

# Пшеничні зародки.

## ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СТАБІЛІЗАЦІЯ ЯКОСТІ

**А ще подовження тривалості їх зберігання без втрати поживних речовин та зменшення енергозатрат**

**О.ШАПОВАЛЕНКО,**  
доктор технічних наук, професор  
ЗАТ "Київмлин"

**Т.ЯНЮК,**  
аспірант

Український державний університет харчових технологій

**О.ЯНЕНКО,**  
кандидат технічних наук, доцент  
Науково-дослідний центр  
квантової медицини "Відгук" (м.Київ)

**З**абезпечення належної якості продуктів і подовження тривалості їх зберігання — одна з основних проблем харчової та комбикормової промисловості. **Стан збереження продуктів оцінюють за зміною кислотного числа, наявністю мікробного обсіменіння та складом поживних речовин (білків, вуглеводів і вітамінів) стосовно початкових значень цих показників у необробленому продукті.**

Істотне збільшення кислотного числа та мікробного обсіменіння, зменшення кількості білків, вуглеводів і вітамінів погіршують харчову цінність продуктів або призводять до їх непридатності. Тривалість зберігання подовжують різними методами консервації продуктів, основні з яких — теплова та хімічна обробка. Втім, вони часто не забезпечують збереження початкового складу компонентів продукту.

Відомі способи обробки продуктів за допомогою опромінення електромагнітними коливаннями (ЕМК) інфрачервоного та ультрафіолетового діапазонів. Однак і ці методи не забезпечують повного збереження корисних компонентів, а значна енергія квантів ЕМК ( $10^{-2}$ — $10^2$ ЕВ), яка має іонізуючий вплив на клітини, призводить до руйнування (денатурації) білків і вітамінів харчових продуктів.

Враховуючи благотворний вплив низькоінтенсивного мікрохвильового випромінювання на біологічні об'єкти, а також те, що необроблені харчові та кормові продукти зберігають максимум корисних речовин, ми дослідили вплив сигналів міліметрового діапазону на процес

зберігання пшеничних зародків, які є природними концентратами поживних компонентів — білків і вітамінів.

Мета наших досліджень — розробка енергозберігаючої технології консервації продуктів, яка б мала переваги перед існуючими, та вивчення її впливу на якість зародку. В основі розробки — створення такого способу і пристрою стабілізації продуктів, де обробка їх електромагнітним опроміненням (неіонізуючим), забезпечить стабілізацію матеріалу із збереженням його початкової якості та подовженням тривалості зберігання. Завдання полягає в обробці продукту електромагнітним випромінюванням інтенсивності мм-діапазону хвиль заданої нетеплової інтенсивності. Алгоритмом обробки передбачено вимірювання рівня поглинання продукту, зміну частоти випромінювання та визначення частоти максимального поглинання, на якій опромінюють продукт, розфасований у радіопрозору упаковку.

**Н**а рис. 1 наведено функціональну схему пристрою, який реалізує запропонований спосіб стабілізації продуктів. Складається пристрій з генератора міліметрового діапазону G, хвилеводу A1, підключеного до входу направлено відгалужувача A2, робочої металеві камери МК. Перший вихід відгалужувача A2 сполучено з опромінювальною антеною X, а другий — з приймачем Пр, вихід якого через квадратний детектор U сполучено з індикатором РА. У робочій камері розміщується контейнер К з об'єктом опромінення (продуктом) П.

Суть обробки продукту така. Міліметровий діапазон хвиль ( $3 \cdot 10^{10}$  —  $3 \cdot 10^{11}$  Гц) властивий біологічним об'єктам та органічним структурам — клітинам і молекулам. Біологічні макромолекули та надмолекулярні системи мають власні частоти коливань, які лежать у мм-діапазоні хвиль. Так, взаємне зближення ферментів і субстрату, створення ферментно-субстратних комплексів характеризується часовими проміжками  $10^{-8}$ — $10^{-9}$  с, що відповідає частотам  $10^8$ — $10^9$  Гц. Біомембрани та молекули води мають характеристичні частоти в діапазоні  $10^8$ — $10^{10}$  Гц, органічні сполуки  $\text{COO}^-$ ,  $-\text{NH}_3$  та інші, які відіграють важливу роль у функціонуванні білкових молекул, —  $10^{10}$ — $10^{11}$  Гц, локальні мікрохімічні зміни в активних центрах молекул і клітин характеризуються частотою  $10^{10}$ — $10^{11}$  Гц. Під дією частот мм-діапазону в біологічних структурах виникає резонансне нетеплове поглинання. Максимум поглинання визначається умовою резонансу, коли частота зовнішнього поля збігається з частотою власних коливань біологічних структур.

**Розглядаючи продукти, що підлягали тільки механічній обробці як органічні залишки біологічних структур, макромолекул і надмолекулярних систем, що мають власні характеристичні частоти в діапазоні**

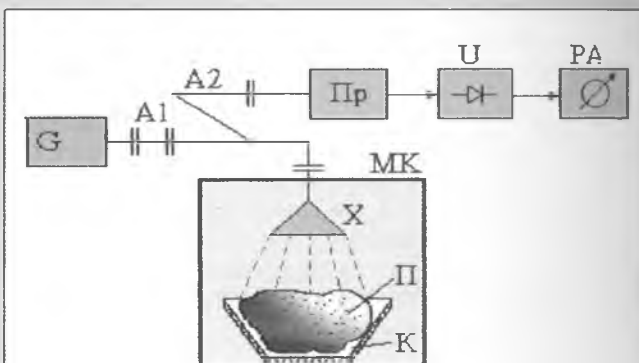


Рис. 1. Пристрій для консервації пшеничних зародків

## Зміна якості пшеничних зародків у процесі зберігання

Зразок	Вологість, %	Вихідне кислотне число, мг КОН	Температура зберігання, °С	Тривалість зберігання, дів								
				10	15	20	25	30	35	40	45	50
Контрольний	12	6,2	+20	10,66	12,1	14,82	16,43	18,95	19,46	20,41	21,29	22,41
Контрольний	12	6,2	0	7,94	9,45	12,05	13,14	14,17	15,53	16,03	16,97	17,25
Опромінений хвилями мм-діапазону Сушений методом ІЧ-опромінення (80°С)	12	6,2	+20	7,42	8,88	9,34	9,80	10,29	11,22	12,34	12,98	13,14
	4	6,2	+20	8,14	9,5	10,99	11,86	12,55	13,19	14,54	15,04	16,36

мм-хвиль, можна чекати на прояв стабілізуючого впливу електромагнітного випромінювання залежно від дози енергії, яка поглинається продуктом.

Найбільший стабілізуючий ефект С відповідає частоті максимального поглинання продукту  $f_p$ . Питому потужність, що поглинається продуктом, можна визначити за виразом

$$P_p = \frac{P_G}{P_v}, \quad (1)$$

де  $P_G$  — питома потужність сигналу на виході генератора  $G$ , мВт/см<sup>2</sup>;

$P_v$  — відбита потужність, що випромінюється приймачем  $Pr$ , мВт/см<sup>2</sup>.

З урахуванням (1) стабілізуючий ефект  $G \equiv P_p$ . (2)

Розробленою технологією електромагнітної стабілізації пшеничних зародків передбачено таку схему. Зародки, що консервують, розміщують у зоні дії міліметрового електромагнітного випромінювання з питоною потужністю 5—10 мВт/см<sup>2</sup> і вимірюють питому потужність відбитого сигналу. Потім зміною частоти мм-випромінювання визначають частоту мінімального відбиття, що свідчить про максимальне поглинання випромінювання продуктом. На цій частоті проводять опромінення продукту шаром завтовшки 15—20 мм протягом 15—20 хв. Під дією міліметрового випромінювання на резонансних частотах відбувається стабілізація ферментно-субстратних комплексів продукту, що забезпечує збереження його початкових характеристик, а також консервує та подовжує тривалість зберігання.

Пристрій працює так. На виході генератора мм-діапазону  $G$  встановлюють мінімальну частоту робочого діапазону генератора  $f_{min}$  і вихідну потужність 8—12 мВт, щоб забезпечити в зоні продукту інтенсивність сигналу з питоною потужністю 5—10 мВт/см<sup>2</sup>. Під антену  $X$  в контейнері  $K$  поміщають продукт  $P$ , що стабілізується, і за допомогою вимірювального приймача  $Pr$  фіксують значення відбитої питою потужності  $P_v$ . За формулою (1) розраховують питому потужність, що поглинається продуктом —  $P_p$ . Потім, змінюючи частоту генератора від  $f_{min}$  до  $f_{max}$ , визначають резонансну частоту максимального поглинання. На визначеній частоті  $f_p$  проводять опромінення розфасованої партії продуктів, періодично перевіряючи значення питою потужності поглинання  $P_p$ .

Розподіл коефіцієнта стоячої хвилі (КСХ) в частині діапазону мм-хвиль пшеничних зародків, визначений за допомогою високочутливої радіометричної системи, показано на рис. 2. Мінімальне значення КСХ характеризує оптимальні частоти поглинання, оскільки коефіцієнт стоячої хвилі визначається як

$$K_{схх} = \frac{U_{пад} + U_{від}}{U_{пад} - U_{від}}, \quad (3)$$



Рис. 2. Розподіл коефіцієнта стоячої хвилі

де  $U_{пад}$  — амплітуда падаючої хвилі, мм;

$U_{від}$  — амплітуда відбитої хвилі, мм.

Із (3) видно, що при повному (резонансному) поглинанні  $K_{схх} \approx 1$ . Таким чином, як впливає з рис. 2, в діапазоні частот 51—79 ГГц є кілька частот резонансного прояву, на яких  $K_{схх}$  мінімальні, в тому числі й на частоті 53 ГГц.

Ефективність технології обробки пшеничних зародків за допомогою згаданого пристрою для стабілізації продуктів перевіряли в лабораторіях Науково-дослідного центру квантової медицини "Відгук" МОЗ України та Українського державного університету харчових технологій. Для експериментальної перевірки були відібрані чотири розфасовки по (1 кг) пшеничних зародків з початковою вологістю 12 % і кислотним числом 6,2 мг КОН. Одну з партій, опромінювапи на резонансній частоті 53 ГГц генератором мм-діапазону Г4-142 і вимірювали поглинання радіометричним приймачем НУ-1, атестованим Держстандартом України.

Іншу партію було висушено інфрачервоними променями при 80°С. Три партії пшеничних зародків поклали на зберігання при температурі +20°С і одну — при 0°С. Результати експерименту наведено в таблиці. **Аналіз дослідних даних показує, що кислотне число обробленої партії пшеничних зародків електромагнітним випромінюванням мм-діапазону хвиль нетеплової інтенсивності наприкінці зберігання відрізняється від кислотного числа контрольних партій і має значення, менші від значень його у контрольній партії, яка зберігалась при  $t = +20^\circ\text{C}$  на 41,4 %, при  $t = 0^\circ\text{C}$ , — на 23,8 %, а у висушених під дією інфрачервоних випромінювань — на 19,6 %.**

Таким чином, проведені дослідження показали, що за допомогою технології опромінення пшеничних зародків хвилями мм-діапазону нетеплової інтенсивності відбувається стабілізація якості й подовжується тривалість зберігання. Розроблена технологія консервації пшеничних зародків забезпечує збереження поживних речовин (білків, вуглеводів і вітамінів) практично на рівні значень необробленого продукту із зменшенням енергозатрат на один-два порядки.

Продукти харчування