

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет харчових технологій та управління якістю продукції АПК

УДК 663.915-026.752:634.51

**ПОГОДЖЕНО**

Декан факультету харчових технологій  
та управління якістю продукції АПК

\_\_\_\_\_ Лариса БАЛЬ-ПРИЛИПКО

ГОЛЕМБОВСЬКА

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

В.о. завідувача кафедри технологій  
м'ясних, рибних та морепродуктів

\_\_\_\_\_ Наталія

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему: «Розроблення технології шоколадної пасти на основі волоського  
горіха»

Спеціальність 181 «Харчові технології»

Освітня програма «Нутріціологія»

Орієнтація освітньої програми освітньо-наукова

**Гарант освітньої програми**

к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ Людмила ТИЩЕНКО

**Керівник магістерської роботи**

к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ Богдана ЛЕОНОВА

**Виконав**

\_\_\_\_\_ Микита ГОРЕЦЬКИЙ

**КИЇВ – 2025**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет харчових технологій та управління якістю продукції АПК

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

В.о. завідувача кафедри технологій  
м'ясних, рибних та морепродуктів

\_\_\_\_\_ Наталія ГОЛЕМБОВСЬКА

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**

**ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
СТУДЕНТА**

**Микиті В'ячеславовичу Горецькому**

Спеціальність 181 «Харчові технології»

Освітня програма «Нутриціологія»

Програма підготовки Освітньо-наукова

Тема магістерської роботи «**Розроблення технології шоколадної пасти на основі волоського горіха**»

Затверджена наказом ректора НУБіП України від “17” січня 2024 р. № 52 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 10. 06. 2025 р.

Вихідні дані до магістерської роботи; технологія шоколадної пасти, шоколадна паста на основі волоського горіха, хімічний склад сировини.

Перелік питань, що підлягають дослідженню: огляд літературних джерел; організація, об'єкти, предмети і методи досліджень; результати дослідження та їх аналіз; висновки; список використаної літератури.

**Дата видачі завдання “14” квітня 2024 р.**

**Керівник магістерської роботи**

к.т. н., доцент \_\_\_\_\_

**Богдана ЛЕОНОВА**

**Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_**

**Микита ГОРЕЦЬКИЙ**

## РЕФЕРАТ

Магістерська робота виконана згідно завдання: «Розроблення технології шоколадної пасти на основі волоського горіха»

*Метою* магістерської роботи є наукове обґрунтування та розроблення технології шоколадної пасти з використанням волоського горіха, яка має підвищену харчову та біологічну цінність, задовольняє сучасні вимоги до якості, смаку, безпечності та відповідає тенденціям здорового харчування.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні *завдання*:

1. Проаналізувати сучасний стан ринку шоколадних паст в Україні та за кордоном, визначити провідні тенденції у використанні горіхової сировини.

2. Дослідити хімічний склад, харчову та біологічну цінність волоського горіха, його технологічні властивості та доцільність використання у виробництві пастоподібних продуктів.

3. Розробити рецептурні композиції шоколадної пасти з додаванням волоського горіха, з урахуванням оптимального співвідношення інгредієнтів для досягнення бажаних органолептичних та технологічних характеристик.

4. Оцінити фізико-хімічні, мікробіологічні та органолептичні показники розроблених зразків шоколадної пасти.

5. Визначити раціональну технологічну схему виробництва шоколадної пасти на основі результатів експериментальних досліджень.

6. Розрахувати основні економічні показники та техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження розробленої технології у виробництво.

7. Оцінити безпечність та конкурентоспроможність готової продукції, з урахуванням вимог нормативної документації та споживчих очікувань.

*Об'єкт дослідження*: процес виробництва харчових пастоподібних продуктів функціонального призначення..

*Предмет дослідження:* технологічні параметри та рецептурний склад шоколадної пасти з використанням волоського горіха як основного компонента..

*Методи дослідження:* фізико-хімічні, мікробіологічні, органолептичні.

Дипломна робота складається із вступу, огляду літератури, матеріалу та методики досліджень, результатів власних досліджень, аналізу і узагальнення, висновків та списку використаної літератури.

Магістерська робота виконана на 48 сторінках, містить 8 таблиць та 4 рисунки. Список літератури складає 41 джерел.

**Ключові слова:** шоколадна паста, волоський горіх, харчова цінність, рецептура, харчові технології, функціональний продукт, пастоподібні продукти, переробка горіхів.

## ЗМІСТ

	Стор
<b>ВСТУП</b> .....	6
<b>РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ВИРОБНИЦТВА ГОРІХОВОЇ ПАСТИ</b> .....	8
1.1 Перспективи використання грецького горіха в технології шоколадних паст.....	8
1.1.1. Актуальність горіхової пасти та горіхового масла.....	11
1.1.2. Виробництво горіхової пасти.....	12
1.2. Горіхова паста, як здорова альтернатива для споживачів.....	13
<b>РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ</b> .....	15
2.1 Етапи та послідовність виконання роботи.....	15
2.2 Матеріали досліджень.....	15
2.3 Методи досліджень.....	16
<b>РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ</b> .....	23
3.1 Розроблення шоколадної пасти з волоського горіха.....	23
3.1.1. Технологія приготування горіхової пасти.....	23
3.2 Характеристика вихідної пасти з волоських горіхів.....	27
3.3 Дослідження терміну зберігання.....	35
<b>РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА ШОКОЛАДНОЇ ПАСТИ</b> .....	42
<b>4.1. Техніко-економічне обґрунтування виробництва шоколадної пасти</b> .....	42
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	44
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	45

## ВСТУП

Широко культивовані та споживані в усьому світі, волоські горіхи нещодавно викликали великий інтерес як перспективний натуральний функціональний продукт харчування. Фактично, кілька досліджень продемонстрували роль волоських горіхів у запобіганні нейродегенеративним розладам та обернено пропорційну кореляцію між їх споживанням та виникненням серцево-судинних захворювань. Корисна властивість волоських горіхів пов'язана з їх хімічним складом: оскільки серед горіхів вони є найбагатшими на поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК) зі сприятливим співвідношенням  $\omega 6:\omega 3$ , та демонструють найвищу антиоксидантну здатність завдяки вмісту поліфенолів. Вони також містять інші важливі біологічно активні сполуки, такі як мелатонін, серотонін, мінерали та вітаміни (особливо токофероли) ( Tapia et al., 2013 ; Martínez et al., 2010 ).

Волоські горіхи зазвичай продаються в шкаралупі або нешкаралуплені (цілі або мелені ядра), але їх також можна переробляти для отримання таких інгредієнтів, як горіхова олія, борошно та паста. Основними складовими ядер є ліпіди (62–74%), з відносно високим вмістом лінолевої кислоти (~63%) та ліноленової кислоти (~13%), які особливо схильні до окислювальної деградації, що призводить до розвитку згіркlosti та скорочення терміну зберігання. Олія волоського горіха має низьке співвідношення олеїнової та лінолевої кислот, яке коливається від 0,08 до 0,57, тому вона дуже нестабільна порівняно з іншими рослинними оліями ( Gama et al., 2018; Martínez et al., 2010).

Щоб подовжити термін придатності продуктів з волоських горіхів, можна додавати антиоксиданти, щоб уповільнити розвиток згіркнення. Сьогодні існує великий інтерес до отримання та використання антиоксидантів з природних джерел, уникаючи використання синтетичних добавок, які споживачі рідко сприймають. Однак існує мало досліджень, пов'язаних з їх використанням для консервації горіхів та/або їх похідних: екстракт розмарину

виявився ефективною добавкою для уповільнення окислення зберіганої олії волоського горіха (Martínez et al., 2013), або навіть додавання порошкоподібного інкапсульованого екстракту з вичавок червоного винограду було успішно випробувано для уповільнення окислення ліпідів у пасті з фундука (Spigno et al., 2013). Виноградні вичавки – це побічний продукт виноробства виноробної промисловості, багатий на фенольні сполуки (головним чином антоціани, флаваноли та флавоноли), які можна відновити для отримання екстрактів, корисних у розробці нових харчових продуктів як функціональних інгредієнтів або як натуральних антиоксидантних добавок (Lavelli et al., 2016).

Виходячи з цих передумов, метою цієї роботи було визначення хімічного складу та окислювальної стабільності пасти з волоських горіхів. Крім того, були проведені прискорені випробування на зберігання пасти з волоських горіхів, з додаванням або без додавання антиоксиданту, щоб дослідити потенційний захисний ефект, який чинить додавання фенольного екстракту шкірки червоного винограду на окислювальний статус під час зберігання.

## РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

### 1.1. Перспективи використання грецького горіха в технології шоколадних паст

Розробка горіхових паст потенційно може розширити їхнє харчове використання та представити споживачам здоровішу сніданкову закуску без тваринного походження. Горіхові пасти – це продукти, що виготовляються з горіхів, подрібнених у пасту. Обсмажування та подрібнення (зменшення розміру частинок) – це два важливі етапи виробництва горіхових паст, які впливають на текстурні, реологічні характеристики та загальну якість горіхової пасти. Тектурні, кольорові та смакові властивості горіхових паст відіграють важливу роль у привабливості для споживачів, рішеннях про покупку та кінцевому споживанні. Стабільність горіхових паст залежить від розміру частинок. Для забезпечення виробництва стабільного продукту горіхової пасти також необхідне правильне поєднання інгредієнтів (горіхової пасти, підсолоджувача, рослинної олії та джерел білка). Більшість горіхових паст поведуться як неньютонівська псевдопластична рідина під напруженням текучості, що допомагає виробникам розпочати перекачування та перемішування горіхових паст. Подібно до інших продуктів з високим вмістом олії, горіхові пасти схильні до автоокислення. Їх окислення можна контролювати, застосовуючи антиоксиданти, використовуючи методи обробки, які мінімізують втрати токоферолу та інших природних антиоксидантів.

Загалом, горіхи дерев – це сухофрукти з однією насінною, зовнішня оболонка якої твердне після дозрівання. Найпопулярнішими горіхами дерев у світі є мигдаль, бразильський горіх, кешью, фундук, макадамія, пекан, кедровий горіх, фісташка та волоський горіх. Якщо враховувати виробництво найпопулярніших у світі горіхів дерев, кешью посідає перше місце у світі з обсягом виробництва 2 760 000 тонн, далі йдуть мигдаль (2 560 000 тонн), волоський горіх (2 550 000 тонн), бразильський горіх (1 000 000 тонн),

фісташка (940 000 тонн) та фундук (860 000 тонн) у 2010 році. Виробництво решти горіхів дерев (пекану, макадамії та кедрового горіха) становило близько 1,85 тонни в тому ж році [ 1 ]. Окрім основного складу ( Таблиця 1.1 ), у горіхах дерев присутні деякі фітохімічні речовини, такі як токофероли та фенольні сполуки [ 2-6 ]. Хоча арахіс є бобовою культурою, він має схожий поживний профіль з горіхами дерев. Тому в цьому огляді його використовується для порівняння з горіхами дерев.

Таблиця 1.1

Харчовий склад горіхів та арахісу (на 100 г)

Поживна речовина	Мигдаль	Бразильський горіх	Кешью	Фундук	Макадамія	Арахіс	Пекан	Кедровий горіх	Фісташка	Волоський горіх
Калорії (ккал)	578	656	574	628	718	567	691	629	557	654
Білок (г)	21	14	15	15	8	26	9	12	21	15
Загальний вміст жиру (г)	51	66	46	61	76	49	72	61	44	65
Насичені (г)	4	16	9	4	12	7	6	9	5	6
Мононенасичені (г)	32	23	27	46	59	24	41	23	23	9
Поліненасичені (г)	12	24	8	8	2	16	22	26	13	47
Вуглеводи (г)	20	13	33	17	14	16	14	19	28	14
Харчові волокна (г)	12	5	3	10	9	9	10	11	10	7

З огляду на сучасний насичений спосіб життя, горіхи дерев є поживними, смачними, зручними та легкими закусками, які сприяють здоровому способу життя. Зазвичай їх вживають у вигляді цілих горіхів (сирих, смажених або солоних) або використовують як інгредієнти в різноманітних оброблених харчових продуктах, особливо в спредах, хлібобулочних виробках та кондитерських виробках. Олії горіхів дерев також використовуються для різних цілей, таких як приготування їжі, заправки для салатів та ароматизатори. Крім того, олії горіхів дерев також є компонентами деяких зволожувальних засобів для шкіри та косметичних продуктів [2]. За даними ФАО (2012), середнє споживання горіхів у світі становить 2,1 кг/особу на рік [1]. Споживання горіхів варіюється як між регіонами, так і всередині

них, де їх вирощують. Наприклад, у Європейському регіоні споживання становить 2,8 кг/особу на рік. Однак, якщо детальніше розглянути споживання в окремих країнах цього регіону, то Іспанія та Греція (виробники горіхів) мають рівні споживання 7,3 та 9,9 кг/особу відповідно. Різниця у споживанні між Північною та Південною Європою ще більш помітна в доступності продуктів харчування (у кг/особу/рік): ЄС (4,0), Іспанія (6,7) та Греція (10,0). Горіхи доступні грекам у п'ять разів більше, ніж споживачам США. Рівні споживання в Азії з величезним населенням ще більш нерівномірні [7].

Споживання горіхів у смаженому та солоному вигляді обмежене. Діти та люди похилого віку не можуть легко відкрити горіхи (наприклад, фісташки) та спожити їх. Ще однією проблемою після обробки та перед споживанням горіхів є їх зберігання та обробка, що впливає на якість продукту. Існує багато повідомлень про наявність мікотоксинів, особливо афлатоксину, в горіхах [9-11]. Збільшення вмісту вологи, температури повітря та відносної вологості повітря є основними причинами збільшення росту грибків та, як наслідок, вироблення афлатоксину [12]. Існують деякі докази того, що забруднення відбувається під час експорту, морського транспортування або зберігання в країнах-імпортерах [13]. Якщо загальний рівень мікотоксинів (особливо афлатоксину В1) у горіхах перевищує максимально допустимий рівень, горіхи не можуть бути використані споживачами. Є деякі повідомлення про відхилення експортованих горіхів через рівень афлатоксину [13-14]. Розробка нових продуктів (таких як горіхова паста) з горіхів та використання відповідних пакувальних матеріалів може зменшити ризик втрат продукту через забруднення мікотоксинами. Розробка горіхової паста потенційно розширить використання горіхів у харчових продуктах та познайомить споживачів зі здоровішою нетваринною снековою їжею для сніданку. У цьому огляді буде пояснено виробництво стабільних горіхових паст та фактори, що впливають на їхню якість. У цьому огляді також було представлено вплив умов обробки (обсмажування та подрібнення) на реологічну поведінку, сенсорну сприйнятливність та окислювальну стабільність горіхової паста.

*1.1.1. Актуальність горіхової пасти та горіхового масла.* Термін «горіхове масло» стосується продукту, який містить щонайменше 90% горіхових інгредієнтів, тоді як термін «горіховий спред» стосується продукту, що намазується, що містить щонайменше 40% горіхових інгредієнтів, які можна додавати в різних формах, наприклад, у вигляді горіхів, пасти та/або суспензії [15-16]. Горіхові масла та горіхові пасти – це продукти, що намазуються, виготовлені з горіхів, подрібнених у пасту. Обидва горіхові продукти можна намазувати як комерційно доступне масло. Їх можна виготовляти з мигдалю, кеш'ю, фундука, горіхів макадамії, арахісу, пекану, фісташок та волоських горіхів. Подібні пасти також можна виготовляти з іншого насіння, такого як кунжут, гарбузове насіння, соєві горіхи та насіння соняшнику, але вони не класифікуються як горіхові пасти [17]. Горіхові пасти мають різноманітне застосування, і найпоширеніше використання горіхових паст – у приготуванні сендвічів. Інші способи використання включають начинку для їстівних крекерів або соуси для овочів. Крім того, горіховий спред також використовується в різних сферах випічки та кулінарії. Горіховий паст популярний і широко прийнятий споживачами завдяки своєму смаку, гарній харчовій цінності та придатності для споживання як окремо, так і в поєднанні з різноманітними іншими продуктами. Ринок горіхових паст у США зростає зі сукупним річним темпом зростання 6,2% у період між 2004 і 2009 роками [18]. Оскільки найважливішою характеристикою горіхового пасту є його мажучість, вкрай важливо, щоб продукт мав м'яку текстуру та легко намазувався, щоб уникнути розривів хліба та крихт крекерів. Крім того, оскільки діти є найпопулярнішими споживачами горіхового пасту, м'які та мажучі характеристики продукту допоможуть полегшити нанесення горіхового пасту цією віковою групою без допомоги батьків. З цієї причини перевага надається кремовим та ніжним горіховим пастам.

*1.1.2. Виробництво горіхової пасти.* Загалом, якість горіхових паст залежить від використовуваних рецептур (таблиця 1.2).

Тип інгредієнтів (%) для виробництва горіхових паст та горіхових масел

Горіх	Олія	Стабілізатор	Підсолоджувач (цукор)	Сіль	Емульгатор	Соєвий білок
79,0	13.1	-	6.0	1.4	0,5	-
83,6	6.5	2.1	6.8	0,9	0,2	-
73,8	17.2	-	6.3	0,9	0,2	-
71,6	10.3	2.1	4.2	1.0	-	-
59.2	2.1	0,9	32,5 **	-	-	5.3
86,3	5.0	1.0	6.2	1.5	-	-

Арахісова паста – це паста, виготовлена з меленого смаженого арахісу, з додаванням олії або без нього. Вона популярна в усьому світі та виробляється на деяких ринках, що розвиваються. Її використовують як пасту для сендвічів. Окрім арахісу, для приготування горіхових паст можна використовувати й інші види горіхів [26-28]. Окрім інгредієнтів (горіхів, цукру, рослинної олії та емульгатора), умови обсмажування горіхів, розподіл частинок за розміром, а також тип і кількість стабілізатора впливають на прийнятність споживачами, реологічну поведінку та окислювальну стабільність горіхових паст. Окислення олій та жирів можна контролювати, застосовуючи антиоксиданти, використовуючи методи обробки, які мінімізують втрати токоферолу та інших природних антиоксидантів. Останнім часом значна увага споживачів зосереджена на горіхових пастах зі зниженим вмістом вуглеводів та жирів. Хоча значна частина літератури повідомляла про виробництво горіхових паст, більшість досліджень стосувалися арахісової пасту та арахісової пасту. Саме тому, метою нашої роботи є розробка горіхової пасту з волоського горіха із тривалим терміном зберігання,

## 1.2. Горіхова паста, як здорова альтернатива для споживачів

Плоди волоського горіха [*Juglans Regia L.*] вважаються одним із найстабільніших продуктів харчування, а вирощування волоського горіха

визначено як стратегічний напрямок харчування людини та включено ФАО та ВООЗ до списку пріоритетних рослин [Gandev, 2007]. Через високий вміст жиру ядра волоських горіхів донедавна не вважалися здоровою їжею. Це сприйняття останнім часом значно змінилося, оскільки було виявлено, що вони мають здоровий профіль поліненасичених жирних кислот, багаті на білки, вітаміни та мінерали. Багато авторів повідомляють, що ядро волоського горіха містить велику кількість ліпідів (> 50% ваги), 11% білків, 5% вуглеводів та є дуже калорійним (приблизно 525 ккал/100 г). Ліпіди волоського горіха мають високий вміст ненасичених жирних кислот (до 90%), включаючи поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК) (до 78% від загального вмісту жирних кислот), які відіграють важливу роль для належного функціонування організму людини. Вони також містять значну кількість харчових волокон, вітамінів (E, B<sub>3</sub>, B<sub>5</sub>, B<sub>6</sub>) та мінеральних елементів (K, P, Mg) [Chatrabnous et al., 2018; V. Liu et al., 2020; Martínez et al., 2010].

Важливість вирощування волоських горіхів визначається їх багатофункціональним застосуванням, яке включає харчові продукти, ліки, барвники, клеї, косметику, олії, меблі та скульптуру [Guasch-Ferré et al., 2018; L. Liu & Dai, 2021; Rusu et al., 2020]. Інтерес до волоських горіхів також визначається їхньою харчовою цінністю, яка впливає з їхнього унікального складу, де певні поживні речовини та фітохімічні речовини відповідають за численні корисні ефекти від споживання волоських горіхів та продуктів їх переробки [Ni et al., 2022; Ros et al., 2018]. Метою поєднання ядра волоського горіха з іншою сировиною є диверсифікація та покращення харчових та органолептичних якостей традиційних харчових продуктів, а також отримання так званих функціональних продуктів. Таким чином, використовуючи певні стратегії в переформулюванні матриці харчових продуктів, отримують продукти зі специфічним складом (наприклад: зменшення вмісту тваринного жиру та натрію, збагачення різними біоактивними речовинами тощо) та прийнятними фізико-хімічними та органолептичними властивостями [Otunola & Martirosyan, 2021]. Завдяки корисному впливу споживання волоських

горіхів на здоров'я людини, продемонстрованому численними дослідженнями, спостерігається підвищений інтерес до розробки нових харчових продуктів на основі волоських горіхів, таких як волоське молоко, різні начинки для кондитерських виробів, волоське борошно. Деякі дослідники намагалися виробляти м'ясні продукти, що містять ядра волоських горіхів [Ayo et al., 2005; Cofrades et al., 2004]. Також було проведено деякі дослідження, пов'язані з виробництвом напоїв та емульсій з використанням ядер волоських горіхів [Gharibzahedi et al., 2012; Ouyang et al., 2022].

Як і в інших регіонах світу, лідером ринку горіхових паст є відома паста Nutella. Сьогодні продукт Ferrero має світовий успіх. Існують дослідження, які зазначають, що, з одного боку, банка Nutella продається у світі кожні 2,5 секунди, а з іншого боку, існують побоювання щодо шкоди для здоров'я та навколишнього середовища через використання пальмової олії у виробництві пасти Nutella [Cova & D'Antone, 2016; Silva, 2016]. Беручи до уваги той факт, що волоські горіхи є місцевим продуктом для України і що на ринку немає молдовських продуктів, подібних до пасти «Nutella», головною метою цього дослідження була розробка горіхової пасти з додаванням какао та шоколаду, подібної до Nutella, з використанням місцевих волоських горіхів.

## **РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ**

### **2.1 Етапи та послідовність виконання роботи**

Отриману пасту з волоських горіхів аналізували на вміст вологи, жиру, білка, відновлювального цукру, золи, клітковини, рН та загальної кислотності.

Були проведені попередні випробування для вибору концентрації екстракту, яка буде використовуватися в наступному прискореному тесті зберігання: три різні дози екстракту виноградної шкірки, висушеного розпиленням, були ретельно перемішані з горіховою пастою. Отримані зразки були піддані прискореним випробуванням на окислювальну стабільність за допомогою пристрою для тестування на окислення.

Тому було розроблено та проведено прискорене випробування на зберігання для порівняння зразків з додаванням та без додавання виноградного екстракту в найкращій концентрації, обраний з попередніх випробувань. Для цього під час зберігання контролювалися показники окислювальної якості: перекисні числа, кон'юговані дієни та триєни, а також токофероли (визначені в ліпідній фракції); загальний вміст поліфенолів та антиоксидантна здатність (тести ABTS та ORAC) (оцінювали на знежиреній речовині). Антиоксидантну здатність за допомогою тестів FRAP оцінювали на знежирених зразках на початку та в кінці випробування.

### **2.2 Матеріали досліджень**

Волоські горіхи у шкаралупі (сорт Ховард) були придбані на місцевому ринку. Екстракт виноградної шкірки, інкапсульований у мальтодекстрин, був отриманий з виноградних вичавок сорту Барбера. А саме, порошок виноградної шкірки екстрагували 60% водним етанолом при постійному перемішуванні протягом 2 годин при температурі 60 °С. Потім суміш центрифугували, а супернатант відновлювали. Екстракт концентрували 15 разів за допомогою роторного випарника (Büchi Rotavapor R-144), розбавляли водним розчином мальтодекстринів та сушили розпиленням.

Мальтодекстрини (Glucidex IT 12 DE, Roquette Italia SPA) використовували в дозуванні 0,6 М у співвідношенні DE/еквіваленти галової кислоти. Висушений розпиленням екстракт був охарактеризований за вмістом вологи ( $7,19 \pm 0,39$  г/100 г), загальним вмістом фенолів ( $98,24 \pm 3,50$  мг GAE /г), значенням ABTS ( $790,91 \pm 50,51$  мкмоль тролоксекв. /г), значенням FRAP ( $2,25 \pm 0,15$  ммоль Fe(II)/ г) та значенням ORAC ( $985,78 \pm 59,51$  мкмоль тролоксекв. /г).

Усі стандарти та хімічні речовини, що використовувалися в аналітичних визначеннях, були придбані у ТОВ Хімлаборреактив.

#### *Приготування пасти з волоських горіхів*

Після ручного видалення шкаралупи ядра обсмажували в печі з примусовою конвекцією (Теспоека, Італія) при температурі 160 °С протягом 15 хвилин. Обсмажені ядра спочатку подрібнювали за допомогою електричного побутового млина (La Moulinette, Moulinex), а потім подрібнювали до пасти за допомогою планетарного мікомлина (Pulverisette, Fritsch, Німеччина) при 700 об/хв протягом 2 хвилин. Пасту збирали в пластикові та непрозорі контейнери, щоб обмежити її вплив світла. Перед закриттям простір над зернами насичували азотом, щоб уникнути контакту з повітрям. Потім зразки зберігали при температурі -20 °С до використання.

### **2.3 Методи досліджень**

#### *Прискорений тест на окислювальну стабільність (Oxitest)*

Пасту з волоських горіхів збагачували висушеним розпиленням екстрактом шкірки винограду у трьох різних концентраціях: 2500, 5000 та 10000 ppm (мас./мас.). Для оцінки концентрації екстракту з найбільшою антиоксидантною ефективністю використовували реактор для окислювальних випробувань (Oxitest, VELP Scientifica, Мілан, Італія). Пасту з волоських горіхів (10 г) з додаванням екстракту та без нього однорідно розподіляли на тримачах зразків приладу, а умови випробування встановлювали на рівні 90 °С та тиску кисню 6 бар. Індукційний період (IP у хв) розраховували за допомогою програмного забезпечення приладу (OXISoft™).

### *Прискорене дослідження зберігання*

Для оцінки окислювальної стабільності пасти з волоських горіхів та захисного ефекту, що чиниться екстрактом виноградної шкірки, було проведено дослідження прискореного зберігання як пасти з волоських горіхів, так і пасти з волоських горіхів, до якої додано концентрацію екстракту, обрану за допомогою прискореного тесту на окислювальну стабільність.

Згідно з Абеді Гонабадом та ін. (2015), для окислення олії волоського горіха було прийнято енергію активації 80,327 кДж/моль. Для моделювання зберігання за кімнатної температури (20 °C) було застосовано закон Арреніуса, що дозволило знайти коефіцієнт прискорення окислення:

$$\frac{k_{60^{\circ}\text{C}}}{k_{20^{\circ}\text{C}}} = 52.3$$

Добове зберігання при температурі 60 °C можна вважати еквівалентним мінімум 52 дням при 20 °C. Тому в цьому дослідженні для прискорених випробувань зберігання було обрано період 15 днів при 60 °C, метою якого було імітувати 2-річний термін зберігання при 20 °C та помітити погіршення якості.

Тридцять грамів обох зразків (пасти з виноградним екстрактом та без нього) помістили у відкриті керамічні посудини та зберігали при температурі 60 °C протягом 15 днів ( Vaidya and Eun, 2013 ). Зразки аналізували через 2, 4, 7, 9, 11 та 15 днів. Для кожного типу пасти з волоських горіхів (з екстрактом та без нього) використовували одну посудину під час кожного відбору проб. Якість пасти з волоських горіхів оцінювали у трьох повторностях під час кожного відбору проб шляхом визначення окислювальних індексів.

### *Хімічний склад*

Вміст вологи визначали згідно з офіційним методом АОАС 931.04 ( АОАС, 2005 ). Вміст жиру оцінювали згідно з методом 948.22 ( АОАС, 2005 ) з відповідними змінами. Детальніше, зразки змішували з дистильованою водою та соляною кислотою (25% w/w) та піддавали 30-хвилинному

кип'ятінню для гідролізу. Отримані розчини потім фільтрували через складчастий фільтр (Whatman 595 ½). Фільтри, що містили зразки, промивали дистильованою водою та потім сушили протягом 6 годин при 100 °С. Висушені фільтри потім переносили в гільзи та екстрагували протягом 6 годин 250 мл н-гексану за допомогою апарату Сокслета. Розчинник нарешті випаровували (ротаційний випарник Buchi R-3), а залишковий жир зважували.

Для визначення вмісту золи та загального білка (метод 950.48) (АОАС, 2005) використовували офіційні методи аналізу. Для оцінки вмісту вільного редукуючого та нередукуючого цукру (глюкози, фруктози, мальтози, лактози та сахарози) застосовували волюметричний метод Лаффа-Шурла [Egan et al., 1981]. Нарешті, вміст нейтральної детергентної клітковини (NDF), кислотної детергентної клітковини (ADF) та кислотного детергентного лігніну (ADL) визначали у знежирених зразках згідно з процедурою [Van Soest et al. 1991, адаптованою до аналізатора волокон ANKOM (ANKOM Technology Corporation, Macedon, NY)].

Загальну кислотність та рН оцінювали на зразках пасти з волоських горіхів відповідно до методів, рекомендованих Міжнародним бюро з какао, шоколаду та кондитерських виробів [OICCC, 1972]. Зокрема, 10 г пасти з волоських горіхів розчиняли у 90 мл киплячої дистильованої води. рН вимірювали після охолодження до 25 °С. Загальну кислотність вимірювали на тій самій дисперсії, до якої додали 20 мл 0,1 N гідроксиду натрію, потім титрували 0,1 N хлоридною кислотою до рН 7,00 та виражали у вигляді голейнової кислоти/100 г сухого зразка.

#### *Індекси окислювальної якості*

#### *Знежирення горіхової пасти*

Олійну фракцію та знежирений порошок розділяли методом холодної екстракції. До зразків додавали гексан у співвідношенні 1:5 [Belščak et al., 2009], перемішували при 180 об/хв протягом 1 години при 20 °С (орбітальний шейкер Infors HT), потім центрифугували при 3000 об/хв протягом 15 хвилин при 15 °С (Varifuge 20 RS, Heraeus Sepatech). Супернатантну суміш

фільтрували через фільтрувальний папір (Whatman № 595 ½), а вільну олію збирали після випаровування гексану (ротаційний випарник Buchi R-3). Твердий залишок витримували приблизно 8 годин під потоком азоту, щоб випарувати весь залишок розчинника та отримати знежирений порошок.

Перекисне число, кон'юговані дієни та триєни, а також токоферолі вимірювали на ліпідній фракції, тоді як загальний вміст фенолів та антиоксидантну здатність (за допомогою аналізів ABTS, ORAC та FRAP) оцінювали на знежиреній речовині.

#### *Перекисне число*

Пероксидні числа (виражені як мЛгО<sub>2</sub>/кг олії ) та спряжені дієнові та триєнові системи (виражені як коефіцієнти екстинкції при 232 та 270 нм, K232 та K270 ) визначали на олійній фракції, як описано в Регламенті Комісії Європейського Союзу (1991) .

#### *Дослідження токоферолів*

Хроматографічне визначення токоферолів проводили на системі ВЕРХ, що включала насос Perkin Elmer (Норволк, Коннектикут, США) серії 200, оснащений флуоресцентним детектором Perkin-Elmer 650-10S, комунікаційним модулем Jasco LC-Net II/ADC та програмним забезпеченням ChromNAV Control Center. Аналіз проводили згідно з Calvo et al. (2011) : використовували колонку LiChrosorb Si60-5 C18 250 мм × 4,6 мм, 5 мкм (Supelco, Беллефонт, Пенсільванія, США), об'єм ін'єкції становив 20 мкл, а рухомою фазою була суміш гексан:ізопропанол:етанол (98,5:1:0,5). Флуоресцентний детектор було встановлено на довжину хвилі збудження 290 нм та випромінювання 330 нм.

α-, γ- та δ-токоферолі були ідентифіковані шляхом порівняння часів утримування з показниками комерційних стандартів. Результати були виражені в мг/100 г сухого зразка для кожного токоферолу.

#### *Дослідження загального вмісту фенолів*

Два грами знежиреного зразка додали 5 мл суміші метанол:вода/70:30 та витримали в ультразвуковій ванні протягом 30 хвилин, як повідомляли Belšćak

et al. (2009) . Потім суміш центрифугували при 3000 об/хв протягом 10 хвилин при 15 °C (Varifuge 20 RS, Heraeus Sepatech): супернатант відокремили, а твердий залишок повторно екстрагували 5 мл того ж розчинника. Відфільтровані супернатанти (Whatman № 595 ½) зібрали в 10-мл колби та довели до мітки сумішшю метанол:вода/70:30. Екстракти зберігали в темряві при температурі -20 °C до подальшого аналізу.

Загальний вміст фенолів визначали за допомогою аналізу Фоліна-Чокальто (Moncalvo et al., 2016) . Коротко кажучи, аліквоту (50 мкл) екстракту (розведеного за потреби водою) змішували з 250 мкл реактиву Фоліна-Чокальто; потім додавали 4,7 мл 2,2% розчину Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> та довели об'єм суміші до 50 мл дистильованою водою. Зразки витримували в термостатичній ванні при 40 °C протягом 30 хвилин, потім вимірювали поглинання зразків при 750 нм (Shimadzu UV-1601 ) порівняно з холостою пробою без додавання екстракту. Результати виражали як еквіваленти галової кислоти (GAE) на 100 г пасти (суха маса) за допомогою калібрувальної кривої, побудованої зі стандартом галової кислоти (≥98%) у діапазоні 100–800 мг/л.

#### *Аналіз ABTS*

Тест оцінює здатність зразка відновлювати радикал ABTS (діамонієву сіль 2,2'-азино-біс(3-етилбензотіазолін-6-сульфонова кислота)) шляхом вимірювання зменшення його поглинання при 734 нм. Розчин радикалу (7 мМ ABTS та 2,45 мМ персульфату калію) готували та зберігали в темряві при кімнатній температурі протягом 16 годин перед використанням. Потім розчин розводили сумішшю етанол:вода/50:50 до поглинання 0,700 (±0,020) при 734 нм проти суміші етанол:вода/50:50 та врівноважували при 30 °C. Для аналізу 2 мл кінцевого розчину радикалу змішували з 20 мкл різних розведень (у суміші етанол:вода/50:50) фенольного екстракту. Зразки разом із контролем (2 мл розчину радикалу) та холостою пробою (2 мл розчину радикалу, змішаного з 20 мкл розчинника зразка) витримували в темряві протягом 6 хвилин при 30 °C, а потім їхню абсорбцію зчитували при 734 нм ( Vadivel et al., 2016 ). Антиоксидантну ємність розраховували як відсоток зниження абсорбції та

виражали в ммоль-еквівалентах Trolox®/100 г або мг-еквівалентах Trolox®/100 г (на основі сухої маси пасти) за допомогою калібрувальної кривої, отриманої зі стандартним Trolox® (кінцева концентрація в кюветі 0,1–3,2 мМ).

*Аналіз ORAC (здатність поглинати кисневі радикали)*

Аналіз ORAC (здатність поглинати кисневі радикали) було проведено для вимірювання активності фенольних екстрактів щодо поглинання пероксильних радикалів на основі методу, описаного Huang et al. (2002) . Розчин флуоресцеїну з концентрацією 4 мкМ щодня готували у 75 мМ фосфатному буфері (рН 7,4). Двісті мікролітрів розчину флуоресцеїну та 33 мкл 0,153 М розчину ААРН (2,2'-азобіс-2-амідинопропан дигідрохлориду) додавали до всіх робочих лунок. Крім того, у холості лунки додавали 33 мкл 75 мМ фосфатного буфера (рН 7,4), стандарти – 33 мкл розведення Trolox®, а зразки – 33 мкл розведених екстрактів. Потім вимірювали та реєстрували спад флуоресценції кожної лунки за допомогою флуоресцентного зчитувача (Bio Tek Synergy HT - Bio-Tek Instruments, Inc., Вінускі, Вермонт): флуоресценцію контролювали кінетично, дані знімали щохвилини, використовуючи фільтр збудження 485 нм та фільтр випромінювання 528 нм. Результати виражали в ммоль еквівалентів Trolox®/100 г сухої пасти.

*Аналіз FRAP (зниження антиоксидантної сили заліза)*

Аналіз FRAP (зниження антиоксидантної сили заліза) проводили, як описано Vadivel et al. (2016) . Реагент FRAP щодня готували з 2,5 мл 20 мМ розчину TPTZ (2,4,6-трис(2-піридил)-s-триазину) у 40 мМ соляній кислоті, плюс 2,5 мл 20 мМ розчину FeCl<sub>3</sub> · 6H<sub>2</sub>O та 25 мл 0,3 М ацетатного буфера (рН 3,6). Аліквоту (3,7 мл) цього реагенту, що витримували протягом 15 хвилин при 37 °С, змішували з 360 мкл дистильованої води та 120 мкл фенольного екстракту, відповідним чином розведеного. Зразки та холосту пробу інкубували при 37 °С протягом 30 хвилин; потім поглинання зразка зчитували при 593 нм відносно холостої проби. Абсорбцію перетворювали в мМFe(II) за допомогою калібрувальної кривої, побудованої з різними

концентраціями розчинів  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , а потім виражали в ммольах  $\text{Fe(II)}$  на 100 г сухої пасти.

#### *Статистичний аналіз*

Хімічний аналіз проводили у трьох повторностях; для кожного випадку розраховували середні значення та стандартні відхилення. Значення пероксидів аналізували за допомогою t-критерію Стьюдента при  $p \leq 0,05$ . Дисперсійний аналіз (ANOVA) з подальшим пост-хок-тестом Тьюкі проводили при рівні  $p \leq 0,05$  з використанням статистичного програмного забезпечення SPSS® (версія 23.0, SPSS Inc., Чикаго, Іллінойс, США).

## РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 3.1 Розроблення шоколадної пасти з волоського горіха

Волоські горіхи сорту Пестянський, що використовувалися в дослідженні, були придбані в місцевому супермаркеті. У рецептурах горіхової пасти також використовувалися какао, темний шоколад (95% какао) та цукрова пудра, також придбані в місцевому супермаркеті.

*3.1.1. Технологія приготування горіхової пасти.* Після очищення волоських горіхів, ядро обсмажували в конвекційній печі при температурі 170 °C протягом 10 хвилин. Потім обсмажене ядро волоського горіха просіювали на ситі та просіювали, щоб видалити частину шкірки ядра, яка, з одного боку, дуже багата на поліфеноли (Jahanban-Esfahlan et al., 2019), а з іншого боку, надає кінцевому продукту гіркового смаку (M. Liu et al., 2021). Ядро волоського горіха (83,5%), цукрову пудру (10,0%), темний шоколад (5,0%) та какао (1,5%) потім змішували у блендері (KitchenAid 5KSB4026, Велика Британія) зі швидкістю 8000 об/хв до отримання дрібної однорідної пасти. Потім пасту розподіляли по банках, накривали кришками та зберігали в темному місці для контролю її якості під час зберігання.

#### Дослідження окислювальної стабільності шоколадної пасти

Найпоширенішою причиною псування жирової сировини під час зберігання є перекисне окислення ліпідів, яке значною мірою залежить від доступності кисню та призводить до утворення токсичних продуктів окислення (Schwember & Bradford, 2010). Накопичення пероксидів призводить до зниження активності антиоксидантних ферментів, їхньої антиоксидантної здатності та життєздатності олійних культур (Bailly et al., 2002). Зміни кислотності та перекисного числа горіхової пасти контролювалися протягом 4 місяців зберігання (Таблиця 3.1). Індекс кислотності є важливим показником якості харчових жирів та харчових продуктів з підвищеним вмістом жиру. За даними Гасемнежада та Хонермайєра (2009), склад та пропорції вільних жирних кислот є одним із факторів, що визначають схильність до деградації

жирів, оскільки ненасичені жирні кислоти набагато більш схильні до окислення, ніж насичені жирні кислоти (Гасемнежад та Хонермайєр, 2009).

Таблиця 3.1

Фізико-хімічні властивості горіхової пасти під час зберігання

Параметр	Термін зберігання, місяці				
	0	1	2	2	4
Вільні жирні кислоти, олеїнова кислота г/100 г	0,10±0,01	0,10±0,01	0,13±0,01	0,12±0,01	0,17±0,01
Протеїнова варіація, мекв/кг	1,17±0,09	1,19±0,05	1,15±0,07	1,81±0,05	2,22±0,11

З наведених даних щодо показників окислювальної стабільності не спостерігається закономірності у значеннях ВЖК або ПВ під час зберігання горіхової пасти. Так, протягом 4 місяців зберігання значення ВЖК коливаються в діапазоні 0,10-0,17 г олеїнової кислоти/100 г, а значення ПВ - в межах 1,15 - 2,22 мекв/кг. Коливання, зафіксовані цими параметрами, можна пояснити тим, що на певних етапах деякі сполуки беруть участь в інших реакціях, переходячи в інші форми: наприклад, жирні кислоти зазнають перегрупування, перетворюючись на спряжені дієни, які пізніше, під дією кисню, перетворюються на пероксиди. Пероксиди, у свою чергу, зазнають змін, утворюючи такі сполуки, як альдегіди, кетони тощо, присутність яких погіршує якість кінцевого продукту (Abeyrathne et al., 2021; Subotin et al., 2021). Згідно з Amrofo та Grilo (2022), перекисне число (FFA) олії волоського горіха досягає 1,80 мекв O<sub>2</sub>/кг після 4 місяців зберігання, тоді як FFA коливається в межах 0,02 – 0,03 олеїнової кислоти г/100 г (Amrofo et al., 2022). Різниця у вмісті FFA у нашій пасти волоського горіха та значеннях, зазначених у раніше згаданому дослідженні, може бути пов'язана з низьким вмістом вологи в ядрах, таким чином активність ліпази для утворення FFA обмежена. Наші результати узгоджуються з даними, отриманими для дослідження прискореного зберігання пасти волоського горіха (без додавання), про яке

повідомляли Dordoni et al. (2019). З іншого боку, Pourfarza et al. (2020) показали іншу поведінку ліпідів у випадку виробництва горіхової олії, згадуючи одночасну тенденцію до зростання як ПЖК, так і ПВ під час зберігання (Pourfarzad & Shokouhi Kisomi, 2020). Загальний вміст фенолів та антиоксидантна активність. Сучасні тенденції в харчовій галузі все більше уваги приділяють біологічно активному потенціалу певних інгредієнтів через їх вплив на здоров'я людини (Nile & Park, 2014). Поліфеноли класифікуються як біологічно активні речовини, що демонструють здатність поглинати вільні радикали. Загальний вміст фенолів та антиоксидантна активність сформованої пасти з волоських горіхів наведено в таблиці 3.2.

*Таблиця 3.2*

Фізико-хімічні властивості пасти з волоських горіхів під час зберігання

Параметр	Термін зберігання, місяці				
	0	1	2	2	4
Загальний вміст фенолів	47,20±1,23	44,73±0,93	41,43±0,56	37,64±0,65	32,56±0,14
Антиоксидантна активність, %	70,00±1,54	67,31±2,01	61,29±1,32	55,11±0,98	46,65±0,86

### *Дослідження в'язкості*

У харчовій промисловості реологічні дані необхідні для вивчення функціональності інгредієнтів під час розробки продуктів, визначення текстури їжі шляхом кореляції з сенсорними даними, безпосереднього або кінцевого контролю продукту та розрахунку технологічних процесів для обладнання тощо (Fischer & Windhab, 2011). Результати дослідження реологічних властивостей розробленої пасти з волоських горіхів з точки зору в'язкості представлені на рисунку 3.1.

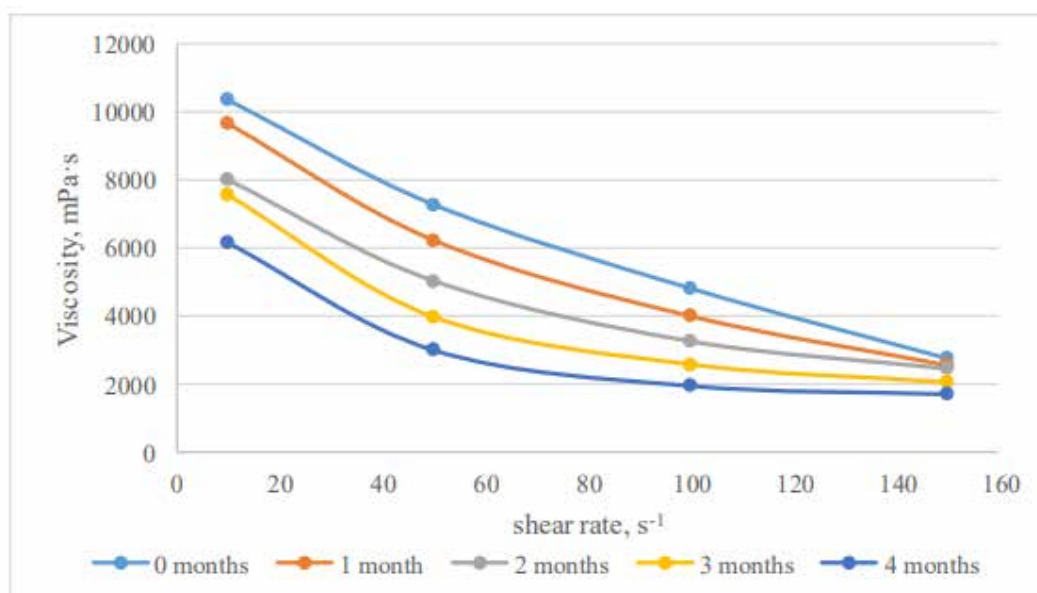


Рис. 3.1 Динаміка видимої в'язкості горіхової пасти під час зберігання

Протягом періоду зберігання горіхова паста демонструвала неньютонівську псевдопластичну поведінку, що підтверджується значеннями видимої в'язкості, які демонстрували тенденцію до зниження при збільшенні швидкості зсуву від 10 до 150  $s^{-1}$  (Rehm et al., 2012). Варто також зазначити, що зниження значень видимої в'язкості під час зберігання зумовлене процесом коалесценції крапель жиру, що проявляється в їх злиття та створенні маслянистого шару на поверхні. Було проведено кілька досліджень, щоб уникнути відділення олії в горіхових маслах або спредах. Щоб уникнути відділення олії в горіховому маслі, Гілс та ін. (2008) намагалися використовувати пальмову олію та гідрогенізовані рослинні олії. Однак результати показали, що єдиними факторами, які впливають на кількість відділеної олії, є температура та час зберігання (Gills & Resurreccion, 2000). Ардакані вдалося зменшити витік олії з фісташкової олії, використовуючи два типи емульгаторів: лецитин та моно-дигліцериди (Ardakani et al., 2006). Ерейфей та ін. (2005) стверджують, що цукрова пудра, пектин та гуміарабік зменшують витік олії з халви, проте відмінності не були суттєвими порівняно з контрольним зразком (Ерейфей та ін., 2005).

### ***Проведення сенсорний аналіз розробленого продукту***

Результати сенсорного аналізу пасти з волоських горіхів у порівнянні з пастою Nutella наведено в таблиці 3.3

*Таблиця 3.3*

#### **Сенсорний аналіз шоколадної пасти з волоських горіхів**

<b>Параметр</b>	<b>Термін зберігання, місяці</b>					
	<b>Смак</b>	<b>Аромат</b>	<b>Колір</b>	<b>Текстура</b>	<b>Текучість</b>	<b>Загальна прийнятність</b>
Паста з волоських горіхів	4,90±0,03	4,90±0,03	5,00±0,06	4,5±0,05	3,7±0,08	4,58±0,05
Нутелла	4,50±0,04	4,70±0,05	5,00±0,00	4,8±0,08	5,0±0,00	4,8±0,03

Розроблена паста з волоських горіхів мала середній «загальний» бал прийнятності 4,58. Учасники панелі оцінили пасту з волоських горіхів як «дуже подобається» або «ні подобається, ні не подобається». Цей бал був нижчим, ніж бал, отриманий для пасти Nutella (4,8). На бал прийнятності пасти з волоських горіхів значною мірою вплинула «текучість» порівняно з намазуванням Nutella. Текстура пасти з волоських горіхів була описана як більш рідка, ніж мажуча. Паста з волоських горіхів мала вищі бали, ніж паста Nutella, з точки зору смаку та аромату. Деякі учасники панелі зазначили, що смак Nutella надмірно солодкий, тоді як смак розробленої пасти з волоських горіхів оцінювався як помірно солодкий з приємним ароматом смажених волоських горіхів та «цікавим» післясмаком.

### **3.2 Характеристика вихідної пасти з волоських горіхів**

Склад волоських горіхів може значно відрізнятися залежно від генотипу, стану до та після збору врожаю, а також умов обробки та зберігання. Однак існує небагато досліджень ( Taria et al., 2013 ), які оцінювали харчову цінність сорту Howard.

Як відомо, швидкість окислення корелює з температурою згідно із законом Арреніуса ( Abedi Gonabad et al., 2015 ). Ling et al. (2014) провели прискорений тест на термін придатності пасти з волоських горіхів, показавши, що зберігання при температурі 35 °C протягом 20 днів моделювало приблизно два роки при +4 °C або два місяці при кімнатній температурі (25 °C). Крім того, було проведено кілька досліджень для вивчення впливу умов упаковки та зберігання на термін придатності ядер волоських горіхів ( Bakkalbaşı et al., 2012 ) та олії, стверджуючи, що окислення також залежить як від ендогенних (сорт волоського горіха, активність ліполітичних ферментів), так і від факторів навколишнього середовища (умови освітлення, температура, вологість, концентрація кисню, наявність металів).

Окислювальна стабільність харчових продуктів також може бути сильно вплинута технологічними процесами. Обсмажування широко застосовується до горіхових плодів з метою покращення як сенсорних властивостей, так і терміну зберігання. Після обсмажування волоські горіхи набувають характерного кольору, приємного смаку та аромату, а також ніжної та хрусткої текстури. Крім того, смажені волоські горіхи демонструють довший термін зберігання завдяки випаровуванню води, інактивації ліпоксигенази ( Buranasomrov et al., 2007 ), більшому утриманню токоферолів ( Vaidya and Eun, 2013 ) та вищій антиоксидантній активності ( Vinson and Cai, 2012 ).

Згідно з Arranz et al. (2008), основним фактором, що сприяє антиоксидантній здатності волоських горіхів, є поліфеноли, головним чином гідролізовані елагітаніни, розташовані в їхній шкірці. Фенольний вміст у ядрах досліджували кілька авторів, які виявили, що на нього впливають методи екстракції (розчинники, температура та час), сорт, рік збору врожаю, місце розташування саду, етапи обробки та зберігання ( Tapia et al., 2013 ; Arranz et al., 2008 ). Волоські горіхи також містять токоферолі в ліпідній фракції, причому  $\gamma$ -токоферол є переважною формою, далі йдуть  $\delta$ - та  $\alpha$ -, а також слідові кількості  $\beta$ -ізомеру ( Amaral et al., 2005 ). Незважаючи на їхню активність поглинання радикалів, токоферолі, здається, сприяють загальній

антиоксидантній здатності волоських горіхів менше ніж на 5% ( Arranz et al., 2008 ).

Характеристика пасти з волоських горіхів, отриманої в цьому дослідженні, наведена в таблиці 1. Більше половини макрокомпонентів були представлені ліпідами, а потім вмістом білка. Ці дані частково узгоджуються з результатами, отриманими Taria et al. (2013) на необсмажених ядрах волоських горіхів, де повідомлялося про вищий вміст жиру (61,3%) та нижчий вміст білка (15,1%). Як і очікувалося, незначне значення вологості (0,66%) було наслідком процесу обсмажування ядер для виробництва пасти з волоських горіхів. Фракції клітковини були вищими, ніж ті, що були отримані в дослідженнях різних сортів ( Taria et al., 2013 ; Savage, 2001 ): до складу нейтрального мийного засобу входить 5,42% геміцелюлози, 3,37% целюлози та 3,89% лігніну та кутину, які переважно знаходяться в шкірці волоського горіха ( Dordoni et al., 2017 ).

*Таблиця 3.4*

**Характеристика вихідної пасти з волоських горіхів**

<b>Параметр</b>	<b>Значення</b>
Вологість	0,66 ± 0,28
Жир	56,82 ± 9,23
Білок	20,49 ± 1,04
Знижуючі цукри	0,012 ± 0,000
Зола	1,94 ± 0,01
<b>Фракції волокна</b>	
НДФ	12,68 ± 1,07
АДФ	7,26 ± 0,48
ДДН	3,89 ± 0,56
pH	6,24 ± 0,03
Кислотність (олеїнової кислоти)	1,87 ± 0,02

Паста з волоських горіхів показала рН трохи нижчий за нейтральність ( $6,24 \pm 0,03$ ) та значення кислотності  $1,87 \pm 0,02$  (г олеїнової кислоти /100 г), що можна співвіднести зі ступенем гідролітичного згіркнення олії, викликаного процесом обсмажування (Ziaolhagh et al., 2017). Фактично, обсмажування та подальше подрібнення ядер можуть негативно впливати на показники гідролітичних та окислювальних змін (Martínez et al., 2013). Що стосується ліпідної фракції, то перекисні числа, спряжені дієни (К 232) та спряжені триєни (К 270) узгоджувалися з дослідженнями щодо волоських горіхових олій, що зберігалися в темному місці та/або пройшли термічну обробку (Martínez et al., 2013; Vaidya and Eun, 2013) (таблиця 3.4, рис. 3.2).

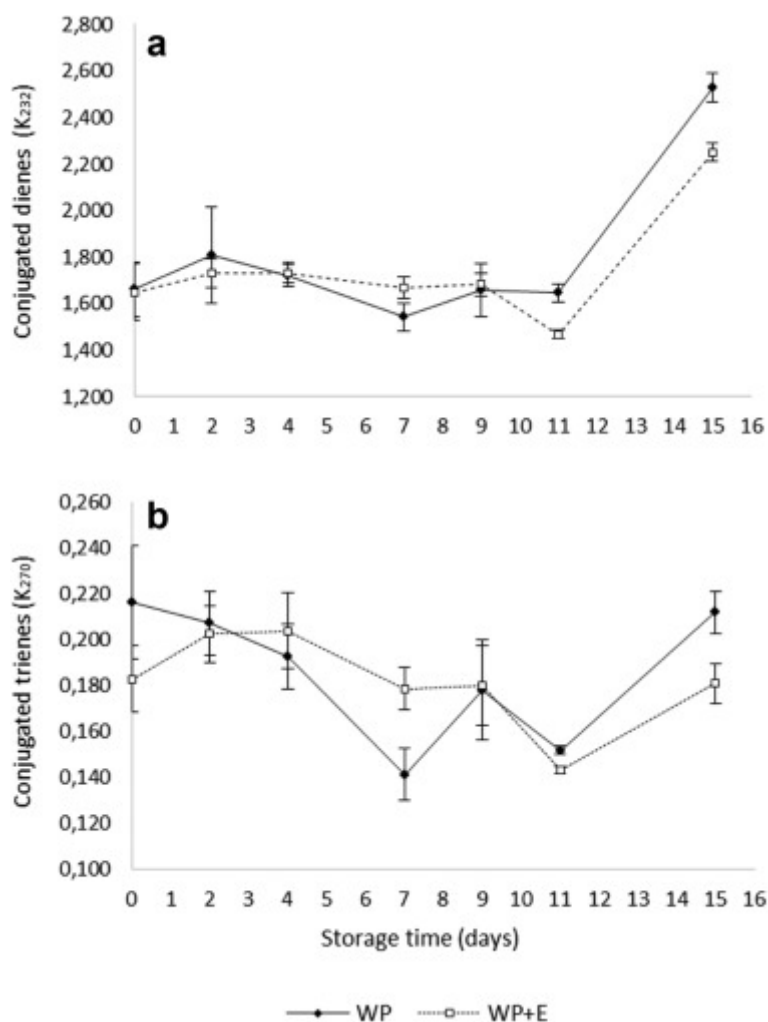


Рис. 3.1 (а) Значення спряжених дієнів (К 232) та (б) значення спряжених триєнів (К 270) горіхової пасту (ГП) та горіхової пасту з додаванням 5000 ppm (мас./мас.) екстракту (ГП + Е), визначені за різних періодів зберігання. Смуги похибки вказують  $\pm$  стандартні відхилення ( $n = 3$ ).

Таблиця 3.4

Перекисні числа горіхової пасти (ГП) та горіхової пасти з додаванням 5000 ppm (мас./мас.) екстракту (ГП + Е), визначені за різного часу зберігання при 60 °С.

Термін зберігання (дів)	Перекисне число	
	ГП	ГП + Е
0	2,31 ± 0,60	2,32 ± 0,57
2	5,82 ± 0,76	6,82 ± 1,76
4	3,94 ± 0,03	6,45 ± 2,09
7	2,11 ± 0,71	1,78 ± 0,30
9	0,66 ± 0,29	3,30 ± 0,76
11	1,79 ± 0,28	1,98 ± 0,01
15	5,81 ± 0,74	7,77 ± 0,57

Зокрема, перекиси є основними продуктами окислення ліпідів, і їх утворенню сприяє механічне та термічне навантаження на продукт. Аналізуючи характеристики холоднопресованої олії волоського горіха, Мартінес та ін. (2010) повідомили про перекисне число від 0,05 до 0,50 мекв O<sub>2</sub> /кг олії, що нижче, ніж кількість, виявлена в цьому дослідженні ( таблиця 2 ). Навпаки, застосовуючи ті ж умови обсмажування, що й у цій роботі (160 °С протягом 15 хв), Вайдя та Юн (2013) отримали подібне перекисне число (2,34 мекв O<sub>2</sub> /кг олії) та показали, що, незважаючи на негайне збільшення окислювальних параметрів, смажені горіхи були більш стабільними з часом завдяки інактивації ферментів.

Крім того, висока схильність волоського горіха до окислення може бути врівноважена його багатством на антиоксидантні сполуки, представлені переважно токоферолами та фенольними сполуками.

Термічна обробка також може викликати деградацію фенольних сполук та/або збільшити загальний вміст фенолів та антиоксидантну активність завдяки вивільненню зв'язаних фенольних сполук та утворенню продуктів

реакції Майяра ( Chang et al., 2016 ). Дані щодо вмісту поліфенолів та антиоксидантної здатності пасти з волоських горіхів наведено на рис. 3.3.

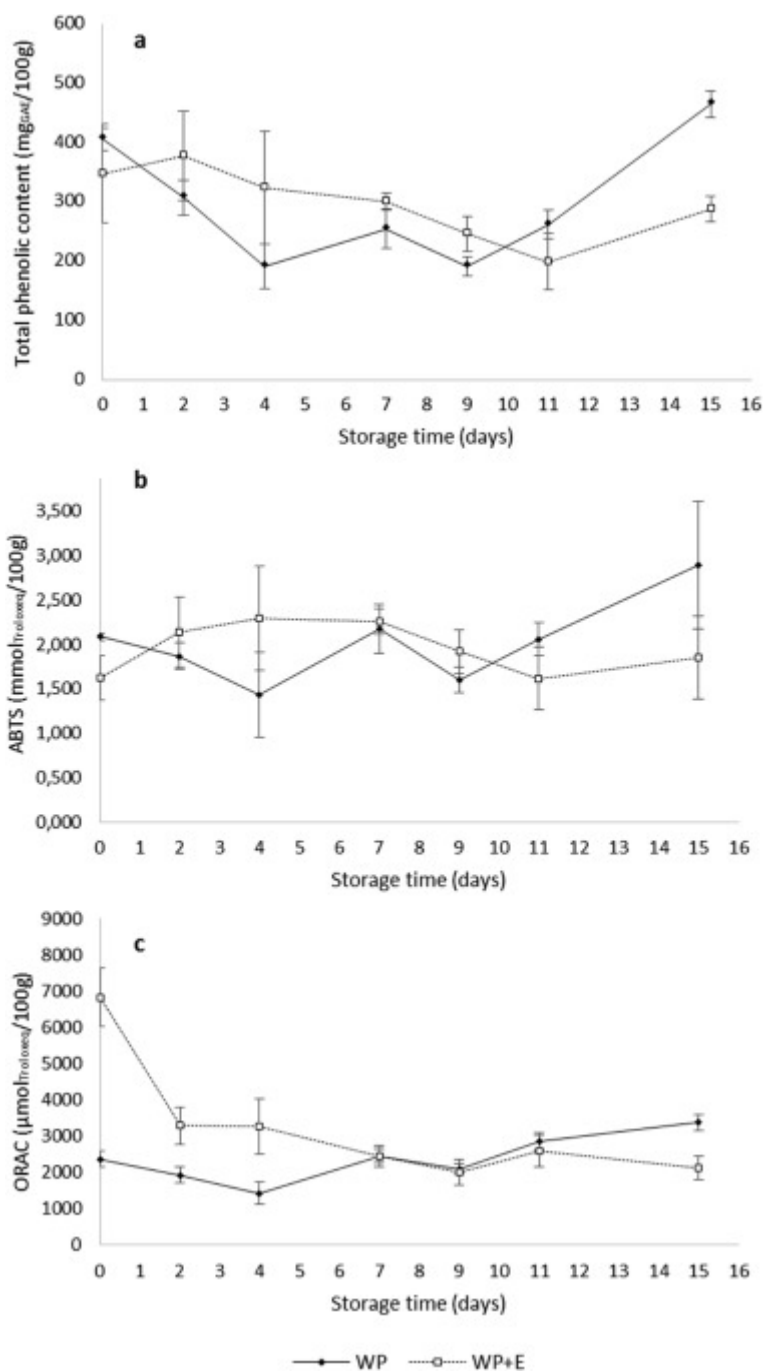


Рис. 3.3 (а) Загальний вміст фенолів (мг GAE /100 г), (б) антиоксидантна здатність (ммоль Trolox/g /100 г) на основі аналізу ABTS, та (с) антиоксидантна здатність (мкмоль Trolox/g /100 г) на основі аналізу ORAC пасти волоських горіхів (WP) та пасти волоських горіхів з додаванням 5000 ppm (мас./мас.) екстракту (WP + E), визначених за різних термінів зберігання.

Фенольні сполуки волоського горіха розташовані, зокрема, в коричневій плівці, що оточує горіх, і включають гідролізовані та конденсовані таніни, флавоноїди та фенольні кислоти. Елагітаніни, елагова кислота та її похідні були виявлені як найбільш поширені ( Dordoni et al., 2017 ).

Вміст фенольних сполук у 100 г сухої пасти становив  $406,9 \pm 19,0$  мг GAE . Подібну концентрацію ( $414 \pm 18$  мг GAE /100 г сирової маси) повідомили Аркан та Єменічіоґлу (2009), які оцінили її за допомогою водної екстракції цілих волоських горіхів, тоді як вищі значення були отримані за допомогою водно-органічної екстракції: Сальседо та ін. (2010) виявили 15,5 мг GAE /г волоського горіха за допомогою екстракції метанол:вода 50:50 (об./об.) цілих плодів, Арранц та ін. (2008) виявили  $1071 \pm 35$  мг GAE /г за допомогою екстракції знежирених волоських горіхів кислою сумішшю метанол:вода (50:50 об./об.), а Тапіа та ін. (2013) виявили 58,2 мг GAE /г сирової маси за допомогою кислої екстракції етанол:вода (80:20 об./об.) цілих волоських горіхів Говарда .

Окрім факторів навколишнього середовища, відмінності, що спостерігаються у вмісті фенолів, можна частково пояснити різними методами екстракції та впливом інших відновлювальних нефенольних компонентів. Тому значення, отримані на основі аналізу Фоліна, часто завищені порівняно із сумою окремих фенолів, ідентифікованих за допомогою високоефективної рідинної хроматографії ( Chang et al., 2016 ).

Вміст фенолів у волоських горіхах загалом корелює з їхньою антиоксидантною здатністю, яка за даними тестів ABTS, FRAP та ORAC дорівнює  $2,088 \pm 0,046$  ммоль тролокс /100 г,  $7,036 \pm 0,456$  ммоль Fe(II) /100 г та  $2363,763 \pm 216,880$  мкмоль тролокс /100 г відповідно. У літературі є різні дослідження, пов'язані з антиоксидантною здатністю волоських горіхів, але порівнювати отримані результати важко, оскільки в них використовувалися різні методи екстракції, а антиоксидантна активність повідомлялася як еквіваленти різних сполук ( Arcan та Yemenicioğlu, 2009 ). Schlörmann та ін. (2015) оцінили вплив обсмажування на гідрофільну антиоксидантну

активність волоських горіхів, показавши значне зниження з 11,0 ммоль тролокс /100 г у натуральних горіхах до 3,8–10,5 ммоль тролокс /100 г у ядрах, обсмажених при температурі від 123 °C/25 хв до 185,5 °C/25 хв.

Хоча в літературі не було знайдено конкретних даних для сорту Говард, відносна кількість вітамінів токоферолу узгоджується із зазначеними значеннями ( Amaral et al., 2005 ) для інших сортів: у досліджуваній пасті переважною формою був  $\gamma$ -токоферол, далі йшли  $\alpha$ -токоферол та  $\delta$ -токоферол, тоді як присутність  $\beta$ -вітаміну не була виявлена ( рис. 3.4 ). Спостережувані значення були високими, незважаючи на процес обсмажування, який зазвичай призводить до зниження вмісту токоферолу ( Vaidya and Eun, 2013 ).

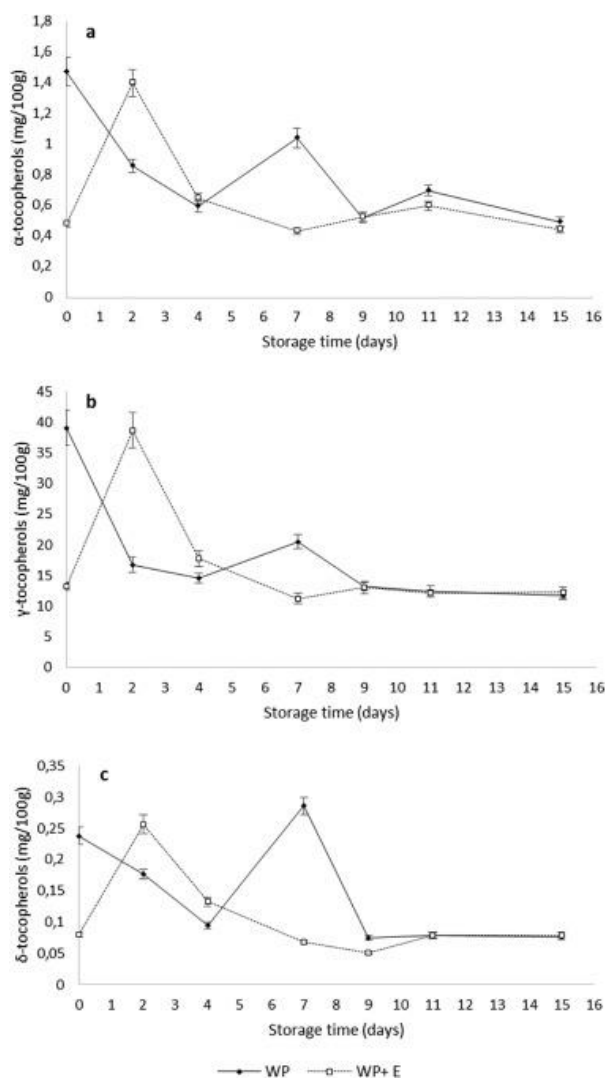


Рис. 3.4 (а) Вміст  $\alpha$ -токоферолу (мг/100 г), (б) вміст  $\gamma$ -токоферолу (мг/100 г) та (с) вміст  $\delta$ -токоферолу (мг/100 г) у горіховій пасті (WP) та горіховій пасті з додаванням 5000 ppm (мас./мас.) екстракту (WP + E), визначені за різних термінів зберігання.

### 3.3 Дослідження терміну зберігання

У літературі наведені дані щодо терміну придатності волоських горіхів, що зберігаються за температури від  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ , не перевищують 18 місяців (Gama et al., 2018), а інформація про термін придатності продуктів переробки, отриманих з волоських горіхів, таких як горіхова паста, відсутня. У цьому дослідженні було встановлено прискорені умови зберігання, щоб імітувати 24-місячний термін придатності (при  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), що значно перевищує звичайний комерційний термін придатності в 1 рік, який зазвичай призначається для напівфабрикатів на основі горіхів (Spigno et al., 2013).

Результати показали деякі коливання у вимірних числах пероксидів (таблиця 2), що пояснюється гетерогенністю матриці (Ling et al., 2014). Всупереч очікуванням, після 15 днів зберігання при високій температурі паста з волоських горіхів з екстрактом досягла дещо вищого значення, ніж паста без додавання, що свідчить про те, що молекули виноградних антиоксидантів не чинять жодного захисного впливу на ліпідну фракцію. Крім того, ці максимальні рівні все ще були нижчими за значення ( $10\text{ мекО}_2 / \text{кг жиру}$ ), рекомендоване для уникнення прогірклого присмаку (Kong and Singh, 2011). Наші результати загалом узгоджуються з результатами, отриманими Stark et al. (2000) та Ling et al. (2014), які повідомили про добру стабільність олії волоських горіхів та пасти з волоських горіхів протягом 115 днів при  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  та 20 днів при  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  зберігання відповідно.

Накопичення гідропероксидів протягом початкового періоду окислення корелювало зі збільшенням кон'югованих дієнів. Оскільки виробництво горіхової пасти включало процес обсмажування, початкове значення К 232 як натуральних, так і збагачених зразків ( $1,662 \pm 0,117$  та  $1,648 \pm 0,122$  відповідно) можна вважати показником незначного окислювального статусу. Кон'юговані дієни показали тенденцію, подібну до тієї, що спостерігалася для пероксидних чисел: значне збільшення швидкості кон'югації дієнів відбувалося в кінці зберігання, проте у зразку без екстракту значення було дещо вищим. Утворення вторинних продуктів окислення (кон'югованих

триєнів) з часом представлено на рисунку 1, б. Їх утворення відбувається внаслідок реакцій розкладання та легкої деградації первинних сполук окислення, що призводить до утворення широкого спектру різних молекул (альдегідів, кетонів, спиртів тощо) ( Ferreira et al., 2018 ). В обох зразках вміст триєнів загалом мав тенденцію до коливань з часом. У будь-якому разі, кінцеві значення (після 15-денного зберігання) залишалися низькими навіть у порівнянні з даними, отриманими для олії волоського горіха за різних умов зберігання ( Ferreira et al., 2018 ). Отже, результати, отримані щодо окислення ліпідів, свідчать про те, що обидві протестовані пасти з волоського горіха мають досить тривалий термін зберігання. Фактично, суттєвих відмінностей в параметрах окислення між зразками з виноградним екстрактом або без нього не виявлено.

Загальний вміст фенолів у зразках пасти з волоських горіхів мав дуже високу мінливість під час випробування на зберігання. Хоча спостерігалось зниження вмісту цих молекул під час зберігання, особливо у пасті з волоських горіхів з екстрактом, значення для обох зразків суттєво не відрізнялися між початковим і кінцевим часом. Таку поведінку можна пояснити здатністю поліфенолів окислюватися та далі полімеризуватися з утворенням олігомерів з вищою антиоксидантною активністю, оскільки аналіз Фоліна фактично вимірює відновну здатність зразків ( Spigno et al., 2013 ).

Така ж тенденція спостерігалася в тестах FRAP та ABTS. Фактично, аналіз FRAP на пасті з волоських горіхів показав  $7,036 \pm 0,456$  та  $8,803 \pm 1,555$  ммоль Fe(II) /100 г на 0-й та 15-й день відповідно, а для зразка, збагаченого екстрактом винограду, –  $5,978 \pm 2,596$  та  $5,558 \pm 0,970$  ммоль Fe(II) /100 г.

Аналогічно, антиоксидантна здатність на основі ABTS суттєво не змінювалася протягом зберігання в обох зразках. Навпаки, тест ORAC виявив значно вищі значення в момент часу нуль. Ці дані підтверджують кореляцію між аналізом Фоліна та антиоксидантною активністю, виміряною за допомогою FRAP, ABTS та інших аналізів, заснованих на переносі електронів ( Huang et al., 2005 ).

Порівнюючи загальний вміст поліфенолів у пасти з волоських горіхів з екстрактом та без нього, протягом досліджуваного періоду суттєвих відмінностей не виявлено, за винятком 9 -го та, зокрема, останнього дня, коли зразок пасти з волоських горіхів показав більший та суттєво відмінний вміст фенолів ( $465,79 \pm 22,05$  мг GAE /100 г), ніж збагачена паста ( $288,98 \pm 21,97$  мг GAE /100 г). Ця різниця була помітно суттєвою також у результатах ORAC та FRAP. Ємність ABTS виявилася дещо вищою у вихідній пасти з волоських горіхів; після цього зразки з екстрактом та без нього не можна було вважати суттєво різними.

Присутність екстракту виноградних вичавок мала значний ефект збільшення початкової антиоксидантної здатності горіхової пасти лише на основі аналізу ORAC, але ця різниця зменшувалася під час зберігання, аж до анулювання на 7-й день. Як уже згадувалося, наприкінці дослідження зразки показали дещо вищу антиоксидантну активність у горіховій пасти без екстракту.

Враховуючи додану кількість (5000 ppm w/w) та антиоксидантну здатність виноградного екстракту, виміряні значення у початковій доповненій пасти волоських горіхів (день 0) не відповідали теоретичним значенням, заснованим на додаванні екстракту. Зокрема, ABTS та FRAP були нижчими за очікувані на 34% та 28% відповідно, тоді як загальний вміст фенолів був на 24% нижчим. Аналіз ORAC, з іншого боку, показав набагато вищі результати, ніж очікувалося (+139%). Слід враховувати, що оцінка загального вмісту фенолів та антиоксидантної здатності проводилася на знежиреній пасти волоських горіхів (як рекомендовано Arranz et al., 2008 ). Однак було продемонстровано, що високий вміст жиру у волоських горіхах може перешкоджати визначенню антиоксидантної здатності та загального вмісту поліфенолів в екстрактах: у деяких випадках високий вміст жиру може перешкоджати кількісному визначенню гідролізованих танінів та їх антиоксидантної здатності в залишку екстракції (якщо утворюються емульсії), в інших випадках фактичні значення можуть бути завищеними ( Arranz et al.,

2008 ). Тим не менш, на основі результатів, отриманих з часом, додавання виноградного екстракту не відіграло жодної значної та вирішальної ролі з точки зору посилення антиоксидантної здатності пасти з волоських горіхів.

Волоські горіхи є гарним джерелом антиоксидантів у своїй ліпідній фракції, і, фактично,  $\alpha$ -,  $\gamma$ - та  $\delta$ -токоферолі, основні ліпідорозчинні сполуки з антиоксидантною активністю, були ідентифіковані як у свіжій, так і в смаженій олії волоського горіха. Серед них, як повідомлялося,  $\gamma$ -токоферол є основним гомологом ( Vaidya and Eun, 2013 ). Токоферолі можуть переносити атом водню в 6-гідроксигрупі на своєму хромановому кільці на ліпідний пероксирадикал та поглинати пероксирадикали. Ліпідні пероксирадикали реагують з токоферолами набагато швидше, ніж з ліпідами: одна молекула токоферолу може захистити приблизно від  $10^3$  до  $10^6$  молекул поліненасичених жирних кислот при низькому перекисному числі. Ефективність токоферолів як антиоксидантів залежить від ізомерів та концентрації. Активність токоферолів щодо поглинання вільних радикалів найвища у  $\delta$ -токоферолу, далі йдуть  $\gamma$ -,  $\beta$ - та  $\alpha$ -токоферол ( Choe and Min, 2006).

У цьому дослідженні  $\gamma$ -токоферол виявився переважним гомологом у всіх зразках, далі йшли  $\alpha$ - та  $\delta$ -токоферол ( таблиця 3.2). Співвідношення ізомерів залишалось постійним протягом періоду спостереження ( рис. 3 а, б та с). Аналізуючи дані про тенденції щодо пасти з волоських горіхів, можна відзначити, що всі токоферолі зазнали подібного та різкого зниження (-60,8%) протягом перших 4 днів. Ці результати суперечать результатам, про які повідомляли Вайдя та Юн (2013) , які спостерігали більше утримання  $\gamma$ - та  $\delta$ -токоферолів та значно нижчу стабільність  $\alpha$ -ізомеру в олії зі смажених волоських горіхів, що зберігалися при температурі 60 °C: середнє зниження  $\gamma$ -,  $\delta$ - та  $\alpha$ -токоферолів становило 0,7%, 2,8% та 16,4% відповідно на 6 -й день зберігання. У пасти з волоських горіхів усі гомологи токоферолу збільшилися на 7-й день, потім знову знизилися та стабілізувалися з 9 -го до останнього дня. Хоча відома негативна кореляція між часом зберігання та вмістом токоферолу,

вміст токоферолу може збільшуватися під час нагрівання через вивільнення токоферолів з пошкоджених мембран та порушення зв'язку між токоферолом та фосфоліпідами або білками ( Vaidya and Eun, 2013 ).

Оскільки доданий виноградний екстракт, ймовірно, не містить жирової фракції, ані навіть токоферолів, суттєвих відмінностей у початковому вмісті збагаченої горіхової пасти не очікувалося. І навпаки, зразки з екстрактом показали в середньому вміст токоферолу, що дорівнює одній третині значення горіхової пасти без екстракту (рис. 3a, 3b та 3c). Знову ж таки, тенденції були подібними до тих, що спостерігалися в незбагаченій пасті. Вміст токоферолів збільшувався на 2-й день (досягаючи значень, близьких до виміряних у початковому зразку без екстракту), потім знижувався до 9 -го дня, а згодом стабілізувався до значень, порівнянних з початковими. Процедура зручного змішування горіхової пасти з виноградним екстрактом (з подальшим більшим впливом світла та повітря на зразок) може бути причиною початкового виснаження токоферолів. Вони могли проявити свою антиоксидантну дію вже на цьому етапі, підтверджуючи поведінку збагачених зразків, яка, здавалося, передбачала тенденцію зразків без екстракту. Наприкінці зберігання зразки були подібними за залишковим вмістом  $\delta$ - та  $\gamma$ -токоферолу. Тільки  $\alpha$ -ізомер був дещо вищим у пасті з волоських горіхів без екстракту.

Це суперечить результатам, отриманим за допомогою Oxitest у попередніх випробуваннях. Однак, примусові умови, що підтримувалися під час Oxitest (тиск кисню 6 бар та температура 90 °C), могли надати інформацію про окислювальну стабільність зразків, не порівнянну з результатами, отриманими під час прискореного випробування на термін придатності за температури 60 °C на відкритому повітрі.

Загалом, дані, отримані під час 15-денного зберігання при температурі 60 °C, показують, що додавання виноградного екстракту до горіхової пасти не покращує її окислювальну стабільність. Дійсно, природні та/або екзогенні антиоксиданти у високих рівнях (більшість 0,01% або менше) можуть вести себе як прооксиданти, оскільки беруть участь у початковому етапі окислення

ліпідів та у важливих явищах, таких як синергізм та деградація ( Madhavi et al., 1996 ).

Поліфеноли, що містяться у виноградному екстракті, повинні бути здатні безпосередньо відновлювати пероксирадикали, але їхня гідрофільна природа та віддаленість від ліпофільних радикалів можуть перешкоджати всім реакціям прямого контакту ( Spigno et al., 2013 ). Більше того, харчові олійні та жирові матриці часто містять багатокомпонентні антиоксиданти, і взаємодія між ними була широко продемонстрована ( Vaidya and Eun, 2013 ). Альфа-токоферол та фенольні сполуки виявилися більш ефективними у збереженні оливкової олії при їх спільному використанні, ніж окремо ( Velasco and Dobarganes, 2002 ); однак,  $\alpha$ -токоферол також може негативно впливати на антиоксидантне окислення оливкової олії фенольними сполуками, такими як тирозол або олеуропеїн, у період низького накопичення гідропероксиду (Blekas et al., 1995). Отже, спільна дія антиоксидантних сполук, отриманих зі смажених волоських горіхів та екстракту виноградних вичавок, могла вплинути на антиоксидантну здатність та/або її оцінку в досліджуваних зразках.

З часом харчові продукти зазвичай зазнають змін, які залежать від хімічного складу та факторів навколишнього середовища ( Abedi Gonabad et al., 2015 ). Ці аспекти взаємодіюче впливають на окислення ліпідної фракції, і нелегко диференціювати їхній індивідуальний вплив ( Choe and Min, 2006 ). Оскільки температура є одним з найважливіших зовнішніх факторів, що впливають на якість та термін придатності харчових продуктів, у цій роботі було проведено прискорене випробування на зберігання шляхом витримання зразків при температурі 60 °C для імітації зловживання ( Solco, 2007 ).

П'ятнадцятиденне зберігання при температурі 60 °C загалом призвело до збільшення вмісту пероксидів і лише незначного підвищення вмісту спряжених дієнів (обидва основні показники окислення). Вміст токоферолів значно знизився лише у горіховій пасті без екстракту. Однак у зразку з

екстрактом початкові значення були нижчими, тому отримані кінцеві рівні були порівнянні. Таким чином, можна зробити висновок, що горіхова паста сама по собі була стабільним продуктом, оскільки встановлені умови зберігання все ще забезпечували кінцевий зразок прийнятної якості.

Оскільки параметри, що вказують на прогресування окислювальних процесів (пероксиди та спряжені дієни), почали зростати на 15 -й день, можна припустити, що погіршення якості продукту почалося наприкінці періоду спостереження, навіть якщо воно залишалось нижчим за поріг неприйнятності.

Енергія активації ( $E_a$ ) 80 327 кДж/моль ( Abedi Gonabad et al., 2015 ), що враховувалася при встановленні умов випробування прискореного терміну зберігання, стосувалася окислювальної кінетики свіжої олії волоського горіха, тоді як у цій роботі досліджувалася паста з волоського горіха, отримана з цілих смажених ядер. Попередня термічна обробка та більш складна матриця (багатша на антиоксиданти та харчові волокна, ніж олія) могли відповідно вплинути на енергію активації окислювального процесу, збільшуючи її ( Solco, 2007 ). Прийняття значення  $E_a$ , відмінного від реального, могло призвести до переоцінки коефіцієнта прискорення окислення та, як наслідок, відповідного зберігання за кімнатних умов (20 °C). Результати, описані вище, добре узгоджуються з результатами, отриманими Ling et al. (2014), які показали, що паста з волоського горіха з термічно оброблених ядер була більш стійкою до окислення, ніж ядра волоського горіха та олії волоського горіха холодного віджиму ( Ling et al., 2014 ). У попередньому дослідженні Вайдя та Юн (2013) вже підтримували обсмажування ядер волоських горіхів як відповідний метод подовження окислювальної стабільності олії під час зберігання в темряві.

## РОЗДІЛ. 4. ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА ШОКОЛАДНОЇ ПАСТИ

### 4.1. Техніко-економічне обґрунтування виробництва шоколадної пасти

Техніко-економічне обґрунтування (ТЕО) є важливим етапом при розробці нової харчової продукції, що дозволяє оцінити доцільність впровадження технології у промислове виробництво. У даному випадку мова йде про створення шоколадної пасти на основі волоського горіха, яка має високу харчову цінність і добрі органолептичні властивості.

Планова продуктивність підприємства складає **100 кг готової продукції на одну зміну**. За умови **22 робочих днів на місяць**, місячний обсяг виробництва становить 2 200 кг.

До складу рецептури входять наступні компоненти:

- **Ядро волоського горіха** – 83,5 кг;
- **Цукрова пудра** – 10 кг;
- **Темний шоколад** – 5 кг;
- **Какао-порошок** – 1,5 кг;
- **Пакування** – 10 кг (умовно).

1. Сировинний склад та витрати наведені в таблиці 4.1

*Таблиця 4.1*

Сировинний склад та витрати

Компонент	Кількість (кг)	Ціна за 1 кг (грн)	Вартість (грн)
Ядро волоського горіха	83.50	120.00	10020.00
Цукрова пудра	10.00	30.00	300.00
Темний шоколад	5.00	180.00	900.00
Какао	1.50	150.00	225.00
Пакування	10.00	15.00	150.00

Загальна вартість сировини: 11595.00 грн

## 2. Інші витрати

Електроенергія: 75 грн

Комунальні послуги: 50 грн

Оплата праці з нарахуваннями: 1800.00 грн

Накладні витрати: 500 грн

Загальні інші витрати: 2425.00 грн

## 3. Собівартість і рентабельність

Загальна собівартість: 14020.00 грн

Собівартість за 1 кг: 127.45 грн

Ціна реалізації: 160 грн/кг

Чистий прибуток: 3580.00 грн

Прибуток за 1 кг: 32.55 грн

Рентабельність: 25.53%

Для розрахунку собівартості враховано ринкову вартість сировини, витрати на енергоресурси, оплату праці, накладні витрати, а також витрати на пакування. Середня вартість 1 кг пасти становить близько 119,43 грн, тоді як планова відпускна ціна – 160 грн/кг.

При такій структурі витрат прибуток від реалізації 100 кг продукції становить близько 4 057 грн, що забезпечує рівень рентабельності понад 25%.

Згідно з розрахунками, впровадження розробленої технології є економічно доцільним. Продукт має добрі перспективи на ринку завдяки натуральному складу, високій поживній цінності, сучасному дизайну пакування та конкурентній ціні.

## ВИСНОВКИ

Горіхову пасту зазвичай отримують шляхом обсмажування та подрібнення ядер; вона використовується в кондитерських та традиційних продуктах, а також може знайти застосування в інноваційних продуктах (наприклад, ковбасах та м'ясних напівфабрикатах) як замітник жиру та функціональний компонент. У цьому дослідженні оцінювали окислювальну стабільність горіхової пасти протягом 15-денного зберігання при температурі 60 °С. Крім того, оцінювали потенційну ефективність включення екстракту виноградної шкірки в концентрації 5000 ppm для покращення терміну зберігання горіхової пасти.

Результати експериментів показали, що погіршення якості самої пасти з волоських горіхів почалося лише наприкінці періоду спостереження, хоча й залишалося нижче порогу неприйнятності. Додавання екстракту не довело покращення окислювальної стабільності та/або антиоксидантних властивостей пасти з волоських горіхів.

Необхідні подальші дослідження для визначення специфічних параметрів кінетики окислення (тобто енергії активації) та, зрештою, для виявлення будь-якої антиоксидантної активності, що проявляється екстрактами з добавками на найпізнішій стадії зберігання, що продовжить час моніторингу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Abedi Gonabad, M. · Shahidi Noghabi, M. · Niazmand, R. Estimation of kinetic parameters of walnut oil using rancimat test J. Appl. Environ. Biol. Sci. 2015; 4:28-32.
2. Amaral, J.S. · Alves, M.R. · Seabra, R.M. Vitamin E composition of walnuts (*Juglans regia* L.): a 3-year comparative study of different cultivars J. Agric. Food Chem. 2005; 53:5467-5472
3. AOAC, Official Methods of Analysis of AOAC International. 2005;, 2005 Gaithersburg, MD, USA
4. Arcan, I. · Yemenicioğlu, A. Antioxidant activity and phenolic content of fresh and dry nuts with or without the seed coat J. Food Compos. Anal. 2009; 22:184-188
5. Arranz, S. Pérez-Jiménez, J. Saura-Calixto, F. Antioxidant capacity of walnut (*Juglans regia* L.): contribution of oil and defatted matter Eur. Food Res. Technol. 2008; 227:425-431
6. Bakkalbaşı, E. Yilmaz, Ö.M. Javidipour, I. Effects of packaging materials, storage conditions and variety on oxidative stability of shelled walnuts LWT – Food Sci. Technol. 2012; 46:203-209
7. Belščak, A. Komes, D. Horžić, D. Comparative study of commercially available cocoa products in terms of their bioactive composition Food Res. Int. 2009; 42:707-716
8. Blekas, G. Tsimidou, M. Boskou, D. Contribution of  $\alpha$ -tocopherol to olive oil stability. Food Chem. 1995; 52:289-294
9. Buranasompob, A. Tang, J. Powers, J.R. Lipoxygenase activity in walnuts and almonds LWT – Food Sci. Technol. 2007; 40:893-899
10. Calvo, P. · Castaño, Á.L. · Hernández, M.T. Effects of microcapsule constitution on the quality of microencapsulated walnut oil. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 2011; 113:1273-1280

11. Chang, S.K. · Alasalvar, C. · Bolling, B.W. Nuts and their co-products: the impact of processing (roasting) on phenolics, bioavailability, and health benefits – a comprehensive review *J. Funct. Foods*. 2016; 26:88-122
12. Choe, E. · Min, D.B. Mechanisms and factors for edible oil oxidation *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2006; 5:169-186
13. Dordoni, R. · Duserm Garrido, G. · Marinoni, L. Enrichment of whole wheat cocoa biscuits with encapsulated grape skin extract *Int. J. Food Sci.* 2019; 2019
14. Dordoni, R. · De Cesare, S. · Casali, M. Stabilization of fat fraction in walnut-based freeze dried products *Chem. Eng. Trans.* 2017; 57
15. Egan, H. · Kirk, R. · Sawyer, R. The Luff Schoorl method. Sugars and preserves Longman Scientific and Technical (8th Edition), Pearson`s Chemical Analysis of Foods (Pp. 152-153) 1981. Harlow, UK
16. European Union Commission Regulation Commission Regulation N. 2568/91 of 11 July 1991 on the characteristics of olive oil and olive-residue oil and on the relevant methods of analysis *Off. J. L.* 1991; 248:15/9/1991
17. Ferreira, A.R.V. Bandarra, N.M. Moldão-Martins, M. FucoPol and chitosan bilayer films for walnut kernels and oil preservation *LWT – Food Sci. Technol.* 2018; 91:34-39
18. Gama, T. · Wallace, H.M. · Trueman, S.J. Quality and shelf life of tree nuts: a review. *Sci. Hortic.* 2018; 242:116-126
19. Huang, D. · Ou, B. · Hampsch-Woodill, M. High-throughput assay of oxygen radical absorbance capacity (ORAC) using a multichannel liquid handling system coupled with a microplate fluorescence reader in 96-well format *J. Agric. Food Chem.* 2002; 50:4437-4444
20. Huang, D. · Ou, B. · Prior, R.L. The chemistry behind antioxidant capacity assay *J. Agric. Food Chem.* 2005; 53:1841-1856
21. Kong, F. · Singh, R.P. Advances in instrumental methods to determine food quality deterioration *Food and Beverage Stability and Shelf Life* (Pp. 381-404) Elsevier Ltd, 2011.

22. Lavelli, V. · Sri Harsha, P.S.C. · Spigno, G. Modelling the stability of maltodextrin-encapsulated grape skin phenolics used as a new ingredient in apple puree. *Food Chem.* 2016; 209:323-331
23. Ling, B. Hou, L. Li, R. Thermal treatment and storage condition effects on walnut paste quality associated with enzyme inactivation *LWT – Food Sci. Technol.* 2014; 59:786-793
24. Madhavi, D.L. · Singhal, R.S. · Kulkarni, P.R. Technological aspects of food antioxidants Madhavi, D.L. · Deshpande, S.S. · Salunkhe, D.K. (Editors) *Food Antioxidants. Technological, Toxicological, and Health Perspectives* Marcel, Dekker, New York, 1996; 159-265
25. Martínez, M.L. · Labuckas, D.O. · Lamarque, A.L. Walnut (*Juglans regia* L.): genetic resources, chemistry, by-products *J. Sci. Food Agric.* 2010; 90:1959-1967
26. Martínez, M.L. · Penci, M.C. · Ixtaina, V. Effect of natural and synthetic antioxidants on the oxidative stability of walnut oil under different storage conditions. *LWT – Food Sci. Technol.* 2013; 51:44-50
27. Moncalvo, A. · Marinoni, L. · Dordoni, R. Waste grape skins: evaluation of safety aspects for the production of functional powders and extracts for the food sector. *Food Addit. Contam. A.* 2016; 33:1116-1126
28. OICCC Analytical method of the Office International du Cacao et du Chocolat Electrometric pH Determination of Cocoa and Chocolate Products 1972 9 E/1972
29. Salcedo, C.L. · López de Mishima, B.A. · Nazareno, M.A. Walnuts and almonds as model systems of foods constituted by oxidisable, pro-oxidant and antioxidant factors *Food Res. Int.* 2010; 43:1187-1197
30. Savage, G.P. Chemical composition of walnuts (*Juglans regia* L.) grown in New Zealand *Plant Foods Hum. Nutr.* 2001; 56:75-82
31. Schlörmann, W. Birringer, M. Böhm, V. Influence of roasting conditions on health-related compounds in different nuts. *Food Chem.* 2015; 180:77-

32. Solco, A.K.S. Accelerated Shelf-Life Test of Alkamides in Echinacea Purpurea Root Aqueous Ethanol Soxhlet Extracts Retrospective Theses and Dissertations 2007, 14914
33. Spigno, G. Donsì, F. Amendola, D. Nanoencapsulation systems to improve solubility and antioxidant efficiency of a grape marc extract into hazelnut paste J. Food Eng. 2013; 114:207-214
34. Stark, C.H. · McNeil, D.L. · Savage, G.P. The effect of storage conditions on the stability of peroxide values of New Zealand grown walnuts Proc. Nutr. Soc. N. Z. 2000; 25:43-54
35. Tapia, M.I. · Sánchez-Morgado, J.R. · García-Parra, J. Comparative study of the nutritional and bioactive compounds content of four walnut (*Juglans regia* L.) cultivars J. Food Compos. Anal. 2013; 31:232-237
36. Vadivel, V. Moncalvo, A. Dordoni, R. Effects of an acid/alkaline treatment on the release of antioxidants and cellulose from different agro-food wastes Waste Manag. 2016; 64:305-314
37. Vaidya, B. · Eun, J.B. Effect of roasting on oxidative and tocopherol stability of walnut oil during storage in the dark Eur. J. Lipid Sci. Technol. 2013; 115:348-355
38. Van Soest, P.J. Robertson, J.B. Lewis, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition J. Dairy Sci. 1991; 74:3583-3597
39. Velasco, J. Dobarganes, C. Oxidative stability of virgin olive oil Eur. J. Lipid Sci. Technol. 2002; 104:661-676
40. Vinson, J.A. Cai, Y. Nuts, especially walnuts, have both antioxidant quantity and efficacy and exhibit significant potential health benefits Food Funct. 2012; 3:134-140
41. Ziaolhagh, S.H. · Tehrani, M.M. · Razavi, S.M.A. Roasting process optimization of walnut kernels for the preparation of walnut cream using response surface methodology J. Nuts. 2017; 8:31-40