

DOI <https://doi.org/10.31359/2413.7642.2026.1.65>

УДК 631.53: 635.646

Пузік Л. М., д-р с.-г. наук, професор

E-mail: ludmilap@gmail.com, ORCID: [0000-0002-5465-2771](https://orcid.org/0000-0002-5465-2771)

Пузік В. К., д-р с.-г. наук, професор

E-mail: Kuzmish@gmail.com, ORCID: [0000-0001-5028-9461](https://orcid.org/0000-0001-5028-9461)

Бондаренко В. А., канд. с.-г. наук, доцент

E-mail: ver-bond@ukr.net, ORCID: [0000-0002-0883-7193](https://orcid.org/0000-0002-0883-7193)

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

КОРЕЛЯЦІЙНА ЗАЛЕЖНІСТЬ ЩОДОБОВИХ ВТРАТ ПЛОДІВ ОГІРКА ТА ОБРОБКИ ПЛІВКОУТВОРЮЮЧОЮ КОМПОЗИЦІЄЮ

Анотація. Огірок (*Cucumis sativus* L.) популярний у всьому світі овоч, готовий до вживання продукт, цінний за свій особливий, освіжаючий смак та вміст вітамінів, мінералів та антиоксидантів. В логістичному ланцюжку постачання плодів огірка створюється проблема зберігання за природних умов, тому що після збору врожаю плоди швидко втрачають свіжість та погіршують якість протягом 2–3 днів. Наразі спостерігається значне зростання в розробці біорозкладної їстівної упаковки для забезпечення безпеки та якості фруктів та овочів після збору врожаю. Одним із біополімерів для їстівних покриттів харчових продуктів є желатин, хітозан, пектин. Мета роботи. Проведені дослідження ставили за мету визначення впливу обробки плодів огірка перед зберіганням їстівними покриттями на основі високомолекулярного желатину, агар-агару та хітозану на втрату маси та встановити кореляційні зв'язки між композиціями покриття. Це дозволить зменшити втрати продукції під час зберігання та подовжити тривалість її споживання. Об'єктом дослідження є технологія попередньої обробки плодів огірка з використанням їстівних покриттів на основі желатину, агар-агару і хітозану. Предметом дослідження є плоди огірка, втрата їхньої маси та зміна якості під час зберігання залежно від виду захисного покриття. **Висновки.** Покриття на основі агар-агару, забезпечило найменшу втрату маси плодів огірка – 3,1%, а у недражованих плодів – 4,7%. Збільшення кількості агар-агару від 25 до 75% в композиції зменшувало втрати маси від 3,2 до 3,4%. Різниця між мінімальними значеннями втрат є статистично достовірною та становить 1,65 при $HP_{05} = 0,79$. Коефіцієнт варіації більше 25%, що підтверджує суттєву відмінність між варіантами. Рівняння регресії свідчить про взаємозв'язок між щодобовими втратами плодів огірка та природними втратами маси, ураження мікроорганізмами та фізіологічними розладами. Зі збільшенням втрати маси, щодобові втрати збільшуються на 0,059 %, збільшення ураження мікроорганізмами – 0,165 %, фізіологічними розладами – 0,093 %. Підтверджено прямий сильний кореляційний зв'язок ($r = 0,9947$) між середнім рівнем щодобових втрат маси та втратами від ураження мікроорганізмами. Дражування плодів огірка на 72,1% впливає на рівень загальних втрат маси плодів.

Ключові слова: композиції їстівного покриття, втрата маси, кореляція, регресія, кореляційні плеяди.

L. Pusik

Doctor of Agricultural Sciences, Professor

E-mail: ludmilap@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5465-2771>

V. Pusik

Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Department of Ecology and Diotechnolog

E-mail: Kyzmish@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5028-9461>

V. Bondarenko

E-mail: ver-bond@ukr.net

PhD, Associate Professor

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0883-7193>

State Biotechnological University, Kharkov, Ukraine

Correlation dependence of daily losses of cucumber fruits and treatment with film-forming composition

Abstract. Cucumber (*Cucumis sativus* L.) is a popular vegetable worldwide, a ready-to-eat product, valuable for its special, refreshing taste and content of vitamins, minerals and antioxidants. In the logistics supply chain of cucumber fruits, the problem of storage under natural conditions is created, because after harvesting the fruits quickly lose freshness and deteriorate in quality within 2–3 days. Currently, there is a significant increase in the development of biodegradable edible packaging to ensure the safety and quality of fruits and vegetables after harvesting. One of the biopolymers for edible coatings of food products is gelatin, chitosan, pectin. **Purpose** of the work. The conducted studies aimed to determine the effect of treating cucumber fruits before storage with edible coatings based on high-molecular gelatin, agar-agar and chitosan on weight loss and to establish correlations between coating compositions. This will reduce product losses during storage and extend the duration of its consumption. The object of the study is the technology of pre-treatment of cucumber fruits using edible coatings based on gelatin, agar-agar and chitosan. The subject of the study is cucumber fruits, their weight loss and quality change during storage depending on the type of protective coating. **Conclusions.** Agar-agar-based coating provided the lowest weight loss of cucumber fruits – 3.1%, in uncoated fruits - 4.7%. Increasing the amount of agar-agar from 25 to 75% in the composition reduced weight loss from 3.2 to 3.4%. The difference between the minimum loss values is statistically significant and is 1.65 at $NIP05 = 0.79$. The coefficient of variation is more than 25%, which confirms the significant difference between the options. The regression equation indicates the relationship between daily losses of cucumber fruits and natural mass losses, damage by microorganisms and physiological disorders. With increasing mass loss, daily losses increase by 0.059%, the increase in damage by microorganisms is 0.165%, physiological disorders are 0.093%. A direct strong correlation ($r = 0.9947$) between the average level of daily mass losses and losses from damage by microorganisms is confirmed. Drageeing cucumber fruits affects the level of total mass losses of fruits by 72.1%.

Keywords: edible coating compositions, mass loss, correlation, regression, correlation constellations.

Вступ. Споживчий попит до вживання свіжих овочів та фруктів наразі неухильно зростає. Плодоовочеві продукти є незамінним

компонентом сучасного раціону як цінне джерело вітамінів, мінералів та клітковини. Огірок (*Cucumis sativus L.*) – це популярний у всьому світі овоч, готовий до вживання продукт, цінний за свій особливий, освіжаючий смак та вміст вітамінів, мінералів та антиоксидантів. Проте після збору врожаю плоди швидко втрачають свіжість та погіршують якість протягом 2–3 днів за природних умов зберігання, це створює проблему в логістичному ланцюжку постачання плодів огірка. Оптимальною температура зберігання огірка є 4...6 °С. За температури вище 6...10°C зростає інтенсивність дихання, активно проходять гідролітичні процеси, плоди стають в'ялими, перестигають, шкірка стає міцною, насіння грубіє, смакові властивості погіршуються. Навпаки за температури зберігання нижче 4...6°C порушений первинний метаболізм та підвищений осмотичний тиск впливають на сприйнятливості шкірки плодів огірка до охолодження, виникають фізіологічні захворювання, плоди покриваються водянистими плямами, а потім темніють. [1]. Під час реалізації плодів у торгівельній залі не вдається створювати і підтримувати стабільні оптимальні умови (температуру 6...8°C і відносну вологість повітря 90–95%) для зберігання огірків. Тому збереження післязбиральної якості має вирішальне значення для товарного вигляду та харчової цінності огірків.

Протягом останнього десятиліття спостерігається значне зростання в розробці біорозкладної їстівної упаковки для забезпечення безпеки та якості харчових продуктів, а також зменшення втрат фруктів та овочів після збору врожаю. Їстівна упаковка – це екологічно чистий та сталий підхід до збереження якісних характеристик фруктів та овочів під час зберігання шляхом мінімізації перекисного окиснення ліпідів, зміни швидкості дихання, зменшення втрати маси та збереження інших якісних характеристик. Крім того, їстівні покриття також підвищують мікробіологічну безпеку овочів та захищають їх від впливу зовнішніх умов навколишнього середовища, тим самим подовжуючи термін їх зберігання. Більше того, застосування функціональних агентів/сполук, таких як антиоксиданти, антимікробні засоби та нутрицевтики, у їстівних покриттях покращує якісні та післязбиральні характеристики фруктів та овочів. [2].

Наразі значна увага приділяється розробці біорозкладних їстівних плівок та підходу до зниження екологічних ризиків, що виникають внаслідок використання небіорозкладних синтетичних пакувальних матеріалів. З огляду на це, розробка екологічних і нескладних покриттів із застосуванням біополімерних речовин таких як желатин, агар-агар, пектин, хітозан має суттєве значення та є актуальною. Наукові дослідження з цієї теми є важливими, тому що зберігання швидкозсувних плодів огірка з мінімальними втратами маси і без погіршення якості є важливим питанням сьогодення. Проте, необхідно

зазначити, що одним з важливих завдань дослідження є встановлення та оцінка взаємозв'язків між окремими ознаками для певної сукупності об'єктів. Наявність кореляційного зв'язку не означає існування причинно-наслідкового зв'язку між досліджуваними ознаками. Вона може бути зумовлена тим, що обидві ознаки мають причинно-наслідковий зв'язок з певним іншим фактором. При цьому закономірна зміна певних ознак призводить до закономірної зміни середніх значень інших, пов'язаних з ними ознак. Кореляційний аналіз – сукупність методів виявлення кореляційного зв'язку. Тому його можна застосовувати для формалізованого подання моделей зв'язків між окремими компонентами системи або між окремими процесами, що відбуваються в ній [3]. Визначення кореляційної залежності втрати маси плодів огірка та обробки плівкоутворюючою композицією є актуальним питанням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним із біополімерів для їстівних покриттів харчових продуктів є желатин. Желатин має добрі механічні та оптичні властивості, а також бар'єрний вплив на потік газу. Желатин (фр. *gelatine*, від лат. *Gelātus* «заморожений») – білковий продукт тваринного походження, який являє собою суміш лінійних поліпептидів з різною молекулярною масою; гідролізований колаген. Це фібрилярний білок сполучної тканини тварин. Складається з гліцину, проліну і окипроліну. Отримують тривалим виварюванням кісток, хрящів та сухожиль, переважно свиней та корів [4]. Альтернативним джерелом желатину, яке можна використовувати, є відходи рибної промисловості

Застосування хітозан-желатинового композиційного матеріалу як їстівного покриття на післязбиральний червоний болгарський перець продемонструвало відмінне збереження твердості порівняно з одноразовими покриттями (*некомпозитне покриття*) і необробленими плодами [5].

Встановлено, що нанесення їстівного желатино-пектинового покриття, доповненого ефірною олією часнику, на червоний перець чилі знижує відсоток втрати ваги червоного чилі, який зберігається при кімнатній температурі протягом 14 днів, ефективніше, ніж зразка без покриття ($p < 0,05$) [6].

У дослідженні [7] представлена нова інтелектуальна, біорозкладна гідрогелева плівка для упаковки харчових продуктів на основі пектин-хітозанової матриці, інтегрованої з екстрактом гібіскуса сабдариффа та природним глибоким евтектичним розчинником (DES; холін хлорид – молочна кислота). Встановлено, антоціани з *H. sabdariffa* забезпечили

оборотні зміни кольору (червоний–фіолетовий–жовтий) у діапазоні рН 2–10, що дозволило контролювати свіжість у режимі реального часу.

У роботі [8] вивчали вплив дозбирального обприскування хлоридом кальцію (CaCl_2) та хітозаном для подовження терміну зберігання манго сорту «Малліка» порівняно з контролем за кімнатної температури. Результати свідчать про те, що комбіноване використання хітозану та CaCl_2 ефективно подовжує термін зберігання та підтримує якість плодів під час зберігання. Обробка перед збором врожаю CaCl_2 3% + хітозан 1% була б корисною для покращення терміну зберігання та якості манго.

У цьому дослідженні [9] оцінювався вплив різних методів покриття з використанням карбоксиметилцелюлози (КМЦ) у концентраціях 0,5%, 0,75% та 1%, а також хітозану у концентраціях 0,5%, 1% та 1,5%, поряд з необробленими та промитими водою контрольними зразками, на фізико-хімічні властивості післязбиральних помідорів під час зберігання. Обробка 1,5% хітозаном була найефективнішою, що призвело до зменшення втрати ваги на 35%, підвищення твердості на 20% та значного підвищення рівня лікопену та вітаміну С порівняно з контрольними зразками.

У дослідженні [10] післязбиральне гниття контролювалося за допомогою синтетичних фунгіцидів. Однак, побоювання щодо ризиків для здоров'я та розвитку стійкості до патогенів призвели до підвищеного інтересу до природних альтернатив.

Хітозан, біополімер, отриманий з панцирів ракоподібних, став перспективним рішенням завдяки своїм природним протигрибковим властивостям та здатності стимулювати захисні механізми рослин хітозан довів свою ефективність у продовженні терміну зберігання та якості кількох фруктів, включаючи полуницю та черешню [11, 12].

Основною причиною псування плодовоовочевої продукції є інфекційні хвороби. На сьогодні ведеться пошук способів зберігання, що гальмують розвиток збудників. Для подовження терміну зберігання використовують перед і післязбиральну обробку речовинами антимікробної дії, алое-вера покриття, 1-метилциклопропен, а останнім часом – хітозан. Тому вирішення проблеми підвищення якості плодів із застосуванням нових технологій є актуальним питанням [13].

З практичної точки зору, хітозанове покриття може замінити поліетиленові пакети, які, як було раніше встановлено, полегшують пошкодження від охолодження у перців, що зберігаються при температурі 1,5 °С як карантинний засіб [14].

Наразі при біометричних дослідженнях і аналізі емпіричних даних широко застосовують методи варіаційної статистики. Зокрема основи побудови варіаційних рядів, властивості генеральної і часткової

сукупності величин, закони розподілу варіант. Велике значення мають кореляційний та регресійний аналіз емпіричних спостережень [15].

Кореляцією (кореляційним зв'язком) між випадковими величинами (ознаками) називають наявність статистичного або ймовірнісного зв'язку між ними. Кореляційний аналіз здійснюють на початковому етапі вирішення всіх основних задач статистичного аналізу даних. У задачах статистичного аналізу залежностей і побудови регресійних моделей він дає змогу встановити сам факт існування зв'язку між змінними та оцінити ступінь його прояву [16].

У задачах класифікації даних за допомогою кореляційного аналізу отримують вихідну інформацію у вигляді коваріаційних і кореляційних матриць та інших характеристик парних порівнянь. Це дає змогу визначити подібні один до одного або до певних еталонів об'єкти, сформувати класи подібних об'єктів і здійснити класифікацію

Мета та задачі дослідження. Метою роботи є визначення впливу обробки плодів огірка перед зберіганням їстівними покриттями на основі високомолекулярного желатину, агар-агару та хітозану на втрату маси та встановити кореляційні зв'язки між композиціями покриття. Це дозволить зменшити втрати продукції під час зберігання та подовжити тривалість її споживання.

Для реалізації мети було необхідним вирішити наступні завдання:

– визначити природні втрати маси плодів огірка під час зберігання та щодобові втрати за обробки композиціями на основі желатину, агар-агару різної концентрації та хітозану;

– виявити кореляційний взаємозв'язок між факторними ознаками та розробити лінійну модель множинної регресії.

Матеріали та методи досліджень. Об'єктом дослідження є технологія попередньої обробки плодів огірка з використанням їстівних покриттів на основі желатину, агар-агару і хітозану. Предметом дослідження є плоди огірка, втрата їхньої маси під час зберігання залежно від виду захисного покриття. Гіпотеза дослідження полягає у наявності кореляційного зв'язку між втратою маси плодів огірка та композиції їстівного покриття. Припущення: використання їстівного покриття желатино-агар-агарового композиту включенням ефірної олії часнику покращує збереженість плодів огірка порівняно з монопокриттям.

У дослідженні використовувався комерційно доступний сорт огірка (*Cucumis sativus L.*) Самородок. Досліджували короткоплідні плоди огірка I групи (довжина плоду не більше 10–11 см) комерційної зрілості. Плоди були вирощені у Харківському р-ні, Україна. Плоди, відібрані для дослідження, не мали фізичних пошкоджень та пошкоджень від шкідників, були однорідними за розміром та формою.

Їстівне покриття виготовлено з желатинового композиту зі шкіри риби, яке має прозорий колір і хороші бар'єрні властивості проти O₂, CO₂ та ліпідів. Щоб покращити його фізико-хімічні та функціональні якості, його необхідно модифікувати, додаючи композитні елементи, такі як агар-агар, а також гідрофобні інгредієнти, такі як ефірна олія часнику.

Желатин. В'язкість стандартного розчину харчового желатину за температури 40°C, який містить 17,75% товарно-сухого або 14,82% зневодненого беззольного желатину, має становити не менше, ніж 6 Пас. Вологість сухого продукту не більше, ніж 16%, залишковий вміст жиру до маси сухого залишку не більш, як 2%. Харчовий желатин випускають у вигляді безбарвних або світло-жовтих тонких прозорих пластинок, або дрібних безформних крупинок. Желатин утворює: легке желе (тремтливе) з розрахунку 10–15 г на 1 л води, яке ледь тримають форму; середньої щільності (пружне, але не жорстке): 20–25 г – класичний варіант та щільне желе: 30–40 г/л – таке желе дуже добре тримає форму[17].

Агар-агар виготовляється з червоних водоростей і має швидкість та якість загущування в 10 разів вище за желатин. Він має схожі властивості та використовується для створення желе та желювання різних страв. Проте Загалом, агар-агар є однією з найсильніших гелеутворюючих (желюючих) речовин, сила якого вимірюється в умовних одиницях.

Хітозан – амінополісахарид, являє собою біополімер, що володіє антибактеріальними властивостями та широко застосовується у харчовій промисловості для боротьби з хворобами, які розвиваються після збирання і під час зберігання плодової гідної продукції [18].

Приготування їстівних покриттів. Спочатку розчинення желатину та агар-агару в дистильованій воді тестували окремо з концентрацією 3% (мас./об.) за 50°C протягом 120 хв. Після цього готували суміші розчинів желатину та агар-агару. В 1 л води температурою 40°C розчиняли желатин 40, 30, 20 г та агар-агар 1,5, 3,75, 7,5 г. Робили розчини покриття із співвідношенням желатин/агар-агар: 100%:0%; 0%:100%; 75%:25%; 50%:50%; 25%:75%. Суміш гомогенізували перемішуванням за допомогою мішалки протягом 3 годин. Хітозан розчиняли у воді аналогічно, як і желатин, створюючи 1%-ний розчин. Після цього до розчинів хітозану та желатину додавали 7% гліцерину в якості пластифікатора і перемішували за температури 40°C протягом 20 хв. До розчинів додавали часникову олію 2% концентрації та перемішували. Розчин для їстівного покриття був готовий до використання.

Плоди огірка занурювали у розчин на 3–5 хв. Підсушували шляхом обдування вентилятором за 25°C.

Варіанти дослідження:

1. Контроль;

2. Желатин 100%;
3. Агар-агар 100%;
4. Желатин 75% + Агар-агар 25% + Ефірна олія часнику 2%;
5. Желатин 50% + Агар-агар 50% + Ефірна олія часнику 2%;
6. Желатин 25% + Агар-агар 75% + Ефірна олія часнику 2%;
7. Хітозан 1% + Ефірна олія часнику 2%.

Ефективність обробок у подовженні терміну зберігання плодів оцінювали за втратою маси, ураженням *Botrytis cinerea*, якісними ознаками візуального вигляду. Критерій закінчення зберігання плодів – втрати маси не більше 10%. Відбір зразків для аналізу здійснювали за ДСТУ ISO 874–2002, втрати маси – методом фіксованих проб.

Кількість фіксованих проб кожного варіанту – 3. Втрати маси (В) розраховували у відсотках до початкової маси за формулою (1).

$$B = \frac{(a - b) \times 100}{a}, \quad (1)$$

де: a – маса продукції при закладанні на зберігання, г;

b – маса продукції після зберігання, г.

Впродовж зберігання огірків визначали природні втрати маси, зміну вмісту сухих речовин та сухих розчинних речовин у плодах з урахуванням втрат маси. Ефективність впливу різних концентрацій композиції визначали за середнім рівнем щодобових втрат плодів протягом зберігання, які складаються з суми втрат маси і втрат, що спричинені мікробіологічними захворюваннями і фізіологічними розладами, віднесеними до кількості днів зберігання (2)

$$P = \frac{L_w + TL_w}{\tau}, \quad (2)$$

де P – середній рівень щодобових втрат, % за добу,

L_w – втрати маси, %,

TL_w – сумарні втрати маси, що спричинені мікробіологічними хворобами і фізіологічними розладами, %,

τ – тривалість зберігання, днів.

Візуально визначали ураженням *Botrytis cinerea*. Перші ознаки сірої цвілі – це плями на поверхні плодів. Плями стрімко збільшуються в розмірах, а при високій вологості повітря на поверхні даних бурих некротів з'являється пухнастий наліт сірого кольору, який складається із спор і міцелію. В першу чергу відбувається ураження плодоніжки, а потім сіра цвіль охоплює весь плід цілком.

Коефіцієнт варіації – відносна величина, що служить для характеристики мінливості ознаки. Визначення коефіцієнта варіації V здійснюється шляхом введення числового ряду даних у спеціальні калькулятори (MiniWebtool), де автоматично розраховується

відношення стандартного відхилення (σ sigma) до середнього арифметичного (\bar{x}).

Загальна методика перевірки гіпотези про існування зв'язку між ознаками передбачає етапи: – визначення типу даних; – перевірку гіпотези про відсутність зв'язку і, в разі її відхилення, оцінювання сили зв'язку. Тип вихідних даних суттєво впливає на вибір методів і критеріїв, які можна застосовувати на наступних етапах аналізу. Для визначення сили зв'язку використовують різноманітні показники. Їх прагнуть вибрати такими, щоб вони змінювалися від -1 до $+1$ або від 0 до 1 . Значення, що є близькими за модулем до одиниці, свідчать про наявність сильного зв'язку. Близькі до нуля значення вказують або на відсутність будь-якого зв'язку, або на відсутність зв'язку того типу (найчастіше лінійного), для якого розроблено відповідний коефіцієнт. Знак коефіцієнта вказує на напрям зв'язку: прямий (для додатних значень) або зворотний (для від'ємних). [19]. Коефіцієнт детермінації R^2 – міра залежності варіації залежної змінної від варіації незалежних змінних. Чисельно показує, яка частина варіації залежної змінної пояснена моделлю. Вказує, наскільки отримані спостереження підтверджують модель. В умовах класичної лінійної множинної регресії, коефіцієнт приймає значення від 0 до 1 .

Представлені в роботі дані є середнім значенням між трьома вимірюваннями. Статистичний аналіз проводився з використанням Microsoft Excel 2007 (USA). Відмінності вважалися статистично значущими за рівня значущості $\alpha = 0,05$.

Результати та обговорення. Зміни якості, що відбуваються у зібраних плодах огірка, – це швидка втрата вологи та дозрівання, що пов'язано з втратою зеленого кольору, текстури, пожовтінням, затвердінням насіння, втратою тургору, здерев'янінням та зниженням харчової цінності [20]. Це дослідження було спрямоване на підвищення збереженості плодів огірка залежно від обробки їстівним покриттям на основі високомолекулярного желатину, агар-агару та хітозану з додавання ефірної олії часнику перед зберіганням. Втрата маси обумовлена процесом обміну речовин у клітинах тканин та випаровуванням води. Загальмувати ці процеси можливо за умови обмеження ступеня аерації плодів. Їстівні оболонки покривають поверхневий шар плоду, перешкоджаючи диханню, транспірації та синерезису [21]. Обробка композиціями на основі желатину, агар-агару різної концентрації та хітозану зменшує природні втрати маси плодів огірка під час зберігання за температури $15 \pm 1^\circ\text{C}$. Залежно від співвідношення складових композиції втрати маси коливаються від $3,1$ до $3,6\%$, тоді як у необроблених плодів (1 к) становлять $4,7\%$ (рис. 1).

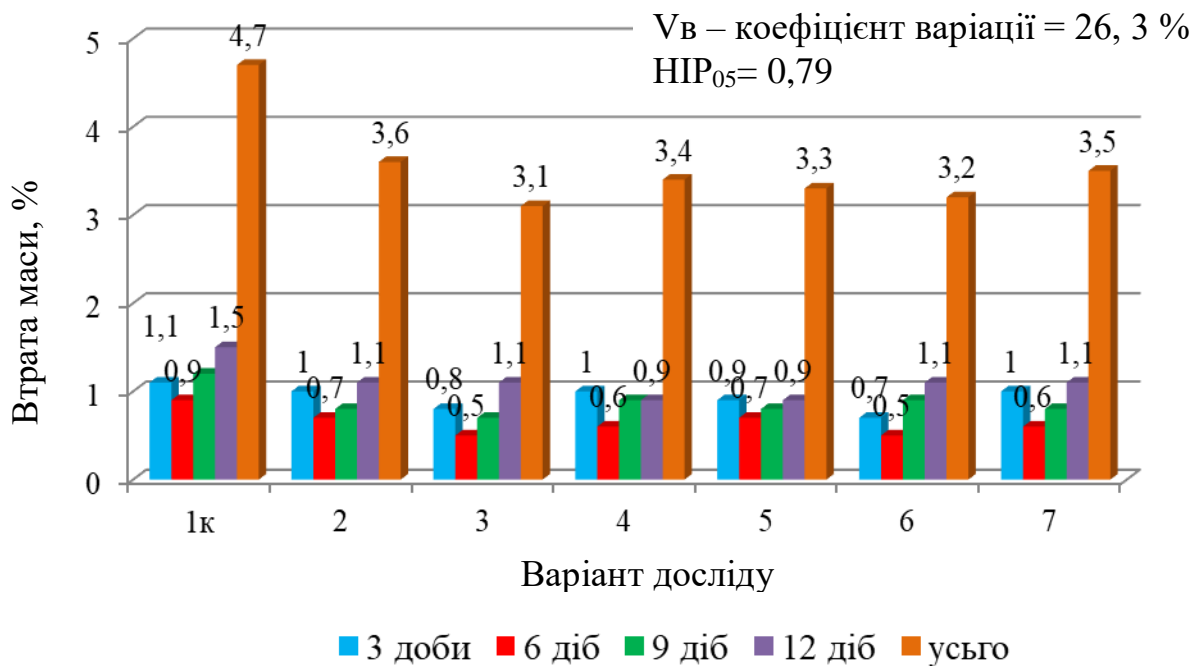


Рис. 1. Динаміка втрат маси плодів огірка під час зберігання:

1к – Контроль; 2 – Желатин 100%; 3 – Агар-агар 100%; 4 – Желатин 75% + Агар-агар 25%; 5 – Желатин 50% + Агар-агар 50%; 6 – Желатин 25% + Агар-агар 75%; 7 – Хітозан 1%

Встановлено, нанесення їстівного желатино-агар-агарового та хітозанового покриття, доповненого ефірною олією часнику, зменшує втрати маси плодів огірка у 1,3–1,5 рази залежно від співвідношення складових композиції. Частка втрати маси плодів без покриття (контроль) була набагато більшою, ніж у дражованих зразках, і становила 4,7%. Покриття на основі агар-агару забезпечило найменшу втрату маси плодів огірка – 3,1%. Аналогічна закономірність співвідношення у суміші желатин: агар-агар. Збільшення кількості агар-агару від 25 до 75% зменшувало втрати маси від 3,2 до 3,4%. Різниця між мінімальними значеннями втрат – 1,65%. Отримані результати пояснюються статистично достовірно: $НР_{05} = 0,79$. Покриття на основі агар-агару (Зв), яке було змішане з ефірною олією часнику забезпечило найменшу втрату маси плодів огірка – 3,1%. Варто відзначити, желатинове та хітозанове покриття зменшували втрату маси плодів тільки відносно контролю. Коефіцієнт варіації $V_b = 26,3\%$ вимірює ступінь мінливості даних відносно їх середніх значень і показує однорідність сукупності та надійність середніх величин. Вважається, якщо коефіцієнт варіації більше 25%, то варіація значна, а $НР_{05} = 0,79$ підтверджує, що існує суттєва відмінність між варіантами.

Необхідно зазначити, що збільшення вмісту агар-агару до желатину зменшувало втрати маси на 2,9–5,9%. Під час зберігання плодів динаміка втрат маси була нерівномірною. На початку зберігання втрати були

високими у всіх варіантах досліду: 0,7–1,1% залежно від покриття. Наступні три доби зберігання втрати зменшувались до 0,5–0,9% і дали знову зростали. У період від 9 до 12 діб зберігання у контрольних плодів огірка значно погіршувався зовнішній вигляд, тому після 9 доби зберігання було недоцільно. Передбачити з загальною вірогідністю динаміку зміни якості, яка відбувається при цьому, та закінчення тривалості зберігання огірків можливо регресійним аналізом (табл. 1).

Таблиця 1. Кореляційна залежність втрати маси плодів огірка за період зберігання залежно від обробки композиціями на основі желатину, агар-агару різної концентрації та хітозану

| Варіант | Рівняння криволінійної залежності | Коефіцієнт детермінації R^2 | Рівняння прямолінійної залежності | Коефіцієнт детермінації R^2 |
|---------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| к | $y = 0,15x^2 + 0,45x + 0,5$ | $R^2 = 1$ | $y = 1,2x - 0,25$ | $R^2 = 0,987$ |
| 2 в | $y = 0,1x^2 + 0,36x + 0,55$ | $R^2 = 0,999$ | $y = 0,86x + 0,05$ | $R^2 = 0,988$ |
| 3 в | $y = 0,15x^2 + 0,01x + 0,65$ | $R^2 = 0,999$ | $y = 0,76x - 0,1$ | $R^2 = 0,969$ |
| 4 в | $y = 0,075x^2 + 0,435x + 0,47$ | $R^2 = 0,998$ | $y = 0,81x + 0,1$ | $R^2 = 0,991$ |
| 5 в | $y = 0,05x^2 + 0,55x + 0,30$ | $R^2 = 1$ | $y = 0,8x + 0,05$ | $R^2 = 0,996$ |
| 6 в | $y = 0,15x^2 + 0,09x + 0,45$ | $R^2 = 0,999$ | $y = 0,84x - 0,3$ | $R^2 = 0,974$ |
| 7 в | $y = 0,125x^2 + 0,205x + 0,67$ | $R^2 = 0,999$ | $y = 0,83x + 0,05$ | $R^2 = 0,982$ |

Для аналізу (оцінки) помилок регресійного аналізу використовували лінію тренда. В умовах класичної лінійної множинної регресії, коефіцієнт (R) приймає значення від 0 до 1. Вважається, що чим ближче коефіцієнт до 1, тим кращою є модель. Коефіцієнт детермінації (R^2) використовується як одна із метрик для судження вірності моделі. Точність регресійного аналізу визначається значенням R^2 . За результатами дослідження визначено $R^2 = 0,969–0,996$ за прямолінійної залежності, $R^2 = 0,999–1,0$ за криволінійної залежності втрати маси плодів огірка залежно від концентрації компонентів їстівного покриття. Більш достовірною є криволінійна кореляційна залежність другого порядку. Коефіцієнти детермінації для втрати маси наведені в табл. 1. За представленою криволінійною кореляційною залежністю другого порядку можна передбачити тривалість зберігання огірків з мінімальними втратами маси. Це спостереження є бажаним, оскільки воно свідчить про те, що покриття мінімізувало втрату маси плодів огірка під час зберігання. Наведені кореляційні залежності втрати маси плодів від тривалості зберігання правомірні за 12 діб зберігання. Відхилення окремих спостережень від лінії тренду є неврахованими випадковими коливаннями.

Важливим критерієм ефективність впливу різних композицій їстівного покриття є середній рівень щодобових втрат плодів огірка протягом зберігання. Вони складаються з суми втрат маси і втрат, що

спричинені мікробіологічними захворюваннями і фізіологічними розладами, віднесеними до кількості діб зберігання. Щодобові втрати плодів огірка протягом зберігання коливалися від 0,63 до 0,75% за обробки їстівними композиціями. Недражовані плоди втрачали щодоби до 1,37% маси. Дисперсійним аналізом встановлено, що дражування (нанесення покриття) плодів огірка на 72,1% впливає на рівень загальних втрат маси плодів, та 52 та 97 % на ступінь ураження *Botrytis cinerea* та фізіологічні розлади відповідно. Дисперсійним аналізом встановлено істотна різниця ступеня ураження мікроорганізмами та фізіологічними розладами з варіацією 28,4 та 44,5 % відповідно.

Прогнозувати рівень щодобових втрат плодів огірка можливо за рівнянням регресії, яке має вид:

$$Y = -0,117 + 0,059 X_1 + 0,093 X_2 + 0,165 X_3$$

Y – середній рівень щодобових втрат маси,

X₁ – природні втрати маси,

X₂ – втрати від фізіологічних розладів,

X₃ – втрати від ураження хворобами

Рівняння регресії свідчить про взаємозв'язок між щодобовими втратами плодів огірка та природними втратами маси, ураження мікроорганізмами та фізіологічними розладами. З рівняння можна відмітити, що зі збільшенням втрати маси щодобові втрати збільшуються на 0,059 %, збільшення ураження мікроорганізмами – 0,165 % , фізіологічними розладами – 0,093 %. Для перевірки статистичної моделі надається значення F статистики, яке обчислюється як відношення варіації регресії до варіації залишків. В наших розрахунках F = 405, 68. Значимість F надано критеріальну статистику. Якщо це значення менше ніж 0,05, то рівняння регресії є значущим на рівні 0,05. У даному дослідженні – 0,036 (рис. 2).

| Висновки | | | | | |
|------------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|---------------------|
| <hr/> | | | | | |
| <i>Регресійна статистика</i> | | | | | |
| <hr/> | | | | | |
| Множинний R | 0,999589 | | | | |
| R-квадрат | 0,999179 | | | | |
| Нормований R-квадрат | 0,996716 | | | | |
| Стандартна похибка | 0,002518 | | | | |
| Спостережень | 5 | | | | |
| <hr/> | | | | | |
| <i>Дисперсійний аналіз</i> | | | | | |
| | <i>df</i> | <i>SS</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>Значимість F</i> |
| | | | | | |
| Регресія | 3 | 0,007714 | 0,002571 | 405,6815 | 0,036477 |
| | | | | | |
| | | | | | |

Рис. 2. Результати регресійного аналізу

У графі R-квадрат коефіцієнт детермінації 0,999, тобто 99,9 % даних описується рівнянням регресії. Кореляційним аналізом встановлено взаємозв'язок між середнім рівнем щодобових втрат маси плодів огірка та складовими матриці покриття (табл. 2).

Таблиця 2. Парні коефіцієнти кореляції втрати маси плодів огірка за період зберігання залежно від обробки композиціями на основі желатину, агар-агару різної концентрації та хітозану

| | Середній рівень щодобових втрат маси, X ₁ | Природні втрати маси, X ₂ | Втрати від фізіологічних розладів, X ₃ | Втрати від ураження хворобами X ₄ | Середній рівень загальних втрат, Y |
|----------------|--|--------------------------------------|---|--|------------------------------------|
| X ₁ | 1 | – | – | – | – |
| X ₂ | 0,96154 | 1 | – | – | – |
| X ₃ | 0,996471 | 0,93568 | 1 | – | – |
| X ₄ | 0,994704 | 0,97311 | 0,984664 | 1 | – |
| Y | 0,999892 | 0,96076 | 0,996693 | 0,993883 | 1 |

Необхідно відмітити, що більший коефіцієнт кореляції ($r = 0,9947$) був між середнім рівнем щодобових втрат маси та втрат від ураження мікроорганізмами. Ефективність покриття спиралася на подвійний механізм: фізичний – бар'єр на основі плівкоутворювальних речовин

мінімізував втрату води та проникнення кисню, синергічний – часникова олія пригнічувала розвиток мікроорганізмів. Плоди зберігали до перших ознак в'янення, пожовтіння або ураження окремих екземплярів хворобами у початковій стадії до 10 % втрати маси. Як видно з даних табл. 4, відносні втрати маси залежать від виду покриття.

Отже, втрата маси під час зберігання плодів має кореляційну пряму, сильну залежність від обробка плодів огірка їстівним покриттям на основі желатину, агар-агару різної концентрації та хітозану з додаванням олії часнику.

Кореляційним аналізом встановлено взаємозв'язок між середнім рівнем щодобових втрат маси плодів огірка та складовими матриці покриття. Підтверджено прямий сильний зв'язок ($r = 0,9947$) між середнім рівнем щодобових втрат маси та втратами від ураження мікроорганізмами. Дражування плодів огірка на 72,1% впливає на рівень загальних втрат маси плодів.

Для виявлення показників, які найтісніше зв'язані з іншими та можуть слугувати критеріями ідентифікації змін якості, використано метод кореляційних плеяд, який ґрунтується на властивості, що всі показники зв'язані між собою не хаотично, а утворюють певні групи. Якщо у багатомірному просторі розташувати точки, які символізують параметри або ознаки на відстанях, обернено-пропорційних значенням коефіцієнтів кореляції, то ці точки утворять дендрит і розташовуватимуться групами, які й називаються "кореляційні плеяди". На рівні мінімального в дендриті зв'язку всі ознаки утворюють загальну кореляційну плеяду. Отже, кореляційна плеяда – це група ознак, які між собою мають тісніші кореляційні зв'язки, порівняно з ознаками інших плеяд. Умовно розриваючи дендрит на плеяди у місцях найслабкішого зв'язку, можна отримати окремі плеяди та виявити показники індикатори. У нашому випадку показник індикатор У.

Кореляційну плеяду зв'язків показників якості плодів огірка за обробки їстівним покриттям наведено на рис. 3.

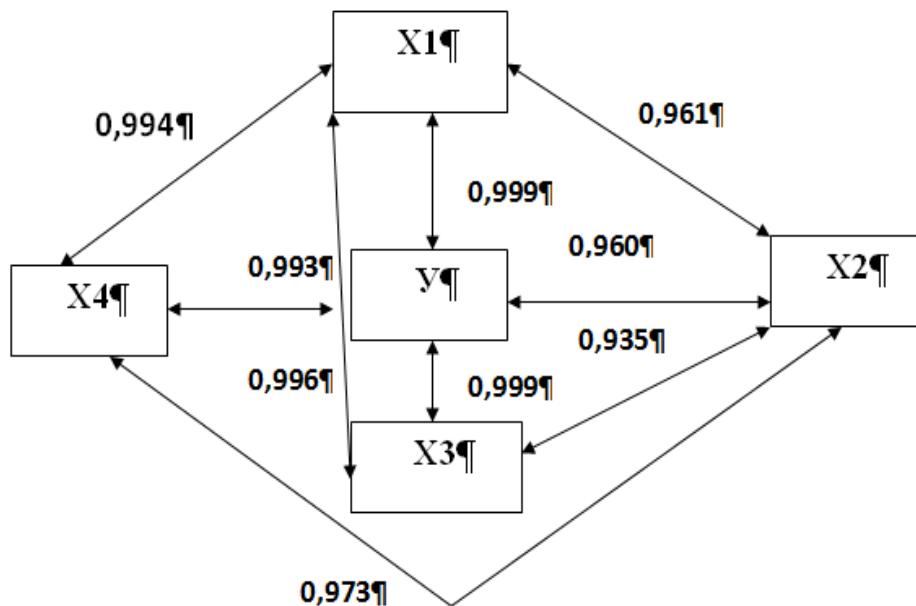


Рис. 3. Плеяда кореляційної залежності між факторними ознаками:

Y – середній рівень щодобових втрат маси,

X₁ – природні втрати маси,

X₂ – втрати від фізіологічних розладів,

X₃ – втрати від ураження хворобами

У межах кожної плеяди показником-індикатором є той, який має найбільшу кількість зв'язків з іншими показниками. При наявності декількох показників з однаковою кількістю зв'язків показник-індикатор визначають шляхом розрахунку середнього арифметичного значення модулів коефіцієнтів кореляції.

Метод кореляційних плеяд передбачає, що зв'язок між декількома показниками (ознаками, характеристиками) можна визначити не безпосередньо, а опосередковано – через зв'язок кожного з показників із будь-якими іншими. Це дає можливість шляхом дослідження зовнішніх (прямих і обернених) зв'язків перейти до виявлення внутрішніх (прихованих) взаємозалежностей. Перевагами застосування методу кореляційних плеяд для аналізу прямих та опосередкованих зв'язків є можливість виявлення найбільш суттєвих зв'язків, розміщення їх за значущістю та визначення показників-індикаторів якості продукції. Для побудови кореляційних плеяд розраховано коефіцієнти кореляції за загальноприйнятою формулою (табл. 2).

Статистичну значущість коефіцієнтів оцінено за *t*-критерієм Стьюдента. Статистична достовірність кореляційних зв'язків на довірчому рівні < 0.05 уможливило використання їх для побудови кореляційних плеяд.

Висновки. Покриття на основі агар-агару, забезпечило найменшу втрату маси плодів огірка – 3,1%. Аналогічна закономірність співвідношення желатин:агар-агар у суміші. Збільшення кількості агар-агару від 25 до 75% зменшувало втрати маси від 3,2 до 3,4%. Втрати маси у необроблених плодів становлять 4,7%. Різниця між мінімальними значеннями втрат є статистично достовірною та становить 1,65 при $NP_{05} = 0,79$. Коефіцієнт варіації більше 25%, що підтверджує суттєву відмінність між варіантами.

Рівняння регресії свідчить про взаємозв'язок між щодобовими втратами плодів огірка та природними втратами маси, ураження мікроорганізмами та фізіологічними розладами. Можна відмітити, що зі збільшенням втрати маси щодобові втрати збільшуються на 0,059 %, збільшення ураження мікроорганізмами – 0,165 % , фізіологічними розладами – 0,093 % Підтверджено прямий сильний зв'язок ($r = 0,9947$) між середнім рівнем щодобових втрат маси та втратами від ураження мікроорганізмами. Дращування плодів огірка на 72,1% впливає на рівень загальних втрат маси плодів.

Конфлікт інтересів. Автори декларують, що не мають конфлікту інтересів стосовно даного дослідження, в тому числі фінансового, особистісного характеру, авторства чи іншого характеру, що міг би вплинути на дослідження та його результати, представлені в даній статті.

Подяки (за наявності). Висловлюється подяка співробітникам кафедри плодоовочівництва і зберігання продукції рослинництва за посильну технічну допомогу у вирощуванні огірків та підтримку у проведенні зберігання продукції завдяки якому дослідження стало можливим.

Список використаних джерел

1. Min K., Sim Y., Lee E. J. Impaired primary metabolism and elevated osmotic stress are involved in chilling injury of cucumber (*Cucumis sativus* L.) fruit peel // *Postharvest Biology and Technology*. 2025. Vol. 229. P. 113678. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2025.113678>

URL:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092552142500290X>

2. Ncama K., Magwaza L. S., Mditshwa A., Tesfay S. Z.(2018) Plant-based edible coatings for managing postharvest quality of fresh horticultural produce: A review. *Food Packaging and Shelf Life*. Vol. 16. P. 157–167. DOI: [10.1016/J.FPSL.2018.03.011](https://doi.org/10.1016/J.FPSL.2018.03.011)

3. Л.М. Пузік, В.К. Пузік Статистичні методи оцінки природної втрати маси харчових продуктів //журнал «Інженерія природо-

користування» Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка 2020. – № 1(15) с. 72–81.

4. Prylipko, T. M., Koval, T. V., & Kostash, V. B. (2021). Slovnyk-dovidnyk z tekhnolohii kharchovykh produktiv iz syrovyny tvarynnoho pokhodzhennia. Kamianets-Podilskyi: Vita Druk.

URL:

<http://188.190.43.194:7980/jspui/bitstream/123456789/8972/1/slovnyk.pdf>

5. Li, H.; Tang, R.; Mustapha, W.A.W.; Liu, J.; Faridul Hasan, K.M.; Li, X.; Huang, M. Application of Gelatin Composite Coating in Pork Quality Preservation during Storage and Mechanism of Gelatin Composite Coating on Pork Flavor. *Gels* 2022, 8, 21

6. Tongnuanchan, P.; Benjakul, S.; Prodpran, T.; Pisuchpen, S.; Osako, K. Mechanical, thermal and heat sealing properties of fish skin gelatin film containing palm oil and basil essential oil with different surfactants. *Food Hydrocoll.* 2016, 56, 93–107. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.12.005>

7. H Alasalvar, G Karabulut, G Goksen - Current Research in Food Science, 2025 Natural deep eutectic solvent-based pectin-chitosan composite hydrogel films: A novel pH-responsive color indicator for food packaging systems. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2025.101241>

8. N Arya, K Karuna, R Rani, A Mankar, R Kumar Exogenous Calcium Chloride and Chitosan Improved Postharvest Quality and Storability of Mango cv.'Mallika'– Applied Fruit Science, 2025 DOI: [10.1007/s10341-025-01612-3](https://doi.org/10.1007/s10341-025-01612-3)

9. Maintaing postharvest quality of tomato fruits through biopolymer coatings of chitosan and carboxymethyl cellulose <https://link.springer.com/article/10.1007/s44447-025-00040-9>

10. Qu DY, Gu WR, Zhang LG, Li CF, Chen XC, Li J, Li LJ, Xie TL, Wei S (2019) Role of chitosan in the regulation of the growth, antioxidant system and photosynthetic characteristics of maize seedlings under cadmium stress. *Russ J Plant Physiol* 66:140–151. URL: <https://journals.rcsi.science/1021-4437/article/view/180325> DOI: <https://doi.org/10.1134/S102144371901014X>

11. Pavinatto A, de Almeida Mattos AV, Malpass ACG, Okura MH, Balogh DT, Sanfelice RC (2020) Coating with chitosan-based edible films for mechanical/biological protection of strawberries. *Int J Biol Macromol* 151:1004–1011. URL: bv.fapesp.br/en/publicacao/179327/coating-with-chitosan-based-edible-films-for-mechanicalbiol

12. Zheng et al. 2024 Zheng H, Deng W, Yu L, Shi Y, Deng Y, Wang D, Zhong Y (2024) Chitosan coatings with different degrees of deacetylation regulate the postharvest quality of sweet cherry through internal metabolism. *Int J Biol Macromol* 254:127419). doi: 10.1016/j.ijbiomac.2023.127419

URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37848115/>

13. О. В. Василюшина (2019). Оптимізація зберігання плодів вишні з попередньою обробкою розчином хітозану Вісник аграрної науки Причорномор'я. – 2019. – Вип. 3 С. 80 – 87. DOI: 10.31521/2313-092X/2019-3(103)

14. Kehila, S.; Alkalai-Tuvia, S.; Chalupovicz, D.; Poverenov, E.; Fallik, E. Can edible coatings maintain sweet pepper quality after prolonged storage at sub-optimal temperatures? *Horticulturae* 2021, 7, <https://doi.org/10.3390/horticulturae7100387>

15. Калінін М.І. Біометрія: Підручник для студентів вузів біологічних і екологічних напрямків /М.І. Калінін, В.В. Єлісєєв. – Миколаїв: Вид-во М.Ф. НаУКМА, 2000. – 204 с.

16. Пузік Л.М. Кореляційна залежність біометричних показників капусти цвітної від умов вегетаційного періоду / Л.М. Пузік, Л.О. Гайова //журнал «Інженерія природокористування» Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка 2019. – № 1(11) с. 31 – 37.

17. Wang R., Zhai X., Hartel R. W., Chang Y., Pang W., Han W., Lv H., Wang S. Effects of saccharide type and extended heating on the Maillard reaction and physicochemical properties of high-solid gelatin gels // *Food Chemistry*. 2024. Vol. 459. P. 140249. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.140249>.

URL:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814624018995>

18. Tian B., Liu Y. Chitosan-based biomaterials: From discovery to food application // *Polymers for Advanced Technologies*. 2020. № 31(11). P. 2408-2421. <https://doi.org/10.1002/pat.5010>

19. Пашко А.О. Статистичний аналіз даних Київ – 2019, 55 с. http://csc.knu.ua/media/filer_public/19/d5/19d56780-269a-4eef-bb3b-48ec8da23859/intelektualnaobrobkadanikh.pdf

20. Siddiqui M. W., Homa F., Lata D., Ahmad M. S., Surabhi. Exogenous nitric oxide delays ripening and maintains postharvest quality of pointed gourd during storage // *Journal of Plant Growth Regulation*. 2021. Vol. 40, № 6. P. 2371–2378. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10270-6>. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00344-020-10270-6>

21. Shiekh K. A., Ngiwngam K., Tongdeesoontorn W. Polysaccharide-based active coatings incorporated with bioactive compounds for reducing postharvest losses of fresh fruits // *Coatings*. 2021. Vol. 12, № 1. P. 8. DOI: <https://doi.org/10.3390/coatings12010008>. URL: <https://www.mdpi.com/2079-6412/12/1/8>

REFERENCES

1. Min K., Sim Y., Lee E. J. Impaired primary metabolism and elevated osmotic stress are involved in chilling injury of cucumber (*Cucumis sativus*)

L.) fruit peel // Postharvest Biology and Technology. 2025. Vol. 229. P. 113678. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2025.113678>

URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092552142500290X>

2. Ncama K., Magwaza L. S., Mditshwa A., Tesfay S. Z. (2018) Plant-based edible coatings for managing postharvest quality of fresh horticultural produce: A review. *Food Packaging and Shelf Life*. Vol. 16. P. 157–167. DOI: [10.1016/J.FPSL.2018.03.011](https://doi.org/10.1016/J.FPSL.2018.03.011)

3. L.M. Puzik, V.K. Puzik Statystychni metody otsinky pryrodnoyi vtraty masy kharchovykh produktiv //zhurnal «Inzheneriya pryrodokorystuvannya» Visnyk KHNTUS·H im. Petra Vasylenka 2020. – № 1(15) s. 72 –81.

4. Prylipko, T. M., Koval, T. V., & Kostash, V. B. (2021). Slovnkydovidnyk z tekhnolohii kharchovykh produktiv iz syrovyny tvarynnoho pokhodzhennia. Kamianets-Podilskyi: Vita Druk. URL: <http://188.190.43.194:7980/jspui/bitstream/123456789/8972/1/slovyk.pdf>

5. Li, H.; Tang, R.; Mustapha, W.A.W.; Liu, J.; Faridul Hasan, K.M.; Li, X.; Huang, M. Application of Gelatin Composite Coating in Pork Quality Preservation during Storage and Mechanism of Gelatin Composite Coating on Pork Flavor. *Gels* 2022, 8, 21

6. Tongnuanchan, P.; Benjakul, S.; Prodpran, T.; Pisuchpen, S.; Osako, K. Mechanical, thermal and heat sealing properties of fish skin gelatin film containing palm oil and basil essential oil with different surfactants. *Food Hydrocoll.* 2016, 56, 93–107. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.12.005>

7. H Alasalvar, G Karabulut, G Goksen - Current Research in Food Science, 2025 [Natural deep eutectic solvent-based pectin-chitosan composite hydrogel films: A novel pH-responsive color indicator for food packaging systems.](https://doi.org/10.1016/j.crfs.2025.101241) <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2025.101241>

8. N Arya, K Karuna, R Rani, A Mankar, R Kumar [Exogenous Calcium Chloride and Chitosan Improved Postharvest Quality and Storability of Mango cv.'Mallika'](https://doi.org/10.1007/s10341-025-01612-3)– *Applied Fruit Science*, 2025 DOI: [10.1007/s10341-025-01612-3](https://doi.org/10.1007/s10341-025-01612-3)

9. Maintaing postharvest quality of tomato fruits through biopolymer coatings of chitosan and carboxymethyl cellulose <https://link.springer.com/article/10.1007/s44447-025-00040-9>

10. Qu DY, Gu WR, Zhang LG, Li CF, Chen XC, Li J, Li LJ, Xie TL, Wei S (2019) Role of chitosan in the regulation of the growth, antioxidant system and photosynthetic characteristics of maize seedlings under cadmium stress. *Russ J Plant Physiol* 66:140–151. DOI: <https://doi.org/10.1134/S102144371901014X>

URL: <https://journals.rcsi.science/1021-4437/article/view/180325>

11. Pavinatto A, de Almeida Mattos AV, Malpass ACG, Okura MH, Balogh DT, Sanfelice RC (2020) Coating with chitosan-based edible films for

mechanical/biological protection of strawberries. *Int J Biol Macromol* 151:1004–1011

URL: bv.fapesp.br/en/publicacao/179327/coating-with-chitosan-based-edible-films-for-mechanicalbiol

12. Zheng et al. 2024 Zheng H, Deng W, Yu L, Shi Y, Deng Y, Wang D, Zhong Y (2024) Chitosan coatings with different degrees of deacetylation regulate the postharvest quality of sweet cherry through internal metabolism. *Int J Biol Macromol* 254:127419). doi: 10.1016/j.ijbiomac.2023.127419

URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37848115/>

13. O. V. Vasylyshyna (2019). Optyimizatsiya zberihannya plodiv vyshni z poperedn'oyu obrobkoyu rozchynom khitozanu Visnyk ahraranoi nauky Prychornomor"ya. – 2019. – Vyp. 3 S. 80 – 87. DOI: 10.31521/2313-092X/2019-3(103).

14. Kehila, S.; Alkalai-Tuvia, S.; Chalupovicz, D.; Poverenov, E.; Fallik, E. Can edible coatings maintain sweet pepper quality after prolonged storage at sub-optimal temperatures? *Horticulturae* **2021**, *7*, <https://doi.org/10.3390/horticulturae7100387>

15. Kalinin M.I. Biometriya: Pidruchnyk dlya studentiv vuziv biolohichnykh i ekolohichnykh napryamkiv /M.I. Kalinin, V.V. Yelisyeyev. – Mykolayiv: Vyd-vo M.F. NaUKMA, 2000. – 204 s.

16. Puzik L.M. Korelyatsiyna zalezhnist' biometrychnykh pokaznykiv kapusty tsvitnoyi vid umov vehetatsiynoho periodu / L.M. Puzik, L.O. Hayova //zhurnal «Inzheneriya pryrodokorystuvannya» Visnyk KHNTUS·H im. Petra Vasylenka 2019. – № 1(11) s. 31 – 37.

17. Wang R., Zhai X., Hartel R. W., Chang Y., Pang W., Han W., Lv H., Wang S. Effects of saccharide type and extended heating on the Maillard reaction and physicochemical properties of high-solid gelatin gels // *Food Chemistry*. 2024. Vol. 459. P. 140249.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.140249>

URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814624018995>

18. Tian B., Liu Y. Chitosan-based biomaterials: From discovery to food application // *Polymers for Advanced Technologies*. 2020. № 31(11). P. 2408-2421. <https://doi.org/10.1002/pat.5010>

19. Пашко А.О. Статистичний аналіз даних Київ – 2019, 55 с. http://csc.knu.ua/media/filer_public/19/d5/19d56780-269a-4eef-bb3b-48ec8da23859/intelektualnaobrobkadanikh.pdf

20. Siddiqui M. W., Homa F., Lata D., Ahmad M. S., Surabhi. Exogenous nitric oxide delays ripening and maintains postharvest quality of pointed gourd during storage // *Journal of Plant Growth Regulation*. 2021. Vol. 40, № 6. P. 2371–2378. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10270-6>. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00344-020-10270-6>

21. Shiekh K. A., Ngiwngam K., Tongdeesoontorn W. Polysaccharide-based active coatings incorporated with bioactive compounds for reducing postharvest losses of fresh fruits // Coatings. 2021. Vol. 12, № 1. P. 8.

DOI: <https://doi.org/10.3390/coatings12010008>.

URL: <https://www.mdpi.com/2079-6412/12/1/8>

Отримано: 02.04.2026. Прийнято: 13.04.2026. Опубліковано: 22.05.2026.

DOI <https://doi.org/10.31359/2413.7642.2026.1.85>

УДК 631.5.53.04.8:633.852

Поляков О. І., ст. наук. співробітник, д-р с.-г. наук, завідувач відділу агротехнологій та впровадження

a.i.polyakov030363@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1505-5154>

Фостащенко Д. І., аспірант

dimafostashchenko@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0004-7862-0928>

Інститут олійних культур НААН, Запоріжжя, Україна

ФОРМУВАННЯ СУХОЇ РЕЧОВИНИ СОРТІВ РИЖІЮ ЯРОГО ПІД ВПЛИВОМ ДОДАТКОВОГО ЖИВЛЕННЯ ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ СІВБИ

Анотація. За даними досліджень встановлено вплив мінеральних добрив та регуляторів росту за різних способів сівби на формування сухої речовини сортів рижію ярого. Найбільший приріст сухої речовини однієї рослини залежно від фону мінеральних добрив та застосування регуляторів росту отримано у міжфазний період цвітіння-дозрівання: за ширини міжрядь 15 см 0,90–1,29 г/рослину для сорту Престиж та 0,83–1,29 г/рослину для сорту Славутич; за ширини міжрядь 70 см 1,07–1,64 г/рослину для сорту Престиж та 1,05–1,55 г/рослину для сорту Славутич. Найбільші значення приросту сухої речовини однієї рослини рижію ярого отримано за ширини міжрядь 70 см, за внесення мінеральних добрив в дозі $N_{40}P_{40}K_{40}$. Застосування регуляторів росту сприяло збільшенню показників приросту сухої речовини за усіх міжфазних періодів, способів сівби та фонів мінерального живлення. Максимальні значення приросту сухої речовини рижію ярого на гектар за обох способів сівби як для сорту Престиж, так і для сорту Славутич забезпечило вирощування за ширини міжрядь 15 см та внесення мінеральних добрив в дозі $N_{40}P_{40}K_{40}$. Найбільший приріст сухої речовини у міжфазний період цвітіння-дозрівання – 4,72 т для сорту Престиж та для сорту Славутич отримано за сівби з шириною міжрядь 15 см на фоні внесення мінеральних добрив в дозі $N_{40}P_{40}K_{40}$ з обприскуванням посівів регулятором росту Рост-концентрат у фазу розетки. Найбільшу масу сухої речовини 6,99 т/га для сорту Престиж та 7,09 т/га для сорту Славутич, в тому числі вегетативної частини 5,67 т/га (81,2 %) та 5,69 т/га (80,4 %) й насіння 1,32 т/га (18,8 %) та 1,40 т/га (19,6 %) відповідно отримано за вирощування з шириною міжрядь 15 см на фоні внесення мінеральних добрив $N_{40}P_{40}K_{40}$ з обприскуванням посівів у фазу розетки регулятором росту Рост-концентрат.