

ЗАСТОСУВАННЯ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ БІОЛОГІЧНОЇ ЦІННОСТІ ЗЕРНОВИХ ПЛАСТІВЦІВ З ПРОРОЩЕНОЇ ПШЕНИЦІ

Фоміна Ірина Миколаївна

кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій переробних і харчових виробництв Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка

Ізмайлова Олена Олександрівна

асистент кафедри технологій переробних і харчових виробництв Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка

USING LOW TEMPERATURE TREATMENT OF GRAIN FOR INCREASING BIOAVAILABILITY OF CEREAL FLAKES FROM SPROUTED WHEAT

Fomina I.M., Ph.D. in Engineering Science, associate professor of the department of manufacturing processing and food procedures, Kharkov National Technical University of Agriculture by P. Vasilenko

Izmailova O.O., assistant of the department of manufacturing processing and food procedures, Kharkov National Technical University of Agriculture by P. Vasilenko

АНОТАЦІЯ

Пророщування зерна пшениці використовується як один із способів підвищення біологічної та харчової цінності пластівців природнім шляхом, без додавання будь-яких хімічних добавок. Використання природних чинників для інтенсифікації утворення біологічно-активних речовин дозволяє отримати повністю безпечний продукт. Запропоновано фізичний спосіб підвищення харчової та біологічної цінності зернових пластівців з пророщеної пшениці. Фізичний вплив здійснюється завдяки низькотемпературній обробці зерна пшениці перед її пророщуванням. У статті визначено та обґрунтовано режими низькотемпературної обробки зерна, які найкращим чином сприяють інтенсифікації утворення біологічно-активних сполук пшениці.

ABSTRACT

Sprouting wheat is used as one of method to increasing the biological and nutritional value of the cereals by naturally way without adding any chemical additives. Using natural factors for intensification of biologically-active substances formation is provided healthy product. There is provided physical way to increase biological and nutritional value of cereal flakes from sprouting wheat. Physical effects is brought to pass by dint of the low temperature treatment of wheat before sprouting. Condition of low temperature treatment which has the best effect on to the intensification of the biologically-active compounds formation of wheat is defined and reasoned in the article.

Ключові слова: зерно пшениці, пророщування, низькотемпературна обробка, біологічна та харчова цінність, структурно-механічні властивості, пшеничні пластівці.

Keywords: wheat, sprouting, low temperature treatment, biological and nutrition value, structure- mechanical properties, cereal flakes.

Постановка проблеми. Продукти переробки зерна не завжди є збалансованими за кількістю корисних речовин, для повноцінного раціону харчування людини. Актуальним питанням сьогодення є збагачення зернових продуктів мінеральними речовинами та вітамінами природнім способом, без додавання будь-яких хімічних добавок. Одним із таких способів збагачення є пророщування зерна перед переробкою для виробництва пластівців. Пророщування використовують як біологічний спосіб підвищення вмісту корисних речовин у зернових пластівцях. Вивчення впливу пророщування на біологічну цінність зерна пшениці та пластівців займалися вчені Койлер П., Хартман Г., Візер Г., так і вітчизняні Казаков Е. Д., Карпиленко Г. П., Третьяков Н. Н., Кошкин Е. И., Макрушин Н. М., Наконечний В.І. та інші.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У пророщеному зерні пшениці міститься комплекс речовин, необхідних для раціонального харчування: білки, легкозасвоювані вуглеводи, клітковина з харчовими волокнами,

мінеральні речовини, вітаміни. За участю вологи та дії ферментів у ендоспермі зерна відбувається розпад високомолекулярних сполук до низькомолекулярних розчинних речовин. Протеолітичні ферменти, які активуються під час пророщування гідролізують білки з утворенням поліпептидів та амінокислот, а амілолітичні ферменти декстринізують крохмаль. Тому пластівці з пророщеної пшениці, які містять легкозасвоювані речовини та клітковину, можуть використовуватися не тільки для здорового, а і для спеціального харчування.

Питання знайти шляхи інтенсифікації утворення корисних речовин під час пророщування зерна є доцільним. Одним із таких шляхів є фізичний вплив природних чинників для підвищення біологічної цінності зернових пластівців. Фізичним способом підвищення біологічної цінності зернових пластівців з пророщеного зерна можна вважати низькотемпературну обробку (НТО) зерна перед пророщуванням.

Відомо, що низькотемпературне охолодження зерна

запобігає розвитку шкідників під час зберігання. [1] При заморожуванні зерна пшениці підвищується активність амілолітичних ферментів, особливо α -амілази. Також відомо, що за для збереженості флаваноїдів пророщена пшениця може бути ліофілізована з послідовним вакуумуванням та екстракцією флаваноїдів. [2]

Низькотемпературна обробка призводить до зміни функціонально-технологічних властивостей зерна, а також може сприяти зміні харчової та біологічної цінності зернових пластівців. Вплив НТО залежить від режимів його проведення та часу відлежування зерна пшениці після обробки перед пророщуванням.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Аналіз існуючих досліджень по проблемі вдосконалення технології виробництва зернових пластівців при наявності багаточисленних способів підвищення їх біологічної цінності дав розуміння того, що сучасні технології виробництва пластівців не дають змоги повністю розкрити корисний потенціал пророщеної пшениці. Не було досліджено впливу низьких температур на харчову та біологічну цінність зерна пшениці при пророщуванні для виробництва пластівців з нього.

Попередні дослідження показали, що удосконалення способу виробництва зернових пластівців підвищеної харчової та біологічної цінності може здійснюватися шляхом застосування НТО з послідовним пророщуванням, що сприятиме підвищенню харчової та біологічної цінності за рахунок збільшеної кількості вітамінів Р, С та інших корисних речовин. [3, 4]

Мета дослідження. Метою дослідження було встановлення оптимальних параметрів низькотемпературної обробки (НТО) зерна пшениці для інтенсифікації утворення корисних речовин під час його пророщування в технології зернових пластівців з пророщеного зерна.

Виклад основного матеріалу. Дослідження проводили в лабораторії кафедри технологій переробки і харчових виробництв Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка.

Фізичний вплив на зернові пластівці підвищеної харчової та біологічної цінності здійснювали шляхом низькотемпературної обробки зерна пшениці перед пророщуванням. Низькотемпературна обробка складається з трьох етапів: заморожування, витримка, відтаювання. Основні режими НТО, які підлягали оптимізації, були температура заморожування, час заморожування, час витримування при заданій температурі, час відтаювання зернової маси та тривалість відлежування зернової маси після НТО перед пророщуванням. Оцінювання результатів проводили за біологічною цінністю, а саме, за вмістом вітамінів Р, С та білку. Додатково визначали структурно-механічні властивості зерна за кінематичною в'язкістю водно-борошняної суспензії та відносною деформацією стискання зерна пшениці при постійному навантаженні.

Кількість вітаміну Р визначали за вмістом поліфенольних сполук колориметричним методом Фоліна – Чокальтеу. Метод оснований на окисненні фенолів сумішшю фосфорно-вольфрамової та фосфорно-молібденової кислот з утворенням розчину блакитного кольору, інтенсивність якого залежить від кількості поліфенольних сполук. [5,6]

Для визначення вмісту вітаміну С використовували метод візуального титрування по кількісному окисненню аскорбінової кислоти розчином 2,6-діхлорфеноліндифенолята натрію. [7]

Дослідження відносної деформації стискання зерна проводили при постійному навантаженні вагою 1 кг. Час впливу навантаження до вимірювання деформації складав 5 хвилин. Суть методу полягає у послідовному проведенні трьох вимірювань для кожної зернини: 1 вимірювання – нульовий рівень; 2 вимірювання – значення приладу з урахуванням розміру зерна без навантаження; 3 вимірювання – значення приладу з урахуванням розміру зерна під навантаженням. [8]

Відносну деформацією стискання зерна при постійному навантаженні визначали за формулою:

$$\delta L = \frac{L_2 - L_1}{L \times L_1} \times 100 \quad (1)$$

де L – значення приладу без зерна, мм;

L_1 – значення приладу з урахуванням розміру зерна без навантаження, мм;

L_2 – значення приладу з урахуванням розміру зерна під навантаженням, мм.

Більшою мірою зміни структурно-механічних показників відбуваються за рахунок розщеплення крохмалю, тому для підтвердження достовірності вимірювання проводили визначення кінематичної в'язкості борошняної суспензії з цільнозмеленого зерна пшениці.

Визначення глибини ферментативних процесів крохмалю при пророщенні пшениці проводили за зміною кінематичної в'язкості борошняної суспензії на капілярному віскозиметрі ВПЖ-2 0,73 з діаметром капіляру $0,73 \pm 0,02$ мм, який має діапазон вимірювання від $6 \cdot 10^{-6}$ до $30 \cdot 10^{-6}$ м²/с. [9] Для приготування водно-борошняної суспензії здрібнювали пророщене зерно протягом 20 сек. Наважку зерна розраховували за вмістом сухих речовин з урахуванням вологості зерна. До відваженої наважки подрібненої зернової сировини у термостійку конічну колбу місткістю 100 мл додавали холодної води до сумарної маси 20мл, перемішували, приливали 80 мл окропу. Колбу встановлювали на водяній лазні з температурою 100°C і витримували точно 1 хв. Після цього охолоджували до температури 20°C протягом 6+1 хв та фільтрували. Кінематичну в'язкість водно-борошняної суспензії визначали за формулою:

$$v = \frac{g \cdot T \cdot K}{9,807}, \text{ м}^2/\text{с} \quad (2)$$

де g – прискорення вільного падіння в місті заміру, м/с²;

T – час витікання, с;

K – стала віскозиметра, м²/с² ($0,03 \cdot 10^{-6}$ для ВПЖ-2).

Об'єктами дослідження були: сухе зерно пшениці ярої, м'якої, врожаю 2014 р (K_1), пророщене зерно пшениці (K_2) та зерно пшениці, яке було піддане НТО при різних режимах. Враховуючи, що зернова маса має низьку теплопровідність та температуропровідність, НТО проводили на модельних системах, а саме обробляли зразки зерна вагою 1 кг.

Пророщування зерна проводили за таких умов: замо-

чування протягом 10 годин при температурі $+17\pm 1$ °C та пророщування протягом 14 годин при температурі навколишнього середовища $+17\pm 1$ °C. Дослідження проводили в зразках на першу добу пророщування. [10]

При довготривалому заморожуванні відбувається гальмування біохімічних процесів зерна пшениці. Для відновлення активації ферментативного комплексу зерна

пшениці перед початком технологічного процесу необхідно щоб воно відтаяло до температури не нижче $+15$ °C. За таких умов поновлюється його якість. [11] Тому відтаювання зернової маси після НТО проводили до досягання ним температури $+16\pm 1$ °C.

Графічне зображення НТО, а саме: заморожування, витримки та відтаювання представлено на рис. 1.

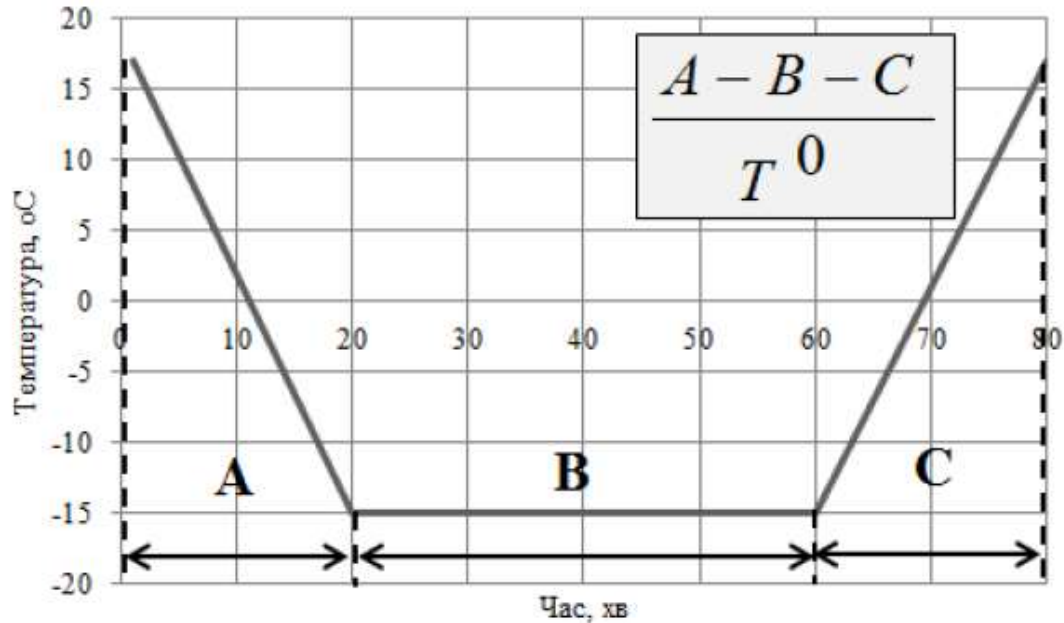


Рис. 1 – Графічне зображення зміни температури в зернової масі під час низькотемпературної обробки

Три етапи низькотемпературної обробки доцільно відображати у вигляді формули НТО.

$$\frac{A - B - C}{T^0} \quad (3)$$

де, А – час заморожування зерна до температури T^0 , хв;
В – час витримки зерна при заданій температурі, хв;
С – час відтаювання зернової маси після заморожування, хв;

T^0 – температура НТО (заморожування зерна), °C.

Під час заморожування температура в зернової масі (А) рівномірно знижується до температури НТО. Після досягання необхідної температури заморожування припинено. Потім зернова маса термостатується при заданій температурі протягом часу (В) (час витримування), після

чого рівномірно підвищується (С) до необхідної температури зерна (відтаювання). Після того як температура в зернової масі піднімалася до $+16\pm 1$ °C НТО вважалася завершеною.

Першим етапом експерименту було дослідження впливу відлежування зерна пшениці після НТО на біологічну цінність та структурно-механічні властивості пророщеної пшениці. Досліджували зерно, піддане НТО та відлежуванню протягом різного часу. НТО проводили при такому режимі: температура заморожування зерна -30 ± 5 °C; час заморожування зерна 3 хв; час відтаювання зерна 45 хв. Відлежування зразків починалось одразу після НТО протягом різного терміну (0, 1, 2, 3 та 4 доби) при температурі 17 ± 1 °C. Зміна вмісту вітаміну Р та С представлено на рис. 2 (А, Б).

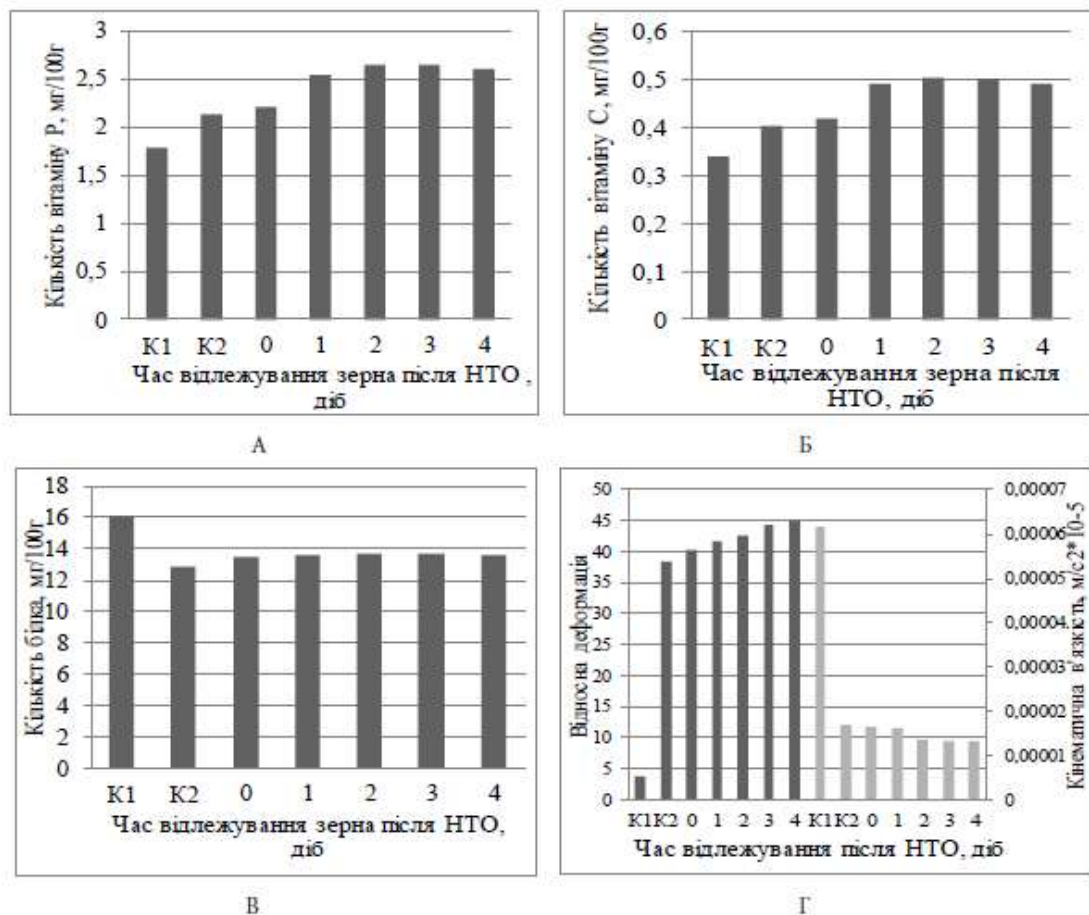


Рис. 2 – Вплив часу відлежування після НТО на вміст біологічно-активних речовин та структурно-механічні властивості зерна пророщеної пшениці (А – вплив часу відлежування після НТО на кількість вітаміну Р; Б – вплив часу відлежування після НТО на кількість вітаміну С; В – вплив часу відлежування після НТО на кількість білка; Г – вплив часу відлежування після НТО на структурно-механічні властивості зерна пшениці.)

Максимальне підвищення кількості вітамінів Р та С спостерігається у зразків, які відлежувалися після НТО протягом 2 діб. Так відбувається підвищення вмісту вітаміну Р та С відносно до: сухого зерна на 47-48 %; пророщеного зерна без НТО на 24 %. Кількість білка зерна, підданого НТО та пророщуванню зменшується на 15 % у порівнянні з сухим зерном, але на 6 % більша ніж у зерна, що було пророщене без НТО. Відносна деформація зерна збільшується зі збільшенням часу відлежування, а кінема-

тична в'язкість водно-борошняної суспензії зменшується (рис. 2 (В, Г)). Тому для подальших досліджень встановили постійний термін відлежування зерна пшениці після НТО перед пророщуванням протягом 2 діб.

Послідовність проведення експериментальних досліджень для оптимізації режимів НТО зерна пшениці перед пророщуванням в технології зернових пластівців з пророщеного зерна наведена в табл. 1.

Таблиця 1

Схема проведення дослідження з встановлення режимів НТО зернової маси

1. Визначення температури заморожування зернової маси під час НТО

Параметри формули НТО			
A	B	C	T °C
Час заморожування, хв	Час витримання, хв	Час відтаювання, хв	Температура заморожування, 0C
[1...4]	[0]	[30...60]	[-15...-75]
			↓ Рекомендована температура

2. Визначення часу заморожування зернової маси під час НТО

A	B	C	T °C
Час заморожування, хв	Час витримання, хв	Час відтаювання, хв	Температура заморожування, 0C
[2...35]	[0]	[40...85]	Рекомендована температура
↓ Оптимальний час заморожування			

3. Визначення часу витримки зернової маси у холоді під час НТО

A	B	C	T °C
Час заморожування, хв	Час витримання, хв	Час відтаювання, хв	Температура заморожування, 0C
Оптимальний час заморожування	[0...1000]	[40...500]	Рекомендована температура
↓ Оптимальний час витримки			

4. Визначення часу відтаювання зернової маси після НТО

A	B	C	T °C
Час заморожування, хв	Час витримання, хв	Час відтаювання, хв	Температура заморожування, 0C
Оптимальний час заморожування	Оптимальний час витримки	[13...40]	Рекомендована температура
			↓ Оптимальний час відтаювання

В таблиці наведено інтервали параметрів, що змінюються під час дослідження та параметрів, що утримуються на певному рівні, для визначення кожного параметру та послідовність їх визначення.

Визначення впливу режимів НТО зернової маси проводили за зміною біологічної цінності та структурно-механічних властивостей зерна пшениці, яке після НТО відлежувалося 2 доби та було пророщене за зазначених умов.

Заморожування зернової маси проводили при різних температурах (-15+50C, -35+50C та -75+50C). За таких температур заморожування зернова маса відтаювала протягом 30-60 хвилин, в залежності від температури заморожування. Режими НТО за якими встановлювали температуру заморожування зразка зернової маси пшениці під час НТО наведені в табл. 2.

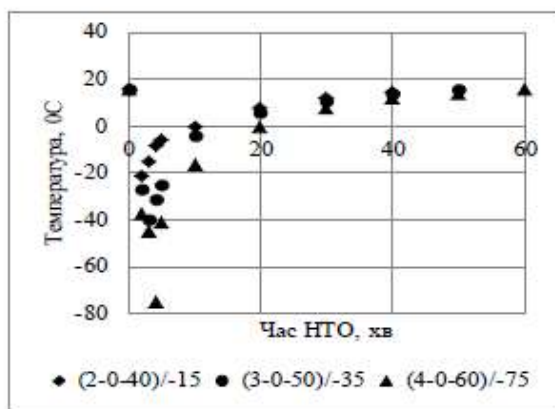
Таблиця 2

Параметри формули НТО для визначення температури заморожування зернової маси під час НТО

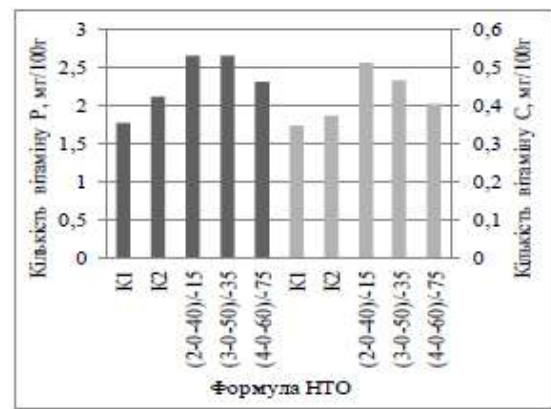
Параметри формули НТО				Формула НТО
A	B	C	T ^у	
Час заморожування, хв	Час витримання, хв	Час відтаювання, хв	Температура заморожування, °C	
2		40±2	-15±5	2-0-40
3	0	50±2	-35±5	-15 ⁰ C
4		60±2	-75±5	3-0-50
				-35 ⁰ C
				4-0-60
				-75 ⁰ C

Результати дослідження впливу температури НТО зернової маси на властивості пророщеної пшениці наведено

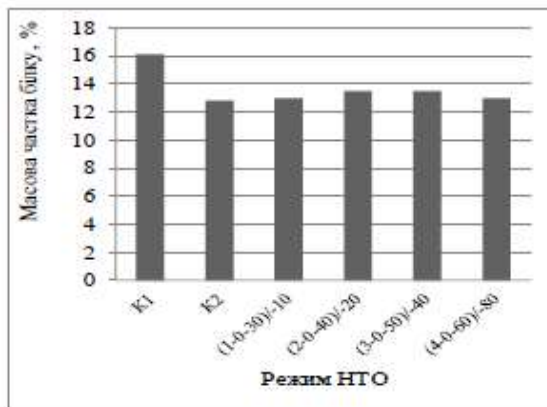
на рис. 3. Зміна температури зернової маси під час заморожування та відтаювання наведена на рис. 3 (А).



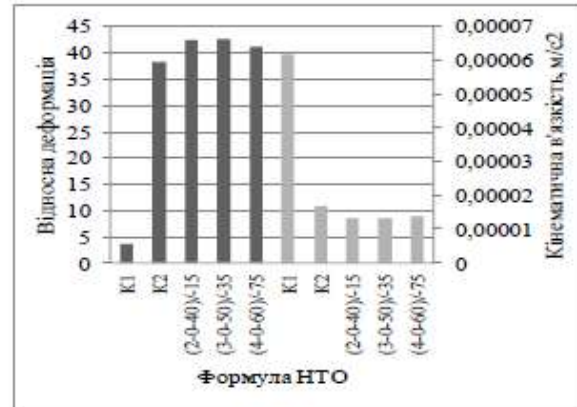
А



Б



В



Г

Рис. 3 – Вплив температури НТО зернової маси на біологічно-активні речовини та структурно-механічні властивості пшениці, яка була пророщена після НТО (А - графік заморожування та відтаювання зернової маси при різних температурах НТО; Б - вплив температури НТО на вміст вітамінів Р та С у зерні пшениці; В - вплив температури НТО на вміст білка у зерні пшениці; Г - вплив температури НТО на структурно-механічні властивості пшениці)

За результатами вимірювання встановлено оптимальну температуру НТО зернової маси для підвищення харчової та біологічної цінності зернових пластівців. Так при температурі НТО зерна пшениці -15±5 °C відбувається

найбільше зростання кількості вітаміну Р на 49 %, вітаміну С на 48 % порівняно зі зразком сухого зерна. Відносно зерна, пророщеного без НТО, кількість вітамінів Р та С збільшено на 25-27 %. [12] Вміст білку збільшено на 5 % у

порівнянні з пророщеним зерном без НТО.

Далі було досліджено вплив часу заморожування зернової маси на вміст корисних речовин та зміну структурно-механічних показників пророщеного зерна пшениці після НТО. Для встановлення впливу зернової маси підда-

вали короткочасному та довготривалому заморожуванню. Короткочасне заморожування здійснювали за допомогою рідкого азоту, довготривале за допомогою морозильної камери. Параметри часу заморожування зернової маси під час НТО наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Параметри формули НТО для визначення часу заморожування зернової маси під час НТО

Параметри формули НТО				Формула НТО
A	B	C	T °C	
Час заморожування, хв	Час витримування, хв	Час відтаювання, хв	Температура заморожування, °C	
2	0	40±2	-15±5	$\frac{2-0-40}{-15^{\circ}C}$
35		85±2		$\frac{35-0-85}{-15^{\circ}C}$

Вплив часу заморожування зернової маси на біологічно-активні сполуки та структурно-механічні властивості пшениці після її подальшого пророщування наведено на

рис. 4. Графік заморожування та відтаювання зернової маси наведений на рис. 4 (А). Зерно піддане НТО до температури -15±5 °C заморожували протягом 2 хв та 35 хв.

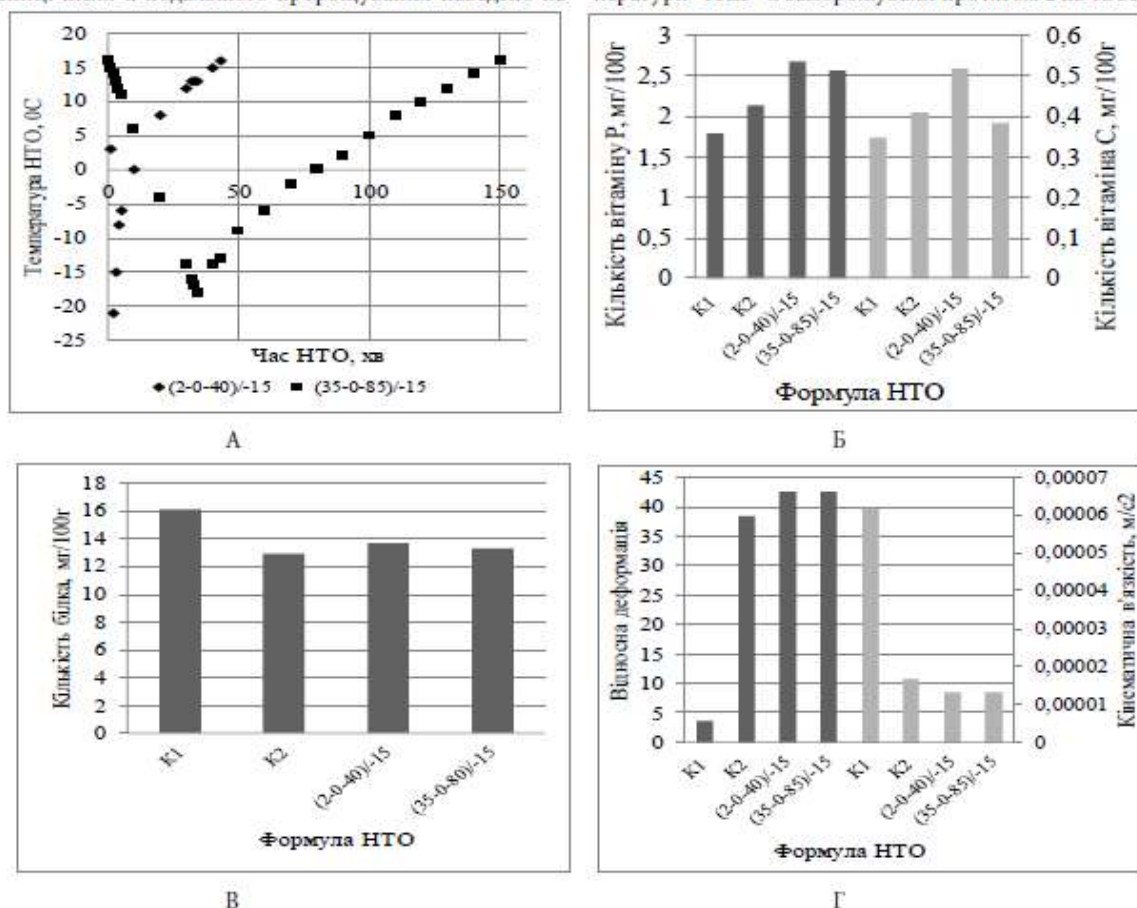


Рис. 4 – Вплив часу заморожування зернової маси на біологічно-активні речовини та структурно-механічні властивості пшениці, яка була пророщена після НТО. (А - графік заморожування та відтаювання зернової маси при різному часі заморожування; Б - вплив часу заморожування на вміст вітамінів Р та С у пшениці; В - вплив часу заморожування на вміст білка у пшениці; Г - вплив часу заморожування на структурно-механічні властивості пшениці)

Довготривале заморожування під час НТО протягом 35 хв є не ефективним з точки зору вмісту вітамінів та енергозбереження обладнання. Кількість вітамінів Р та С у зерні з використанням короткочасної НТО збільшується на 25-27 %, білка – на 6 % у порівнянні з пророщеним зер-

ном пшениці.

Визначення часу витримування зернової маси при короткочасному заморожуванні до температури -15 ± 5 °C досліджували протягом 0, 10, 100 та 1000 хв. Параметри формул НТО наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Параметри формули НТО для визначення часу витримування у холоді після заморожування зернової маси під час НТО

Параметри формули НТО				Формула НТО
A	B	C	$T^{\circ}C$	
Час заморожування, хв	Час витримування, хв	Час відтаювання, хв	Температура замороржування, °C	
2	0	40 ± 2	-15 ± 5	$\frac{2 - 0 - 40}{-15^{\circ}C}$
	10	130 ± 2		$\frac{2 - 10 - 130}{-15^{\circ}C}$
	100	250 ± 2		$\frac{2 - 100 - 250}{-15^{\circ}C}$
	1000	500 ± 2		$\frac{2 - 1000 - 500}{-15^{\circ}C}$

Встановлення часу витримування замороженої зернової маси на біологічно-активні речовини і структурно-механічні властивості пророщеної пшениці наведено на рис. 5. Графік заморожування та відтаювання зернової маси на-

ведений на рис. 5 (А). Досліджували зерно піддане НТО до -15 ± 5 °C протягом 2 хв та витримане при цій температурі протягом різного часу.

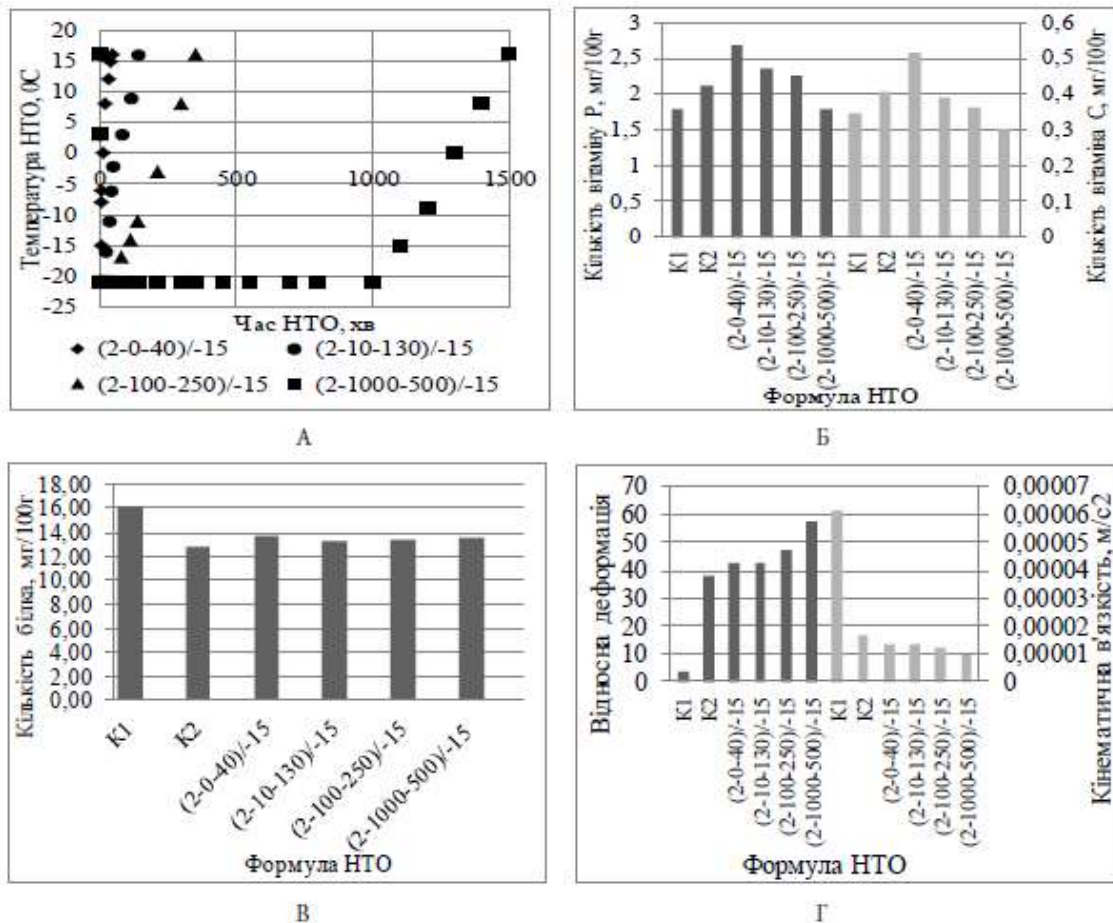


Рис. 5 – Вплив часу витримки зернової маси при температурі $-15\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ на біологічно-активні речовини та структурно-механічні властивості пшениці, яка була пророщена після НТО (А - графік заморожування та відтаювання зернової маси при різному часі витримки; Б - вплив витримки зерна при температурі $-15\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ на вміст вітамінів Р та С у пшениці; В - вплив витримки зерна при температурі $-15\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ на кількість білка у пшениці; Г - вплив витримки зерна при температурі $-15\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ на структурно-механічні властивості пшениці)

Кількість біологічно-активних сполук зерна пшениці зростає при короткочасному заморожуванні до $-15\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ та без послідоючого витримування при цій температурі. Так, кількість вітаміну Р підвищується на 26 %, вітаміну С на 27 %, білку на 3 %, у порівнянні з контрольним зразком пророщеного зерна пшениці (K₁).

Час відтаювання зернової маси після заморожування у процесі НТО регулювали змінюючи температуру та швидкість руху повітря.

Параметри повітря, за допомогою якого відбувалося відтаювання зернової маси після заморожування наведено в табл. 5.

Таблиця 5

Параметри повітря, за допомогою якого проходило відтаювання зернової маси після заморожування

Параметри повітря		С	Формула НТО
Температура повітря, °C	Швидкість руху повітря, м/с	Час відтаювання, хв	
40±2	30	13±2	2-0-13
40±2	0,15	20±2	-15 ⁰ C
16±2	30	30±2	2-0-20
16±2	0,15	40±2	-15 ⁰ C
			2-0-30
			-15 ⁰ C
			2-0-40
			-15 ⁰ C

Визначення кількості біологічно-активних речовин та структурно-механічних властивостей пророщеного зерна пшениці при встановленні часу відтаювання зернової маси при короткочасному заморожуванні до температури -15±5 °C, без витримки при цій температурі представлено

на рис. 6. Графік заморожування та відтаювання зернової маси при різних режимах відтаювання після заморожування зображено на рис. 6 (А). Досліджували зерно піддане НТО до -15±5°C протягом 2 хв, без витримування при цій температурі, яке відтаювало протягом різного часу.

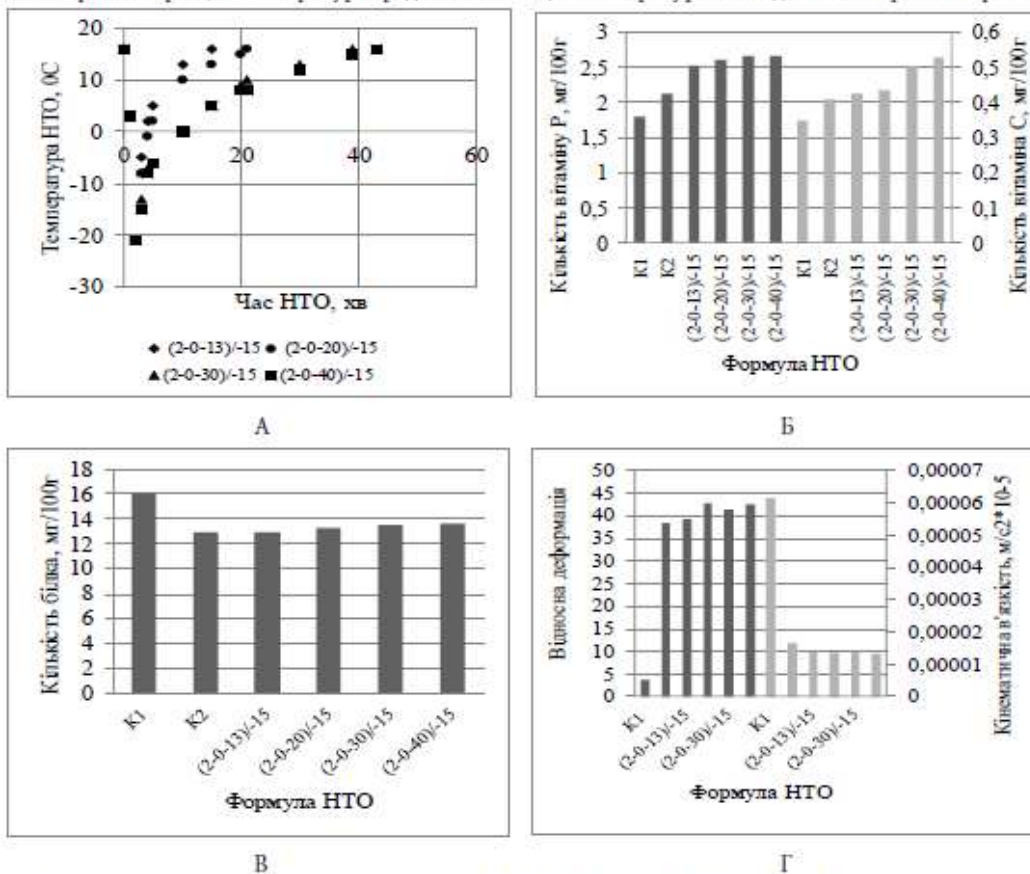


Рис. 6 – Вплив часу відтаювання зернової маси після заморожування до температури -15±5 °C на біологічно-активні речовини та структурно-механічні властивості пшениці, яка була пророщена після НТО (А - графік заморожування та відтаювання зернової маси при різних параметрах відтаювання; Б - вплив часу відтаювання зернової маси після заморожування до температури -15±5 °C на вміст вітамінів Р та С у пшениці; В - вплив часу відтаювання зернової маси після заморожування до температури -15±5 °C на кількість білка у пшениці; Г - вплив часу відтаювання зернової маси після заморожування до температури -15±5 °C на структурно-механічні властивості пшениці)

Прискорення відтаювання є не доцільним, так як це, по-перше, передбачає використання спеціального обладнання, яке має більше енергоспоживання. А по-друге, у пророщеному зерні пшениці з попередньою НТО, яке відтаювало за такими параметрами повітря $T = 16\text{ }^{\circ}\text{C}$, $v = 0,15\text{ м/с}$, $\tau_{\text{відтаювання}} = 40 \pm 2\text{ хв}$, встановлено, що вміст вітаміну Р складає 2,7 мг/100 г, вітаміну С – 0,53 мг/100 г, білку – 13,27 мг/100 г продукту.

За результатами дослідження було встановлено оптимальні режими НТО перед пророщуванням зерна для ви-

робництва пшеничних пластівців з підвищеною харчовою та біологічною цінністю. Оптимальні режими НТО для зернової маси такі: температура заморожування $-15 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, час заморожування 2 хв, час відтаювання $40 \pm 2\text{ хв}$, час відлежування після НТО - 2 доби.

Кінцевим етапом дослідженням було визначення харчової, біологічної цінності та структурно-механічних властивостей зернових пластівців, виготовлених за різними технологіями (рис. 7).

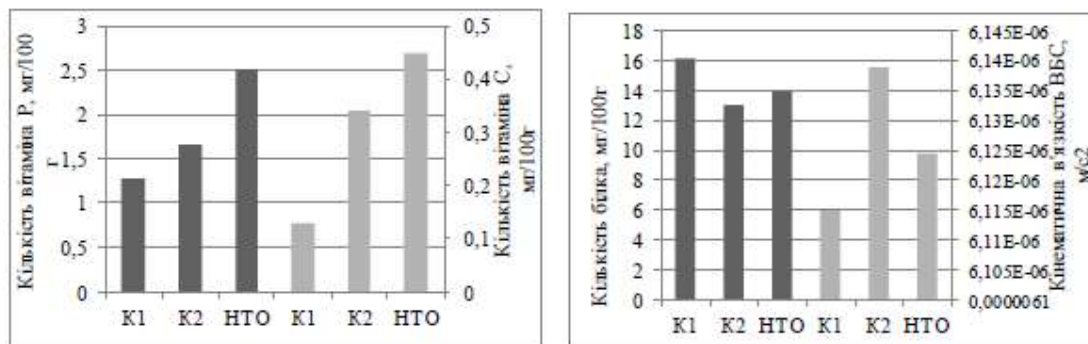


Рис. 7 – Вміст біологічно-активних речовин та кінематична в'язкість водно-борошняної суспензії з пластівців, виготовлених за різними технологіями (K1 - за традиційною технологією, K2-з пророщеного зерна пшениці, НТО- з пророщеного зерна пшениці з попередньою НТО за визначеними оптимальними режимами)

Технологія виготовлення зернових пластівців включає такі технологічні операції з високою температурою як пропарювання та сушіння. Після технологічної обробки пластівці втрачають певну кількість вітамінів Р та С, так як ці сполуки є термолабільними але, їх вміст у зернових пластівцях зерно яких піддане НТО та пророщуванню значно вищий ніж у контрольних зразках. Кінематична в'язкість клейстеризованої водно-борошняної суспензії пластівців з використанням НТО та пророщуванням зерна знижується і становить $2,32 \cdot 10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}$. Вміст білку в пластівцях, виготовлених з пророщеного зерна, підданого НТО майже досягає кількості білку в зернових пластівцях без пророщування.

Висновки та пропозиції. Отже, за результатами вимірювання визначено вплив НТО зерна пшениці перед пророщуванням на зміну біологічної цінності зернових пластівців. Для одержання пшеничних пластівців з підвищеною біологічною та харчовою цінністю визначено та обґрунтовано режими НТО на модельних системах зерна вагою 1 кг: відлежування після НТО 2 доби при температурі навколишнього середовища $17 \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$; температура заморожування зернової маси $-15 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$; час заморожування 2 хв; час відтаювання 40 хв. Виготовлені за таких умов зернові пластівці мають вміст вітаміну Р 2,5 мг/100 г, вітаміну С 0,45 мг/100 г та 14,7 мг/100 г білку.

Список літератури

1. Кудашев С.Н., Бабков А.В. Влияние низких температур на качество зерна при зберіганні/ «Наукові здобутки молоді – вирішення проблем харчування людства у XXI столітті», НУХТ, 11-12 квітня 2011 р.

2. Методи выделения и анализа флавоноидов высших растений и исследования их активности в отношении ризобактерий : [уч.-метод. пос. для студ. биолог. фак.] / Коннова С.А., Каневский М.В., Алиева З.О., Шувалова Е.П. – С.: Издат. Саратов. ун-та, 2015. – 31 с.

3. Пат. 201306125 Україна, А23L1/168. Спосіб виробництва зернових пластівців/ Фоміна І.М., Шаніна О.М., Івахненко О.О.; заявник та патентообладач Фоміна І.М., Шаніна О.М., Івахненко О.О.- № 85124; заявл. 17.05.2013; опубл. 11.11.2013.-1 с.

4. Фоміна І.М., Івахненко О.О. Вивчення харчової цінності пластівців із пророщеного зерна пшениці/ «Наукові праці», ОНАХТ, вип.44, т.1, 2013.-с.10-13.

5. Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 240 с.

6. Фоміна І.М, Івахненко О.О. Визначення поліфенольних сполук в зерні пшениці під час пророщення методом Фоліна-Чокальтеу/ «Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв», ХНТУСГ ім. П. Василенка, вип. 131, X.-2012.

7. Микронутриенты в питании здорового и больного человека: [справочное руководство по витаминам и минеральным веществам] / В.А. Тутельян, В.Б. Спиричев, Б.П. Суханов, В.А. Кудашева. – М.: Колос, 2002. – 423 с.

8. Фоміна І.М, Ізмайлова О.О., Щуцька Д.С. Визначення відносної деформації зерна пшениці під час пророщування // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій, - Одеса: 2014. – Вип. 46. – Том 1. С.16-19.

9. Фоміна І.М., Парфірова О.В. Використання капілярних віскозиметрів ВПЖ для вимірювання в'язкості клейстеризованої борошняної суспензії пшениці під час її пророщування // «Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв», ХНТУСГ ім. П.Василенка, 10-11 листопада 2011 р. – С. 173-178.

10. Фоміна І.М., Імайлова О.О. Визначення оптимальних режимів пророщування зерна пшениці для зернових пластівців підвищеної харчової цінності/ «Вісник Харківського національного університету сільського го-

сподарства ім. П. Василенка», ХНТУСГ ім. П. Василенка, вип.152, 2014.-с.261-266.

11. Казаков Е. Д., Карпиленко Г. П. Биохимия зерна и хлебопродуктов. -3-е изд., перераб. и доп. СПб. : ГИОРД, 2005. - 512 с.

12. Фоміна І.М., Імайлова О.О. Визначення температури заморожування зерна для підвищення харчової цінності зернових пластівців/ «Збірник матеріалів VII Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених та студентів з міжнародною участю», вип.155, 2014.-с.267.