

НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

УДК 664.66.022.39:615.32

DOI: 10.31617/2.2022(41)09

Валерій СУКМАНОВ

д. т. н., професор,
професор кафедри технології харчування
Сумського національного
аграрного університету
вул. Г. Кондратьєва, 160, м. Суми, 40021,
Україна
sukmanovvaleri@gmail.com

Valerii SUKMANOV

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Professor of the Department
of Food Technology
Sumy National Agrarian University
160, G. Kondratieva St., Sumy, 40021,
Ukraine
ORCID: 0000-0003-1248-4068

Андрій СУПРУН

аспірант кафедри технології харчування
Сумського національного
аграрного університету
вул. Г. Кондратьєва, 160, м. Суми, 40021,
Україна
ysuprun9111@gmail.com

Andrii SUPRUN

Postgraduate Student
of the Department of Food Technology
Sumy National Agrarian University,
160, G. Kondratieva St., Sumy, 40021,
Ukraine
ORCID: 0000-0002-0604-3082

ЯКІСТЬ ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА, ЗБАГАЧЕНОГО БІОЛОГІЧНО АКТИВНИМИ РЕЧОВИНАМИ ЦИБУЛІ

Вступ. Існує потреба в розробці технологій та рецептур харчових продуктів, збагачених речовинами, що позитивно впливають на стан здоров'я людини. У лушпинні цибулі містяться біологічно активні речовини поліфенольної природи. Для їх вилучення доцільно використовувати вискоєфективний метод екстрагування субкритичною водою.

Проблема. Хліб є одним із найбільш уживаних населенням повсякденних харчових продуктів, тому доцільним є вивчення можливості використання екстракту ЛЦ в хлібопекарській промисловості.

Мета роботи – дослідження впливу включення розчинів екстракту ЛЦ в рецептуру пшеничного хліба на його якість.

QUALITY OF WHEAT BREAD ENRICHED WITH BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES OF ONION

Introduction. There is a need to develop technologies and recipes for food products enriched with substances that have a positive effect on human health. Onion peel contains biologically active substances of polyphenolic nature. To remove them, it is advisable to use a highly efficient method of extraction with subcritical water.

Problem. Bread is one of the most widely consumed foods by the population, so it is advisable to study the possibility of using onion peels extract in the baking industry.

The aim of the work is to study the influence of the inclusion of onion peels extract in the recipe of wheat bread on its quality.

© Валерій Сукманов, Андрій Супрун, 2022

Внесок авторів: Сукманов В. – 25 %; Супрун А. – 75 %.

Автори не отримували прямого фінансування для цього дослідження.

Sukmanov V., Suprun A. Jakist' pshenychnogo hliba, zbagachenogo biologichno aktyvnymy rehovynamy cybuli. *Mizhnarodnyj naukovo-praktychnyj zhurnal "Tovary i rynku"*. 2022. № 1 (41). S. 104-115. [https://doi.org/10.31617/2.2022\(41\)09](https://doi.org/10.31617/2.2022(41)09)

Методи. Для дослідження виготовлено три зразки хліба: контрольний за класичною рецептурою та з додаванням екстракту лушпиння цибулі заміною в рецептурі води на 0.1- і 0.2 %-ні розчини екстракту. Для визначення основних показників якості тіста та готових виробів використано загальноприйняті, а також регламентовані ДСТУ методи і прилади.

Результати дослідження. При формуванні об'єму, структури пористості та реологічних властивостей тіста найкращі показники зафіксовано в зразку з додаванням 0.1 %-ного розчину екстракту ЛЦ.

За фізико-хімічними й органолептичними властивостями готових виробів теж найкращі результати отримав хліб із додаванням 0.1 %-ного розчину екстракту ЛЦ.

З досліджуваних структурно-механічних властивостей хліба протягом 72 год зберігання величина пружної деформації зразків із додаванням 0.1 і 0.2 %-них розчинів екстракту ЛЦ на 19 і 17 % була відповідно більша за контрольний зразок.

З додаванням у рецептуру хліба розчинів екстракту ЛЦ зростають вміст біологічно активних речовин та загальна антиоксидантна ємність готового виробу, також у хлібі зменшується розвиток мікроорганізмів протягом строку його зберігання.

Висновки. Застосування розчинів екстракту з лушпиння цибулі, отриманого екстрагуванням субкритичною водою, не вимагає змін у технологічному процесі, дає змогу збагатити хлібобулочні вироби БАР, отримати продукцію високої якості й уможливує довше зберігати свіжість і споживні характеристики продукту.

Ключові слова: пшеничний хліб, субкритична вода, екстракт лушпиння цибулі, біологічно активні речовини, показники якості хліба.

Methods. Three samples of bread were made for the study: control according to the classic recipe and with the addition of onion peel extract by replacing the water recipe with 0.1- and 0.2-percent extracts. To determine the main indicators of the quality of the dough and finished products there were used generally accepted, as well as regulated by SSOU methods and devices.

Results. When forming the volume, porosity structure and rheological properties of the dough, the best results were recorded in the sample with the addition of 0.1 % OP extract.

According to the physicochemical and organoleptic properties of the finished products, bread with the addition of 0.1 % onion peels extract also obtained the best results.

From the studied structural and mechanical properties of bread during 72 h of storage, the value of elastic deformation of the samples with the addition of 0.1 and 0.2 % onion peels extract by 19 and 17 % was respectively greater than the control sample.

With the addition of onion peels extract to the bread recipe, the content of biologically active substances and the total antioxidant capacity of the finished product increase, and the development of microorganisms in bread decreases during its shelf life.

Conclusions. The use of onion peel extract, obtained by extraction with subcritical water, does not require changes in the technological process, allows to enrich bakery products biologically active substances, get high quality products and allows to maintain freshness and consumer characteristics of the product longer.

Keywords: wheat bread, subcritical water, onion peel extract, biologically active substances, bread quality indicators.

Вступ. В останньому десятилітті в усьому світі спостерігається тенденція до формування нової концепції харчування, основними умовами якої є не тільки поліпшення смакових властивостей продукту, але і його корисність для організму. Прагнення людей до здорового способу життя вимагає розробки рецептур і технологій збагачених харчових продуктів, які покращують стан здоров'я.

Сьогодні пильна увага приділяється біологічно активним речовинам (БАР), серед яких значущими є комплекси природних поліфенолів (флавоноїди, антоціани та ін.), що входять до складу продуктів рослинного походження. Вони мають антиоксидантну, антирадикальну,

протизапальну, антибактеріальну і протипухлинну дію, захищають організм людини від різних несприятливих чинників зовнішнього середовища [1; 2].

Перспективними джерелами природних БАР у нашій країні є рослини, які вирощують фермерські господарства [3]. Під час переробки такої сировини, разом з основним продуктом, утворюються відходи, які містять значну кількість цінних БАР.

Однією з таких найбільш вирощуваних культур не лише в Україні, а й в усьому світі є жовта цибуля (*Allium cépa*) [4]. Під час її переробки щорічно у світі утворюється близько 0.55 млн т відходів [5]. До них належить лушпиння цибулі (ЛЦ), яке виникає в процесі зберігання самовільним відлученням поверхневого шару під час висихання. При утилізації ЛЦ стає екологічною проблемою, оскільки не підходить як корм для тварин і компост для посівних земель, тому подальша утилізація відбувається на сміттєзвалищах. Доведено, що в ЛЦ міститься більше БАР, ніж у їстівній частині цибулини [6]. У ЛЦ виявлено значну кількість поліфенолів, а саме флавоноїдів, як-от рутин і кверцетин. Окрім зазначених вище властивостей, вони мають антитромбозну активність і здатність запобігати серцево-судинним захворюванням [7–9].

Доведено, що доцільно використовувати ЛЦ як сировину для отримання екстрактів, що містять у собі БАР, а саме екстрагуванням субкритичною водою (СКВ) [10–12]. Зміни, що відбуваються з фізико-хімічними властивостями води за збільшення тиску і температури, надають їй низку переваг проти інших видів екстрагентів: висока чутливість розчинної здатності СКВ до зміни тиску або температури; простота поділу СКВ і розчинених у ній речовин під час скидання тиску; технологічна й екологічна безпека виробництва; низька собівартість [6].

Проблема. Зважаючи на зазначене вище, варто ввести екстракт ЛЦ як сировину в рецептуру харчових продуктів, що дасть змогу збагатити їх БАР та підвищити антиоксидантну властивість. Оскільки хліб є одним із найбільш уживаних населенням повсякденних харчових продуктів, доцільним є вивчення можливості використання екстракту ЛЦ в хлібопекарській промисловості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На цей час проведено багато досліджень щодо використання рослинних екстрактів у технології хліба. Аналіз наукових джерел показав, що дослідження, пов'язані зі введенням екстракту ЛЦ в рецептуру хліба, вже проводились, але недостатньо. Вивчено вплив метанолового екстракту ЛЦ на показники якості пшеничного хліба. Встановлено, що метаноловий екстракт недоцільно включати в рецептуру пшеничного хліба у великих кількостях через його токсичність. Це негативно впливає на розвиток тіста й органолептичні показники готового виробу [13]. Включали в рецептуру хліба 1 %-ний розчин екстракту ЛЦ, отриманий

екстрагуванням гарячою водою. При додаванні такого екстракту значно збільшився вміст БАР у готовому виробі в порівнянні з контрольним зразком, але органолептичні показники погіршилися, а саме: структура м'якуша, смак хліба був гіркуватий [14; 15]. Отже, за умов невеликої кількості досліджень показників якості хліба, в рецептуру якого включено екстракт ЛЦ, стає необхідним і надалі вивчати його вплив на якість хліба.

Мета роботи – дослідження впливу включення розчинів екстракту ЛЦ у рецептуру пшеничного хліба на його якість.

Методи. Об'єкти дослідження – екстракт ЛЦ, отриманий способом екстрагування СКВ у статичному режимі, тісто і зразки хліба з додаванням розчинів екстракту ЛЦ.

Для сушіння екстрактів використано сушильну шафу СЕШ-ЗМК. Фотоколориметричний аналіз витяжок зразків хліба проведено на концентраційному колориметрі КФК-2-УХЛ4.2. Для дослідження структурно-механічних властивостей виробу використано структурометр СТ-1М.

Екстракт ЛЦ отримано екстрагуванням субкритичною водою в статичному режимі на експериментальній установці на базі реактора високого тиску РВД-2-500 за параметрами: температура – 164 °С; тривалість – 20 хв, гідромодуль – 1 : 32; фракція подрібнення ЛЦ – 0.5 мм; тиск – 8 МПа [10; 16]. Отриманий екстракт висушено в сушильній шафі до постійної маси за температури 60 °С, після чого він мав вигляд кристалічного порошку.

Висушений екстракт ЛЦ розчиняли у воді у співвідношенні 0.1 (вар. 1) та 0.2 (вар. 2) г/100 см³ води, що додається за рецептурою. Як контроль обрано хліб з пшеничного борошна вищого ґатунку без добавок. Рецептуру зразків хліба наведено в *табл. 1*.

Таблиця 1

Рецептура досліджуваних зразків хліба

Найменування сировини	Кількість сировини, %		
	контроль	вар. 1	вар. 2
Борошно	48.91	48.91	48.91
Дріжджі сухі	0.78	0.78	0.78
Сіль	1.3	1.3	1.3
Сухе молоко	3.65	3.65	3.65
Цукор	4.95	4.95	4.95
Вода	32.59	–	–
Розчин екстракту ЛЦ	–	32.59	32.59

Замість тіста відбувався протягом 8 хв, збродження – 120 хв з проміжним обминанням кожні 40 хв. Далі тісто підходило протягом 80 хв за температури 36 °С. Випікався хліб 30 хв за температури 230 °С, охолоджувався – за 20 °С і відносної вологості не більш ніж 75 %.

Аналіз готових виробів проведено за 16 год після випічки хліба. Упакований у поліпропіленову плівку виріб зберігався за кімнатної температури.

Якість хліба визначено за органолептичними та фізико-хімічними (вологість м'якушки, кислотність, пористість) показниками [17].

Визначення загальної антиоксидантної ємності (ЗАЄ) досліджуваних об'єктів засновано на кулонометричному титруванні зразків електрогенерованим бромом. Загальний вміст поліфенолів (ЗВПФ) у зразках встановлено фотоколориметричним методом із реактивом *Folin-Ciocalteu*. Величини ЗАЄ та ЗВПФ зразків виражено в мг галової кислоти в розрахунку на одиницю маси сухої речовини (мг ЕГК/г зразка). Для приготування екстрактів використано рідинно-твердофазну екстракцію за співвідношення маси відповідного подрібненого зразка до маси розчинника (води) 1 : 10. Отриманий після центрифугування супернатант оброблено концентрованим водним розчином цинку сульфату для осадження білків і крохмалю [18].

Вивчено вплив розчинів екстракту ЛЦ на черствіння хліба під час зберігання. Структурно-механічні властивості м'якушки, як критерій оцінки свіжості хліба, оцінено на структурометрі: за 24, 48 і 72 год після випічки визначено загальну (ΔH_z) і пластичну ($\Delta H_{пл}$) деформації м'якушки. Пружну деформацію ($H_{пр}$) в одиницях приладу обчислено за формулою [19]:

$$H_{пр} = \Delta H_z - \Delta H_{пл} \quad (1)$$

Зміни мікробіологічного характеру в зразках, насамперед наявність картопляної палички, визначено термостатуванням готових виробів, загорнутих у вологий папір, за температури 37 °С протягом 35–72 год [20].

Результати дослідження. Екстракт ЛЦ характеризується даними, наведеними в *табл. 2*.

Таблиця 2

Характеристика та якість екстракту лушпиння цибулі

Зразок екстракту ЛЦ	Органолептичні властивості	Вміст		
		СР	поліфенолів	флавоноїдів
		%	мг/см ³	
До висушування	Рідина темно-коричневого кольору з ледь вираженим специфічним запахом і гіркувато-терпким смаком	1.01	163.24	7.87
Висушений	Кристалічний порошок темно-коричневого кольору	100	–	–
0.1 %-ний розчин	Рідина прозорого коричневого кольору, не має запаху, з ледь наявним терпким присмаком	0.1	14.17	0.71
0.2 %-ний розчин		0.2	27.87	1.39

Під час вивчення впливу розчинів екстракту ЛЦ обох концентрацій на властивості тіста із зразків напівфабрикату відбирали клейковину й оцінювали її якість. Для дослідження їхнього впливу саме на формування об'єму, структури пористості та реологічних властивостей тіста визначено його питомий об'єм протягом 3 год бродіння (*табл. 3*).

Таблиця 3

Вплив розчинів екстракту ЛЦ на властивості пшеничного тіста під час бродіння

Час бродіння тіста, хв	Питомий об'єм тіста, см ³ /г		
	контроль	вар. 1	вар. 2
60	1.34	1.51	1.41
120	2.75	3.02	2.85
180	4.26	4.60	4.42

Зміни в рецептурі позитивно вплинули на висоту підняття тіста. Зразок із внесенням 0.1 %-ного розчину мав максимальний питомий об'єм і перевищив показник контрольного зразка на 7.98 %. Питомий об'єм зразка з додаванням 0.2 %-ного розчину був вище контрольного на 3.75 % протягом 180 хв зброджування.

Визначення якості хлібобулочних виробів проведено за фізико-хімічними показниками (табл. 4).

Таблиця 4

Вплив розчинів екстракту ЛЦ на фізико-хімічні показники якості хліба

Найменування показника	Норма за ДСТУ [21]	Зразок хліба		
		контроль	вар. 1	вар. 2
Вологість, %	Не більше ніж 45	44.7 ± 0.2	45 ± 0.2	44.9 ± 0.2
Кислотність, град	3–4	3.2 ± 0.1	3.5 ± 0.1	3.8 ± 0.1
Пористість, %	Не менше ніж 64–67	65 ± 1.0	71 ± 1.0	68 ± 1.0
Вміст бісульфітз'язувальних речовин, мг/100 г	6–9	6.8 ± 0.1	7.6 ± 0.1	8.0 ± 0.1

З представлених даних видно, що вологість обох дослідних варіантів майже не різниться і відповідає вимогам стандарту. Зі збільшенням концентрації розчину екстракту ЛЦ кислотність м'якушки підвищувалася в порівнянні з контрольним зразком, але не перевищувала нормативного значення ДСТУ. Пористість хліба з додаванням 0.1 %-ного розчину екстракту ЛЦ на 8.5 % більша за пористість контролю та на 4.3 % за зразок з додаванням 0.2 %-ного розчину екстракту, що пов'язано з найбільшою висотою максимального розвитку тіста у варіанті 1 (див. табл. 3).

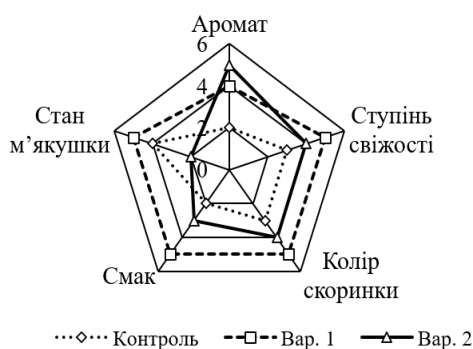


Рис. 1. Профілограма оцінки органолептичних показників зразків хліба

Органолептичну оцінку досліджуваних зразків хліба проведено за п'ятибальною шкалою (рис. 1).

Проведені дослідження показали, що додавання розчинів екстракту ЛЦ з різними концентраціями не погіршує кольору скоринки та форми хліба, стану і кольору м'якушки. Всі зразки хліба мали гладку поверхню. У разі збільшення концентрації розчину екстракту ЛЦ у досліджуваних

зразках дещо посилюється забарвлення скоринки – від світло-жовтого до золотисто-коричневого. Найвищу оцінку кольору скоринки готового виробу надано хлібу з додаванням 0.1 %-ного розчину екстракту ЛЦ (рис. 2). Зразки досліджуваних варіантів 1 і 2 мали приємний специфічний аромат, властивий хлібу. Більш виражений запах цих зразків підтверджувався аналізом ароматичних речовин у хлібі (див. табл. 4), який показав збільшення вмісту бісульфітз'язувальних сполук на 12 і 15 % при внесенні 0.1 і 0.2 %-них розчинів екстрактів ЛЦ відповідно, в порівнянні з контролем. М'якушка була еластичною, нелипкою. Пористість у контрольному зразку – рівномірною, дрібною. У досліджуваних зразках пористість зростає, що пов'язано з кращим бродінням тіста. Поліпшується структура пористості – вона рівномірна, середня. У порівнянні з досліджуваними зразками хліба за всіма органолептичними показниками контрольний зразок отримав найнижчу дегустаційну оцінку.

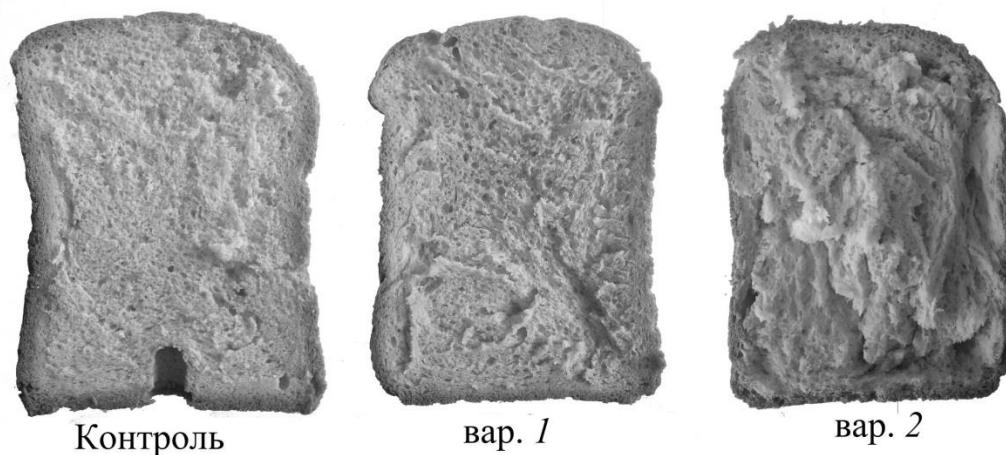


Рис. 2. Зовнішній вигляд формового хліба в розрізі

Вплив розчинів екстракту ЛЦ на стисливість м'якушки пшеничного хліба під час зберігання представлено на діаграмі (рис. 3).

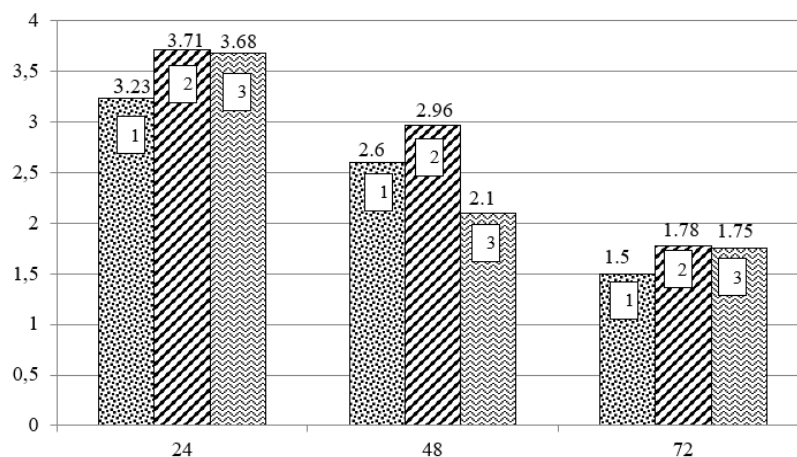


Рис. 3. Вплив розчинів екстракту ЛЦ на стисливість м'якушки пшеничного хліба під час зберігання: 1 – контроль; 2 – вар. 1; 3 – вар. 2

Результати дослідження показали, що величина пружної деформації м'якушки хліба з 0.1 і 0.2 %-ними розчинами екстракту ЛЦ за 24 год зберігання більше на 15 і 14 % у порівнянні з контролем, за 48 год – більше на 14 і 12 %, після 72 год – на 19 і 17 % відповідно. Це свідчить про позитивний вплив розчинів екстракту ЛЦ на збереження свіжості м'якушки під час зберігання й уповільнення черствіння готової продукції.

При додаванні розчинів екстракту ЛЦ в рецептуру хліба отримано тенденції збільшення величини ЗАЄ та ЗВПФ в досліджуваних зразках (табл. 5).

Таблиця 5

Загальна антиоксидантна ємність і загальний вміст поліфенолів у досліджуваних зразках хліба

Найменування показника	Зразок хліба		
	контроль	вар. 1	вар. 2
ЗАЄ, мг ЕГК/г	0.34 ± 0.1	0.51 ± 0.1	0.9 ± 0.1
ЗВПФ, мг ЕГК/г	5.08 ± 0.02	8.03 ± 0.02	11.91 ± 0.02

Так, у зразку з додаванням 0.1 %-ного розчину екстракту ЛЦ ЗВПФ збільшується на 36.74 % та ЗАЄ – на 33.34 %, у зразку з додаванням 0.2 %-ного розчину екстракту ЛЦ – на 57.35 і 66.23 % відповідно. Додавання в рецептуру хліба розчинів екстракту ЛЦ підвищує антиоксидантний потенціал готового продукту проти контрольного зразка. Така тенденція спостерігається внаслідок вмісту поліфенолів в екстракті ЛЦ.

Ступінь ураження мікроорганізмами (ймовірно, й картопляною паличкою) загальної поверхні зразків хліба з додаванням розчинів екстракту ЛЦ та контрольного зразка наведено в табл. 6.

Таблиця 6

Ступінь ураження зразків хліба патогенними бактеріями, %

Час термостатування	Зразок хліба		
	контроль	вар. 1	вар. 2
48 год	37	26	24
72 год	94	74	70

Після 48 год зберігання в термостаті контрольний зразок хліба вже мав значні (37 %) прояви хвороби: неприємний запах, вологу м'якушку. Водночас зразки з додаванням розчинів екстракту ЛЦ отримали дещо менші ушкодження. Після 72 год термостатування контроль був повністю уражений хворобою. Він набув неприємного запаху, при розрізанні продукту шматки з'єднувалися між собою нитками міцелію. Зразки варіантів 1 і 2 теж мали прояви захворювання – неприємний запах і липку м'якушку, але ступінь ураження був меншим на 20 і 24 %.

Висновки. Застосування розчинів екстракту з лушпиння цибулі, отриманого екстрагуванням СКВ, дає змогу не тільки збагатити хлібобулочні вироби БАР, а й отримати продукцію високої якості.

Введення в рецептуру хліба екстракту ЛЦ у вигляді розчинів не потребує істотних змін у технологічному процесі, але має позитивний вплив на його якість: питомий об'єм тіста зростає при збродженні протягом 180 хв; підвищуються органолептична оцінка хліба, величина його пружної деформації під час зберігання протягом 72 год, вміст поліфенолів і величина загальної антиоксидантної ємності.

Використання розчинів екстракту ЛЦ в технології хлібу уможливорює довше зберігати свіжість і споживні властивості продукту.

Конфлікт інтересів. Автор повідомив про відсутність конфлікту інтересів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Galkina O. V. The specific features of free-radical processes and the antioxidant defense in the adult brain. *Neurochemical Journal*. 2013. Vol. 7. No 2. P. 89-97.
2. Margina D., Ilie M., Manda G., Neagoe I., Mocanu M., Ionescu D., Ganea C. Quercetin and epigallocatechin gallate effects on the cell membranes biophysical properties correlate with their antioxidant potential. *General physiology and biophysics*. 2012. Vol. 31. No 1. P. 47-55.
3. Сімахіна Г. О., Стеценко Н. О. Біологічно активні речовини в харчових технологіях. МОН України, Нац. ун-т харч. технол. Київ: НУХТ, 2016. 455 с.
4. Teshika J. D., Zakariyyah A. M., Zaynab T., Zengin G., Rengasamy K. R., Pandian S. K., Fawzi M. M. Traditional and modern uses of onion bulb (*Allium cepa* L.): a systematic review. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2019. Vol. 59 (sup. 1). P. 39-70.
5. Sharma K., Mahato N., Nile S. H., Lee E. T., Lee Y. R. Economical and environmentally-friendly approaches for usage of onion (*Allium cepa* L.) waste. *Food & function*. 2016. Vol. 7. No 8. P. 3354-3369.
6. Piechowiak T., Grzelak-Błaszczyk K., Bonikowski R., Balawejder M. Optimization of extraction process of antioxidant compounds from yellow onion skin and their use in functional bread production. 2020. *LWT*. Vol. 117. P. 108614.
7. Karak P. Biological activities of flavonoids: an overview. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2019. Vol. 10. No 4. P. 1567-1574.
8. Xu D., Hu M. J., Wang Y. Q., Cui Y. L. Antioxidant activities of quercetin and its complexes for medicinal application. *Molecules*. 2019. Vol. 24. No 6. P. 1123.
9. Nile S. H., Nile A. S., Keum Y. S., Sharma K. Utilization of quercetin and quercetin glycosides from onion (*Allium cepa* L.) solid waste as an antioxidant, urease and xanthine oxidase inhibitors. *Food chemistry*. 2017. Vol. 235. P. 119-126.
10. Сукманов В. А., Супрун А. В. Екстрагування біологічно активних речовин з лушпиння цибулі субкритичною водою в статичному режимі. *Journal of Chemistry and Technologies*. 2021. Vol. 29. No 2. P. 265-278.
11. Munir M. T., Kheirkhah H., Baroutian S., Quek S. Y., Young B. R. Subcritical water extraction of bioactive compounds from waste onion skin. *Journal of Cleaner Production*. 2018. Vol. 183. P. 487-494.
12. Ko M. J., Cheigh C. I., Cho S. W., Chung M. S. Subcritical water extraction of flavonol quercetin from onion skin. *Journal of Food Engineering*. 2011. Vol. 102. No 4. P. 327-333.
13. Sukmanov V., Ukrainets A., Zavyalov V., Marynin A. Research of extraction of biologically active substances from grape pomace by subcritical water. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2017. № 5 (11). С. 70-80.

14. Czaja A., Czubaszek A., Wyspiańska D., Sokół-Łętowska A., Kucharska A. Z. Quality of wheat bread enriched with onion extract and polyphenols content and antioxidant activity changes during bread storage. *International Journal of Food Science & Technology*. 2020. Vol. 55. No 4. P. 1725-1734.
15. Masood S., Rehman A. U., Bashir S., Imran M., Khalil P., Khursheed T. et al. Proximate and Sensory Analysis of Wheat Bread Supplemented with Onion Powder and Onion Peel Extract. *Bioscience research*. 2020. Vol. 17. No 4. P. 4071-4078.
16. Сукманов В. О., Супрун А. В. Визначення оптимальних параметрів тиску та фракції сировини екстрагування субкритичною водою лущиння цибулі. Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. *Зб. наук. пр. ХДУХТ*. 2021. Вип. 1 (33). С. 31-42.
17. ДСТУ 7045:2009. Вироби хлібобулочні. Методи визначання фізико-хімічних показників. Київ: Держспоживстандарт України, 2010. 14 с.
18. Лапицька Н. В., Губський С. М., Олійник С. Г., Самохвалова О. В. Антиоксидантні властивості пшеничного та житнього хліба, збагаченого шротом плодів шипшини. *Зб. тез доп. Всеукр. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів і молодих учених*. Чернівці: НУЧК ім. Т. Г. Шевченка, 2019. 112 с.
19. Полодюк В. С., Арсеньєва Л. Ю., Доценко В. Ф. Ефективність використання лецитину в хлібопеченні. *Наук. пр. НУХТ*. 2004. Вип. 15. С. 35-38.
20. Пасічник І. О. Вплив хмельового екстракту з підвищеним вмістом загальних поліфенолів на якість хліба. *Агропромислове виробництво Полісся*. 2014. № 7. С. 77-80.
21. ДСТУ 7517:2014. Хліб із пшеничного борошна. Загальні технічні умови. Київ: Національний стандарт України, 2010. 14 с.

REFERENCES

1. Galkina, O. V. (2013). The specific features of free-radical processes and the anti-oxidant defense in the adult brain. *Neurochemical Journal*. Vol. 7, 2, 89-97 [in English].
2. Margina, D., Pie, M., Manda, G., Neagoe, I., Mocanu, M., Ionescu, D., & Ganea, C. (2012). Quercetin and epigallocatechin gallate effects on the cell membranes biophysical properties correlate with their antioxidant potential. *General physiology and biophysics*. Vol. 31, 1, 47-55 [in English].
3. Simahina, G. O., & Stecenko, N. O. (2016). *Biologichno aktyvni rehovyny v harchovyh tehnologijah [Biologically active substances in food technologies]*. Kyi'v: NUHT [in Ukrainian].
4. Teshika, J. D., Zakariyyah, A. M., Zaynab, T., Zengin, G., Rengasamy, K. R., Pandian, S. K., & Fawzi, M. M. (2019). Traditional and modern uses of onion bulb (*Allium cepa* L.): a systematic review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 59 (sup. 1), 39-70 [in English].
5. Sharma, K., Mahato, N., Nile, S. H., Lee, E. T., & Lee, Y. R. (2016). Economical and environmentally-friendly approaches for usage of onion (*Allium cepa* L.) waste. *Food & function*. Vol. 7, 8, 3354-3369 [in English].
6. Piechowiak, T., Grzelak-Błaszczyk, K., Bonikowski, R., & Balawejder, M. (2020). Optimization of extraction process of antioxidant compounds from yellow onion skin and their use in functional bread production. *LWT*. Vol. 117, 108614 [in English].
7. Karak, P. (2019). Biological activities of flavonoids: an overview. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. Vol. 10, 4, 1567-1574 [in English].

8. Xu, D., Hu, M. J., Wang, Y. Q., & Cui, Y. L. (2019). Antioxidant activities of quercetin and its complexes for medicinal application. *Molecules*. Vol. 24, 6, 1123 [in English].
9. Nile, S. H., Nile, A. S., Keum, Y. S., & Sharma, K. (2017). Utilization of quercetin and quercetin glycosides from onion (*Allium cepa* L.) solid waste as an antioxidant, urease and xanthine oxidase inhibitors. *Food chemistry*. Vol. 235, 119-126 [in English].
10. Sukmanov, V. A., & Suprun, A. V. (2021). Ekstraguvannja biologichno aktyvnyh rehovyn z lushpynnja cybuli subkrytychnoju vodoju v statychnomu rezhymi [Extraction of biologically active substances from onion peel with subcritical water in static mode]. *Journal of Chemistry and Technologies*. Vol. 29, 2, 265-278 [in Ukrainian].
11. Munir, M. T., Kheirkhah, H., Baroutian, S., Quek, S. Y., & Young, B. R. (2018). Subcritical water extraction of bioactive compounds from waste onion skin. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 183, 487-494 [in English].
12. Ko, M. J., Cheigh, C. I., Cho, S. W., & Chung, M. S. (2011). Subcritical water extraction of flavonol quercetin from onion skin. *Journal of Food Engineering*. Vol. 102, 4, 327-333 [in English].
13. Sukmanov, V., Ukrainets, A., Zavyalov, V., & Marynin, A. (2017). Research of extraction of biologically active substances from grape pomace by subcritical water. *Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovyh tehnologij – Eastern European Journal of Advanced Technologies*, 5(11), 70-80 [in English].
14. Czaja, A., Czubaszek, A., Wyspiańska, D., Sokół-Łętowska, A., & Kucharska, A. Z. (2020). Quality of wheat bread enriched with onion extract and polyphenols content and antioxidant activity changes during bread storage. *International Journal of Food Science & Technology*. Vol. 55, 4, 1725-1734 [in English].
15. Masood, S., Rehman, A. U., Bashir, S., Imran, M., Khalil, P., Khursheed, T. et al. (2020). Proximate and Sensory Analysis of Wheat Bread Supplemented with Onion Powder and Onion Peel Extract. *Bioscience research*. Vol. 17, 4, 4071-4078 [in English].
16. Sukmanov, V. O., & Suprun, A. V. (2021). Vyznachennja optymal'nyh parametriv tysku ta frakcii' syrovyny ekstraguvannja subkrytychnoju vodoju lushpynnja cybuli. Progresyvni tehnika ta tehnologii' harchovyh vyrobnyctv restorannogo gospodarstva i torgivli [Determination of optimal parameters of pressure and fraction of raw material extraction by subcritical water of onion peel. Advanced techniques and technologies of food production, restaurant business and trade]. *Zbirnyk naukovykh prac' Harkivs'kogo derzhavnogo universytetu harchuvannja ta torgivli – Collection of scientific works of Kharkiv State University of Food Technology and Trade*. Issue 1(33), 31-42 [in Ukrainian].
17. Vyrobny hlibobulochni. Metody vyznachannja fizyko-himichnyh pokaznykiv [Bakery products. Methods for determining physicochemical parameters]. (2010). *DSTU 7045:2009*. Kyi'v: Derzhspozhyvstandart Ukrai'ny [in Ukrainian].
18. Lapycka, N. V., Gubs'kyj, S. M., Olijnyk, S. G., & Samohvalova, O. V. (2019). Antyoksydantni vlastyvoli pshenychnogo ta zhytn'ogo hliba, zbagachenogo shrotom plodiv shypshyny [Antioxidant properties of wheat and rye bread enriched with rosehip meal]. Proceedings from: *Vseukrai'ns'ka naukoivo-praktychna konferencija studentiv, aspirantiv i molodyh uchenykh – All-Ukrainian scientific-practical conference of students, postgraduate students and young scientists*. Chernigiv: NUChK im. T. G. Shevchenka [in Ukrainian].
19. Polodjuk, V. S., Arsen'jeva, L. Ju., & Docenko, V. F. (2004). Efektyvnist' vykorystannja lecytynu v hlibopechenni [The effectiveness of lecithin use in baking]. *Naukovi praci Nacional'nogo universytetu harchovyh tehnologij – Scientific works of the National University of Food Technologies*. Issue 15, 35-38 [in Ukrainian].

20. Pasichnyk, I. O. (2014). Vplyv hmel'ovogo ekstraktu z pidvyshhenym vmistom zagal'nyh polifenoliv na jakist' hliba [Influence of hop extract with high content of total polyphenols on bread quality]. *Agropromyslove vyrobnytvo Polissya – Agro-industrial production of Polissya*, 7, 77-80 [in Ukrainian].
21. Hlib iz pshenynogo boroshna. Zagal'ni tehnicni umovy [Bread from wheat flour. General technical conditions]. (2010). *DSTU 7517:2014*. Kyi'v: Nacional'nyj standart Ukrainy [in Ukrainian].

Надійшла до редакції 06.12.2021.

Прийнято до друку 09.01.2022.

Публікація онлайн 22.04.2022.