

Переробка та зберігання сільськогосподарської продукції  
Processing and storage of agricultural products

УДК 635.36:631.563.9

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7048556>

## Види втрат капусти брюссельської під час зберігання

Л.М. Пузік<sup>1</sup>, В.К. Пузік<sup>2</sup>, В.А. Бондаренко<sup>3</sup>*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка (м. Харків, Україна)**email: <sup>1</sup> ludapusik@gmail.com, <sup>2</sup> kysmish@gmail.com, <sup>3</sup> zim-hot@rambler.ru**ORCID: <sup>1</sup> 0000-0002-5465-2771, <sup>2</sup> 0000-0003-3890-6150*

Представлено результати досліджень з вивчення впливу погодних умов вегетаційного періоду на формування вмісту деяких компонентів хімічного складу та фізичних властивостей капусти брюссельської, а також способів пакування на інтенсивність її втрат під час зберігання.

Установлено, що під час зберігання капусти брюссельської відбуваються втрати маси за рахунок зменшення вмісту сухих речовин, часткового випаровування води, розвитку мікроорганізмів та за рахунок усихання покривних листків. Умови вегетаційного періоду вплинули на добові втрати маси головок капусти брюссельської під час зберігання. Втрати маси, інтенсивність випаровування води та розвиток мікроорганізмів залежать від виду пакування, особливостей гібрида та деяких фізичних показників головок капусти. Добові втрати маси головок капусти без упаковки в середньому становили 0,86–1,02 %. Застосування вкладок з плівки завтовшки 40 мкм подовжило тривалість зберігання головок капусти брюссельської до 50 діб із добовими природними втратами маси 0,05–0,08 %. У структурі природних втрат маси капусти брюссельської на долю випаровування води припадає від 20,7 до 89,5 %. Найбільші втрати спостерігаються під час зберігання капусти у відкритому виді – від 85,9 до 88,4 %. Пакування у плівку поліетиленову зменшило випаровування води, тому втрати становили 53,4–57,2 %. Пакування по 0,5 кг у стретч-плівку сприяло найменшим втратам від випаровування: 20,7–26,0 %. Менш інтенсивно вражається хворобами продукція за фасування по 1 кг у пакети з плівки поліетиленової завтовшки 40 мкм.

Регресійним аналізом встановлено, що найкращим чином описує експериментальні дані залежності ГТК та щодобової втрати маси під час зберігання капусти у відкритому виді та за пакування поліном другого порядку. При пакуванні по 1 кг у плівку поліетиленову та при застосуванні поліетиленових вкладнів ця залежність є прямолінійною.

**Ключові слова:** *капуста брюссельська, зберігання, пакування, плівка поліетиленова, стретч-плівка, втрата маси, погодні умови, мікробіологічні втрати, регресійний аналіз.*

Капуста брюссельська має широке розповсюдження у північно-західних європейських країнах: Великобританії, Нідерландах і Франції. Вона характеризується високою морозостійкістю, що дозволяє проводити збирання її врожаю в цих країнах впродовж усієї зими. Основними виробниками цієї капусти є Англія, голландія, Німеччина, Данія. Найбільший експортер до Європи – голландія. У теперішній час вона займає значний обсяг в овочівництві США. Великі площі для вирощування капусти брюссельської відводяться в Угорщині та Польщі. Її використовують в їжу в різному вигляді, а також сушать та заморожують [1, 2]. За даними FAO [3], 44% від усіх втрат продовольчих ресурсів становлять втрати плодоовочевої продукції. Під час зберігання плодоовочевої продукції виникають два основних види втрат: норма-

ні кількісні втрати маси та ненормовані природні втрати. Маса продукції зменшується в результаті витрачання сухих речовин на дихання і транспірації вологи. Ненормовані втрати пов'язані із втратами якості [4]. Основна частина природних втрат (70–90%) припадає на випаровування води, тому під час зберігання плодоовочевої продукції спостерігається зменшення вмісту води і відносне збільшення вмісту сухих речовин [5]. Втрати на випаровування можна зменшити двома шляхами: зниженням дефіцитів насиченості вологою навколишнього середовища та зменшенням проникнення вологи через покривні тканини продукту. В'янення на 10% від початкової маси – це межа для життєдіяльності овочів. Після втрати маси більше 9–10% овочі швидко псуються. Але знизити дефіцит насиченості вологою навколиш-

нього середовища складно. Вологість середовища в сховищі не залишається сталою. Вона залежить від вологості довкілля, умов зберігання, технічних можливостей. У перші дні зберігання, поки продукція охолоджується, випаровування вологи з поверхні більш інтенсивне, ніж у наступні дні зберігання. Нажаль, дослідження втрати маси за рахунок випаровування води головок капусти брюссельської не проводили. Надмірна транспірація негативно впливає на якість та тривалість зберігання свіжих овочів. Якщо не контролювати процес транспірації, випаровування води призводить до втрати маси і навіть до утворення конденсату всередині упаковки [6].

Насичення водяної пари зазвичай спостерігається в упакованих свіжих продуктах. Причина в тому, що з продукту виділяється волога, але пакувальний матеріал має недостатню проникність для водяної пари. В таких умовах навіть незначні коливання температури призводять до утворення конденсату [7]. При виборі пакувального матеріалу дослідники радять використовувати плівку поліетиленову, оскільки вона еластична, стійка до світла, кислот та лугів, легко зварюється, має низьку водо- та паропрохідність, міцна та придатна для багаторазового використання. В упаковці різної місткості з плівки поліетиленової завтовшки 30–60 мкм створюється модифіковане газове середовище (МГС), що містить 3–7 % CO<sub>2</sub> та 5–16 % O<sub>2</sub>. МГС за холодильного зберігання гальмує розвиток збудників псування, затримує проростання, знижує втрати маси. Вихід стандартної продукції збільшується на 15–30 %. Після зберігання в МГС головки капусти білоголової містили більше вітаміну С, сухих речовин та цукрів [8]. Вихід товарної продукції підвищувався, а природні втрати знизились при зберіганні капусти білоголової в мішках і вкладнях поліетиленових, а також при вкриванні боків штабеля плівкою поліетиленовою. При зберіганні капусти білоголової у контейнерах з плівки поліетиленової завтовшки 80–110 мкм протягом 160 діб природні втрати маси порівняно з контролем (зберігання з активним вентиляванням) були мінімальними. Втрати маси від сірої гнілі були менші у 1,2–2,0 раза. При пакуванні головок капусти білоголової у плівку поліетиленову вихід стандартної продукції становив 93–95 %, при зберіганні у звичайних ящиках – 89–92 %. Природні втрати маси в даному випадку зменшувалися більш, ніж у три рази [9]. Зберігання капусти червоноголової у контейнерах, вистелених плівкою поліетиленовою завтовшки 80–100 мкм, забезпечувало збереженість головок на 85–90 % впродовж 5–7 місяців. Продукція містила більше вітаміну С, сухої речовини та цукрів. При зберіганні капусти червоноголової сорту Максилла кращі результати за холодильного зберігання були отримані за зберігання

головок у відкритих мішках поліетиленових: через 150 діб зберігання вихід товарної продукції становив 79,6 %, що на 22,0 % вище порівняно зі зберіганням у відкритому вигляді, втрати маси були в 1,5 рази нижчими і становили 2,0 % [10]. Зберігання капусти савойської у мішках поліетиленових по 10 головок без доступу повітря забезпечило вихід товарної продукції близько 83–85 % поряд зі збільшенням терміну зберігання [11]. Броколі, що була загорнута у плівку, при 0°C зберігалася більше 14 днів за рахунок підвищеної вологості повітря в упаковці [12].

При індивідуальному пакуванні, коли продукцію слід обгорнути так, щоб покупець зміг максимально задовольнити свою цікавість, часто обирають прозору стретч-плівку полівінілхлоридну. Вона дуже дешева і майже не впливає на собівартість продукції. На таку плівку можна нанести додаткову інформацію (ціна, місце виготовлення, склад) [13].

Дослідженнями встановлено, що для пакування капусти цвітної більш придатна стретч-плівка перфорована, оскільки в упаковці з неперфорованої головки вже на третю добу вкривалися коричневими плямами [14, 15]. Для зберігання броколі радять обирати стретч-плівку оскільки вона дозволяє максимально зберегти органолептичні показники головок, а А. Lucera зі співавторами [16] акцентують увагу на тому, що перфорована стретч-плівка зберігає як органолептичні показники, так і суттєво подовжує термін зберігання головок. Зберігання головок капусти брюссельської у лотках, загорнутих у стретч-плівку за температури 0 оС, показало кращі результати у збереженні якості за тривалого зберігання у дослідях S.Z. Viña [17].

Кліматичні фактори суттєво впливають на виявлення сортових властивостей овочів. Якість і зберігання плодів у різних зонах формується неоднаково. Погодні умови значно впливають на процес досягання овочів. Низькі температури і надлишок води в ґрунті подовжують період вегетації і затримують досягання. Проведені дослідження динаміки зміни маси зелені петрушки під час зберігання. Встановлено пряму залежність між рівнем втрати маси, кількістю опадів і гідротермічним коефіцієнтом періоду вегетації ( $r = 0,82 \dots 0,99$ ). Природна втрата маси обернено корелює з сумою активних температур ( $r = -0,76 \dots -0,91$ ) [18]. Під час зберігання сливи встановлено, що рівень щодобових природних втрат маси сильно корелює з погодними чинниками [19]. Втрати маси капусти цвітної за рахунок випаровування води залежать від погодних умов вегетаційного періоду рослин. Встановлено, що між інтенсивністю випаровування води під час зберігання головок капусти цвітної та ГТК, існує обернений зв'язок середньої сили з коефіцієнтом

кореляції  $r = -0,465$ , середньодобовою температурою – зв'язок середньої сили з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,437$ , та відносної вологості повітря – сильний обернений зв'язок:  $r = -0,776$  [20].

Натомість, приведені результати мають розрізнений характер. Нажаль, таких досліджень з капустою брюссельською дуже обмаль.

Виходячи з огляду результатів дослідження деяких авторів можна відмітити, що наукової інформації щодо зберігання капусти брюссельської обмаль, більшість з них носить рекомендаційний характер і орієнтована на зберігання у домашніх умовах. Дослідження в цьому напрямку з капустою брюссельською не отримали належного розвитку. У зв'язку з цим проведення комплексних досліджень об'єктивних показників, які мають найбільший вплив на інтенсивність природних втрат маси капусти брюссельської, є актуальним. Завчасне прогнозування втрат маси надає можливість визначити теоретичну лежкість овочів ще до початку зберігання.

Дослідження проводили у 2016–2019 рр. у селянському (фермерському) господарстві «Ковальчуківське», що розташовано в Краснокутському районі Харківської області з пізньостиглими гібридами капусти брюссельської Абакус F1 і Брілліанта F1. Спосіб вирощування – розсадний (висаджували розсаду з 4–5 справжніми листками). Спосіб розміщення рослин – стрічковий зі схемою розміщення  $(40+100) \times 50$  см. Площа облікової ділянки в досліді з капустою 50 м<sup>2</sup>, повторність досліді триразова. Розміщення варіантів систематичне. головки капусти брюссельської збирали щільними і характерного розміру для певного гібрида. Зберігали стандартну продукцію. Перед зберіганням головки капусти брюссельської охолоджували до температури зберігання. Капусту зберігали у холодильній камері Polair Standard KXH-8,81 за температури  $0 \pm 1^\circ\text{C}$  та відносної вологості повітря 90–95 % у ящиках полімерних [21, 22]. Маса середнього зразка 4 кг. Відокремлені головки капусти брюссельської зберігали: 1) в ящиках без упаковки – контроль; 2) в ящиках, вистелених плівкою поліетиленовою завтовшки 40 мкм (ПП); 3) у пакетах поліетиленових з тієї ж плівки по 1 кг (1 кг ПП); 4) у лотках зі спіненого полістеролу, загорнутих у стретч-плівку завтовшки 8 мкм і розфасованих по 0,5 кг (0,5 кг СП). Спостереження за капустою брюссельською проводили у динаміці через 10 діб. Відбір і підготовку проб до аналізів здійснювали згідно зі стандартом [23].

Впродовж зберігання визначали: природні втрати маси, товарну якість головок. Природні втрати маси визначали у відсотках до початкової маси. Зразок вилучали зі зберігання, якщо природні втрати маси сягали 10 % і більше та продукція мала ознаки ураження захворюваннями й фізіологічними розладами. У кінці зберігання визначали вихід стандартної продукції.

Структуру природних втрат маси, константу швидкості зростання втрат маси при зберіганні, фізичні показники головок визначали за В.А. Колтуновим [24]. При формуванні багатофакторної моделі залежності втрат маси головок капусти брюссельської від погодних умов, тривалості зберігання використовували лінійну функцію:

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n.$$

При аналізі та обробці експериментальних даних і прогнозуванні кінцевого результату використовували методи варіаційної статистики: проводили математичну обробку, парний і множинний кореляційний і регресійний аналізи [25], використовуючи комп'ютерні програми «MS Office Excel 2007», пакет «Statistica 6» і персональний комп'ютер.

Кожна рослина потребує визначення тривалості вегетаційного періоду, а на окремих етапах розвитку – визначення кількості днів з температурою, вищою від мінімуму. Для орієнтовного визначення можливості вирощування рослин у різних кліматичних областях використовується сума середньодобових температур. Сума температур вважається також температурою-константою, або температурним фактором. За роки дослідження сума середньодобових температур коливалася від 2843,4 (у 2019 р.) до 3204,3 °C (у 2017 р.) і перевищувала верхню межу оптимальної суми на 208,9–450,3 °C: більшою різниця була у 2019 р. – 450,3 °C. Негативна дія вологи часто проявляється у разі нестачі світла, а також у вітряну погоду. Водянисті тканини рослин значно більше піддаються бактеріальному гниллю і хворобам грибного походження. При нестачі вологи також відзначаються шкідливі зміни в тканинах. При надлишку вологи розвиваються мокрі гнилі, при посушливих умовах – сухі. Кількість опадів за період дослідження коливався від 233,9 мм у 2018 р. до 393,1 мм у 2017 р.

Інтегрованим показником температури й опадів є гідротермічний коефіцієнт Селянинова (ГТК). Прийнято вважати, що при ГТК менше за 1,0 територія належить до зони недостатнього, а менше 0,7 – до зони нестійкого зволоження. ГТК Селянинова по роках дослідження був наступним: у 2016 р. – 1,35; 2017 р. – 0,70; 2018 р. – 0,97; 2019 – 1,10.

Отже, спираючись на показники ГТК можна стверджувати, що більш сприятливі умови для формування врожаю капусти брюссельської були у 2016 та 2019 рр., оскільки ця культура для свого доброго росту й розвитку потребують вологою і теплою погодою. У 2016–2019 рр. середньодобова температура коливалася в межах 19,3–20,8 °C і вищою була у 2018 р., а меншою – у 2019 р.

Після відокремлення продуктового органу від материнської рослини процеси життєдіяльності відбуваються інтенсивно. Це супроводжується

великою втратою сухих речовин та випаровування води. За функціональним призначенням ці процеси здійснюють основну біологічну мету – збереження життєдіяльності меристематичних тканин для вегетативного або генеративного розмноження. Визначальним процесом життєдіяльності є дихання і випаровування води. Інші перетворення підтримують на необхідному рівні вказані процеси або забезпечують природну стійкість проти несприятливого зовнішнього впливу. На здійснення процесів життєдіяльності необхідна енергія, яка утворюється при окисленні органічних речовин. Вміст цих речовин зменшується, що призводить до втрат маси і погіршення якості сировини [26]. За перші 10 діб зберігання у плівці поліетиленовій добові втрата маси капусти коливалась залежно від сортових особливостей від 0,1 % у Брілліанта F1 до 0,13 % у Абакус F1. Наступні 10 діб зберігання характеризувалися зменшенням втрат маси до 0,03 – 0,04 %. Тобто можна відмітити, що у цей період відбувається підготовка верхівкової бруньки до репродуктивного розвитку. Період протягом якого завершується підготовка верхівкової бруньки до репродуктивного розвитку залежить від сорту, та умов вегетаційного періоду. Найменші добові втрати маси цього періоду спостерігалися у 2019 р. Після закінчення диференціації і завершення підготовки верхівкової бруньки до репродуктивного розвитку починається наступний етап розвитку капусти, який важко призупинити, тому зберігання головки стає проблематичним. Добові втрати маси починають збільшуватися і після 30 діб зберігання зростають до 0,08% у Абакус F1 та 0,05 у Брілліанта F1. Після 50 діб зберігання втрати зменшуються. Застосування вкладок з плівки завтовшки 40 мкм подовжило тривалість зберігання головок капусти брюссельської в середньому до 50 діб із добовими природними втратами маси у Абакуса F1 0,03 %, у Брілліанта F1 0,05 %. Під час зберігання головки втрачають масу (природний убуток) за рахунок дихання і в більшій мірі від випаровування води (табл. 1).

Швидкість зменшення втрат під час зберігання овочів неоднакова. При переході до стану спокою гальмуються процеси життєдіяльності, особливо знижується дихання. Під час підготовки до проростання і в процесі проростання точок росту овочів (насіння, бруньок, вічок) інтенсивність дихання зростає. Після настає різкий спад усіх процесів життєдіяльності. Зростання рівня дихання в останній період зберігання пов'язане з утворенням меристематичних тканин з клітинами, які мають більшу кількість мітохондрій. Для біосинтезу речовин і утворення нових тканин необхідна енергія, цим пояснюється зростання інтенсивності дихання наприкінці зберігання [27]. Так, на початку зберігання

капусти білоголової випаровування вологи йде активно – до 800 г на кожну тонну головок, в середині періоду зберігання воно знижується до 600 г, а в кінці, з наближенням нового вегетаційного періоду, знову підвищується до 700 г [8]. Нажаль, швидкість втрати маси капусти брюссельської на різних етапах зберігання не вивчалася. Кочериги і листки капусти брюссельської виконують функцію резервуара поживних речовин, необхідних для підтримки життєдіяльності точок росту – бруньок.

**Таблиця 1** Структура природних втрат маси головок капусти брюссельської під час зберігання залежно від виду пакування та гібрида (середнє за 2016–2019 рр.)

| Вид пакування | Гібрид       | Тривалість зберігання, діб | Природні втрати маси, % | Природні втрати маси, %         |                                 |
|---------------|--------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|               |              |                            |                         | за рахунок втрати сухих речовин | за рахунок випаровування вологи |
| Контроль      | Абакус F1    | 10                         | 10,2                    | 11,6                            | 88,4                            |
| ПП            |              | 50                         | 4,0                     | 46,6                            | 53,4                            |
| 1 кг ПП       |              | 70                         | 2,3                     | 64,2                            | 35,8                            |
| 0,5 кг СП     |              | 70                         | 2,0                     | 79,3                            | 20,7                            |
| Контроль      | Брілліант F1 | 10                         | 8,6                     | 10,5                            | 89,5                            |
| ПП            |              | 50                         | 2,9                     | 42,8                            | 57,2                            |
| 1 кг ПП       |              | 70–90                      | 2,0–2,4                 | 58,7–64,1                       | 35,9–41,4                       |
| 0,5 кг СП     |              | 70–90                      | 1,6–1,8                 | 74,0–79,4                       | 20,6–26,0                       |

Останні в період зберігання перебувають у стані спокою. Глибокий спокій у капусти нетривалий. Після завершення диференціювання верхівкової бруньки і підготовки її до репродуктивного розвитку зберігання головок ускладнюється. Після завершення репродуктивних змін листя настільки збіднюється, що повністю втрачає стійкість до фітопатогенних мікроорганізмів. Із цієї причини у перший період зберігання капусти фактично не пошкоджується сірою гниллю та іншими хворобами [2].

У середньому за роки досліджень за нашими розрахунками за зберігання головок капусти брюссельської без упаковки природні втрати маси за рахунок втрати сухих речовин становили 8,6–10,2 % залежно від гібрида, за рахунок випаровування вологи – 89,5–88,4 %. У варіантах з вкладками поліетиленовими втрати за рахунок випаровування вологи порівняно з контролем

зменшилися в 1,6–1,7 раза, за фасування по 1 кг у пакети з плівки 40 мкм – в 2,2–2,5 раза, за фасування по 0,5 кг у стретч-плівку – у 3,4–4,3 рази залежно від гібрида (табл. 1).

Втрати маси, як і в цілому збереженість капусти, залежить від екзогенних та ендогенних факторів. Оскільки рослини являються складними динамічними самоорганізуючими системами, які в процесі життєдіяльності використовують різні принципи саморегуляції, то при порівнянні між собою сортів капусти, які піддавались однаковим екзогенним факторам, вирішальний вплив на зміну фізіологічних, біохімічних і фізичних властивостей будуть мати ендогенні фактори, які являються віддзеркалюванням внутрішніх, що успадковуються, властивостей організму. Тому втрата маси у більш лежких сортів нижче, ніж у менш лежких. Умови вегетаційного періоду вплинули на втрату маси головок капусти брюссельської під час зберігання: у контролі більшими природні втрати були у 2018 р. – 9,5–11,1 %, меншими у 2019 р. – 7,5–8,8 % залежно від гібрида. Різниця між гібридами за роки досліджень була істотною. Добові природні втрати маси головок капусти брюссельської під час зберігання без упаковки в середньому становили в Абакуса F1 1,02 %, у Брілліанта F1 0,86 %. Застосування вкладок з плівки завтовшки 40 мкм подовжило тривалість зберігання головок капусти брюссельської в середньому до 50 діб із природними втратами маси у Абакуса F1 0,08 %, у Брілліанта F1 0,05 %. Фасування продукції по 1 кг у пакети з цієї ж плівки і по 0,5 кг у стретч-плівку подовжило тривалість її зберігання до 70 діб із природними втратами маси у гібрида Абакус F1 відповідно 0,03 та 0,02 %, у Брілліанта F1 відповідно 0,02 та 0,01 %. Також слід зазначити, що посушливі умови першої декади жовтня 2019 р. сприяли подовженню тривалості зберігання головок гібрида Брілліант F1 до 90 діб за рахунок гальмування розвитку хвороботворних мікроорганізмів.

Під час зберігання капусти брюссельської у відкритому вигляді втрати маси на вологовиділення становили 88,4–89,5 % залежно від сорту. Вологовиділення головок капусти, упакованих по 0,5 кг СП становило 20,6–26,0 % від загальної втрати маси під час зберігання, в поліетиленових пакетах – 35,8–53,4 %. Таку різницю можна пояснити тим, що СП щільно облягає плід, створюючи додаткове покриття.

Подібні результати були одержані при зберігання редису. У структурі природних втрат маси редису по всіх варіантах досліду в середньому 27,5 % припадає на долю сухих речовин, а 72,5 % на долю води [28].

При пакуванні капусти цвітної в стретч-плівку інтенсивність зниження вологи, % за добу була найменшою і становила 0,30–0,31. Співвідно-

шення втрати вологи до втрати сухих речовин 0,45–0,68. При пакуванні у стретч-плівку перфоровану інтенсивність зниження вологи за добу була дещо вищою – 0,37–0,43 % [20]. Під час зберігання плодів баклажану залежно від сортових особливостей втрати становили 77,5–83,7 %. Втрата маси плодів перцю солодкого за рахунок випаровування води у технічно стиглих плодах 88,9 і 77,9% за холодильного та неохолодженого зберігання відповідно. У біологічно стиглих плодах перцю солодкого втрати вологи складали відповідно 83,9 та 72,3 % від загальних втрат маси, що на 6–7 % менше, ніж у технічно стиглих плодах. Втрати маси плодів томатів сорту Іскорка відбувалися, головним чином, за рахунок випаровування води та займали за роки дослідження 87,2–89,6 % та 72,4–77,8 % загальних втрат маси за холодильного та складського зберігання [29].

Встановлено, що площа поверхні головок капусти брюссельської, об'єм, питома маса і пористість головок впливають на втрату маси під час зберігання. Гібриди капусти брюссельської за цими показниками продукції різнилися між собою. За об'ємом головки Брілліант F1 в 1,3–2,7 рази істотно ( $HIPO5 = 2,1 \text{ см}^3$ ) перевищував Абакус F1. Об'єм головки у гібрида Абакус F1 коливався в межах 7,7–9,6  $\text{см}^3$ , у Брілліанта F1 змінювався від 10,7 до 25,9  $\text{см}^3$ . У середньому за роки досліджень об'єм головки у гібрида Абакус F1 становив 8,8  $\text{см}^3$ , у Брілліанта F1 – 18,6  $\text{см}^3$ . Питома маса головок Абакуса F1 та Брілліанта F1 істотно різнилася по роках ( $HIPO5 = 0,03 \text{ г/см}^3$ ). Питома маса головки гібрида Абакус F1 коливалася в межах 0,86–0,95  $\text{г/см}^3$ , Брілліанта F1 – 1,00–1,05  $\text{г/см}^3$ . У середньому питома маса головки гібрида Абакус F1 становила 0,92, Брілліанта F1 – 1,04  $\text{г/см}^3$ . Оскільки питома маса головки гібрида Абакус F1 менше одиниці, а Брілліанта F1 більше, то це свідчить про те, що головки Абакуса F1 менш щільні, ніж у Брілліанта F1. Формування фізичних показників головок капусти брюссельської відбувалося за різними погодних умовами. Кореляційним аналізом встановлено, що об'єм, головках капусти брюссельської має слабкий зв'язок з вологістю повітря вегетаційного періоду:  $r = 0,245 \pm 0,02$ , із ГТК мало слабкий обернений зв'язок, із сумою температур – обернений середній зв'язок  $r = -0,2756 \pm 0,02$  та  $r = -0,524$  відповідно. Добові втрати маси корелювали з фізичними показниками головок капусти. Більший вплив на втрату маси чинив об'єм головок капусти  $r = 0,871 \pm 0,02$ , та пористість –  $r = -0,826 \pm 0,02$ , питома маса мала слабкий вплив –  $r = 0,124 \pm 0,02$ .

Видозміна покривних тканин властива всім овочам, які зберігаються, але характер цих змін неоднаковий для різних видів. Загальним для всіх

овочів є усихання покривних і прилеглих до них тканин. Аналогічні анатомічні зміни спостерігаються і в капусти брюссельської. Підсихання верхнього покривного листа призводить спочатку до більш щільного обгортання ними качана, але під час сильного підсихання частина верхнього листа відділяється від качана, ускладнює вентиляцію маси продукції, а також може бути джерелом інфекції. Усихання верхнього листка складало неактовану втрату маси капусти і становило у середньому за роки дослідження 3,9 % у Брілліанта F1 та 5,6 % у Абакуса F1. Особливо інтенсивно в'януть, підсихають і захворюють поверхневі листя, як старші за віком. Анатомо-морфологічні процеси супроводжуються інтенсивністю мікробіологічних процесів. Відзначено, що різна стійкість сортів капусти брюссельської до пошкодження сірою гниллю під час зберігання пов'язана з пігментацією листя, тобто вмістом у них хлорофілу. Чим сильніша пігментація, тим сорт більш стійкий до хвороб. Встановлено, що вміст хлорофілу у головках капусти коливався від 800 мг/100 г (Абакус F1) до 1200 мг/100 г (Брілліант F1). При тривалому зберіганні пігментація листків стає менш інтенсивною, головки «відбілюються» і стійкість їх до хвороб зменшується. При цьому вміст хлорофілу зменшується на 55–60 %. Упродовж 10 діб зберігання без упаковки на головках капусти брюссельської хвороб та фізіологічних розладів не було. Перші ознаки ураження головок хворобами та фізіологічними розладами у варіантах із застосуванням пакування з'явилися на 30-ту добу зберігання. Більш інтенсивно вражалася продукція, що зберігалася в ящиках із вкладками поліетиленовими: в середньому за роки досліджень у головок гібрида Абакус F1 втрати становили 6,4 %, у Брілліанта F1 5,5 %. Бурхливий розвиток хвороб спостерігався з 40-ї доби і на 50-ту становив у Абакуса F1 15,6 %, у Брілліанта F1 13,9 %. На 70-ту добу втрати сягали 20,6–23,1 % залежно від гібрида (рис. 1).

При фасуванні по 0,5 кг у стретч-плівку розвиток патогенних мікроорганізмів був більш повільним, тому перші втрати продукції від хвороб та фізіологічних розладів на 30-ту добу були у 5,0–5,5 разів менші, ніж при застосуванні вкладок поліетиленових і становили у Абакуса F1 1,3 %, у Брілліанта F1 1,0 %. Втрати продукції більше 10,0 % спостерігалися в середньому за роки досліджень на 70-ту добу зберігання і на 110-ту добу вони сягали до 20,0–23,4 % залежно від гібрида. Фасування продукції по 1 кг у пакети з плівки завтовшки 40 мкм зменшувало інтенсивність розвитку хвороб та фізіологічних розладів порівняно з фасуванням по 0,5 кг у стретч-плівку у гібрида Абакус F1 в 1,4 раза, у Брілліанта F1 в 1,7 раза: втрати становили відповідно 0,9 та 0,6 % на 30-ту добу зберігання.

На 70-ту добу втрати продукції було зафіксовано на рівні 9,0–10,7 % залежно від гібрида. На 110-ту добу втрати продукції від хвороб та фізіологічних розладів сягнули у Абакуса F1 21,0 %, у Брілліанта F1 – 17,9 %. Менш сприятливі умови для розвитку патогенних мікроорганізмів склалися у 2018 р.: втрати від хвороб та фізіологічних розладів на 30-ту добу в Абакуса F1 становили 0,7–5,1%, у Брілліанта F1 – 0,4–4,1 % і при подальшому зберіганні сягали відповідно 20,5–22,8 % та 19,0–21,5 % залежно від виду пакування.

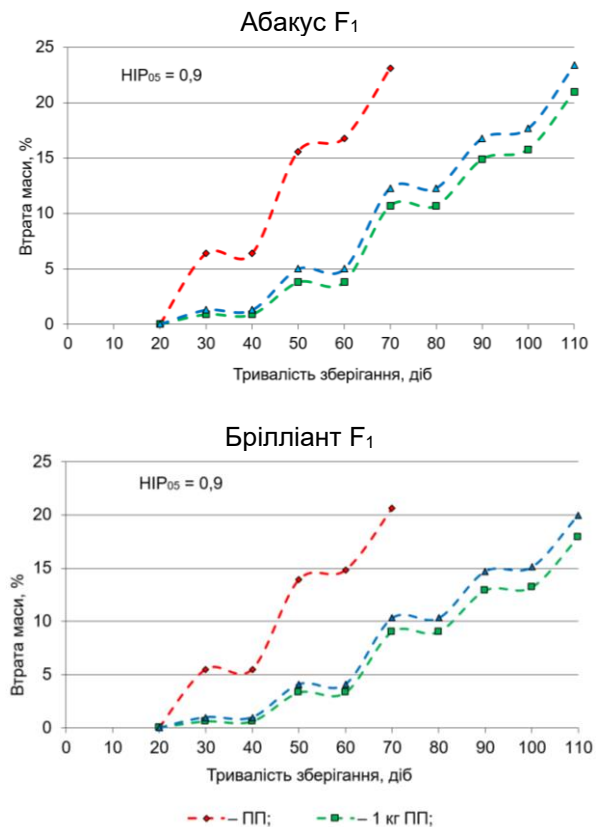


Рис. 1. Динаміка втрат маси головок капусти брюссельської за рахунок хвороб та фізіологічних розладів залежно від виду пакування і гібрида

Для більш повної характеристики динаміки втрат маси капусти брюссельської при зберіганні була визначена константа швидкості даного процесу. Позначимо через  $(M'r)$  втрату маси в моменті часу  $t$  від початку зберігання. Матимемо диференціальне рівняння

$$(M'r) = k(Mr) \quad (1)$$

Загальний розв'язок якого

$$Mr = Ce^{kr} \quad (2)$$

Вкажемо спосіб визначення  $C$  і  $k$  за даними двох спостережень

$M(r_1) = M_1; M(r_2) = M_2$  коли  $r_1 > r_2$ .  
Маємо систему:

$$\begin{aligned} Ce^{kr_1} &= M_1 \\ Ce^{kr_2} &= M_2 \end{aligned} \quad (3)$$

Звідки:

$$k = \frac{\ln \frac{M_2}{M_1}}{r_2 - r_1} \quad (4)$$

$$C = (M_1^{r_1} \cdot M_2^{-r_1})^{\frac{1}{r_2 - r_1}} \quad (5)$$

Результати розрахунків константи швидкості втрати маси у таблиці 2. Отримані константи швидкості свідчать, що максимальною швидкістю зростання втрат маси була у головок капусти брюссельської Абакуса F1 під час зберігання у відкритому виді – 0,2643 та 1,022. У гібрида Брілліант F1 швидкість втрати маси була дещо меншою – 0,2558 та 0,9833.

Пакування головок зменшило зростання втрат маси від 0,044 до 0,085 залежно від гібриду та виду пакування. Менша константа швидкості зростання втрат маси капусти спостерігалась під час пакування у ПП.

**Таблиця 2.** Константи швидкості зростання втрат маси при зберіганні головок капусти брюссельської

| Вид пакування | Константа швидкості, % діб |        |              |        |
|---------------|----------------------------|--------|--------------|--------|
|               | C                          | k      | C            | k      |
|               | Абакус F1                  |        | Брілліант F1 |        |
| Контроль      | 0,2643                     | 1,0220 | 0,2558       | 0,9833 |
| ПП            | 0,0455                     | 0,9507 | 0,0463       | 0,9446 |
| 1 кг ПП       | 0,0720                     | 0,9529 | 0,0854       | 0,9504 |
| 0,5 кг СП     | 0,0667                     | 0,9065 | 0,0705       | 0,9461 |

Проаналізовано втрати маси капусти брюссельської залежно від погодних умов вегетаційного періоду рослин. Встановлено, що між втратою маси головок капусти брюссельської та ГТК, середньодобовою температурою та відносною вологістю повітря існує зв'язок середньої сили з коефіцієнтом кореляції –0,3734, –0,5391 та –0,3448 відповідно. Розроблені рівняння регресії (табл. 3), які дають уявлення про втрату маси головок капусти брюссельської в таких межах термічних ресурсів: сума опадів за період з активними температурами 224,9–389,4 мм; сума активних температур 2766,4–3196,8°C.

**Таблиця 3.** Рівняння регресії залежно від суми опадів за період з активними температурами та суми активних температур

| Вид пакування | Рівняння регресії                     |                                      |
|---------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
|               | Абакус F1                             | Брілліант F1                         |
| Контроль      | $y = 0,0104x_1 + 0,0064x_2 - 11,6763$ | $y = 0,0057x_1 + 0,0052x_2 - 8,4926$ |
| ПП            | $y = 0,0038x_1 + 0,0029x_2 - 5,7468$  | $y = 0,0029x_1 + 0,0022x_2 - 4,3273$ |
| 1 кг ПП       | $y = -0,0001x_1 + 0,0019x_2 - 3,0760$ | $y = 0,0018x_1 + 0,0016x_2 - 3,2391$ |
| 0,5 кг СП     | $y = -0,0012x_1 + 0,0013x_2 - 1,3878$ | $y = 0,0007x_1 + 0,0010x_2 - 1,5508$ |

$x_1$  – сума опадів за період з активними температурами 224,9–389,4 мм;

$x_2$  – сума активних температур 2766,4–3196,8°C.

Отже, результати досліджень можуть бути використані виробниками для вирощування якісної та лежкоздатної продукції. А також в подальшій роботі з вивчення гібридів і сортів будь-яких овочевих культур, оскільки неможливо в одному дослідженні охопити весь сортимент.

При подальшому проведенні регресійного аналізу було встановлено, що найкращим чином описує експериментальні дані залежності ГТК та щодобової втрати маси під час зберігання капусти у відкритому виді та при пакуванні 0,5 кг у стретч-плівк поліном 2 порядку (6, 7 відповідно).

$$Y = 2,89x^2 - 6,178x + 4,15 \quad (6)$$

$$Y = 0,045x^2 + 0,078x - 0,003 \quad (7)$$

При пакуванні 1 кг ПП та у ПП ця залежність є прямолінійною (8, 9).

$$Y = -0,015x + 0,048 \quad (8)$$

$$Y = -0,011x + 0,091 \quad (9)$$

де  $Y$  – щодобові втрати маси капусти брюссельської, %;  $x$  – ГТК

Наведена залежність підтверджено розрахованою середньою похибкою, яка для поліному другого порядку становить 0,00004 та 0,0000026, а для прямої – 0,010 та 0,000095.

За результатами множинного регресійного аналізу отримана загальна математична модель залежності рівня втрат маси капусти брюссельської під час зберігання від погодних чинників:

$$Y = -5,71 - 0,047x_1 - 0,47x_2 + 0,03x_3,$$

де  $x_1$  – ГТК,  $x_2$  – середньодобова температура вегетаційного періоду, °C;  $x_3$  – відносна вологість повітря вегетаційного періоду, %.

## Висновки:

1. Погодні умови дослідних років характеризувалися високим ступенем мінливості. Умови вегетаційного періоду вплинули на добові втрати маси головок капусти брюссельської під час зберігання: без упаковки в середньому за 2016–2019 рр. становили в Абакуса F1 1,02 %, у Брілліанта F1 0,86 %. Застосування вкладнів з плівки поліетиленової завтовшки 40 мкм подовжило тривалість зберігання головок капусти брюссельської в середньому за 2016–2019 рр. до 50 діб із добовими природними втратами маси у Абакуса F1 0,08 %, у Брілліанта F1 0,05 %. У структурі природних втрат маси капусти брюссельської по варіантах дослідів на частку випаровування води припадає від 20,7 до 89,5 %. Найбільші втрати спостерігаються під час зберігання капусти у відкритому виді від 88,4% у Абакус F1 до 85,9 % у Брілліант F1. Пакування у плівку поліетиленову зменшило випаровування води: втрати становили 53,4–57,2 %. Пакування по 0,5 кг у стретч-плівку сприяло найменшим втратам від випаровування: 20,7–26,0 %.

2. За розрахованими константами швидкості було визначено, що максимальною була швидкість зростання втрат маси була у головок капусти брюссельської Абакуса F1 під час зберігання у відкритому виді – 0,2643 та 1,022. У Брілліанта F1 швидкість втрати маси була дещо меншою – 0,2558 та 0,9833. Пакування головок зменшило зростання втрат маси від 0,044 до 0,085 залежно від гібрида та виду пакування. Менша константа швидкості зростання втрат маси капусти спостерігалась під час пакування у плівку поліетиленову.

3. Визначено, що різна стійкість гібридів капусти брюссельської до пошкодження сірою гниллю під час зберігання пов'язана з пігментацією листків, тобто вмістом у них хлорофілу. Чим сильніша пігментація, тим гібрид більш стійкий до хвороб. Встановлено, що вміст хлорофілу у головках капусти коливався від 800 до 1200 мг/100г. При тривалому зберіганні пігментація листків стає менш інтенсивною, головки «відбілюються» і стійкість їх до хвороб зменшується. При цьому вміст хлорофілу зменшується на 55–60 %. Перші ознаки ураження головок капусти брюссельської з'являються на 30-ту добу зберігання. Менш інтенсивно вражається продукція за фасування по 1 кг у пакети з плівки завтовшки 40 мкм.

4. Регресійним аналізом встановлено, що найкращим чином описує експериментальні дані залежності ГТК та щодобової втрати маси під час зберігання капусти у відкритому виді та при пакуванні 0,5 кг у стретч-плівку поліном 2 порядку. При пакуванні 1 кг ПП та у ПП ця залежність є прямолінійною.

## Література:

1. Brussels sprouts (2012) Republic of South Africa. Department of Agriculture, Forestry and Fisheries. 16 p. URL: [https://www.daff.gov.za/docs/Brochures/PG\\_Brusselsprouts.pdf](https://www.daff.gov.za/docs/Brochures/PG_Brusselsprouts.pdf)
2. Колтунов В.А. Якість плодоовочевої продукції та технологія її зберігання. Ч. 1: Якість і збереженість картоплі та овочів. Київ: КНТУ, 2004. 568 с.
3. Reducing food loss and waste / Lipinski B. et al. World Resources Institute. Washington, 2013; 40 p.
4. Sharma R. R., Singh D., Singh R. Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables by microbial antagonists // *Biological Control*. 2009, № 50, pp. 205–221. doi: 10.1016/j.biocontrol.2009.05.001
5. Логінов М.І., Росновський М.Г., Логінов А.М. Технологія виробництва та переробки продукції рослинництва: навчальний посібник. Глухів, 2014. 229 с.
6. Transpiration and moisture evolution in packaged fresh horticultural produce and the role of integrated mathematical models / Bovie G. G. et al. // *Biosystems Engineering*. 2016. № 150. p. 24–39. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2016.07.013
7. Mathematical model for transpiration rate at 100% humidity for designing modified humidity packaging / Mahajan p. et al. // *ISHS Acta Horticulturae 1141: III International Conference on Fresh-Cut Produce: Maintaining Quality and Safety 2016*. doi: 10.17660/ActaHortic.2016.1141.33
8. Найченко В. М., Заморська І. Л. Технологія зберігання і переробки плодів та овочів: навчальний посібник. Умань: Сочинський, 2010. 327 с.
9. Pirovani A. E., Guemes D. R., Piagentini A. M., Di Pentima J. H. Storage quality of minimally processed cabbage packaged in plastic films. *Journal of Food Quality*. 1997. Vol. 20. Issue 5. p. 381–389. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.1997.tb00481.x>
10. Жук О. Я., Волошина О. І., Федосій І. О. Капуста червоноголова: монографія. Вінниця: Нілан-ЛТД, 2013. 204 с.
11. Федосій І. О. Лежкість капусти савойської за різних способів зберігання // *Аграрна наука і освіта*. 2008. Вип.9. № 1–2. 60–63 с.
12. Research into preservation of broccoli depending on the treatment with antimicrobial preparations before storage / Pusik L. et al. // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 4. Issue 11/94. p. 20–28. doi: 10.15587/1729-4061.2018.140064
13. Коваль Александр. Эффективная упаковка свежей плодоовощной продукции. АПК-информ: овощи & фрукты. 2005. URL: <http://www.lol.org.ua/rus/showart.php?id=32770>
14. Jacobsson A., Nielsen T., Sjöholm I., Wendin K. Influence of packaging material and storage condition on the sensory quality of broccoli //



Food Quality and Preference. 2004. Vol. 15. Issue 4. p. 301–310. doi: [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(03\)00070-3](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(03)00070-3)

15. Annelie J. Quality aspects of modified atmosphere packaged Broccoli. Lund University Publications. 2004. URL: <https://lup.lub.lu.se/search/publication/ac048d3b-dc91-435d-a6d0-bd55de9a23dd>

16. Fresh-cut broccoli florets shelf-life as affected by packaging film mass transport properties / Lucera A. et al. // Journal of Food Engineering. 2011. Vol. 102. Issue 2. p. 122–129. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.08.004>

17. Effects of polyvinylchloride films and edible starch coatings on quality aspects of refrigerated Brussels sprouts / Viña S. Z. et al. // Food Chemistry. 2007. Vol. 103. Issue 3. p. 701–709. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.09.010>

18. Прісс О. П., Кулік А. с. Динаміка зміни маси петрушки під час зберігання // Хімія харчових продуктів. Нові види сировини. 2015. Вип. 2. № 31. с. 74–78. URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/bitstream/123456789/1567/1/1329.pdf>

19. Дослідження інтенсивності вирати маси плодів сливи / Сердюк М.Є та ін. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2016. Вып. 1. № 10 (79). DOI: 10.15587/1729-4061.2016.59694

20. Studying the loss of mass by cauliflower depending on agrobiological factor varietal features, and package technique / Pusik L. et al. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies Technology and equipment of food production. 2019. Vol. 2. Issue 11(98). p. 22–31. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.162072

21. Методические рекомендации по хранению плодов, овощей и винограда (организация и проведение исследований) / Дженева с. Ю. и др. / Под ред. с. Ю. Дженева и В. И. Иванченко. Ялта: Институт винограда и вина “Магарач”, 1998. 152 с.

22. ДСТУ 4971:2008. Технічні умови. Ящики полімерні багатооборотні для овочів і фруктів. Київ, 2009. 22 с.

23. ДСТУ ISO 874-2002. Фрукти і овочі свіжі. Відбирання проб. Київ, 2003. 9 с.

24. Колтунов В. А. Прогнозування збереження якості продовольчих товарів. Київ: КНТЕУ, 2009. 198 с.

25. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 5-е., доп. и перераб. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.

26. Irtwange S. V. Application of modified atmosphere packaging and related technology in postharvest handling of fresh fruits and vegetables // Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 2006. Vol. 8. Issue 4. p. 10–13. URL: <https://www.research>

[gate.net/profile/Simon\\_Irtwange/publication/228878406\\_Application\\_of\\_Modified\\_Atmosphere\\_Packaging\\_and\\_Related\\_Technology\\_in\\_Postharvest\\_Handling\\_of\\_Fresh\\_Fruits\\_and\\_Vegetables/links/54b642420cf28ebe92e7c0fd.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Simon_Irtwange/publication/228878406_Application_of_Modified_Atmosphere_Packaging_and_Related_Technology_in_Postharvest_Handling_of_Fresh_Fruits_and_Vegetables/links/54b642420cf28ebe92e7c0fd.pdf)

27. Балан Е. Ф., Чумак И. Г., Картофяну В. Г., Иукурдзе Э. Ж. Динамика потерь плодоовощной продукции по этапам непрерывной холодильно-транспортной цепи (НХТЦ) // Холодильщик: интернет-газета. 2007. № 3(27). URL: [http://www.holodilshchik.ru/index\\_holodilshchik\\_best\\_article\\_issue\\_3\\_2007.htm](http://www.holodilshchik.ru/index_holodilshchik_best_article_issue_3_2007.htm)

28. Белінська Є.В. Belinska E.V. Тривале зберігання коренеплодів редиски: наукове обґрунтування, практичне застосування: монографія. Полтава: РВВ ПУЕТ, 2012. 152 с.

29. Осокіна Н. М., Костецька К. В. Вплив умов зберігання на втрати маси плодів овочів // Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2013. Вип 1. с. 130–133.

#### References:

1. Brussels sprouts (2012) Republic of South Africa. Department of Agriculture, Forestry and Fisheries. 16 p. Available at: [https://www.daff.gov.za/docs/Brochures/PG\\_Brusselssprouts.pdf](https://www.daff.gov.za/docs/Brochures/PG_Brusselssprouts.pdf) (Accessed: 20 April 2020).

2. Koltunov, V. A. (2004) ‘Quality of fruit and vegetable production and its storage technology’. Pt. 1: Quality and preservation of potatoes and vegetables. Kiyiv: KNTEU, 568 p.

3. Lipinski, B. et al. (2013) ‘Reducing food loss and waste’, World Resources Institute, Washington, 40 p.

4. Sharma, R. R., Singh, D. and Singh, R. (2009) ‘Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables by microbial antagonists’, Biological Control, (50), pp. 205–221. doi: 10.1016/j.biocontrol.2009.05.001

5. Loginov, M. I., Rosnovskiy, M. G. and Loginov, A. M. (2014) ‘Technology of production and processing of crop products’. Gluhiv. 229 p.

6. Bovie, G. G. et al. (2016) ‘Transpiration and moisture evolution in packaged fresh horticultural produce and the role of integrated mathematical models’, Biosystems Engineering, (150), pp. 24–39. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2016.07.013

7. Mahajan, p. et al. (2016) ‘Mathematical model for transpiration rate at 100% humidity for designing modified humidity packaging’, ISHS Acta Horticulturae 1141: III International Conference on Fresh-Cut Produce: Maintaining Quality and Safety. doi: 10.17660/ActaHortic.2016.1141.33

8. Naychenko, V. M. and Zamorska, I. L. (2010) Tehnologiya zberigannya i pererobki plodiv ta ovochiv. Uman: Sochinskiy, 327 p.

9. Pirovani, A. E., Guemes, D. R., Piagentini, A. M. and Di Pentima, J. H. (1997) ‘Storage quality of minimally processed cabbage packaged in plastic

films', *Journal of Food Quality*, (20(5)), pp. 381–389. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.1997.tb00481.x>

10. Zhuk, O. Ya. Voloshina, O. I. and Fedosiy, I. O. (2013) *Kapusta chervonogolova*. Vinnitsya: Nilan-LTD, 204 p.

11. Fedosiy, I. O. (2008) 'Lezhkist kapusti sa-voyskoyi za riznih sposobiv zberigannya', *Agrarna nauka i osvita*, (9(1–2)), pp. 60–63

12. Pusik, L. et al. (2018) 'Research into preservation of broccoli depending on the treatment with antimicrobial preparations before storage', *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, (4(11/94)), pp. 20–28. doi: 10.15587/1729-4061.2018.140064

13. Koval, A. (2005) 'Effektivnaya upakovka svezhey plodoovoschnoy produktsii', *APK-inform: ovoschi & fruktyi*. Available at: <http://www.lol.org.ua/rus/showart.php?id=32770> (Accessed: 20 April 2020).

14. Jacobsson, A., Nielsen, T., Sjöholm, I. and Wendin, K. (2004) 'Influence of packaging material and storage condition on the sensory quality of broccoli', *Food Quality and Preference*, (15(4)), pp. 301–310. doi: [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(03\)00070-3](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(03)00070-3)

15. Annelie, J. (2004) 'Quality aspects of modified atmosphere packaged Broccoli', *Lund University Publications*. Available at: <https://lup.lub.lu.se/search/publication/ac048d3b-dc91-435d-a6d0-bd55de9a23dd> (Accessed: 20 April 2020).

16. Lucera, A. et al. (2011) 'Fresh-cut broccoli florets shelf-life as affected by packaging film mass transport properties', *Journal of Food Engineering*, (102(2)), pp. 122–129. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.08.004>

17. Viña, S. Z. et al. (2007) 'Effects of polyvinylchloride films and edible starch coatings on quality aspects of refrigerated Brussels sprouts', *Food Chemistry*, (103(3)), pp. 701–709. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.09.010>

18. Priss, O.P. and Kulik, A.S. (2015) 'Dinamika zmini masi zeleni petrushki pid chas zberigannya', *Himiya harchovih produktiv i materialiv. Novi vidi sirovini*, (2(31)), pp. 74–78. Available at: <http://elar.tsatu.edu.ua/bitstream/123456789/1567/1/1329.pdf> (Accessed: 22 April 2020).

19. Serdyuk, M. E. et al. (2016) 'Doslidzhennya intensivnosti virati masi plodiv slivi', *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, (1/10(79)). doi: 10.15587/1729-4061.2016.59694

20. Pusik, L. et al. (2019) 'Studying the loss of mass by cauliflower depending on agrobiological factor varietal features, and package technigues', *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies Technology and equipment of food production*, (2/11(98)), pp. 22–31. doi: 10.15587/1729-4061.2019.162072

21. Dzheneev, S. Yu. et al. (1998) *The guidelines for the storage of fruits, vegetables and grapes (organization and conduct of research)*. Yalta: Institut vinograda i vina "Magarach", 152 p.

22. Yaschiki polimerni bagatooborotni dlya ovochiv i fruktiv. *Tehnichni umovi*, 22 DSTU 4971:2008 (2009).

23. *Frukty ta ovochi svizhi. Vidbir prob*, 9 DSTU ISO 874–2002 (2002).

24. Koltunov, V. A. (2009) *Prohnozuvannya zberzhennya yakosti prodovol'chykh tovariv*. Kyev: KNTEU, 198 p.

25. Dospheov, B. A. (1985) *Metodika polevogo opyita (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy)* (5th ed.). Moskva: Agropromizdat, 351 p.

26. Irtwange, S. V. (2006) 'Application of modified atmosphere packaging and related technology in postharvest handling of fresh fruits and vegetables', *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, (8(4)), pp. 1–13. Available at: [https://www.researchgate.net/profile/Simon\\_Irtwange/publication/228878406\\_Application\\_of\\_Modified\\_Atmosphere\\_Packaging\\_and\\_Related\\_Technology\\_in\\_Postharvest\\_Handling\\_of\\_Fresh\\_Fruits\\_and\\_Vegetables/links/54b642420cf28ebe92e7c0fd.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Simon_Irtwange/publication/228878406_Application_of_Modified_Atmosphere_Packaging_and_Related_Technology_in_Postharvest_Handling_of_Fresh_Fruits_and_Vegetables/links/54b642420cf28ebe92e7c0fd.pdf) (Accessed: 20 April 2020).

27. Balan, E. F., Chumak, I. G., Kartofyanu, V. G. and lukuridze. E. Zh. (2007) *The dynamic of loss of fruits and vegetables in the stages of continuous refrigeration-transport chain (HTTs)*. *Holodilshchik. Internet-gazeta*, (3(27)). Available at: [http://www.holodilshchik.ru/index\\_holodilshchik\\_best\\_article\\_issue\\_3\\_2007.htm](http://www.holodilshchik.ru/index_holodilshchik_best_article_issue_3_2007.htm) (Accessed: 20 April 2020).

28. Belinska, E. V. (2012) *The long-term storage of radish root crops: scientific substantiation, practical application*. Poltava: RVV PUET, 152 p.

29. Osokina, N. M. and Kostetska, K. V. (2013) 'Vpliv umov zberigannya na vtrati masi plodovih ovochiv', *Visnik agrarnoyi nauki Prichornomor'ya*, (1), 130–133.

## Аннотация

### Виды потерь капусты брюссельской во время хранения

Л.М. Пузик, В.К. Пузик, В.А. Бондаренко

Представлены результаты исследований по изучению влияния погодных условий вегетационного периода на формирование содержания некоторых компонентов химического состава и физических свойств капусты брюссельской, а также способов упаковки на интенсивность ее потерь во время хранения.

Установлено, что во время хранения капусты брюссельской происходят потери массы за счет уменьшения содержания сухих веществ, частичного испарения воды, развития микроорганизмов и за счет усыхания покровных листочков. Условия вегетационного периода повлияли на суточные суточные

потери массы головок капусты брюссельской во время хранения. Потери массы, интенсивность испарения воды и развитие микроорганизмов зависят от вида упаковки, особенностей гибрида и некоторых физических показателей головок капусты. Суточные потери массы головок капусты без упаковки в среднем были 0,86–1,02 %. Применение вкладышей из пленки толщиной 40 мкм увеличило длительность хранения головок капусты брюссельской до 50 суток с суточными естественными потерями массы 0,05–0,08 %. В структуре естественных потерь массы капусты брюссельской на долю испарения воды приходится от 20,7 до 89,5 %. Наибольшие потери наблюдаются во время хранения капусты в открытом виде – от 85,9 до 89,5 %. Упаковывание в пленку полиэтиленовую уменьшило испарение воды, потому потери были 53,4–57,2 %. Упаковывание по 0,5 кг в стрейч-пленку способствовало наименьшим потерям от испарения: 20,7–26,0 %. Менее интенсивно поражается болезнями продукция розфасованная по 1 кг в пакеты из пленки полиэтиленовой толщиной 40 мкм.

Регрессионным анализом установлено, что наилучшим образом описывает экспериментальные данные зависимости ГТК и суточной потери массы во время хранения капусты в открытом виде и в упаковке полином второго порядка. При упаковывании по 1 кг в пленку полиэтиленовую и при применении полиэтиленовых вкладышей эта зависимость является прямолинейной.

**Ключевые слова:** капуста брюссельская, хранение, упаковка, пленка полиэтиленовая, стрейч-пленка, потери массы, погодные условия, микробиологические потери, регрессионный анализ.

## Abstract

### Types of losses of Brussels sprouts during storage

L.M. Puzik, V.K. Puzik, V.A. Bondarenko

The results of studies on the influence of weather conditions of the growing season on the formation of the content of some components of the chemical composition and physical properties of Brussels sprouts, as well as methods of packaging on the intensity of its losses during storage are presented.

It was found that during storage of Brussels sprouts, weight loss occurs due to a decrease in the content of dry matter, partial evaporation of water, the development of microorganisms and due to drying of the integumentary leaves. Growing season conditions influenced the daily weight loss of Brussels sprouts heads during storage. Weight loss, intensity of water evaporation and development of microorganisms depend on the type of packaging, characteristics of the hybrid and some physical parameters of the cabbage heads. The daily weight loss of unpackaged cabbage heads averaged 0,86–1,02%. The use of inserts made of a film with a thickness of 40 mcm increased the storage time of the heads of Brussels sprouts up to 50 days with daily natural weight loss of 0,05–0,08%. In the structure of natural weight loss of Brussels sprouts, water evaporation accounts for 20,7 to 89,5%. The greatest losses are observed during storage of cabbage in open form – from 85,9 to 89,5%. Packing in polyethylene film reduced water evaporation, so the losses were 53,4–57,2%. Packing 0,5 kg in stretch film contributed to the lowest evaporation losses: 20,7–26,0%. Less intensively affected by diseases are products packed in 1 kg bags in polyethylene film bags with a thickness of 40 mcm.

Regression analysis found that the best describes the experimental data of the dependence of GTK and daily weight loss during storage of cabbage in open form and in packing by a polynomial of the second order. When packing 1 kg in a polyethylene film and when using polyethylene liners, this relationship is straightforward.

**Keywords:** Brussels sprouts, storage, packaging, polyethylene film, stretch film, weight loss, weather conditions, microbiological losses, regression analysis.

## Бібліографічне посилання/ Bibliography citation: Harvard

Puzik, L. M., Puzik, V.K. and Bondarenko, V. A. (2021) "Types of losses of Brussels sprouts during storage," *Engineering of nature management*, (1(19), pp. 16 - 26.

Подано до редакції / Received: 23.04.2021