

УДК 631.53:658.562
DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.3.12>

ЗАСТОСУВАННЯ АНТИМІКРОБНОЇ УПАКОВКИ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ НАСІННЯ ГАРБУЗА

Маринін А. І. – кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник, завідувач Проблемної науково-дослідної
лабораторії Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0000-0001-6692-7472

Святненко Р. С. – кандидат технічних наук,
старший дослідник, старший науковий співробітник Проблемної науково-дослідної
лабораторії Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0000-0003-0895-6982

Шевченко О. Ю. – доктор технічних наук,
професор, ректор Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0000-0002-8818-2667

Гармаш Д. В. – доктор філософії,
старший науковий співробітник Проблемної науково-дослідної лабораторії
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0000-0002-2053-6529

Демченко В. Л. – доктор хімічних наук,
старший дослідник, провідний науковий співробітник відділу зварювання пластмас
Інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона Національної академії наук
України
ORCID ID: 0000-0001-9146-8984

Рибальченко Н. П. – кандидат біологічних наук,
старший дослідник, старший науковий співробітник відділу антибіотиків
Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного
Національної академії наук України
ORCID ID: 0000-0002-0505-3406

Соціальна та економічна еволюція, включаючи зміни в споживчому попиті, покращення рівня життя, збільшення промислового виробництва, розвиток практик роздрібно-торгівлі, нові маркетингові цілі та зміни у способі життя споживачів, є основними силами, що сприяють еволюції нових і інноваційних методів пакування. Ці фактори ведуть до необхідності розробки упаковки, яка не тільки відповідає сучасним вимогам, але й враховує майбутні тренди. Основними цілями упаковки є забезпечення безпеки та якості харчових продуктів, а також подовження їх терміну придатності. Сучасна упаковка еволюціонує від простих методів зберігання до комплексних аспектів, таких як зручність для споживача, забезпечення цілісності упаковки під час транспортування і зберігання, ефективний маркетинг у точках продажу, зменшення витрат матеріалів та ресурсів, підвищення безпеки харчових продуктів і врахування екологічних проблем. Це включає впровадження нових матеріалів, які є більш екологічно чистими, технологій, що зменшують відходи та енергетичні витрати, а також інноваційні підходи до упаковки, які відповідають сучасним стандартам сталого розвитку та ефективності.

В статті описано результати досліджень впливу різних типів упаковки на фізико-хімічні властивості насіння гарбуза протягом періоду зберігання. Результати дослідження показують, що упаковка ПЛА-ПКЛ (80-20 мас. %)–Ag виявилася найбільш ефективною для збереження якості насіння гарбуза, забезпечуючи стабільність фізико-хімічних параметрів протягом тривалого періоду. Досліджено також вміст олії та вологисть насіння гарбуза та зроблено висновок про їхню стабільність незалежно від типу упаковки. Ці результати мають важливе значення для промислових виробників та сільськогосподарських підприємств, які здійснюють упаковку та зберігання насіння гарбуза.

З отриманих результатів фізико-хімічних показників насіння гарбуза встановлено, що всі отримані показники відповідають вимогам ДСТУ 5046:2008 «Насіння кавуна, дині, гарбуза. Технологія вирощування. Основні положення».

Ключові слова: насіння гарбуза, упаковка, фізико-хімічні показники, термін зберігання, біополімерна плівка, наносрібло.

Marynin A. I., Svyatnenko R. S., Shevchenko O. Yu., Harmash D. V., Demchenko V. L., Rybalchenko N. P. The use of antimicrobial packaging for storing pumpkin seeds

Social and economic evolution, including changes in consumer demand, improved living standards, increased industrial production, evolving retail practices, new marketing objectives and changes in consumer lifestyles, are the main forces driving the evolution of new and innovative packaging methods. These factors lead to the need to develop packaging that not only meets current requirements, but also takes into account future trends. The main goals of packaging are to ensure the safety and quality of food products, as well as to extend their shelf life. Modern packaging has evolved from simple storage methods to complex aspects such as convenience for the consumer, ensuring the integrity of the package during transportation and storage, effective marketing at the point of sale, reducing the consumption of materials and resources, improving food safety and taking into account environmental issues. This includes the introduction of new materials that are more environmentally friendly, technologies that reduce waste and energy costs, and innovative approaches to packaging that meet today's sustainability and efficiency standards.

The article describes the results of research on the influence of different types of packaging on the physical and chemical properties of pumpkin seeds during storage. The results of the study show that PLA-PCL (80/20)Ag packaging was the most effective for preserving the quality of pumpkin seeds, ensuring the stability of physicochemical parameters over a long period. The oil content and moisture content of pumpkin seeds were also studied and a conclusion was made about their stability regardless of the type of packaging. These results are important for industrial producers and agricultural enterprises that pack and store pumpkin seeds.

From the obtained results of the physical and chemical indicators of pumpkin seeds, it was established that all the obtained indicators meet the requirements of DSTU 5046:2008 «Seeds of watermelon, melon, pumpkin. Cultivation technology. Substantive provisions».

Key words: pumpkin solution, packaging, physical and chemical parameters, shelf life, biopolymer film, nanosilver.

Постановка проблеми. Збереження поживних якостей гарбузового насіння важливо підтримувати за допомогою відповідних методів пакування, а також пакувальних матеріалів та умов зберігання в роздрібній торговій мережі. Упаковка відіграє ключову роль у збереженні та захисті продукції від псування до моменту їх використання споживачами. Важливо, щоб самі пакувальні матеріали були спроектовані таким чином, щоб захищати продукт від окисного псування, гідролізу, забруднення пилом, поглинання зовнішніх запахів і присмаків, термічного розкладання та мікробного зараження.

Одним із найважливіших аспектів зберігання насіння є його захист від негативних зовнішніх впливів, таких як волога, світло, температурні коливання та шкідники. Традиційні пакувальні матеріали, такі як папір та поліетилен, здатні забезпечувати певний рівень захисту, але вони мають свої обмеження [1, с. 149].

Відомо [2, с. 98] що, одна з проблем виробництва та зберігання насіння пов'язана зі швидкістю псування, оскільки хімічна нестабільність ліпідів є одним із головних факторів зниження продуктивності насіння різних видів олійних під час зберігання.

Автори стверджують, що тип упаковки, який використовується для зберігання, має велике значення для збереження життєздатності та міцності насіння [3, с. 70]. А також упаковка, яка використовується для зберігання, повинна сповільнювати процес псування з метою зменшення дихання, таким чином зберігаючи початковий вміст вологи в насінні, що зберігається [4, с. 29].

Одним з рішень вищезгаданої проблеми є модифікована упаковка, яка використовувалася в кількох продуктах харчування [5, с. 108]. Термін «модифікована упаковка» стосується інноваційних рішень розробки упаковки, які допомагають збільшити термін придатності, підвищити безпеку, показати інформацію про якість і контролювати свіжість харчових продуктів, фруктів, фармацевтичних препаратів і багатьох типів інших продуктів [6, с. 78].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У деяких попередніх дослідженнях вивчався вплив упаковки на термін зберігання та якість харчових продуктів. Автори [7, с. 488] повідомили про нанесення на упаковку з м'ясних продуктів покриття з оксиду титану, яке вкрите наносріблом. Отримані результати показали, що упаковка має ряд переваг порівняно з традиційною упаковкою. Вчені [8, с. 412] наносили наночастинки срібла та оксид цинку на упаковку апельсинового соку та отримали позитивний результат. Упаковка з нанокompозитної плівки, що містить наносрібло, продемонструвала більш виражену антимікробну дію, порівняно з оксид цинку протягом 112 днів зберігання апельсинового соку. Автори [9, с. 8] досліджували вплив модифікованої упаковки на зберігання фіташок, а також додавання наночастинок оксиду цинку до упаковки для підвищення ефективності захисту від мікробного забруднення та псування продукту. Їхні результати дослідження вказують на значне збільшення терміну придатності фіташок за умови застосування модифікованої упаковки з наночастинками цинку оксиду.

Автори [10, с. 4] досліджували застосування біонанокompозитних плівок на основі агару, в які включено наночастинки оксиду цинку, як активний пакувальний матеріал для продовження терміну зберігання зеленого винограду та встановили, що розроблені зразки здатні ефективно зберігати зелений виноград, підвищуючи його термін зберігання та забезпечуючи захист від мікробного забруднення.

Автори [11, с. 745] проводячи оцінку упаковки, яка містила срібло (Ag) і оксид цинку (ZnO) на термін зберігання свіжого апельсинового соку встановили, що використання пакувальних матеріалів LDPE (поліетилен низької щільності), які містять наночастинки Ag і ZnO, є перспективним підходом для збереження та подовження терміну зберігання свіжого апельсинового соку при температурі 4 °C. Також вони з'ясували, що якість пакувальної плівки, зокрема, дисперсія наночастинок у полімерній матриці без їх агломерації, має значний вплив на антимікробну дію цих пакувальних матеріалів.

Автори [12] досліджували антимікробну активність пакувальних біополімерних матеріалів з наночастинками срібла для довготривалого зберігання харчових продуктів. Було встановлено, що матеріали ПЛА-ПКЛ з наночастинками Ag демонстрували антимікробний ефект щодо *S. aureus* та *E. coli*. Розроблені біополімерні матеріали є перспективними для застосування в харчовій промисловості для пакування харчових продуктів, що дозволить збільшувати термін зберігання різних груп продуктів, без зміни показників якості та безпечності.

Постановка завдання. Метою дослідження був аналіз фізико-хімічних показників насіння гарбуза протягом зберігання в різних видах упаковки.

Дослідження проводилися наступним чином. Пройшовши термічну обробку в електропечі при температурі 120 °C протягом 40 хв, зразки масою 30 г лущеного

насіння гарбуза закривали під вакуумом у різні типи упаковок. Після чого упаковані зразки насіння гарбуза розміщували на полицях при попаданні непрямого сонячного світла та за кімнатної температури. Спостереження за змінами складу гарбузового насіння в різних видах упаковки тривало протягом 3 місяців. Для тестування використовувалися наступні види упаковки (контроль), ПА/ПЕ, ПЛА-ПКЛ (80:20 мас.%) та ПЛА-ПКЛ (80:20 мас.%)–Ag.

Показники якості визначали за стандартними методиками: прозорість, смак та запах згідно з ГОСТ 5472-50 [13, с. 4].

Визначення кислотного числа, згідно з ДСТУ 4350:2004, здійснювали за допомогою методу, який полягає в розчиненні визначеної маси олії у суміші розчинників із подальшим титруванням вільних жирних кислот водним або спиртовим розчином калію або натрію гідроксиду [14, с. 8].

Показники перекисного числа визначали за допомогою методу ДСТУ 4570:2006, який ґрунтується на реакції взаємодії продуктів окиснення олій та жирів (пероксидів та гідрпероксидів) із калій йодидом у розчині оцтової кислоти і хлороформу та подальшому кількісному визначенні йоду, що виділився, розчином натрій тіосульфату титрометричним методом, та виражається як $\frac{1}{2}$ О ммоль/кг олії [15, с. 5].

Визначення олійності олійного матеріалу проводили методом екстракції в апараті Сокслета NZ 45/40 з використанням петролейного ефіру при тривалості екстракції 8 год.

Виклад основного матеріалу. Результати досліджень фізико-хімічних показників насіння гарбуза протягом відповідного періоду зберігання представлені в таблиці 1 та на рис. 1-4.

Таблиця 1

Фізико-хімічні показники якості насіння гарбуза (контроль)

Показники	Контроль	ДСТУ 5046:2008
Масова частка вологи, %, не більше	11	12,0
Масова частка порожнього і пошкодженого насіння, %, не більше	2,0	2,0
Масова частка сторонніх домішок рослинного походження (частини навколоплідника у вигляді плівки, залишки сухої м'якоти), %, не більше	1,8	2,0
Масова частка сторонніх домішок органічного походження (плоди або рослини інших неотруйних речовин), %, не більше	1,2	2,0
Масова частка насіння з плямами сірого кольору (незалежно від форми, розмірів і інтенсивності), %, не більше	4,0	5,0
Масова частка насіння з плямами від темно-жовтого до темно-коричневого кольору (незалежно від форми, розмірів і інтенсивності), %, не більше	5,0	8,0
Зараженість шкідниками	0	Не допускається
Масова частка металомагнітної домішки (часток не більше 0,3 мм у найбільшому лінійному розмірі, а маса окремих її часток не повинна перевищувати 0,4 мг), %, не більше	$3 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$

Продовження таблиці 1

Олійність, %	48,2	Не менше 40
Кислотне число, мг КОН/г	0,8	4
Перекисне число, $\frac{1}{2}$ O ммоль/кг	2,3	10
Анізидинове число, у.о.	1,2	Не нормується

З отриманих результатів (таблиця 1) фізико-хімічних показників насіння гарбуза встановлено, що всі отримані показники відповідають вимогам ДСТУ 5046:2008 «Насіння кавуна, дині, гарбуза. Технологія вирощування. Основні положення».

Наступним етапом дослідження було дослідження зміни фізико-хімічних показників насіння гарбуза в різних видах упаковки протягом визначеного періоду зберігання.

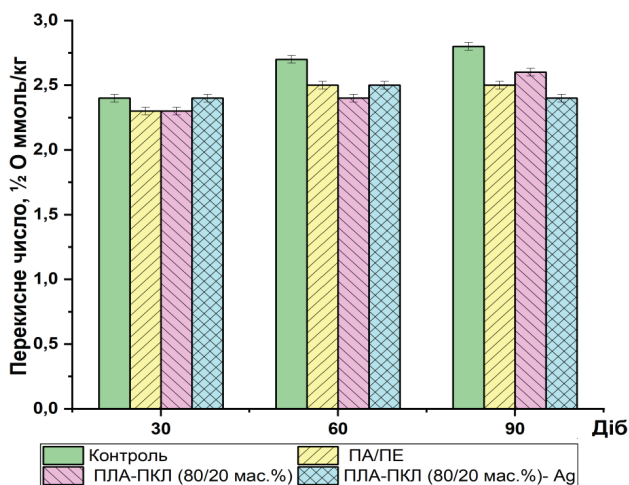


Рис. 1. Перекисне число насіння гарбуза в процесі зберігання

Перекисне число або показник, наприклад, при контролі якості олій та жирів у харчовій промисловості, де високий рівень перекисних сполук може вказувати на погіршення якості продукту через окислення [16, с. 45].

З результатів дослідження (рис. 1) встановлено, що перекисне число у насінні гарбуза змінювалося протягом трьох місяців зберігання при пакуванні у різних упаковках. У перший місяць зберігання, контроль та насіння в упаковці ПЛА-ПКЛ (80-20 мас.%) - Ag показали найнижчі рівні перекисного числа (2,3 та 2,4 $\frac{1}{2}$ O ммоль/кг відповідно), в той час як запаковані зразки в упаковку ПА/ПЕ та ПЛА-ПКЛ показали однакові значення (2,3 $\frac{1}{2}$ O ммоль/кг). Протягом наступних двох місяців, рівень перекисного числа зріс у всіх зразках, проте в упаковці ПА/ПЕ та ПЛА-ПКЛ (80-20 мас.%) - Ag спостерігався менший зріст порівняно з запакованим зразком в упаковку ПЛА-ПКЛ. На третій місяць, рівень перекисного числа знову зріс у всіх зразках, за винятком упаковки ПЛА-ПКЛ (80-20 мас.%) - Ag, що може свідчити про певну ефективність цієї упаковки.

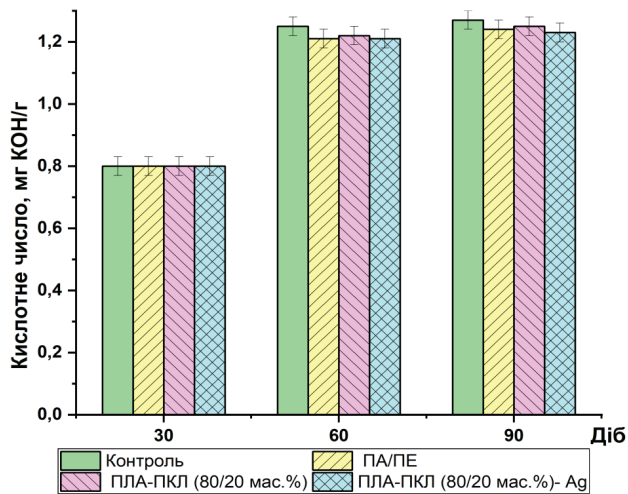


Рис. 2. Кислотне число насіння гарбуза при зберіганні

Кислотне число є одним із основних якісних показників, які характеризують ступінь свіжості жиру, та регламентується стандартами на всі види харчових жирів. В разі неправильного зберігання кількість вільних жирних кислот зростає і подальше їх окиснення призводить до появи дефектів смаку та запаху, а у разі більш глибоких процесів – до непридатності жиру для харчових цілей [17, с. 257].

Аналіз отриманих результатів вказує на те, що кислотне число насіння гарбуза змінювалося протягом часу та в залежності від типу упаковки (рис. 2). Встановлено, що на третій місяць зберігання спостерігався незначний підвищений рівень кислотного числа для всіх зразків. Проте, упаковка ПЛА-ПКЛ (80-20 мас. %) - Ag проявила себе як більш стабільна з найменшими змінами кислотного числа протягом часу зберігання.

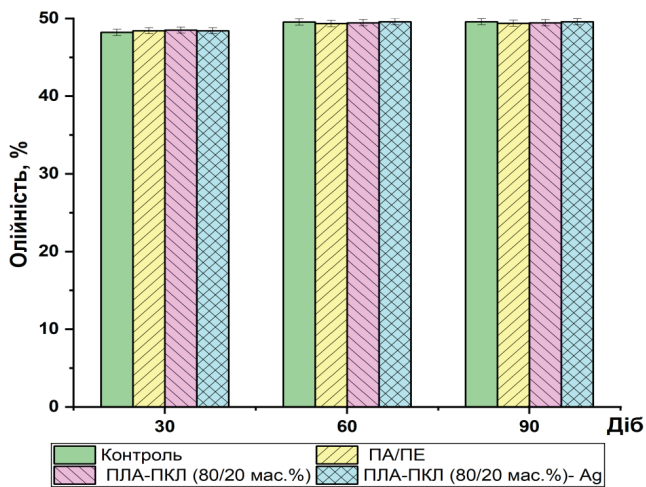


Рис. 3. Олійність насіння гарбуза при зберіганні

Вимірювання вмісту олії в насінні є важливим показником для визначення його олійності [18, с. 100].

Отримані значення вмісту олії в насінні гарбуза (рис. 3) за період зберігання залишалися стабільними та незмінними. Контрольний зразок та три види упаковки (ПА/ПЕ, ПЛА-ПКЛ (80:20 мас.%) та ПЛА-ПКЛ (80:20 мас. %)-Ag) відзначалися стабільністю вмісту олії на рівні 48,2%. Це може свідчити про ефективність обраних умов зберігання та використаної упаковки.

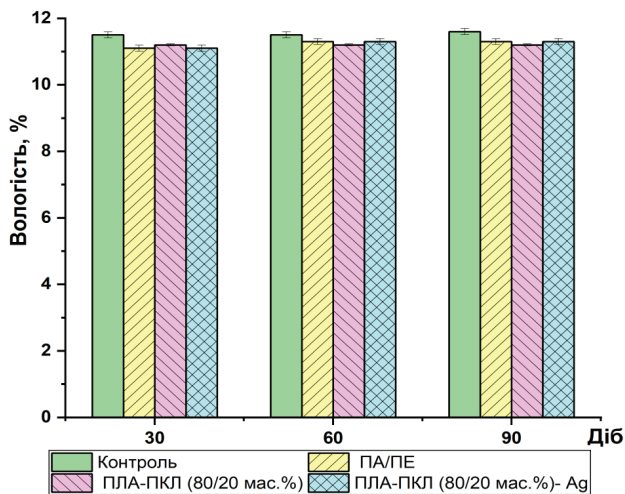


Рис. 4. Вологість насіння гарбуза при зберіганні

З результатів дослідження (рис. 4) встановлено, що вологість насіння гарбуза залишалася стабільною протягом періоду зберігання незалежно від типу упаковки. Навіть при використанні різних матеріалів упаковки, таких як ПА/ПЕ, ПЛА-ПКЛ, та ПЛА-ПКЛ (80-20 мас.%), вологість залишалася на стабільному рівні без значних відмінностей протягом періоду зберігання. Це свідчить про ефективність упаковки у збереженні вологості насіння гарбуза протягом тривалого періоду зберігання.

Робота виконана частково за фінансової підтримки гранту Національного фонду досліджень України (Розробка антимікробних пакувальних біополімерних матеріалів та технології їх зварювання для тривалого зберігання харчових продуктів), ідентифікатор програми 2022.01/0019) та наукового проекту МОН України (Науково-практичні засади пакувальних систем для харчових продуктів з регуляцією ефективності зберігання в умовах продовольчої кризи), номер держреєстрації 0123U102059.

Висновки. Встановлено, що протягом трьох місяців зберігання насіння гарбуза в упаковках ПА/ПЕ, ПЛА-ПКЛ (80:20 мас.%) та ПЛА-ПКЛ (80:20 мас.%) -Ag виявлено зміни перекисного числа у насінні гарбуза в залежності від типу упаковки. Упаковка ПЛА-ПКЛ (80-20 мас.%) -Ag та контрольний зразок продемонстрували найнижчі рівні перекисного числа у перший місяць зберігання. На третій місяць зберігання, упаковка ПЛА-ПКЛ (80-20 мас.%) -Ag виявилася найефективнішою з точки зору збереження якості насіння гарбуза.

Кислотне число насіння гарбуза змінювалося з часом в залежності від типу упаковки. При пакуванні насіння в упаковці ПЛА-ПКЛ (80-20) -Ag було виявлено менші зміни кислотного числа протягом відповідного терміну зберігання.

Досліджено вміст олії в насінні гарбуза та встановлено, що за період зберігання в упаковках ПА/ПЕ, ПЛА-ПКЛ (80:20 мас.%) та ПЛА-ПКЛ (80:20 мас.%) - Ag даний показник залишався стабільним та незмінним. Усі варіанти упаковки демонстрували стабільність вмісту олії на рівні 48,2%, що свідчить про ефективність обраних умов зберігання.

Встановлено, що вологість насіння гарбуза залишалася стабільною протягом відповідного періоду зберігання незалежно від типу упаковки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Harrington, James F.; Kozlowski, T. T. Seed storage and longevity. *Seed biology*, 1972. № 3. P. 145-245.
2. Freitas, R. A., dos Santos Dias, D. C. F., dos Santos Dias, L. A., de Almeida Oliveira, M. G., & Jose, I. C. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de algodão submetidas ao envelhecimento artificial. 2006. Vol. 22, no. 1.
3. Guedes, R. S., Alves, E. U., Bruno, R. L. A., Gonçalves, E. P., Costa, E. G., & Medeiros, M. S. Armazenamento de sementes de Myracrodruon urundeuva Fr. All. em diferentes embalagens e ambientes. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*. 2012. №14. P. 68-75.
4. TONIN, G. A.; PEREZ, S. C. J. G de A. Qualidade fisiológica de sementes de *Ocotea porosa* (NEES ET MARTIUSEX. NEES) após diferentes condições de armazenamento e sementeira. *Revista Brasileira de Sementes*. 2006. v. 28, n. 2, P. 26 - 33.
5. Dainelli, D., Gontard, N., Spyropoulos, D., Zondervan-van den Beuken, E., & Tobback, P. Active and intelligent food packaging: legal aspects and safety concerns. *Trends in Food Science & Technology*. 2008. 19. P. 103-112.
6. Hassanzadeh, P., Moradi, M., Vaezi, N., Moosavy, M. H., & Mahmoudi, R. Effects of chitosan edible coating containing grape seed extract on the shelf-life of refrigerated rainbow trout fillet. In *Veterinary Research Forum* Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Urmia, Iran. 2018. Vol. 9, No. 1, p. 73.
7. Khodaei, S. M., Gholami-Ahangaran, M., Karimi Sani, I., Esfandiari, Z., & Eghbaljoo, H. Application of intelligent packaging for meat products: A systematic review. *Veterinary Medicine and Science*. 2023. 9(1), 481-493.
8. Emamifar, A., Kadivar, M., Shahedi, M., & Soleimani-Zad, S. Effect of nanocomposite packaging containing Ag and ZnO on inactivation of *Lactobacillus plantarum* in orange juice. *Food control*. 2011. 22(3-4), 408-413.
9. Kazemi, M. M., Hashemi-Moghaddam, H., Mohammadi Nafchi, A., & Ajodnifar, H. Application of modified packaging and nano ZnO for extending the shelf life of fresh pistachio. *Journal of Food Process Engineering*. 2020. 43(12), e13548.
10. Kumar, S., Boro, J. C., Ray, D., Mukherjee, A., & Dutta, J. Bionanocomposite films of agar incorporated with ZnO nanoparticles as an active packaging material for shelf life extension of green grape. *Heliyon*, 2019. 5(6). 1-8.
11. Emamifar, A., Kadivar, M., Shahedi, M., & Soleimani-Zad, S. Evaluation of nanocomposite packaging containing Ag and ZnO on shelf life of fresh orange juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2010. 11(4). 742-748.
12. Rybalchenko, N. P., Hnatiuk, T. T., Artiukh, L. O., Naumenko, K. S., Zaremba, P. Y., Demchenko, V. L., ... & Marynin, A. I. Antimicrobial and Antiviral Activity of Nanocomposites Based on Polyelectrolyte Complexes with Silver Nanoparticles. *Mikro biolohichniy Zhurnal*, 2024. 86(2), 36-50. <https://doi.org/10.15407/microbiolj86.02.036>
13. ГОСТ 5472-50 Олії рослинні. Визначення запаху, кольору і прозорості. Зі зміною.
14. ДСТУ 4350:2004. Олії. Методи визначення кислотного числа. [Чинний від 2005-01-10]. Вид. офіц. Київ. Держспоживстандарт України, 2005. 20 с.
15. ДСТУ 4570:2006. Жири рослинні та олії. Метод визначення пероксидного числа. [Чинний від 2008-01-01]. Вид. офіц. Київ. Держспоживстандарт України, 2008. 18 с.

16. Саган, Х. І. Розробка рецептурної композиції молочного щербету для веганів з використанням продуктів переробки насіння гарбуза з її впровадженням на кондитерському підприємстві в м. Хмельницький. 2022.

17. Овсянникова Л. К., Валевська Л. О., Гришук Ю. В., Євдокимова Г. Й. Вплив умов зберігання на зміну показників якості нових сортів льону. Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. 2018. Вип. 1(27). С. 255-268.

18. Коваленко Р.В. Обґрунтування процесу підготовки насіння соняшника до переробки в олію : магістер. кваліфікаційна робота : 181, Харчові технології. / Римма Вадимівна Коваленко; наук. кер. Олег Олександрович Тертишний; Дніпровський держ. аграр.-екон. ун-т. Інженерно-технологічний ф-т, Каф. харчових технологій. Дніпро, 2022. 100 с.

REFERENCES:

1. Harrington, J. F., & Kozlowski, T. T. (1972). Seed storage and longevity. *Seed biology*, 3, 145-245.

2. Freitas, R. A., dos Santos Dias, D. C. F., dos Santos Dias, L. A., de Almeida Oliveira, M. G., & Jose, I. C. (2006). Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de algodão submetidas ao envelhecimento artificial.

3. Guedes, R. S. et al. Armazenamento de sementes de Myracrodruon urundeuva Fr. All. em diferentes embalagens e ambientes. *Revista Brasileira de Plantas Medicinai*s, v. 14, n. 01, p. 68-75, 2012.

4. Tonin, G. A.; Perez, S. C. J. G de A. Qualidade fisiológica de sementes de Ocotea porosa (NEES ET MARTIUSEX. NEES) após diferentes condições de armazenamento e semeadura. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 28, n. 2, p. 26- 33, 2006.

5. Dainelli, D., Gontard, N., Spyropoulos, D., Zondervan-van den Beuken, E., & Tobback, P. (2008). Active and intelligent food packaging: legal aspects and safety concerns. *Trends in Food Science & Technology*, 19, S103-S112.

6. Hassanzadeh, P., Moradi, M., Vaezi, N., Moosavy, M. H., & Mahmoudi, R. (2018). Effects of chitosan edible coating containing grape seed extract on the shelf-life of refrigerated rainbow trout fillet. *In Veterinary Research Forum* (Vol. 9, No. 1, p. 73). Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Urmia, Iran.

7. Khodaei, S. M., Gholami-Ahangaran, M., Karimi Sani, I., Esfandiari, Z., & Eghbaljoo, H. (2023). Application of intelligent packaging for meat products: A systematic review. *Veterinary Medicine and Science*, 9(1), 481-493.

8. Emamifar, A., Kadivar, M., Shahedi, M., & Soleimani-Zad, S. (2011). Effect of nanocomposite packaging containing Ag and ZnO on inactivation of *Lactobacillus plantarum* in orange juice. *Food control*, 22(3-4), 408-413.

9. Kazemi, M. M., Hashemi-Moghaddam, H., Mohammadi Nafchi, A., & Ajodnifar, H. (2020). Application of modified packaging and nano ZnO for extending the shelf life of fresh pistachio. *Journal of Food Process Engineering*, 43(12), e13548.

10. Kumar, S., Boro, J. C., Ray, D., Mukherjee, A., & Dutta, J. (2019). Bionanocomposite films of agar incorporated with ZnO nanoparticles as an active packaging material for shelf life extension of green grape. *Heliyon*, 5(6).

11. Emamifar, A., Kadivar, M., Shahedi, M., & Soleimani-Zad, S. (2010). Evaluation of nanocomposite packaging containing Ag and ZnO on shelf life of fresh orange juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11(4), 742-748.

12. Rybalchenko, N. P., Hnatiuk, T. T., Artiukh, L. O., Naumenko, K. S., Zarembo, P. Y., Demchenko, V. L., ... & Marynin, A. I. (2024) Antimicrobial effect of biopolymer packaging materials with silver nanoparticles for food storage. *Microbiological Journal*, 86(2), 36-50. <https://doi.org/10.15407/microbiolj86.02.036>

13. Olii roslynni. Vyznachennia zapakhu, koloru i prozorosti. HOST 5472-50 Zi zminoiu. [in Ukrainian].

14. Olii. Metody vyznachennia kyslotnoho chysla. DSTU 4350:2004. [Chynnyi vid 2005-01-10]. Vyd. ofits. Kyiv. *Derzhspozhyvstandart Ukrainy*, 2005. 20 s. [in Ukrainian].

15. Zhyry roslynni ta olii. Metod vyznachennia peroksydnoho chysla. DSTU 4570:2006. [Chynnyi vid 2008-01-01]. Vyd. ofits. Kyiv. *Derzhspozhyvstandart Ukrainy*, 2008. 18 s. [in Ukrainian].

16. Sahan, Kh. I. (2022). Rozrobka retsepturnoi kompozytsii molochnoho shcherbetu dlia vehaniv z vykorystanniam produktiv pererobky nasinnia harbuza z yii vprovadzheniam na kondyterskomu pidpriemstvi v m. *Khmelnytskyi*. [in Ukrainian].

17. Ovsianyukova L. K., Valevska L. O., Hryshchuk Yu. V., Yevdokymova H. Y. (2018). [Vplyv umov zberihannia na zminu pokaznykiv yakosti novykh sortiv lonu. Prohresyvni tekhnika ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli]. Vyp. 1(27). С. 255-268. [in Ukrainian].

18. Kovalenko R.V. (2022). [Obgruntuvannia protsesu pidgotovky nasinnia soniashnyka do pererobky v oliiu]: mahister. kvalifikatsiina robota : 181, Kharchovi tekhnolohii. / Rymma Vadymivna Kovalenko; nauk. ker. Oleh Oleksandrovych Tertyshnyi; Dniprovskiy derzh. ahrar.-ekon. un-t. Inzhenerno-tekhnolohichniy f-t, Kaf. kharchovykh tekhnolohii. – Dnipro, – 100 s. [in Ukrainian].