

## THE INFLUENCE OF THE FLOUR OF PARTIALLY DEFATTED OIL SEEDS AND ARTICHOKE ON RYE BREAD STALING

N. Pashova, G. Voloshchuk, V. Fomenko, V. Mank

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Bread*  
*Freshness*  
*Staling*  
*Rye flour*  
*Artichoke flour*  
*Pumpkin seeds flour*  
*Sesame*  
*Walnut*

---

**Article history:**

Received 11.03.2019  
Received in revised form  
01.04.2019  
Accepted 22.04.2019

---

**Corresponding author:**

N. Pashova  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

Processes that take place in custard rye bread during storage and the influence of partially defatted pumpkin seeds, sesame, walnut flour and artichoke flour on preservation of freshness have been studied.

The addition of studied raw materials to the bread leads to a decrease of bread staling intensity during five days of storage, but reduces the elasticity of the pulp by 10...50%. Bread with artichoke flour had the highest coefficients of fragility and the lowest rates of swelling. The mixture of artichoke flour and partially defatted oil seeds did not have a significant effect on staling process.

The X-ray diffraction analysis has established that in the process of storage for five days in custard rye bread, processes of ripening of the structure of the pulp occur, which are manifested in the further destruction of flour crystalline biopolymers and the creation of new structured biopolymers. With the help of thermogravimetric analysis it was discovered that in the custard rye bread the free water is removed after 24 hours of backing, and the amount of tightly bound water remains almost unchanged. During five days of storage the energy of activation of water in the pulp of bread increases.

Adding partially defatted oil seeds and artichoke flour leads to a deeper destruction of flour biopolymers in the process of making bread, but during storage, the components of artichoke flour and partially defatted oil seeds contribute to the retrogradation of flour biopolymers. At the same time, the process of weight loss of custard rye bread is reduced by 1.5...2.5%, since the addition of partially defatted oil seeds and artichoke flour increases the amount of tightly bound water which is gradually passes to the less connected during the process of storage. Adding partially defatted oil seeds and especially artichoke flour reduces the activation energy of water in rye bread.

The conducted studies confirm the expediency of using brew in the production of rye bread with the addition of artichoke flour powder and partially defatted pumpkin seeds, sesame and walnut.

---

**DOI:** 10.24263/2225-2924-2019-25-2-22

## ВПЛИВ БОРОШНА ЗНЕЖИРЕНОГО НАСІННЯ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР І ТОПІНАМБУРА НА ЧЕРСТВІННЯ ЖИТНЬОГО ХЛІБА

Н.В. Пашова, Г.І. Волощук, В.В. Фоменко, В.В. Манк

Національний університет харчових технологій

*У статті досліджено процеси, перебіг яких відбувається під час зберігання хліба заварного із житнього борошна, та вплив борошна частково знежиреного (БЧЗ) з насіння: гарбуза, кунжуту, горіха волоського та порошку топінамбура (ПТ) на збереження свіжості готового виробу.*

*Додавання в хліб досліджуваної сировини призводило до зниження інтенсивності усування хліба протягом п'яти діб зберігання, але знижувало показники пружності м'якушки на 10...50%. Хліб з ПТ мав найвищі показники кришкуватості та найнижчі показники набухання. Суміш ПТ та БЧЗ олійних культур не так суттєво впливала на перебіг процесів черствіння.*

*Рентгенофазовим аналізом встановлено, що в процесі зберігання протягом п'яти діб у житньому заварному хлібі тривають процеси визрівання структури м'якушки, які виражають у подальшому руйнуванні кристалічних біополімерів житнього борошна та створенні нових структурованих біополімерів. Аналізом дериватограм виявлено, що у хлібі заварному із житнього борошна через 24 години після випікання видаляється вільна вода, а кількість міцнозв'язаної води залишається майже незмінною. Енергія активації води в м'якушці хліба зростала протягом п'яти діб зберігання.*

*Додавання БЧЗ насіння олійних культур та ПТ призводять до глибшого руйнування біополімерів борошна в процесі виготовлення хліба, але під час зберігання компоненти ПТ та БЧЗ сприяють ретроградації біополімерів борошна. При цьому уповільнюються процеси усування хліба заварного із борошна житнього обдирного на 1,5...2,5%, оскільки додавання БЧЗ насіння олійних культур та ПТ збільшує кількість міцно зв'язаної води, яка в процесі зберігання поступово переходить до менш зв'язаної. Внесення БЧЗ насіння олійних культур і ПТ знижують енергію активації води в хлібі із житнього борошна.*

*Проведені дослідження підтверджують доцільність використання заварки при виробництві хліба із житнього борошна з додаванням ПТ та БЧЗ насіння гарбуза, кунжуту і горіха волоського.*

**Ключові слова:** хліб, свіжість, черствіння, житнє борошно, порошок топінамбура, борошно насіння гарбуза, кунжут, горіх волоський.

**Постановка проблеми.** Свіжість є однією з визначальних характеристик якості хліба, основним показником його конкурентоспроможності. При розробці раціональної технології хліба із житнього борошна підвищеної харчової цінності запропоновано використовувати побічні продукти олійного виробництва — борошно частково знежирене (БЧЗ) насіння гарбуза, кунжуту та горіха волоського, виготовлене з їх макухи чи шроту. Для поліпшення

функціональних властивостей та запобігання пліснявінню хліба рекомендовано використовувати БЧЗ олійних культур у суміші з порошком топінамбура (ПТ) [1; 2]. Розроблений хліб з суміші БЧЗ олійного насіння та ПТ мав покращену структуру пористості, але швидше черствів. Вивчення сутності впливу нової сировини на зміни у процесі зберігання необхідне подальших для надання рекомендацій щодо поліпшення споживчих властивостей розроблених виробів.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Боршно із макухи чи шроту насіння гарбуза, кунжуту та горіха волоського є полікомпонентною сумішшю поживних речовин для щоденного споживання. Хімічний склад та основні технологічні показники якості зразків борошна житнього обдирного, БЧЗ олійного насіння та ПТ наведено в табл. 1 [3; 4]. Залежно від сорту олійного насіння, умов його вирощування та способу знежирення, подрібнення та просіювання борошна, БЧЗ може мати: вміст жиру від 2,0 до 15,0%, білкових речовин до 60%, харчових волокон до 20% та більше 4% зольних речовин, цукрів і крохмалю. Вибрані БЧЗ діаметрально впливають на органолептичні та фізико-хімічні показники якості житнього хліба, оскільки мають різний хімічний склад білків, харчових волокон, органічних кислот. З метою збільшення дозування есенціальних речовин БЧЗ олійного насіння підібрано суміш з БЧЗ насіння кунжуту, БЧЗ гарбуза, БЧЗ горіха волоського і ПТ [1].

*Таблиця 1. Хімічний склад борошна житнього обдирного, БЧЗ насіння гарбуза, кунжуту, горіха волоського та ПТ*

Складові (%), показники якості	Боршно житне обдирне	Боршно частково знежирене			Порошок топінамбура
		горіха волоського	насіння гарбуза	насіння кунжуту	
Вода	14,0	9,0	8,0	7,0	8,0
Жири / % до СР	1,2	10,5/11,5	11,0/12,0	9,8/10,5	3,0
Білки	7,0	32/30,0	50,0	45,0	6,0
Вуглеводи загальні	72,0	50,0	20,0	20,0	75,0
Крохмаль	65,0	2...10	5...10	10...15	2,0
Цукри	5,8	2...10	5...10	2...4	25,0
Харчові волокна	8,0	15,0	10,0	9,0	46,0
Зола	1,2	6,0	7,0	7,5	6,0
Титрована кислотність, град.	2,0...3,0	6,0...10,0	3,0...5,0	4,0...5,0	18,0...22,0
Загальна титрована кислотність спиртової витажки, град.	0,2	5,0...9,5	1,5	2,0	15,0
Крупність помелу, %, не більше:					
1. Залишок на ситі з дротяної сітки № 45 шовкової тканини № 25	2,0 —	— 1,5	— 1,8	— 2,0	— 2,0
2. Прохід крізь сито з шовкової тканини № 38, шовкової тканини № 35	60,0 —	— 48,0	— 46,0	— 45,0	— 50,0

ПТ широко вивчений як недорога вітчизняна інуліновмісна сировина для хлібних виробів із пшеничного борошна та різних груп кондитерських

виробів [5]. Продукти переробки топінамбура уповільнюють черствіння пшеничного хліба. Проведений літературний огляд не виявив матеріалів про вплив БЧЗ із макухи чи шроту насіння гарбуза, кунжуту та горіха волоського та ПТ на процеси зберігання хлібних виробів із житнього борошна.

Встановлено [6], що за рахунок підвищеного вмісту харчових волокон, білків, мінеральних речовин, кислотореагуючих речовин та жиру БЧЗ насіння олійних культур і ПТ впливають на перебіг колоїдних процесів під час утворення тіста із житнього обдирного борошна за показниками фаринографа. Досліджувана сировина несуттєво збільшує водопоглинальну здатність і час утворення модельних зразків тіста, підвищує еластичність та зменшує ступінь розрідження тіста.

За результатами аналізу амілограм житнього борошна з додатковою сировиною встановлено, що ПТ та БЧЗ олійного насіння знижують на 1...3°C температуру початкової клейстеризації крохмалю. Амілограми житнього борошна з БЧЗ мають нехарактерний для борошна пік зміни в'язкості борошняного клейстеру. Ділянка максимальної в'язкості суспензії подовжена до 5 хв, яка не підвищується вище за пік в'язкості для некрохмальних полісахаридів, що містяться у житньому борошні. Додавання БЧЗ олійного насіння істотно знижує максимальну в'язкість водно-борошняної суспензії житнього борошна: з 520 од. амілографа до 320...360. ПТ у кількості 3% знижує максимальну в'язкість суспензії лише на 20 од. амілографа.

Внесення суміші БЧЗ та ПТ призвело до мінімальних значень в'язкості клейстеру (320 од. приладу) та нижчої температури початкової клейстеризації — 51°C. При дозуванні її у кількості до 10% основними компонентами хліба залишаються складові житнього борошна.

Сучасними науковими дослідженнями для хліба із пшеничного та житнього борошна встановлено, що черствіння хліба спричиняють процеси кристалізації та модифікації полімерів крохмалю і білкових речовин, які призводять до зміни гідрофільних та фізико-хімічних властивостей м'якушки, її кришкуватості та не є результатом висихання [7; 8]. Кількість води в тісті для приготування хліба є недостатньою для повного гідролізу біополімерів борошна. Тому крохмаль, який має найнижчу здатність до гідролізу, в процесі приготування тіста та під час випікання лише частково втрачає кристалічну структуру комірок біополімерів амілопектину й амілози, яка починає відновлюватися зразу ж після випікання у процесі охолодження хліба. Міграція води під час охолодження та зберігання хліба підсилює процеси ретроградації крохмальних біополімерів, перебіг яких відбувається в 4...6 разів швидше, ніж процеси зміни структури білків при однакових температурних умовах. Найшвидше складання макромолекул у комірочки біополімерів в хлібі відбувається при температурі 2...4°C і сповільнюється при зниженні температури зберігання до — 8°C, чи збільшенні до + 50°C.

Значний вплив на сповільнення черствіння хліба чинять пентозани (арабіноксилани). Вони мають високополімерну структуру, містять велику кількість гідроксильних груп. Характерною особливістю пентозанів є їх властивість швидко утворювати в'язкі водні розчини, які при дії окисників перетво-

рюються у міцні драгли. Водорозчинні пентозани впливають на процеси ретроградації тільки амілопектину, а нерозчинні — затримують процес ретроградації і амілози також [8].

Житнє борошно, на відміну від пшеничного, містить втричі більше некрохмальних полісахаридів (8...12,0%), представлених водорозчинними пентозанами (слизами) та поліфруктозидами (левулезанами), а також водорозчинними полісахаридами, при гідролізі яких утворюється фруктоза. Слизі жита дуже гідрофільні, їх об'єм при гідратації збільшується до 10 разів, вони поглинають воду у співвідношенні 1:15. Наявність розгалуженої арабіноксиланової фракції сприяє утворенню комплексів пентозанів з білковими речовинами та крохмалем. Такий вплив забезпечує відсутність клейковинного каркасу в житньому тісті, його високу в'язкість, зниження температури клейстеризації крохмалю та сповільнення процесу черствіння.

Дослідженнями [9] було підтверджено, що менш глибока клейстеризація крохмалю в процесі випікання є причиною пришвидшення ретроградації крохмальних зерен у хлібі. Хоча додавання гідрофільних речовин призводить до зменшення вмісту вільної води макро- та мікрокапілярів і до збільшення кількості міцновз'язаної води після випікання.

Водоутримувальна здатність целюлози, геміцелюлози, пектинових речовин сприяє зниженню усихання хлібних виробів [7; 8].

У процесі розробок технології хліба із додаванням житнього борошна подовженого терміну зберігання було встановлено [10], що на збереження свіжості хліба визначальний вплив має кількість декстринів, які утворюються з крохмальних полісахаридів у процесі амілолізу на початку випікання тістових заготовок. Тому ефективним способом подовження свіжості хліба є використання оцукрених заварок, продуктів неповного розкладу крохмалю: патоки, солодових екстрактів тощо.

**Метою дослідження** є вивчення впливу БЧЗ олійного насіння та ПТ на процеси ретроградації біополімерів борошна та перерозподіл води в м'якушці хліба під час його зберігання.

**Матеріали і методи.** При проведенні виробничих і лабораторних досліджень для виготовлення дослідних зразків хліба використовували борошно житнє обдирне з показником числа падіння 220 с. Для підтвердження закономірностей впливу повторне дослідження проводили з борошном, що мало число падіння 165 с. Основну та додаткову сировину: солод житній ферментований; сіль кухонну харчову; воду питну; порошок топінамбуру торговельної марки «Дар» із загальним вмістом фруктанів 44%, середньою молекулярною масою 15 одиниць лінійності ланцюга; БЧЗ волоських горіхів, гарбузового насіння та кунжуту виробництва ПП компанії «Річойл» використовували з вмістом жиру 9,0...12,0% до маси сухих речовин (СР). Для підтвердження закономірностей впливу повторне дослідження проводили з БЧЗ волоських горіхів, гарбузового насіння та кунжуту виробництва «Науково-виробнича фірма «Елітфіто», що мало вміст жиру 10,0...15,0% до маси СР.

Тісто готували трифазним способом на заварці: рідка закваска—оцукрена заварка—тісто. Готову рідку житню закваску (складу: *Lactobacillus plantarum*

30, *L.casei* 26, *L.fermenti* 34, *L.brevis* та *Saccharomyces minor* «чорноріченська», *S.cerevisiae* Л1), дозували за вмістом борошна — 15% від його загальної кількості, вологістю  $71,0 \pm 1,0\%$ , кислотністю  $10,0 \pm 1,0$  град. Заварку, приготовлену із 5,0% житнього борошна та 5,0% солоду житнього ферментованого від загальної кількості борошна, вологістю  $64,0 \pm 1,0\%$  оцукрювали протягом трьох годин. ПТ і БЧЗ вносили в тісто, його замішували на двошвидкісній машині з однаковою вологістю — 51%, однакової консистенції. Процес бродіння тіста відбувався при температурі  $29 \pm 1^\circ\text{C}$  протягом  $60 \pm 10$  хв до кінцевої кислотності  $7,0 \pm 0,5$  град. Готове тісто ділили вручну на шматки масою 550 г. Тістові заготовки вкладали у змащені форми і направляли на вистоювання при температурі  $35 \pm 5^\circ\text{C}$  та відносній вологості повітря  $75 \pm 10\%$  на  $60 \pm 10$  хв. Перед посадкою в піч тістові заготовки хліба збризкували водою. Випікали хліб у зволоженої пекарській камері печі при однакових температурних режимах протягом  $45 \pm 3$  хв. Охолоджували хліб в умовах цеху при температурі  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  та відносній вологості повітря  $70 \pm 5\%$ .

Відбирали зразки для контролю якості хліба, визначення стану структури та форм зв'язку води в хлібі через 6, 24 та 120 год після випікання. Зразки хліба зберігали упакованими в пергамент при температурі  $13 \dots 14^\circ\text{C}$ .

Якість готових виробів та показники свіжості: деформацію, кришкуватість і гідрофільність м'якушки визначали за загальноприйнятими методиками [11].

Дослідження впливу БЧЗ насіння та ПТ на зміни в кристалічній структурі м'якушки хліба проводили за допомогою рентгенофазового аналізу на приладі ДРОН УМ — 1 в інтервалах кутів  $\theta$  від 0 до  $60^\circ$ .

Стан води в зразках визначали за допомогою дериватографа Q-1000 в діапазоні температур з 25 до  $200^\circ\text{C}$  при швидкості нагрівання  $5^\circ\text{C}/\text{хв}$ . На основі отриманих даних розраховували енергію активації води в м'якушці хліба.

**Результати і обговорення.** Досліджувані хлібні вироби протягом п'яти діб (120 годин) мали добре виражений смак і запах. Як наведено в табл. 2, додавання ПТ та суміші ПТ з БЧЗ олійного насіння в оптимальних кількостях для житнього хліба призводило до зниження інтенсивності усихання хліба протягом зберігання. Хліб з досліджуваною сировиною мав вологість м'якушки на  $1,5 \dots 2,5\%$  вищу, ніж у контрольному зразку. Додавання ПТ і БЧЗ призвело до зростання кислотності хліба. У виробих з ПТ пористість і питомий об'єм хліба зростали на 7% та 3% відповідно, але ці показники знижувалися при додаванні БЧЗ. При цьому стан м'якушки не погіршувався, вона мала дрібніші пори. За рахунок вмісту цукрів у ПТ та БЧЗ масова частка цукру в хлібі зростала приблизно на 1%.

Додавання в хліб досліджуваної сировини сприяло протягом зберігання зниженню показників пружності м'якушки на  $10 \dots 50\%$ . Після 120 годин зберігання зразки хліба з ПТ мали найвищі показники кришкуватості та найнижчі показники набухання. Суміш ПТ та БЧЗ не так суттєво впливала на процеси черствіння. Здатність м'якушки до набухання для контрольного зразка знизилася на 12,3%, для хліба з ПТ на 22,8%, а для хліба з сумішшю ПТ та БЧЗ олійного насіння на 18%.

*Таблиця 2. Вплив ПТ та БЧЗ олійного насіння на якість хліба протягом зберігання*

Показники якості	Контроль		ПТ, 3%		Суміш БЧЗ і ПТ, 10%	
	24 год	120 год	24 год	120 год	24 год	120 год
Вологість, %	49,5	47,0	49,5	48,5	50,0	49,5
Кислотність, град.	6,2		7,0		7,2	
Пористість, %	52		56		50	
Питомий об'єм, см <sup>3</sup> /г	1,54		1,58		1,52	
Масова частка цукру, % до СР	6,0		6,9		7,1	
Пружність м'якушки, один. пенетрометра	9,0	2,8	7,0	2,5	6,0	1,3
Набухання, %	90	79	88	68	90	74
Кришкуватість, %	—	2,4	1,0	4,5	1,0	3,0

Для вивчення особливостей впливу досліджуваної сировини на процеси змін структурних показників якості м'якушки під час зберігання хліба вивчали рентгенограми виробів і порівнювали їх з рентгенограмою борошна житнього обдирного (рис. 1).

Дифракційна крива житнього борошна мала п'ять явно виражених максимумів, що відповідають кутам  $2\theta$ : 15,08 град, 17,28 град, 17,96 град, 20,24 град, та 23,16 град, які визначають кристалічні структури крохмалю борошна.

Дифрактограми випеченого хліба демонструють руйнування кристалічної структури борошна до аморфної та створення нових речовин, які змінюють характер дифрактограми. Поширення ліній дифрактограми крохмалю свідчить про руйнування вихідної кристалічної його структури з утворенням суміші продуктів руйнування різного розміру. Це може пояснюватися формуванням нової аморфної структури із залишками структури борошна.

З аналізу дифрактограм (рис. 1, табл. 3) контрольного зразка хліба після 24 і 120 годин зберігання видно, що відбувається подальше руйнування кристалічної структури крохмалю м'якушки протягом п'яти діб зберігання.

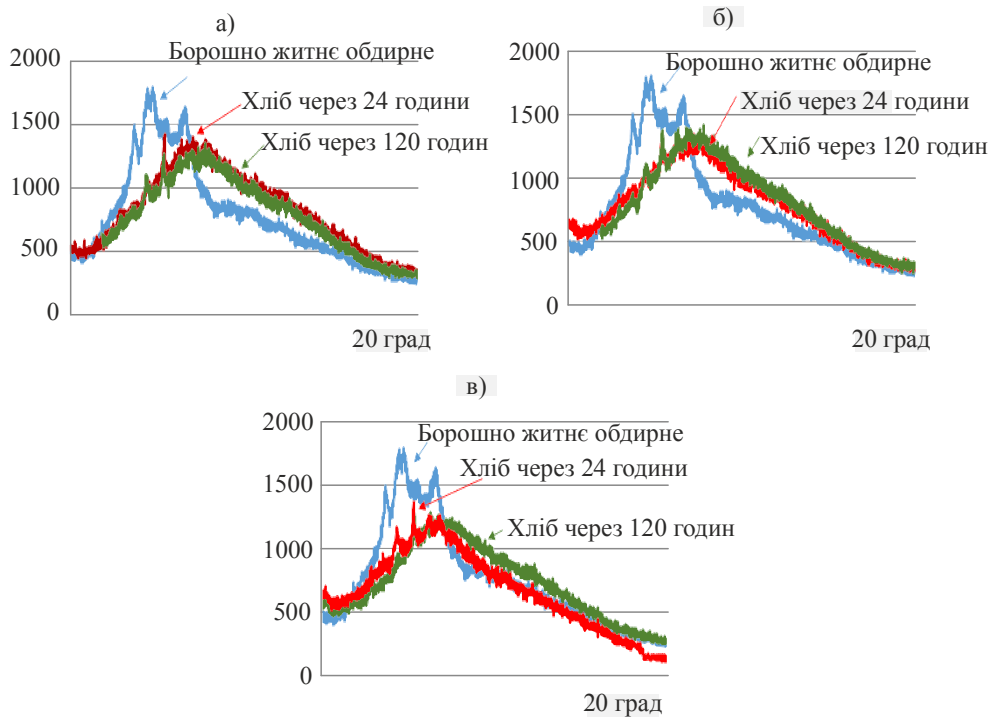
Додавання ПТ впливає на перебіг процесів зміни кристалічної структури хліба в діапазоні дифрактограми до 22 град, який містить найбільш характерні рентгеновські рефлекси житнього борошна та зміщення рентгеновських рефлексів в область більших кутів.

Внесення суміші БЧЗ і ПТ призводить до зниження дифракційних максимумів м'якушки хліба у процесі зберігання до стану дифрактограми, яка відповідає сухим біополімерам житнього борошна.

Для контрольного зразка хліба житнього заварного спостерігається зниження інтенсивності дифракційних ліній, що відображають п'ять піків найбільш сформовані кристалічні структури борошна (табл. 3). Отже, в процесі зберігання житнього заварного хліба відбуваються біохімічні та колоїдні процеси визрівання структури м'якушки, що виражаються в руйнуванні кристалічних біополімерів борошна.

Інтенсивність дифракційних максимумів для хліба із ПТ і сумішню БЧЗ та ПТ на 6 та 24 годину зберігання нижчі, ніж у контрольного зразка, що вказує на більш істотне руйнування кристалічних структур борошна. Але через їх збільшення в процесі зберігання, на 120 годину, їх висота є більшою, ніж у

контрольного зразка. Це може свідчити про перебіг процесів ретроградації біополімерів борошна (очевидно, крохмалю та його складових) в хлібі з БЧЗ насіння олійних культур під час зберігання.



**Рис. 1.** Зміни дифрактограм м'якушки хліба в процесі зберігання:  
а) контроль; б) 3% ПТ; в) 10% суміші ПТ та БЧЗ олійного насіння

**Таблиця 3.** Вплив ПТ та БЧЗ олійного насіння в оптимальних кількостях і в суміші на інтенсивність рефлексів дифрактограм

Продукт, термін зберігання	Амплітуди піків дифрактограм				
	15,08 град	17,20 град	17,96 град	20,24 град	23,16 град
1	2	3	4	5	6
Борошно житнє обдирне	1494	1786	1795	1550	1645
Хліб (контроль)					
6 годин	842	1073	1071	1226	1373
24 годин	819	1036	995	1095	1266
120 годин	811	1034	923	1069	1189
Хліб з ПТ 3 %					
6 годин	821	955	976	1122	1175
24 годин	835	1053	998	1120	1221
120 годин	876	1110	974	1169	1277
Хліб з ПТ та БЧЗ, 10 %					
6 годин	745	962	940	1081	1204



1	2	3	4	5	6
24 годин	805	1012	956	1096	1215
120 годин	883	1041	973	1120	1123
Хліб з БЧЗ кунжуту, 4%					
6 годин	829	1013	1044	1070	1231
24 годин	807	1045	993	1076	1197
120 годин	796	1071	980	1078	1184
Хліб з БЧЗ насіння гарбуза, 3%					
6 годин	816	1098	1010	1078	1185
24 годин	898	974	1007	1134	1190
120 годин	982	1097	1075	1158	1253
Хліб з БЧЗ горіха волоського, 1%					
6 годин	852	985	994	1139	1239
24 годин	859	1065	1007	1240	1284
120 годин	944	1211	1058	1179	1146

Отже, найбільше ототожнюється з кривою рентгенограми борошна на п'яту добу зберігання — крива рентгенограми хліба із сумішшю БЧЗ та ПТ. Лінію житнього борошна повторюють лінії хліба із ПТ. При цьому лінія контрольного зразка заварного хліба на 120 годину зберігання демонструє найбільш виражену аморфно-зруйновану структуру. Це свідчить, що додавання БЧЗ та ПТ призводить до прискорення ретроградації біополімерів борошна у процесі зберігання.

Аналіз впливу ПТ та БЧЗ олійного насіння в оптимальних кількостях та в суміші, на зміни висоти піків дифрактограм хліба, що відповідають найбільше вираженим кристалічним полімерним блокам борошна, показує зростання інтенсивності дифракційних рефлексів дифрактограм хліба під час зберігання. Така динаміка збільшення інтенсивності рефлексів вказує на процеси ретроградації крохмалю та інших біополімерів борошна в хлібі з ПТ та БЧЗ.

Вивчення впливу ПТ та БЧЗ на процеси усихання робили шляхом дослідження форм зв'язку води в хлібі. Дериватограми ДТА мали асиметричний ендотермічний пік, на якому дотичними виділяли чотири температурні зони за певними термoeфектами (табл. 4). Відзначали [12], що на першому інтервалі низьких температур до 42...70°C видаляється вільна вода з крупних пор і капілярів; у другому інтервалі температур до 110°C видаляється вода з мікрокапілярів; на ділянках до 128...139°C та при прогріванні зразка до 175° видаляється міцно зв'язана вода, що утримується різними адсорбційними центрами колоїдної системи м'якушки. Ними можуть бути гідроксильні групи білків, амінокислот і полісахаридів. Відмінність у міцності зв'язку води з такими центрами проявляється в асиметричності ендотермічного піку ДТА. Тому умовно поділяли видалену воду в третьому температурному діапазоні на осмотично зв'язану, а в четвертому — на адсорбційно зв'язану воду.

Наявність ПТ в рецептурі хліба знижувало температури другого і третього інтервалів на 3...5°C. Додавання БЧЗ та суміші ПТ з БЧЗ в хліб, навпаки, призводило до зростання температур третього температурного інтервалу на 2...11°C, що свідчить про більшу кількість міцно зв'язаної води.

Додавання ПТ та БЧЗ олійного насіння, навіть у найменших кількостях (1% БЧЗ горіха волоського), призводить до зниження кількості вільної води, що видалається у першому інтервалі, та збільшення міцно зв'язаної води, яка видалається в третьому температурному інтервалі. В процесі зберігання хліба з ПТ та БЧЗ відбувається поступовий перехід води з міцно зв'язаної до води з нижчою енергією зв'язку, що видалається у другому температурному інтервалі. При цьому кількість вільної води, що видалається у першому (низько-температурному) інтервалі, залишається незначною, меншою ніж у контрольному зразку.

**Таблиця 4. Вплив ПТ та БЧЗ олійного насіння в оптимальних кількостях і в суміші на зміни кількості води різних форм зв'язку у хлібі заварному із житнього борошна**

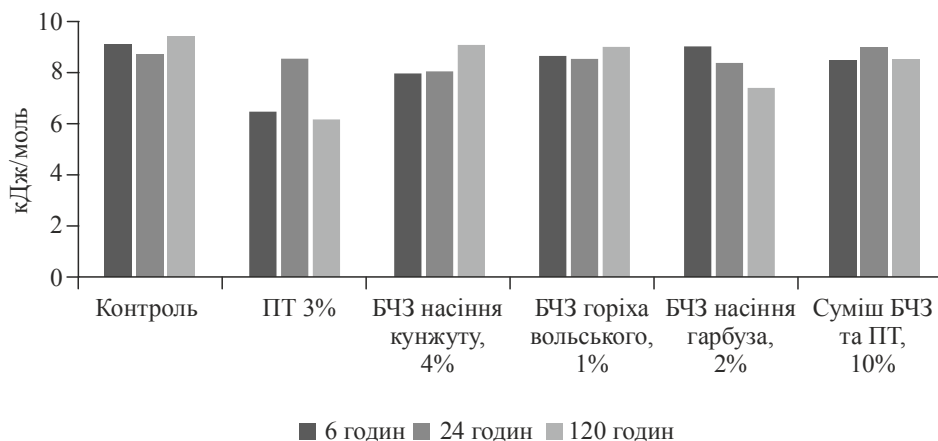
Зразки хліба	6 годин		24 годин		120 годин	
	температ. інтервал, °С	втрати маси, %	температ. інтервал, °С	втрати маси, %	температ. інтервал, °С	втрати маси, %
Контроль	25—70	5,13	25—68	4,00	25—58	1,60
	70—108	33,27	68—107	33,20	58—107	30,60
	108—128	6,80	107—125	8,00	107—131	7,80
	128—175	2,60	125—175	2,40	131—175	2,00
	Разом 47,80		Разом 47,60		Разом 42,00	
ПТ 3%	25—47	1,00	25—56	1,20	25—52	0,40
	47—107	31,80	56—104	36,40	52—106	32,80
	107—137	12,40	104—120	9,20	106—128	8,00
	137—175	1,60	120—175	1,20	128—175	1,60
	Разом 46,80		Разом 48,00		Разом 42,80	
Суміш ПТ та БЧЗ, 10 %	25—57	0,40	25—57	0,40	25—60	1,20
	57—110	37,20	57—107	37,20	60—115	38,60
	110—135	10,40	107—127	10,80	115—142	8,00
	135—175	2,40	127—175	2,80	142—175	1,80
	Разом 50,40		Разом 51,20		Разом 49,60	
БЧЗ кунжуту, 4%	25—70	1,40	25—70	2,80	25—76	3,60
	70—106	36,80	70—108	36,00	76—115	34,80
	106—130	9,50	108—131	8,80	115—150	10,40
	130—175	2,80	131—175	2,80	150—175	1,60
	Разом 50,50		Разом 50,40		Разом 50,40	
БЧЗ насіння гарбуза, 3%	25—65	0,00	25—42	0,40	25—43	0,80
	65—107	38,00	42—108	42,40	43—110	42,40
	107—132	9,20	108—130	4,40	110—137	4,00
	132—175	2,40	130—175	2,40	137—175	2,00
	Разом 49,60		Разом 49,60		Разом 49,20	
БЧЗ горіха волоського, 1%	25—57	0,00	25—60	0,80	25—46	0,40
	57—107	34,80	60—109	36,00	46—109	34,40
	107—139	11,20	109—133	9,20	109—136	9,20
	139—175	2,40	133—175	2,40	136—175	2,00
	Разом 48,40		Разом 48,40		Разом 46,00	

Отримані дані про загальну кількість видаленої води підтверджують про сприяння ПТ та БЧЗ зниженню процесів усихання. За п'ять діб контрольний

зразок втрачає більше 7% води; хліб, що містить ПТ втрачає 4,0%; а хліб з сумішшю БЧЗ та ПТ — лише до 1% води. При цьому в хлібі, що мав у своєму складі ПТ, на 24 годину зберігання кількість води зростала на 0,8...1,2%. Очевидно, такі зміни пояснюються підвищеним вмістом гідрофільних фруктанів і фруктози.

Для більш наглядного впливу ПТ та БЧЗ олійного насіння на стан води в житньому хлібі під час зберігання розраховували енергію активації руху води, що відображає енергетичні бар'єри між місцями дислокації молекул води у внутрішній структурі м'якушки. Як свідчать дані рис. 2, додавання БЧЗ кунжуту, горіха волоського несуттєво впливає на характер зміни енергії активації води хліба під час зберігання. Після доби енергія активації води в контрольному зразку знижується на 0,2...0,5 кДж/моль, а на 5 добу зростає на 0,5..1,0 кДж/моль (5...7%). В цілому енергія активація в контролі та в зразку із сумішшю БЧЗ знаходиться в межах 8,2...9.2 кДж/моль.

Хліб, до складу якого входить ПТ, має нижчу енергію активації води, ніж контроль, та іншу динаміку її зміни протягом зберігання. Через 24 години після випікання енергія активації води хліба з ПТ зростає на 0,5..2,0 кДж/моль, але під час зберігання хліба енергія активації води знижується і стає майже рівною свіжовипеченому хлібу з ПТ — 6,2...6,5 кДж, це на 34% нижче ніж в контрольному зразку.



**Рис. 2. Вплив ПТ та БЧЗ олійного насіння на енергію активації води в хлібі під час його зберігання**

Внесення ПТ у суміші з БЧЗ олійного насіння змінює динаміку енергії активації води під час зберігання хліба: протягом доби після випікання енергія активації води зростає, а на п'яту добу знижується, але при вищих показниках, наближених до контрольного зразка.

### **Висновки**

Проведеними дослідженнями встановлено, що при зберіганні протягом п'яти діб у житньому заварному хлібі відбуваються процеси визрівання структури м'якушки, що виражається у руйнуванні кристалічних біополімерів

борошна. При цьому видаляється вільна вода, а кількість міцно зв'язаної води залишається майже незмінною; енергія активації води в м'якушці хліба зростає на 5...7%.

Додавання БЧЗ насіння олійних культур та ПТ призводить до глибшого руйнування біополімерів борошна в процесі виготовлення хліба, але під час зберігання компоненти ПТ та БЧЗ сприяють ретроградації біополімерів у кристалічні ґратки борошна. Такий вплив знижує показники пружності м'якушки на 10...50%, здатність поглинати м'якушкою воду на 6...9%, збільшує її кришкуватість на 7...15%, якщо порівняти зі змінами м'якушки контрольного зразка.

БЧЗ олійного насіння призводить до збільшення кількості міцно зв'язаної води та відсутності вільної води у житньому хлібі, що сприяє зниженню інтенсивності процесів усихання хліба заварного із борошна житнього обдирного на 1,5...2,5%. В процесі зберігання відбувається зміна стану води з високою міцністю зв'язку до менш зв'язаної води. Тому хліб з БЧЗ насіння гарбуза, кунжуту і горіха волоського протягом зберігання майже не втрачає воду, але її енергія активації знижується, що, на нашу думку, і прискорює процеси черствіння, але сприяє зниженню процесів усихання хліба заварного із борошна житнього обдирного.

Доцільність використання заварки при виробництві хліба із житнього борошна з додаванням ПТ та БЧЗ насіння гарбуза, кунжуту і горіха волоського підтверджена проведеними дослідженнями.

### **Література**

1. Патент 120604, A21D 2/36(2006.1) A21D8/02(2006.1) Корисна модель на хліб житній заварний збагачений / Пашова Н.В., Волощук Г.І. ; заявник Національний університет харчових технологій. № u 201705064; заявл. 25.05.2017; опубл.10.11.2017, Бюл. № 21/2017.
2. Макаренко Є.В. Мікрофлора житнього тіста з топінамбуром та шротами [Текст] / Є.В. Макаренко, Н.В. Пашова, Н.М. Грегірчак, Г.І. Волощук. Сучасні досягнення фармацевтичної технології і біотехнології : збірник наукових праць, випуск 3. Х.: Вид-во НФаУ, 2017. С. 177—180.
3. Борошно стародавніх пшениць, продукти переробки круп'яних культур та шроти у технології хліба : моногр. / В.І. Дробот, Л.А. Михонік, А.Б. Семенова, Н.О. Фалендиш. К.: ПрофКнига, 2018. — 188 с.
4. Raw Material Compendium (1996): A compilation of world wided at asources. Novus Europe S.A. Brussels, pp. 541.
5. Капрельянц Л.В., Іоргачова К.Г. Функціональні продукти. Технологія продуктів функціонального питания: Монографія. Одеса: Друк, 2003. 312 с.
6. Чорний В. Вплив шротів насіння і горіхів на перебіг процесів приготування тіста для житнього хліба / В. Чорний, Г. Волощук., Н. Пашова. Збірник тез доповідей Х Всеукраїнської студентської науково-практичної конференції [«Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання»], (Тернопіль, 25—26 квітня 2017 р.) / Тернопільський національний університет ім. Пулюя. Тернопіль: ТНТУ, 2017. № 2. С. 225—226.
7. Килкаст Д. Стабільність і срок годности. Хлебобулочные и кондитерские изделия. СПб: Профессия, 2012. 444 с.
8. Горячева А.Ф., Кузьминский Р.В. Сохранение свежести хлеба. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 240 с.

9. Паливода С.Д. Удосконалення технології макаронних та хлібних виробів використанням харчових добавок структуроутворювальної дії : автореф. дис... на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.18.01 «Зберігання і технологія переробки зерна, виготовлення зернових і хлібопекарських виробів та комбікормів» / Паливода Світлана Дмитрівна. К., 2010. 21 с.

10. Сильчук Т.А. Удосконалення технології хлібобулочних виробів подовженого терміну зберігання: автореф. дис. ... на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.18.01 «Технологія хлібопекарських продуктів та харчових концентратів» / Сильчук Тетяна Анатоліївна. К., 2004. 21 с.

11. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського і макаронного виробництва / В. І. Дробот, Л. Ю. Арсеньєва, О. А. Білик та ін. К.: Центр навч. літератури, 2006. 341 с.

12. Влияние пищевых добавок на формы сывяи воды в макаронном тесте [Текст] / Е.В. Ширкунова, Г.И. Волощук, В.Г. Юрчак, В.В.Манк. Коллоидная химия и физико-химическая механика природных дисперсных систем: сборник трудов междунар. научн. конференции. Одесса: НПО «ВОТУМ», 1997. С. 30—35.