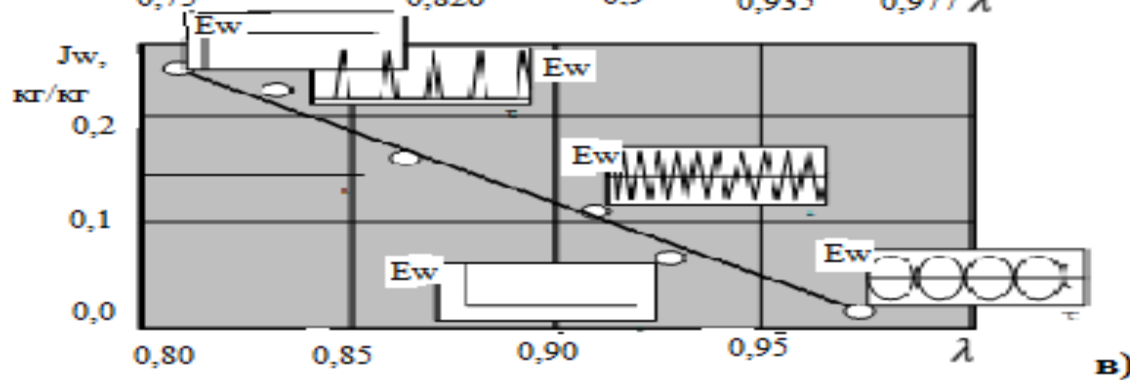
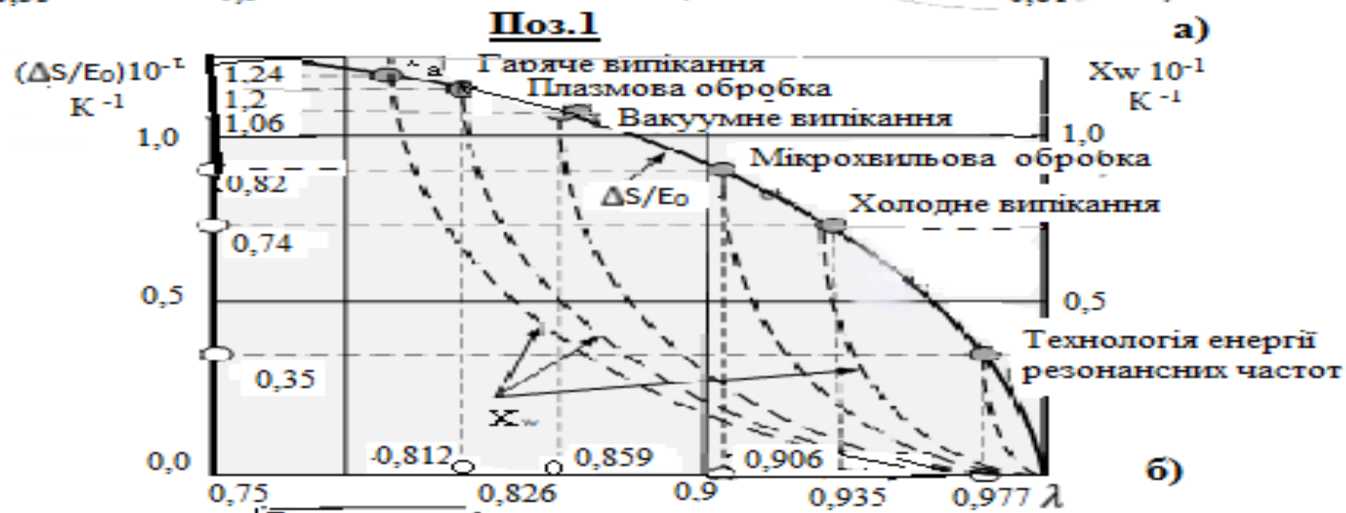
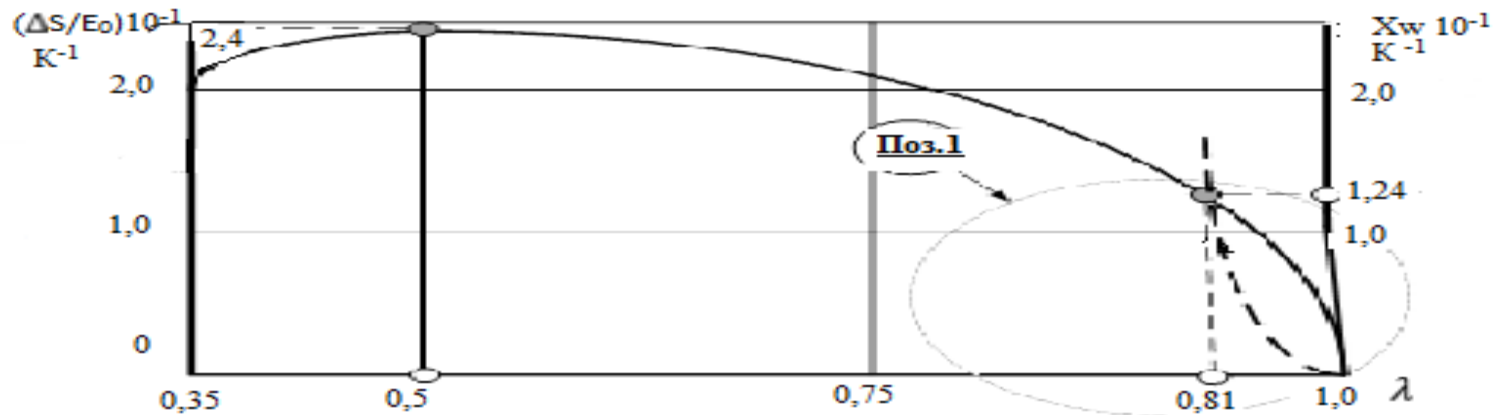


Рисунок 1 – Схема для розрахунку щодо мінімуму утворення відходів у технологіях виробництва хліба.
 а) - позиція теоретичного мінімуму відходів в технології виробництва хліба;
 б) - розрахункові дані (п. 1) щодо виявлення фактичного відходоутворення для різних технологій виробництва хліба;
 в) – залишкові відходи J_w^0 виробництва хліба при використанні модифікованої енергії E_0^w різних типів

Розрахункові дані для аналізу ефективності технологій виробництва хліба щодо мінімізації відходів за умови постачання в систему модифікованої енергії E_0^W

№ № п/п	Найменування та особливості технологічного Процесу	Вид показника			
		T, К	λ , од.	$\Delta S/E_0$, K^{-1}	ΔQ_w , кДж/ кг
1	Гаряча випічка	473-523	0,812	$1,24 \cdot 10^{-1}$	850-1160
2	Холодна випічка	320-330	0,935	$0,74 \cdot 10^{-1}$	200-400
3	Вакуумна випічка	390-410	0,859	$1,06 \cdot 10^{-1}$	300-520
4	Мікрохвильова обробка	350-450	0,906	$0,82 \cdot 10^{-1}$	450-700
5	Плазмова обробка	800-950	0,826	$1,2 \cdot 10^{-1}$	800-1200
6	Технологія енергії резонансних частот	320-370	0,977	$0,35 \cdot 10^{-1}$	150-200

Приклади використання модифікованих видів енергії в промисловому виробництві хліба

- ▶ -холодної випічки, яка передбачає використання хімічних розпушувачів, які у взаємодії з кислотою сприяють виділенню вуглекислого газу, що піднімає тісто. Розрахункове значення $\lambda \leq 0,935$ при $\frac{\Delta S}{E_0} \leq 0,74 \cdot 10^{-1} \text{K}^{-1}$;
- ▶ -вакуумної випічки, при якій тісто нагрівається в умовах зниженого тиску, що значно знижує температуру випаровування води з тесту, і прискорює цей процес ($\lambda \leq 0,859$ при $\frac{\Delta S}{E_0} \leq 1,06 \cdot 10^{-1} \text{K}^{-1}$);
- ▶ -мікрохвильової обробки з використанням високочастотних електромагнітних хвиль для нагрівання, а потім «приготування» тіста. Швидкість випікання становить кілька хвилин при $\lambda \leq 0,906$ при $\frac{\Delta S}{E_0} \leq 0,82 \cdot 10^{-1} \text{K}^{-1}$);
- ▶ -плазмової імпульсної обробки з використанням імпульсного плазмового генератора для обробки тіста, що дозволяє нагрівати хліб до потрібної температури без традиційних печей ($\lambda \leq 0,826$ при $\frac{\Delta S}{E_0} \leq 1,16 \cdot 10^{-1} \text{K}^{-1}$).

Висновки

- ▶ Незважаючи на те, що сучасні технології виробництва хліба відрізняються відносно невеликою кількістю органічних відходів, які максимально утилізуються після їх створення, максимальним у виробництві є тепловий відхід, що безповоротно втрачається в технологічному процесі.
- ▶ Посилаючись на теоретично обґрунтований мінімум утворення відходів, запропонований метод введення модифікованої енергії резонансних коливань в технологічний процес дозволяє не тільки на порядок знизити втрати теплової енергії, але й за рахунок резонансних взаємодій з молекулами сировинної води знизити втрати органічних відходів до максимально можливих 3% від сировини, що використовується в технології.

Література.

- 1. Nielsen, S. S. Food Analysis, 5th edition, 2017, Springer, 784 p.
- 2. Волошин В. С., Бурко В. А. The Principle of Thermodynamic Duality as a Basis for the Creation of Industrial Waste in Technological Processes. Scientific Aspects of Conserving and Restoring Natural Resources Under the Modern Development of Society. Scientific monograph. Riga, Latvia. Baltija Publishing. 2024. P. 32-53.
- 3. Волошин В. С. Відходи та їх природа. Київ-Маріуполь, СПД Самченко, 2024. 630 с.
-