

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ФАРМАЦЕВТИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
факультет медико-фармацевтичних технологій
кафедра фармакогнозії та нутриціології

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему: «ФІТОХІМІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ АВОКАДО
(*PERSEA AMERICANA* MILL.)»

Виконала: здобувачка вищої освіти групи
ТПКЗм(4,5з)дз-01

спеціальності 226 Фармація, промислова фармація
освітньо-професійної програми Технологія
парфумерно-косметичних засобів

Юлія ЧІГРИНА

Керівник: доцент закладу вищої освіти кафедри
фармакогнозії та нутриціології, к. фарм. н., доцент
Андрій ПОПИК

Рецензент: завідувачка кафедри фармацевтичної
хімії, д. фарм. н., професор
Вікторія ГЕОРГІЯНЦ

Харків – 2026 рік

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота присвячена комплексному хімічному дослідженню плодів та насінню авокадо.

Робота в першому розділі містить огляд літератури щодо ботанічної характеристики, поширення, хімічного складу, застосування у медицині авокадо (*Persea americana* Mill.). Другий розділ роботи містить дослідження якісного та кількісного складу біологічно активних речовин у плодах та насінні авокадо. Третій розділ присвячений числовим показникам якості сировини авокадо.

Кваліфікаційна робота містить 40 сторінок, 10 таблиць, 51 рисуноків, список літератури з 38 найменувань.

Ключові слова: Авокадо, (*Persea americana* Mill), плоди, насіння біологічно активні речовини, фітохімічне дослідження.

ANNOTATION

This thesis is devoted to a comprehensive chemical study of avocado fruits and seeds.

The first chapter of the thesis contains a review of the literature on the botanical characteristics, distribution, chemical composition, and medicinal uses of avocados (*Persea americana* Mill.). The second chapter of the thesis contains a study of the qualitative and quantitative composition of biologically active substances in avocado fruits and seeds. The third chapter is devoted to numerical indicators of the quality of avocado raw materials.

The thesis contains 40 pages, 10 tables, 51 figures, and a list of 38 references.

Keywords: Avocado, (*Persea americana* Mill), fruit, seeds, biologically active substances, phytochemical study.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. АВОКАДО –ДЖЕРЕЛО ЦІННИХ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН	7
1.1 Ботанічна характеристика та поширення авокадо.....	7
1.2. Хімічний склад авокадо.....	10
1.3 Фармакологічні властивості авокадо	14
Висновки до розділу 1	14
РОЗДІЛ 2 ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПЛОДІВ ТА НАСІННЯ АВОКАДО	16
2.1 Визначення втрати в масі при висушуванні.....	16
2.2 Визначення вмісту загальної золи.....	17
2.3 Визначення вмісту екстрактивних речовин	18
Висновки до розділу 2	21
РОЗДІЛ 3 ХІМІЧНИЙ АНАЛІЗ ПЛОДІВ ТА НАСІННЯ АВОКАДО	22
3.1 Визначення амінокислот	22
3.2 Визначення флавоноїдів.....	24
3.3 Визначення органічних кислот.....	27
3.4 Визначення гідроксикоричних кислот.....	30
3.5 Визначення полісахаридів.....	34
3.6 Визначення танінів.....	37
Висновки до розділу 3	39
ВИСНОВКИ.....	40
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	41

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

БАР – біологічно активні речовини;

ДФУ – Державна фармакопея України;

ПХ – паперова хроматографія;

ЛРС – лікарська рослинна сировина;

ТШХ – тонкошарова хроматографія;

УФ- – ультрафіолетовий;

СЗ – стандартні зразки;

% – відсоток;

хв – хвилина.

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасна косметологічна медицина орієнтується на використання різних природних інгредієнтів із доведеними лікувальними властивостями (зволожувальними, антиоксидантними, протизапальними та бар'єр-відновлювальними властивостями). Проте пошук нових рослинних джерел, які можуть бути використанні в косметичній практиці є перспективним напрямком розвитку косметологічної галузі.

Особливу увагу привертають рослини, що містять рослинні олії, поліфенольні комплекси, амінокислоти, полісахариди та фітостерини, які здатні м'яко впливати на шкіру, підвищувати її стійкість до дії шкідливих чинників довкілля та уповільнювати прояви передчасного старіння.

Плоди авокадо (*Persea americana* Mill.) є відомими в косметичній практиці, цінними джерелами різних біологічно активних речовин: жирних кислот, фітостеринів, токоферолів, каротиноїдів, поліфенолів.

Олія м'якоті плодів авокадо знайшла своє застосування у складі кремів, емульсій, масок, бальзамів і засобів для догляду за шкірою та волоссям. Натомість насіння плодів переважно розглядають як відходи переробки, і є потенційно корисною для шкіри.

Проте на сьогодні відсутня достатня кількість інформації, щодо порівняльного фітохімічного складу плодів та насіння авокадо та можливості їх використання в медичній та косметологічній практиці.

З огляду на це фітохімічне дослідження плодів та насіння авокадо з є актуальним завданням науки.

Мета дослідження. Метою кваліфікаційної роботи було хімічне дослідження плодів та насіння авокадо.

Завдання дослідження. Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні завдання:

- провести аналіз джерел наукової літератури щодо ботанічної характеристики, поширення, хімічного складу, застосування у медицині та косметологічній практиці сировини авокадо;
- дослідити якісний склад БАР плодів та насіння авокадо;
- встановити кількісний вміст БАР у досліджуваній сировині.

Предмет дослідження – вивчення якісного складу та визначення кількісного вмісту біологічно активних речовин у плодах та насінні авокадо.

Об’єкт дослідження – фітохімічне вивчення плодів та насіння авокадо.

Методи дослідження. Використовували хімічні реакції ідентифікації, хроматографію (ТШХ, ПХ), для змістовного вивчення якісного складу БАР. Кількісне дослідження БАР проводили використовуючи гравіметричні та спектральні методи. Отримані результати експериментальних досліджень були статистично оброблені.

Практичне значення отриманих результатів.

Проведене дослідження фітохімічного складу плодів та насіння авокадо, можуть бути використані для розробки відповідних розділів методів контролю якості та для стандартизації сировини авокадо.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна робота викладена на 40 сторінках, складається із анотації, вступу, 3 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел. Робота проілюстрована 10 таблицями та 51 рисунками. Список використаних джерел налічує 38 найменувань.

РОЗДІЛ 1

АВОКАДО – ДЖЕРЕЛО ЦІННИХ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН

1.1 Ботанічна характеристика та поширення авокадо

Авокадо (*Persea americana* Mill.) належить до родини *Lauraceae* Juss. (Лаврові), роду *Persea* [7,8,13].

Авокадо (*Persea americana*) за життєвою формою – це вічнозелене дерево висотою 14-40 м, із заокругленою кроною (Рис.1.1.) Рослина має шкірясте, чергове листя, листові пластинки проста, цільна, еліптична або оберненояйцеподібної форми, гостра або загострена на кінці, клиноподібна або закруглена біля основи, має перисте жилкування, від 6 до 30 см довжиною та 3,5-19 см шириною. При розтиранні листя авокадо мають специфічний запах анісу [7,8,17].

Верхня поверхня листової пластинки оголена, нижня поверхня має темно-сизий колір; суцвіття рослини пазушне, компактне або пухке волотисте; квітки авокадо майже досконалої будови, зеленувато-жовтуватого кольору, сегменти оцвіттини 4-6 мм завдовжки;

Квітки авокадо дрібні, зеленуваті, з тонкими волосками квіти ростуть суцвіттями на кінцях гілок. Як чоловічі, так і жіночі квіти ростуть на одній рослині, але вони дозрівають і розкриваються в різний час, щоб уникнути самозапилення [30,31,34,35].

Плід авокадо – грушоподібна кістянка, мають товсту темно-зелену або фіолетову шкірку, блискучі, зеленого або пурпурового кольору, довжиною до 15 см; насіння авокадо дуже м'ясисте, у зрілому стані вільно лежить у плодолистку. З ботанічної точки зору, плід авокадо є ягодою з одним великим насінням (Рис.1.2). М'якоть авокадо масляниста, жовто-зеленого кольору, із характерним смаком і високим вмістом ліпідів; у стиглих плодів шкірка зазвичай легко відділяється від м'якоті [14,19,20,24].

Форма плодів авокадо зовнішньо схоже на яєчко, тому назва походить від слова «ahuácatl» мовою науатль (мексиканська) перекладається як яйце.

Відомі два основних культивованих різновиди авокадо: *Persea americana* «Fuerte» та *Persea americana* «Hass», які різняться будовою плодів. Перший має блискучі, гладкі плоди із зеленою шкіркою; другий різновид – темно-фіолетові, горбисті, товстошкірі плоди [7,8,31,37].



Рис.1.1 Зовнішній вигляд дерева та листя авокадо

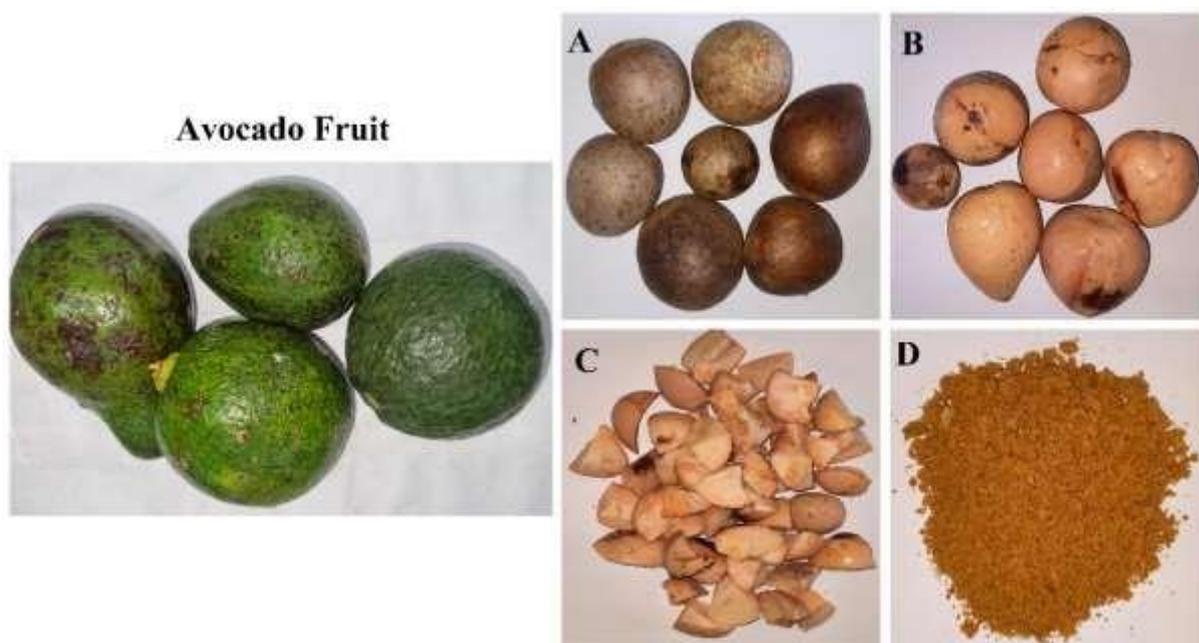


Рис.1.2 Зовнішній вигляд плодів, насіння (А, В, С) та подрібненої сировини (Д)

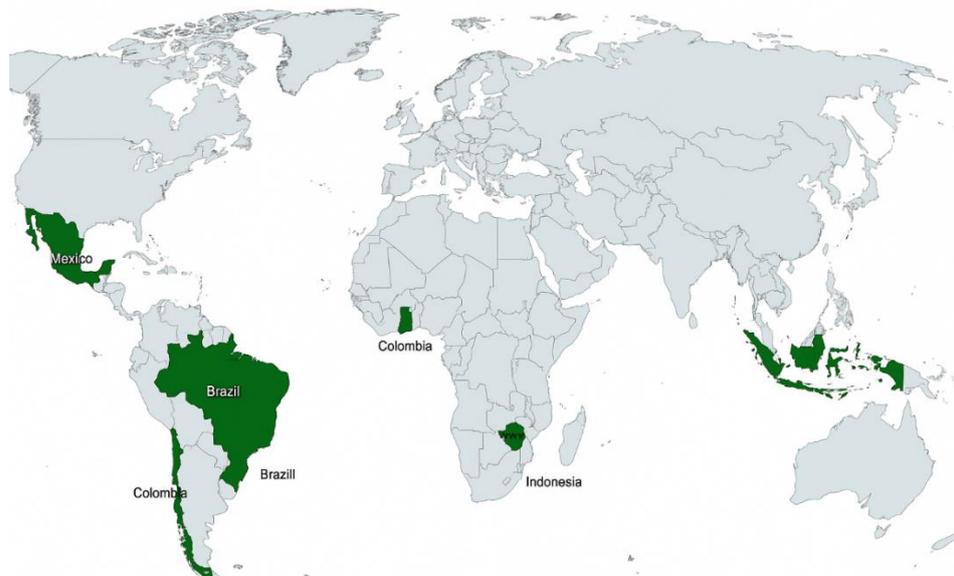


Рис.1.3 Географічне розповсюдження авокадо в різних країнах

Батьківщиною авокадо (загальновідомі назви рослини як авокадо, авокадо-груша або алігаторська груша) є Мексика та Центральна Америка (Рис.1.3.), [10,11,12,14,15]. Це вічнозелене дерево, яке зростає переважно в сезонно сухому тропічному кліматі.

Також рослина розповсюджена від Центральної Мексики до Коста-Рики. Рослина зростає в різних країнах та містах: Північно-Західна Аргентина, Ассам, Багами, Бангладеш, Болівія, Буркіна, Камерун, Каролінські острови, Кайманові острови, Центрально-Африканська Республіка, Центрально-Американські острови, Південно-Східний Китай, Південно-Східний Китай, Колумбія, Коморські Острови, Конго, Острови Кука, Куба, Кіпр, Домініканська Республіка, ДР Конго, Східні Гімалаї, Пасхальні острови, Сальвадор, Фіджі, Флорида, Галапагоси, Гамбія, Гвінея-Бісау, Гвінейська затока, Хайнань, Гаїті, Гаваї, Індія, Ямайка, Кенія, Лаос, Підвітряні острови, Маріанські острови, Маркільські острови, Маршаллові острови, Маврикій, Північний схід Мексики, Північно-західна Мексика, Нью-Йорк, Північна Нова Зеландія, Панама, Перу, острів Піткертн, Пуерто-Ріко, Родрігес, Реюньон, Товариські острови, Венесуела, Венесуельські

Антильські острови, В'єтнам, Навітряні острови. Таким чином рослина має широкий ареал зростання та культивування в різних країнах світу.

1.2 Хімічний склад авокадо

Авокадо є джерелом значної кількості цінних БАР, зокрема плоди містять фенолкарбонові кислоти (рис. 1.1–1.11), флавоноїди (рис.1.12–1.14), конденсовані таніни та проантоціанідини. лігнани, терпени (рис. 1.15–1.19), хлорофіли, каротиноїди, таніни, полісахариди, лютеїн та зеаксантин. Також рослина містить фітостероли та вітаміни, такі як β -каротин, токоферол, ретинол, аскорбінова кислота, тіамін, рибофлавін, ніацин, піридоксин і фолієва кислота [9,13,16,19,22,30,34,35,36,38]. Авокадо цінується за високий вмістом калію (>500 мг/100 г свіжої маси), що на 60 % більше, ніж у рівній порції банану.

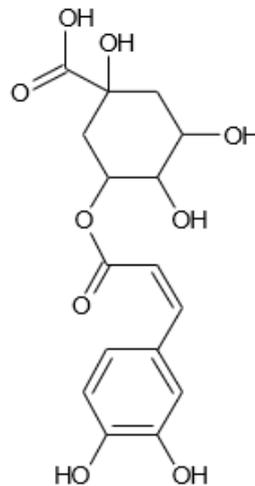


Рис.1.4 Хімічна формула хлорогенової кислоти

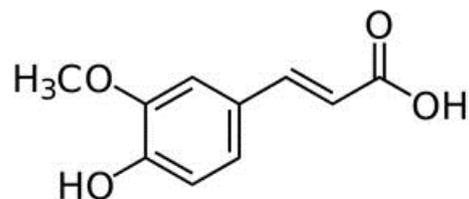


Рис.1.5 Хімічна формула ферулової кислоти

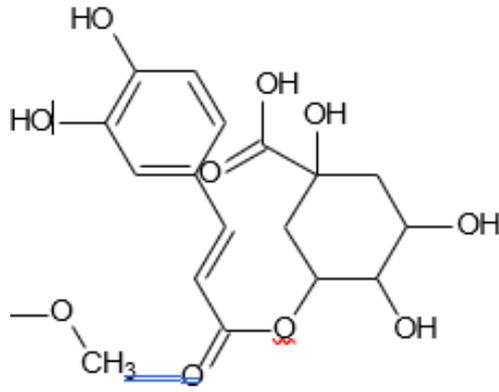


Рис.1.6 Хімічна формула неохлорогенової кислоти

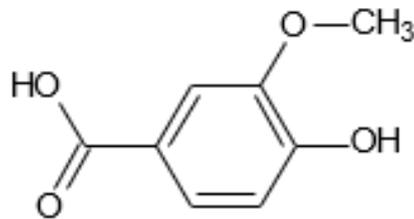


Рис.1.7 Хімічна формула ванілінової кислоти

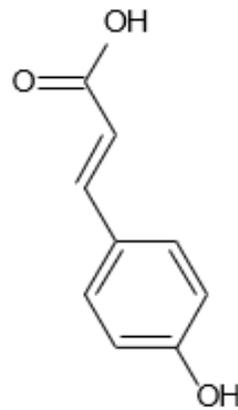


Рис.1.8 Хімічна формула р-кумарової кислоти

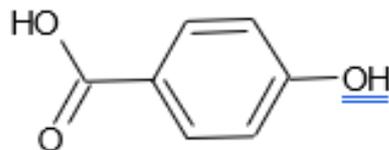


Рис.1.9 Хімічна формула 4-гідроксибензойної кислоти

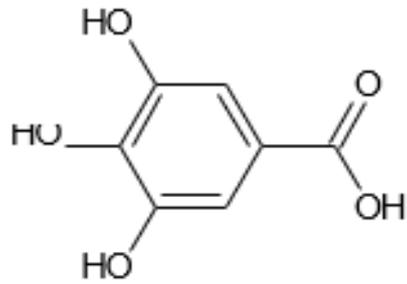


Рис.1.10 Хімічна формула галлової кислоти

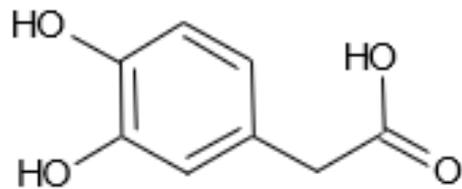


Рис.1.11 Хімічна формула 3,4-дигідроксифенілоцтової кислоти

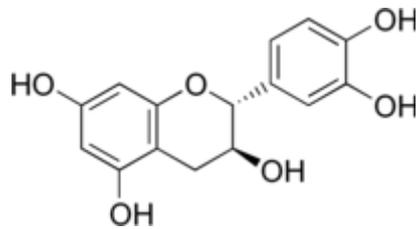


Рис.1.12 Хімічна формула катехіну

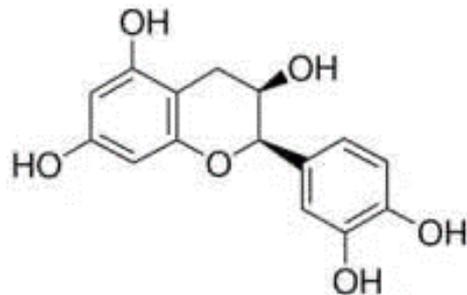


Рис.1.13 Хімічна формула епікатехіну

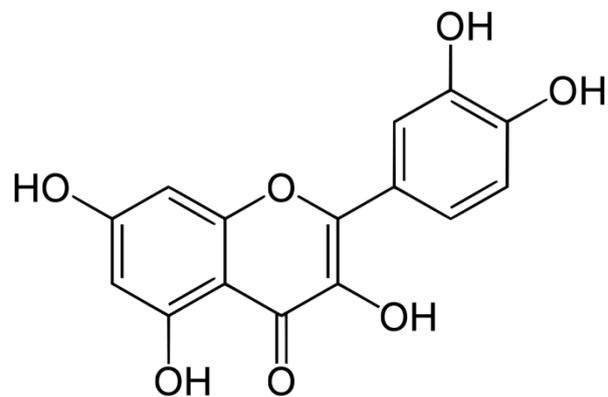


Рис.1.14 Хімічна формула кверцетину

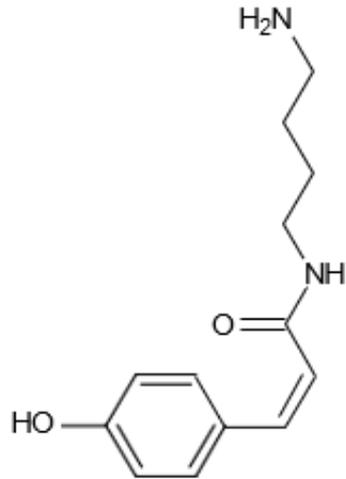


Рис.1.15 Хімічна формула 4-гідроксициннамоїлпутресцину

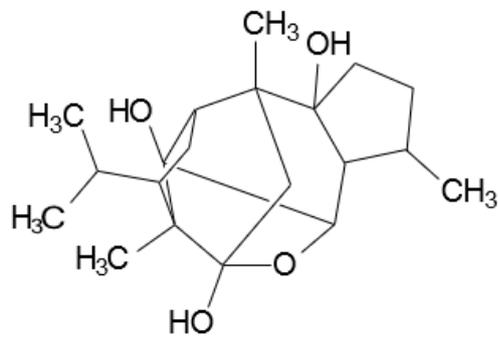


Рис.1.16 Хімічна формула індіколу

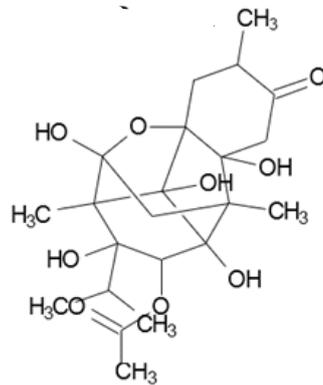


Рис.1.17 Хімічна формула рінодолу

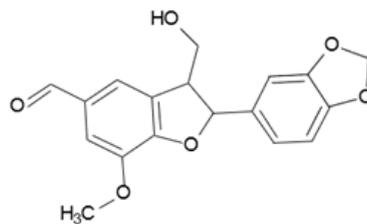


Рис.1.18 Хімічна формула персілу С

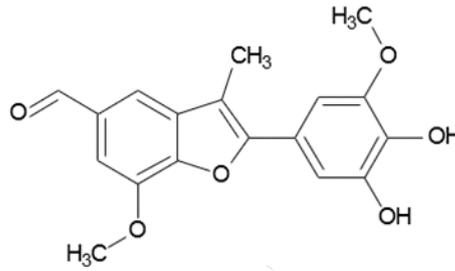


Рис.1.19 Хімічна формула персілу Д

1.3 Фармакологічні властивості авокадо

Авокадо вже протягом століть відоме своєю поживною цінністю та високим потенціалом лікувальних властивостей, які використовуються у фармацевтичній, харчовій промисловості, косметологічній практиці та нутриціології [24,29,32].

Проведені дослідження підтверджують протизапальну, антибактеріальну, протипухлинну спазмолітичну дію рослини [11,12,14,17,20,21,23,25,26]. У дослідженнях також виявлено кумулятивний ефект компонентів авокадо в профілактиці та лікуванні окисного стресу та вікових дегенеративних захворювань. На теперішній час ведуться експериментальні дослідження щодо можливості лікування рослиною раку, діабету, запальних, мікробних та серцево-судинних захворювань. Експериментально підтверджено високу роль авокадо в поліпшенні біодоступності поживних речовин з інших рослинних продуктів. Тому вживання авокадо разом з іншими фруктами та овочами в рамках раціону може бути корисним для здоров'я людини, та збалансованого, здорового харчування [7,10,24,29]. Також за даними досліджень, фітостероли авокадо знижують ризик розвитку ішемічної хвороби серця. Американська асоціація серця рекомендує споживати 2–3 г стеролів і фітостеролів на день для зміцнення здоров'я серця.

У нутриціологічній практиці м'якоть і харчову олію авокадо доцільно розглядати як елементи раціону, що можуть підтримувати показники

ліпідного й вуглеводного обміну. Для дієт із кардіометаболічною спрямованістю описують асоціації між включенням авокадо та більш сприятливим ліпопротеїновим профілем, зокрема зниженням атерогенних фракцій [11,24,26,27,36]. У косметологічній практиці олія м'якоті авокадо широко використовується як емомент та основа ліпідної фази у різних формах засобів догляду за шкірою і волоссям (рис. 1.20). Її застосування пов'язують із пом'якшенням, зволоженням, підтриманням еластичності та покращенням бар'єрних властивостей шкіри; при цьому технологія одержання, чистота, окиснювальна стійкість і умови зберігання є критичними факторами стабільності й якості інгредієнта у складі косметичних систем.



Рис 1.20 Приклади косметичних засобів на основі олії м'якоті авокадо (крем, маска, бальзам, засоби для волосся)

Висновки до розділу 1

Проведено детальний огляд літератури стосовно ботанічного опису, поширення, фітохімічного складу та використання авокадо в різних галузях. На основі проведеного аналізу, можна прогнозувати значний хімічний та фармакологічний потенціал плодів та насіння авокадо, що потребує більш детального хімічного вивчення.

РОЗДІЛ 2

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПЛОДІВ ТА НАСІННЯ АВОКАДО

2.1 Визначення втрати в масі при висушуванні

Втрату в масі при висушуванні у сировині авокадо досліджували за методикою ДФУ 2.0, том 1, монографія «Втрата в масі при висушуванні» [1]. Використовуючи гравіметричний метод аналізу.

Розрахунок показника проводили за формулою (X, %):

$$X = \frac{(m - m_1) \times 100}{m},$$

де:

m – маса сировини до висушування, г;

m₁ – маса сировини після висушування, г.

Результати дослідження втрати в масі при висушуванні у сировині авокадо наведені у табл. 2.1 та на рис. 2.1.

Таблиця 2.1

Визначення втрати в масі при висушуванні у сировині авокадо

m	n	X _i	X _{сер}	S ²	S _{сер}	P	t(P, n)	Довірчий інтервал	ε _{сер} , %
Плоди									
5	4	9,67	11,73	0,60303	0,72153	0,95	2,78	11,73±0,85	3,09
		10,83							
		11,62							
		12,74							
		13,81							
Насіння									
5	4	9,70	10,01	0,045430	0,0953205	0,95	2,78	10,01±0,27	2,65
		10,01							
		10,01							
		10,05							
		10,30							

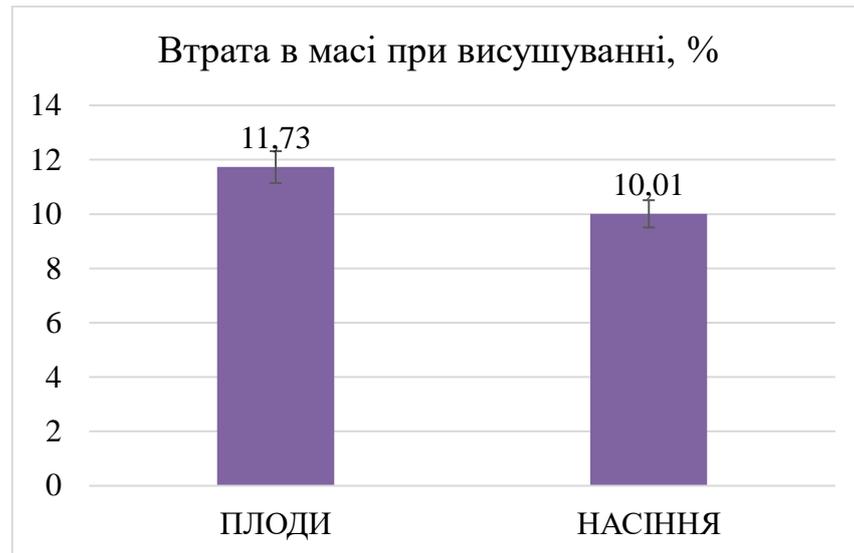


Рис. 2.1 Втрата в масі при висушуванні у сировині авокадо

Втрата в масі при висушуванні для плодів авокадо становила $11,73 \pm 0,85$ %, насіння – $10,01 \pm 0,27$ %.

2.2 Визначення вмісту загальної золи

Визначення вмісту загальної золи у плодах та насінні авокадо проводили за методикою ДФУ 2.0, том 1, монографія «Зола загальна» [1]. Застосовували для цього гравіметричний метод аналізу.

Розрахунок показника проводили за формулою (X, %):

$$X = \frac{m \times 100 \times 100}{m_1 \times (100 - W)}$$

де:

m – маса золи, г;

m_1 – маса наважки випробовуваної сировини, г;

W – втрата в масі при висушуванні сировини, %.

Результати проведеного дослідження загальної золи у сировині авокадо наведені в табл. 2.2 і на рис. 2.2.

Визначення вмісту золи загальної у сировині авокадо

m	n	X_i	$X_{\text{ср}}$	S^2	$S_{\text{ср}}$	P	t(P, n)	Довірчий інтервал	$\varepsilon_{\text{ср}}$, %
Плоди									
5	4	1,27	1,76	0,14833	0,17224	0,95	2,78	1,76±0,48	3,14
		1,52							
		1,76							
		2,05							
		2,22							
Насіння									
5	4	1,85	1,89	0,000820	0,012806 3	0,95	2,78	1,89±0,04	1,89
		1,87							
		1,89							
		1,91							
		1,92							

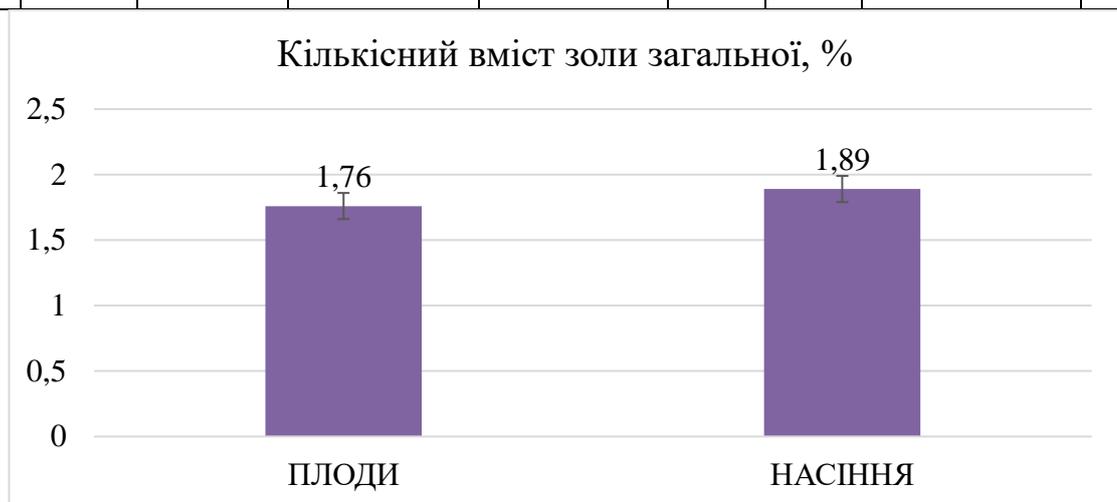


Рис. 2.2 Вміст золи загальної у сировині авокадо

Результати дослідження виявили, що вміст золи загальної у плодах авокадо складав $1,76 \pm 0,48$ %, насінні – $1,89 \pm 0,04$ %.

2.3 Визначення вмісту екстрактивних речовин

Дослідження вмісту екстрактивних речовин у сировині авокадо визначали за методикою монографії «Полин гіркий» ДФУ 2.0, том 3 []. При

цьому застосовували гравіметричний метод. Екстрагування БАР з сировини авокадо проводили водою очищеною, 40 % та 70 % етанолом.

Розрахунок показника проводили за формулою (X, %):

$$X = \frac{m \times 200 \times 100}{m_1 \times (100 - W)},$$

де:

m – маса сухого залишку, г;

m₁ – маса наважки випробовуваної сировини, г;

W – втрата в масі при висушуванні сировини, %.

Результати проведеного дослідження екстрактивних речовин наведені у табл. 2.3-2.4 і на рис. 2.3-2.4.

Таблиця 2.3

Визначення вмісту екстрактивних речовин у плодах авокадо

m	n	X _i	X _{сеп}	S ²	S _{сеп}	P	t(P, n)	Довірчий інтервал	ε _{сеп} , %
Вода очищена									
5	4	17,51	17,54	0,20280	0,2007	0,95	2,78	17,54 ± 0,74	3,24
		17,54							
		17,55							
		17,52							
		17,53							
40 % етанол									
5	4	30,34	30,36	0,20280	0,2016	0,95	2,78	30,36 ± 1,40	2,22
		30,35							
		30,36							
		30,37							
		30,32							
70 % етанол									
5	4	26,13	26,15	0,20374	0,2006	0,95	2,78	26,15 ± 1,20	2,48
		26,14							
		26,15							
		26,17							
		26,16							

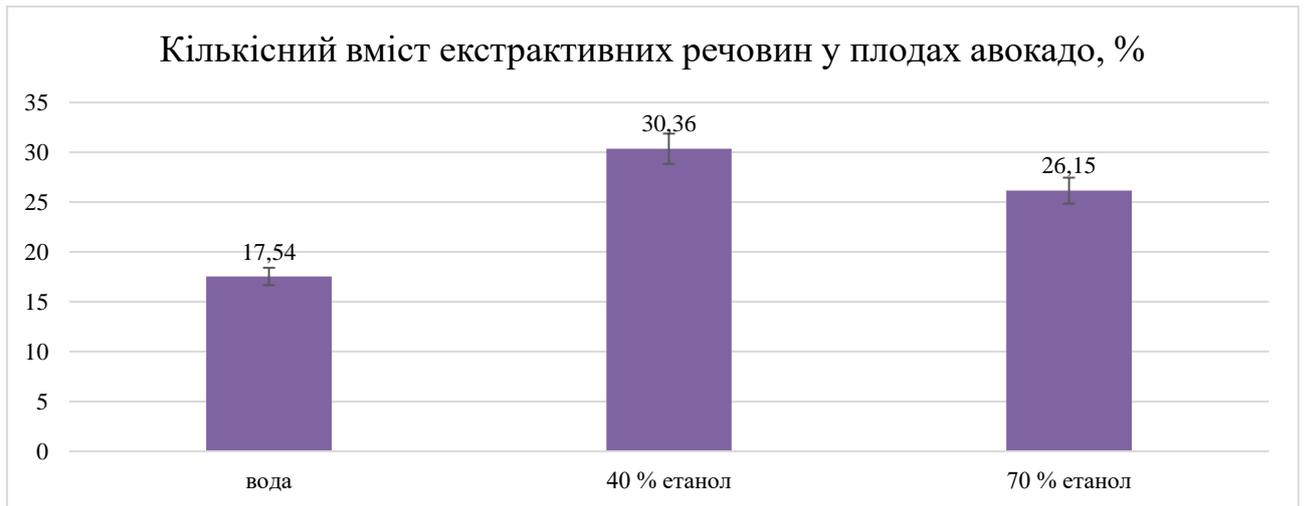


Рис. 2.3 Вміст екстрактивних речовин у плодах авокадо

Отримані результати показали, що 40 % етанол є найбільш оптимальним екстрагентом для плодів авокадо ($30,36 \pm 1,40$ %).

Таблиця 2.4

Визначення вмісту екстрактивних речовин у насінні авокадо

m	n	X_i	$X_{\text{сєр}}$	S^2	$S_{\text{сєр}}$	P	t(P, n)	Довірчий інтервал	$\epsilon_{\text{сєр}}$, %
Вода очищена									
5	4	21,55	21,54	0,20264	0,2013	0,95	2,78	$21,54 \pm 1,07$	2,60
		21,55							
		21,55							
		21,54							
		21,53							
40 % етанол									
5	4	24,98	24,97	0,20261	0,2013	0,95	2,78	$24,97 \pm 1,25$	2,24
		24,98							
		24,98							
		24,97							
		24,96							
70 % етанол									
5	4	24,54	24,53	0,20261	0,2013	0,95	2,78	$24,53 \pm 1,23$	2,28
		24,54							
		24,54							
		24,53							
		24,52							

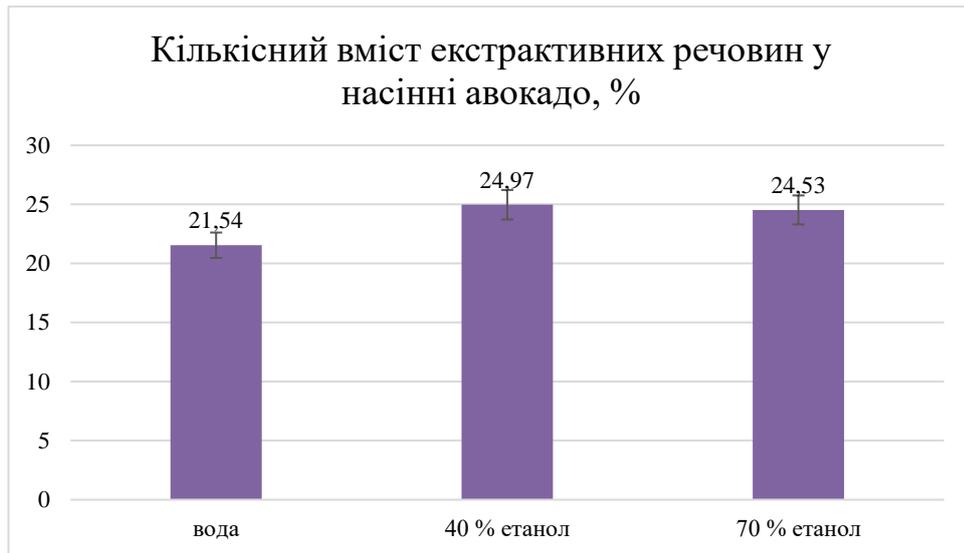


Рис. 2.4 Вміст екстрактивних речовин у насінні авокадо

Проведені дослідження показали, що 40 % етанол екстрагує найбільшу кількість БАР з насіння авокадо.

Висновки до розділу 2

1. За вимогами ДФУ з використанням гравіметричного методу у плодах та насінні авокадо встановлено основні показники якості сировини.
2. Визначено, що втрата в масі при висушуванні для плодів становила $11,73 \pm 0,85$ %, насіння – $10,01 \pm 0,27$ %.
3. Визначено, що вміст золи загальної у сировині авокадо становив $1,76 \pm 0,48$ %, насінні – $1,89 \pm 0,04$ %.
4. Найбільш оптимальним екстрагентом для вилучення БАР із плодів та насіння авокадо був 40 % етанол.

РОЗДІЛ 3

ХІМІЧНИЙ АНАЛІЗ ПЛОДІВ ТА НАСІННЯ АВОКАДО

3.1 Визначення амінокислот

Ідентифікацію амінокислот у сировині авокадо проводили хроматографічними методами (ПХ та ТШХ) та якісними реакціями (з 0,2 % розчином нінгідрину, червоно-фіолетове забарвлення). Для хроматографічного аналізу викуористовували різні СЗ амінокислот.

Рухома фаза суміш н-бутанол – кислота оцтова льодяна – вода (4:1:2).
Схема хроматографічного аналізу амінокислот у сировині авокадо представлена на рис. 3.1.

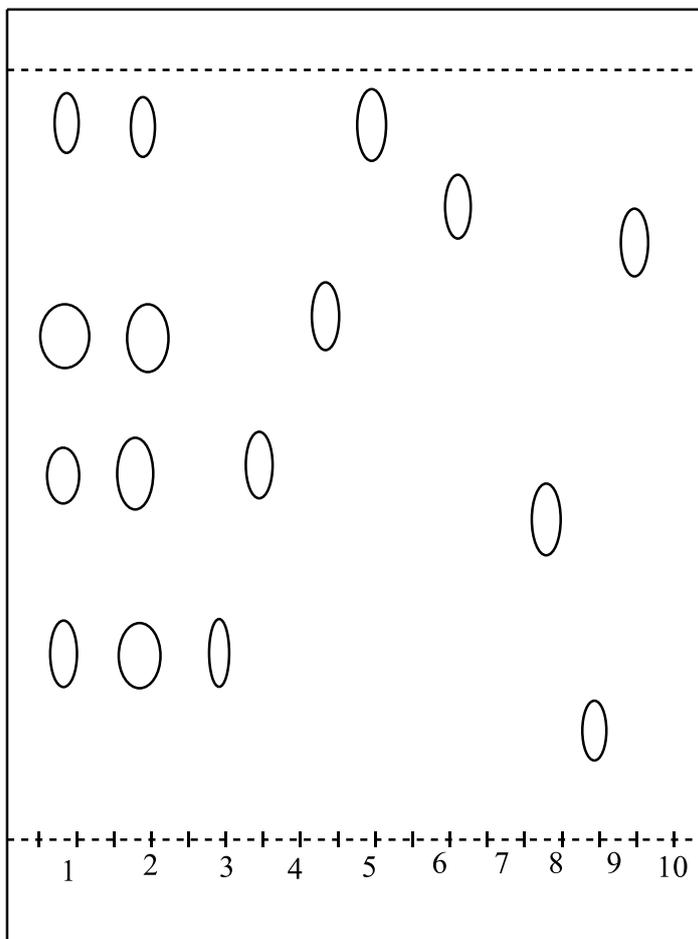


Рис. 3.1 Схема хроматограми виявлення амінокислот у плодах та насінні авокадо: 1 – водна витяжка плодів, 2 – водна витяжка насіння; 3 – глютамінова кислота; 4 – аргінін; 5 – валін; 6 – лейцин; 7 – метіонін; 8 – фенілаланін; 9 – треонін; 10 – лізин

За результатами хроматографічного аналізу, було ідентифіковано амінокислоти у плодах та насінні авокадо – глютамінова кислота, аргінін, валін та лейцин.

Встановлення кількості амінокислот у плодах та насінні авокадо проводили спектрофотометричним методом. Вміст амінокислот (X, %) у перерахунку на лейцин і абсолютно суху сировину розраховували за формулою:

$$X = \frac{A \times 50 \times 25 \times 100}{E_{1\text{см}}^{1\%} \times m \times 1 \times (100 - W)},$$

де:

W – втрата в масі при висушуванні сировини, %;

A – оптична густина досліджуваного розчину за довжини хвилі 573 нм;

m – маса наважки випробовуваної сировини, г;

$E_{1\text{см}}^{1\%}$ – питомий показник поглинання комплексу лейцину з нінгідрином у спирті ізопропіловому за довжини хвилі 573 нм, який дорівнює 862.

Результати кількісного визначення амінокислот у плодах та насінні авокадо наведені у табл. 3.1 та рис. 3.2.– 3.27.

Таблиця 3.1

Результати кількісного визначення амінокислот у плодах та насінні авокадо

m	n	X_i	$X_{\text{сеп}}$	S^2	$S_{\text{сеп}}$	P	t(P, n)	Довірчий інтервал	$\varepsilon_{\text{сеп}}$, %
Плоди									
5	4	0,74	0,76	0,0000317	0,0025179	0,95	2,78	0,76±0,01	0,92
		0,75							
		0,76							
		0,77							
		0,78							
Насіння									
5	4	0,36	0,38	0,0000115	0,0015166	0,95	2,78	0,38±0,04	1,11
		0,37							
		0,38							
		0,39							
		0,40							

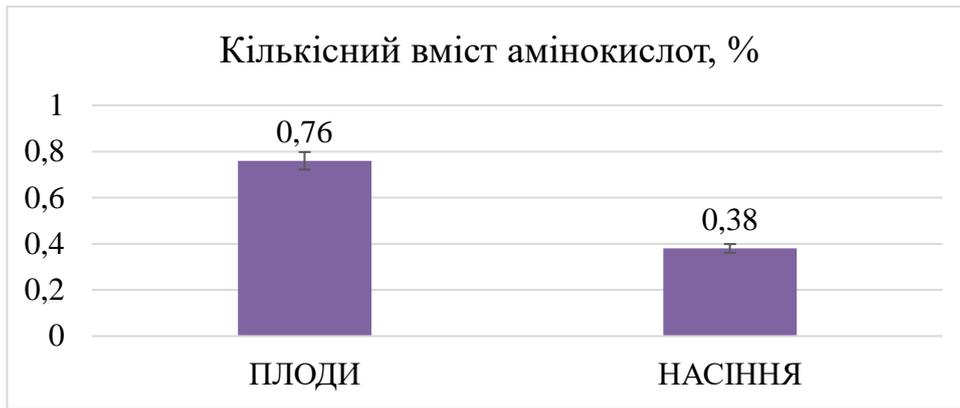


Рис. 3.2 Результати визначення кількісного вмісту амінокислот у сировині авокадо

Вміст амінокислот у плодах становив $0,76 \pm 0,01$ %, а у насінні – $0,38 \pm 0,04$ %.

3.2 Визначення флавоноїдів

З метою ідентифікації флавоноїдних речовин у сировині авокадо, були проведені різні якісні реакції (з розчином натрію гідроксиду, з розчином алюмінію хлориду, реакції Вільсона, ціанідинової реакції), за результатами яких було встановлено наявність флавоноїдів в плодах та насінні авокадо.

Використовуючи ТШХ проводили ідентифікацію флавоноїдів у сировині авокадо. Рухома фаза н-бутанол Р – ацетатна льодяна кислота Р – вода очищена Р (4:1:2) та СЗ флавоноїдів (апігенін, лютеолін, кемпферол, рутин, кверцетин, кверцетин-3-О-рутинозид). Кожну хроматограму висушували і переглядали при денному та УФ-світлі до та після обробки парами аміаку та 5 % етанольний розчин алюмінію хлориду. Схема хроматограми наведена на рис. 3.3.

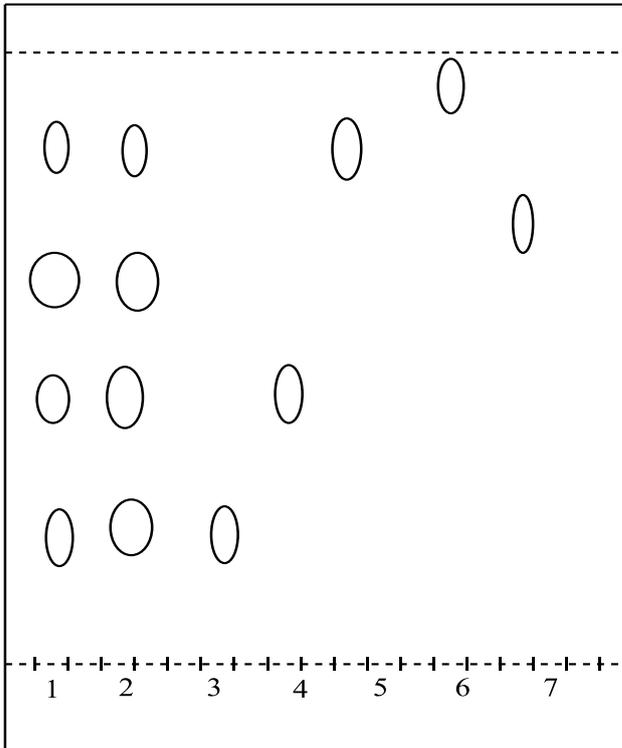


Рис. 3.3 Схема хроматограми виявлення флавоноїдів у плодах та насінні авокадо: 1 – 30 % етанольна витяжка плодів, 2 – 30 % етанольна витяжка насіння; 3 – кемпферол; 4 – рутин; 5 – кверцетин-3-О-рутинозиду; 6 – апігенін; 7 – лютеолін.

Структурні формули СЗ флавоноїдів наведено на рис. 3.4-3.6.

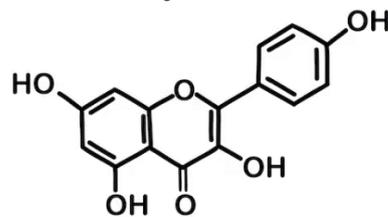


Рис. 3.4 Структурна формула кемпферолу

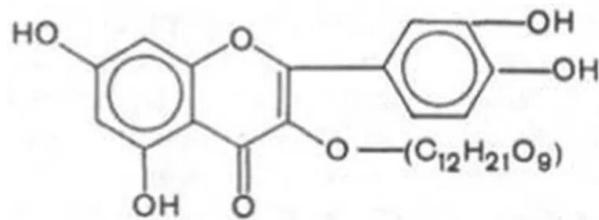


Рис. 3.5 Структурна формула рутину

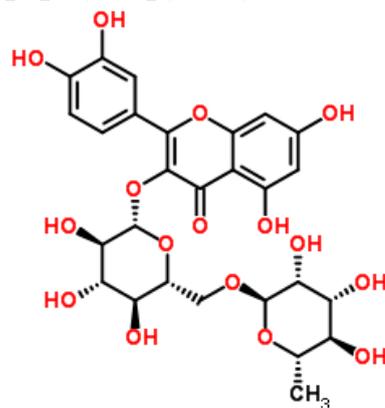


Рис. 3.6 Структурна формула кверцетин-3-О-рутинозиду

За результатами хроматографічного аналізу в плодах та насінні авокадо ідентифіковано кемпферол, кверцетин-3-О-рутинозид та рутин.

Визначення кількісного вмісту флавоноїдів у плодах та насінні авокадо проводили за методикою, що наведена у монографії «Софори квітки», за ДФУ 2.0, доповнення 1 у перерахунку на рутин, при довжина хвилі 415 нм [2,6]. Результати кількісного аналізу представлено у таблиці 3.2 та рис. 3.7.

Таблиця 3.2

Результати кількісного визначення флавоноїдів у сировині авокадо, %

m	n	X_i	$X_{\text{сеп}}$	S^2	$S_{\text{сеп}}$	P	t(P, n)	Довірчий інтервал	$\varepsilon_{\text{сеп}}$, %
Плоди									
5	4	0,38	0,41	0,000029	0,002416	0,95	2,78	0,41±0,01	1,68
		0,39							
		0,40							
		0,40							
		0,41							
Насіння									
5	4	1,58	1,50	0,22260	0,2256	0,95	2,79	1,50±0,06	3,66
		1,70							
		1,66							
		1,48							
		1,30							

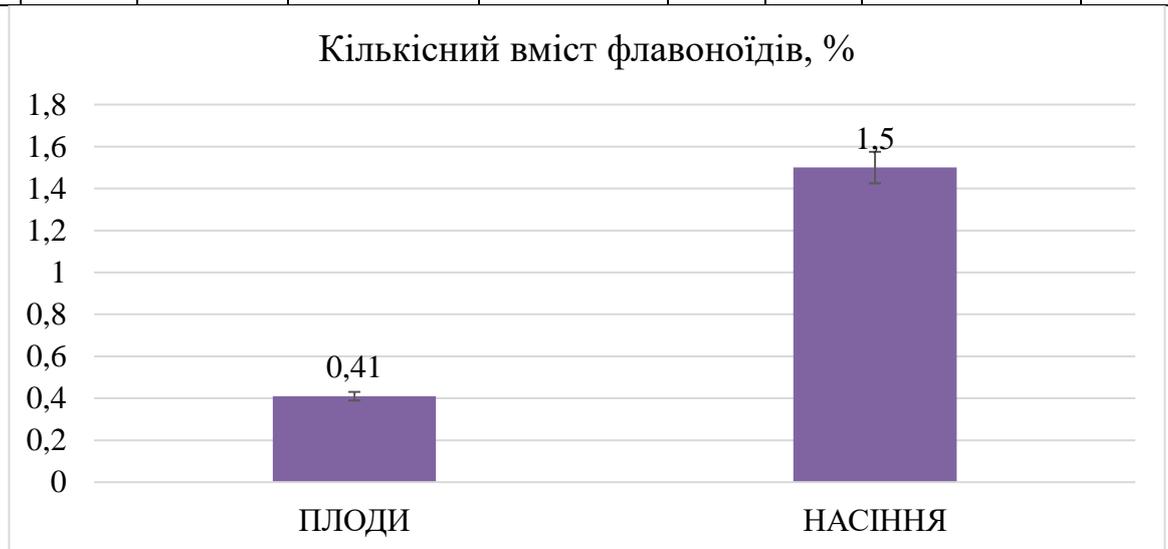


Рис. 3.7 Результати визначення кількісного вмісту флавоноїдів у сировині авокадо

Визначено, що вміст флавоноїдів у плодах становив $0,41 \pm 0,01$ %, у насінні - $1,50 \pm 0,06$ %.

3.3 Визначення органічних кислот

Ідентифікацію органічних кислот у сировині авокадо проводили за допомогою хроматографії (ПХ, ТШХ). В якості рухомої фази використовували: 96 % етанол–хлороформ–аміак концентрований –вода у співвідношенні – 70:40:20:2. В якості СЗ використовували: оксалатну кислоту, аскорбінову кислоту, винну кислоту, яблучну кислоту та лимонну кислоту. В якості реактиву проявлення використовували розчин бромтимолового синього

Схема хроматограми виявлення органічних кислот у сировині авокадо наведена на рис. 3.8.

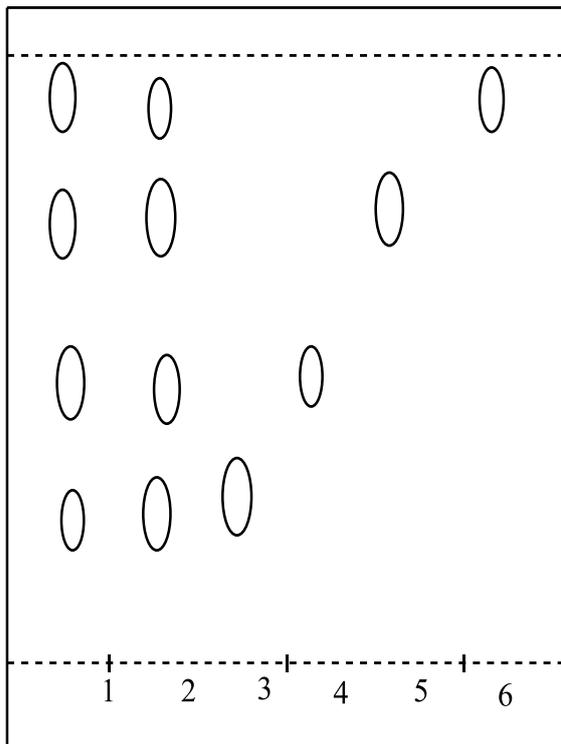


Рис. 3.8 Схема хроматограми виявлення органічних кислот у сировині авокадо: 1 – водна витяжка плодів авокадо, 2 – водна витяжка насіння авокадо; 3 – винна кислота; 4 – аскорбінова кислота; 5 – лимонна кислота; 6 – яблучна кислота

Як видно зі схеми хроматограми (рис. 3.8) у результаті проведеного хроматографічного вивчення в плодах та насінні авокадо встановлено

наявність яблучної (рис. 3.9), лимонної (рис. 3.10), аскорбінової (рис. 3.11) та винної кислоти (рис. 3.12).

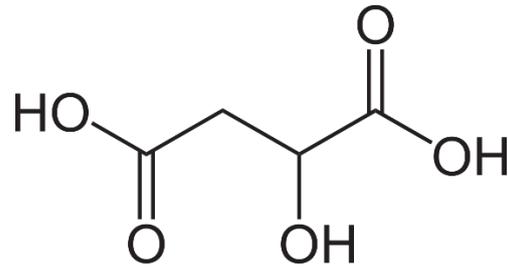


Рис. 3.9 Структурна формула яблучної кислоти

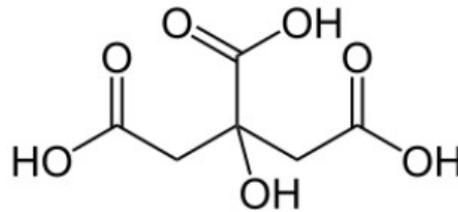


Рис. 3.10 Структурна формула лимонної кислоти

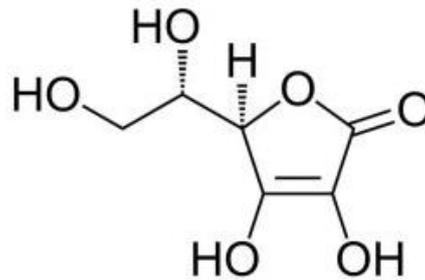


Рис. 3.11 Структурна формула аскорбінової кислоти

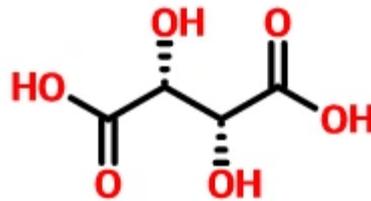


Рис. 3.12 Структурна формула винної кислоти

Кількісне визначення вмісту органічних кислот у сировині авокадо проводили за монографією «Шипшини плоди^N». Вміст органічних кислот (X, %) у перерахунку на яблучну кислоту та абсолютно суху сировину розраховували за формулою:

$$X = \frac{V \times 0,0067 \times 2500 \times 100}{m \times (100 - W)}$$

де: 0,0067 – кількість кислоти яблучної, що відповідає 1 мл 0,1 М розчину натрію гідроксиду, г;

V – об'єм 0,1 М розчину натрію гідроксиду, витраченого на титрування, мл;

m – маса наважки випробуваної сировини, г;

W – втрата в масі при висушуванні сировини, % [].

Результати кількісного визначення органічних кислот плодах та насінні наведені у табл. 3.3 та рис. 3.13.– 3.27.

Таблиця 3.3

Результати кількісного визначення органічних кислот у плодах та насінні авокадо, %

m	n	X _i	X _{сеп}	S ²	S _{сеп}	P	t(P, n)	Довірчий інтервал	ε _{сеп} , %
Плоди									
5	4	2,48	2,51	0,0008500	0,0130384	0,95	2,78	2,51±0,04	1,44
		2,49							
		2,50							
		2,53							
		2,55							
Насіння									
5	4	2,14	2,17	0,0005700	0,0106771	0,95	2,78	2,17±0,03	1,37
		2,15							
		2,17							
		2,18							
		2,20							

Визначено, що вміст органічних кислот у плодах становив 2,51±0,04 %, у насінні – 2,17±0,03 %.



Рис. 3.13 Результати визначення кількісного вмісту органічних кислот у сировині авокадо

3.4 Визначення гідроксикоричних кислот

Вивчення гідроксикоричних кислот проводили методами ТШХ та ПХ. Для рухомої фази використовували 15 % кислоту оцтову та СЗ гідроксикоричних кислот. В якості реактиву проявлення використовували пари амоніаку а також розчин феруму (III) хлориду для підсилення флуоресценції.

Схема хроматограми виявлення гідроксикоричних кислот у сировині авокадо наведена на рис. 3.14.

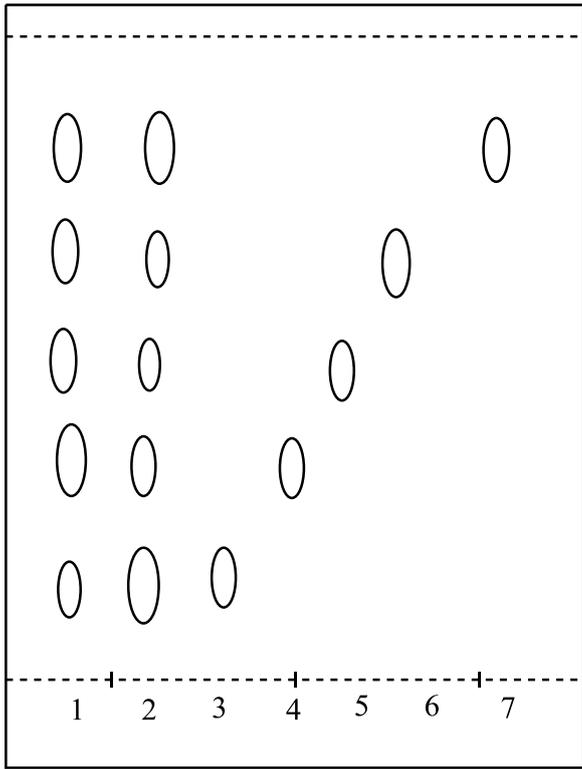


Рис. 3.14 Схема хроматограми гідроксикоричних кислот у сировині авокадо: 1 – водний екстракт плодів, 2 – водний екстракт насіння, 3 – кофейна кислота, 4 – хлорогенова кислота 5 – неохлорогенова кислота, 6 – р-кумарова кислота, 7 – ферулова кислота.

Результати хроматографічного аналізу сировини авокадо (рис. 3.14) дозволили встановити у досліджуваних витяжках: кофейну (рис. 3.15), хлорогенову (рис. 3.16), неохлорогенова (рис. 3.17), ферулову (рис. 3.18) та р-кумарову (рис. 3.19) кислоти.

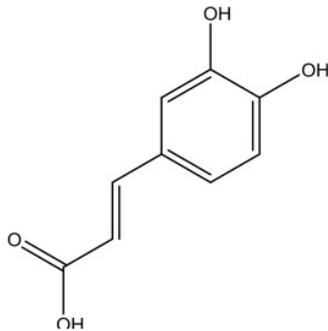


Рис. 3.15 Структурна формула кофейної кислоти

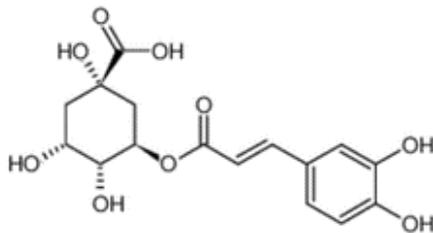


Рис. 3.16 Структурна формула хлорогенової кислоти

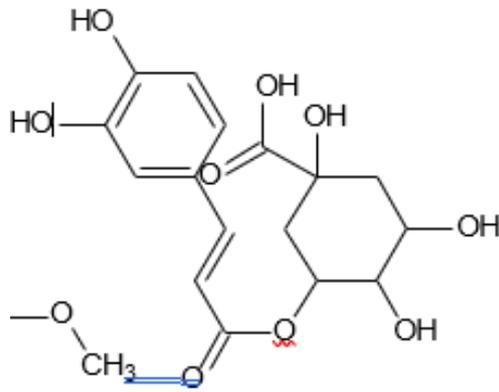


Рис. 3.17 Структурна формула неохлорогенової кислоти

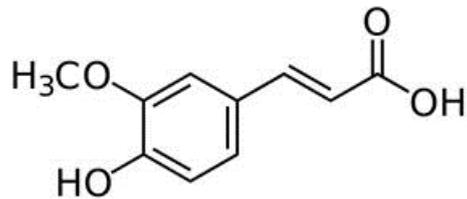


Рис. 3.18 Структурна формула ферулової кислоти

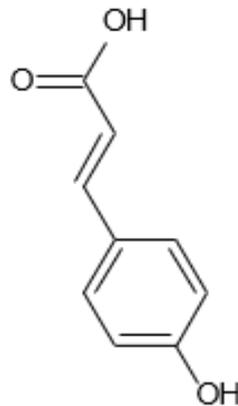


Рис. 3.19 Структурна формула р-кумарової кислоти

Кількісне визначення вмісту гідроксикоричних кислот в сировині авокадо визначали використовуючи методику ДФУ 2.0, том 3, що наведена у монографії «Кропиви листя^N» [3]. Кількісний вміст гідроксикоричних кислот у плодах та насінні авокадо (X, %) у перерахунку на хлорогенову кислоту розраховували за формулою [4,5].

$$X = \frac{A \times 1000}{188 \times m},$$

де: A – оптична густина випробовуваного розчину за довжини хвилі 525 нм;

m – маса наважки випробовуваної сировини, г.

Результати кількісного визначення гідроксикоричних кислот у плодах та насінні авокадо наведено в табл. 3.4 та рис. 3.20.– 3.27.

Таблиця 3.4

Результати кількісного визначення гідроксикоричних кислот у плодах та насінні авокадо, %

m	n	X_i	$X_{\text{сер}}$	S^2	$S_{\text{сер}}$	P	t(P, n)	Довірчий інтервал	$\varepsilon_{\text{сер}}$, %
Плоди									
5	4	2,58	2,64	0,0021200	0,0205913	0,95	2,78	2,64±0,06	2,17
		2,62							
		2,64							
		2,67							
		2,70							
Насіння									
5	4	3,54	3,63	0,0066700	0,0365240	0,95	2,78	3,63±0,10	2,80
		3,57							
		3,62							
		3,70							
		3,73							



Рис. 3.20 Результати визначення кількісного вмісту гідроксикоричних кислот у сировині авокадо

Визначено, що вміст гідроксикоричних кислот у плодах становив $2,64 \pm 0,06$ %, у насінні – $3,63 \pm 0,10$ %.

3.5 Визначення полісахаридів

Попереднє дослідження полісахаридів у сировині авокадо проводили використовуючи різні якісні реакції (з купрум тартратним реактивом, 96 % етанолом) та хроматографію (ПХ). *Рухома фаза*: ацетон-бутанол-вода у співвідношенні (7:2:1). *Спосіб хроматографування*: низхідний. *Реактив проявлення*: анілінфталат.

Схема хроматограми дослідження вуглеводів наведена на рис. 3.21.

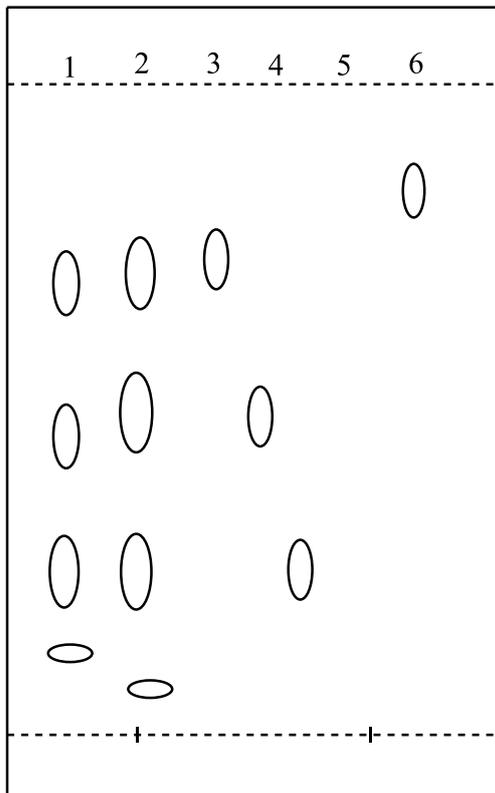


Рис. 3.21 Схема хроматограми дослідження полісахаридного складу сировини авокадо: 1 – водна витяжка плодів; 2 – водна витяжка насіння; 3 – глюкоза; 4 – манно-2-гептулоза; 5 – D-гліцери-D-мано-2-октулоза, 6 – маноза.

Як видно з рис. 3.21 в плодах та насінні авокадо ідентифіковані: глюкоза (рис. 3.22), манно-2-гептулоза (рис. 3.23), D-гліцери-D-мано-2-октулоза (рис. 3.24).

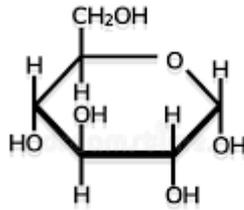


Рис. 3.22 Структурна формула глюкози

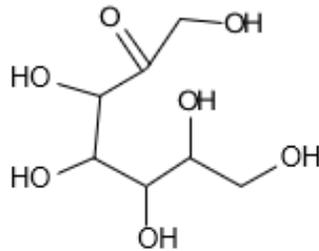


Рис. 3.23 Структурна формула манно-2-гептулози

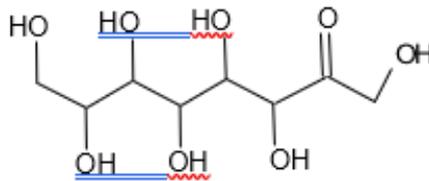


Рис. 3.24 Структурна формула D-гліцери-D-мано-2-октулози

Також проводили визначення гравіметричним методом кількісного вмісту полісахаридів у сировині авокадо за методикою «Подорожника великого листя», наведеною у ДФУ 2.0, т. 3 [2].

Результати кількісного визначення полісахаридів у сировині авокадо непомітних наведені у табл. 3.5 та рис. 3.25–3.27.

Як видно з таблиці 2.5, кількість полісахаридів, яку було виявлено в сировині авокадо: у плодах складає – $4,97 \pm 0,09$ %, у насінні – $4,02 \pm 0,12$ %.

Таблиця 3.5

Результати кількісного визначення полісахаридів у сировині авокадо, %

m	n	X_i	$X_{\text{сер}}$	S^2	$S_{\text{сер}}$	P	t(P, n)	Довірчий інтервал	$\varepsilon_{\text{сер}}$, %
Плоди									
5	4	2,58	2,64	0,0021200	0,0205913	0,95	2,78	4,97±0,09	1,71
		2,62							
		2,64							
		2,67							
		2,70							
Насіння									
5	4	3,90	4,02	0,0094000	0,0433590	0,95	2,78	4,02±0,12	2,99
		3,99							
		4,00							
		4,07							
		4,10							



Рис. 3.25 Результати визначення кількісного вмісту полісахаридів у сировині авокадо

3.6 Визначення танінів

Вивчення танінів у сировині авокадо проводили використовуючи хімічні реакції (реакцію з 1 % етанольним розчином феруму (III) хлориду, з розчином желатини). Проведені реакції підтверджують наявність танінів у сировині авокадо.

Кількісний вміст танінів визначали за методикою ДФУ 2.0, том 1, спектрофотометричним методом за довжини хвилі 760 нм у перерахунку на пірогалол [3]. Результати дослідження наведено у табл. 3.6 та рис. 3.26.– 3.27.

Таблиця 3.6

Результати кількісного визначення танінів у сировині авокадо, %

m	n	X_i	$X_{\text{сер}}$	S^2	$S_{\text{сер}}$	P	t(P, n)	Довірчий інтервал	$\varepsilon_{\text{сер}}$, %
Плоди									
5	4	7,77	7,87	0,0119300	0,0488467	0,95	2,78	7,87±0,14	1,72
		7,80							
		7,86							
		7,89							
		8,05							
Насіння									
5	4	6,74	6,90	0,0186500	0,0610737	0,95	2,78	6,90±0,17	2,46
		6,82							
		6,89							
		6,95							
		7,10							

Кількість танінів, яку було виявлено в сировині авокадо: у плодах – 7,87±0,14 %, у насінні – 6,90±0,17 %.

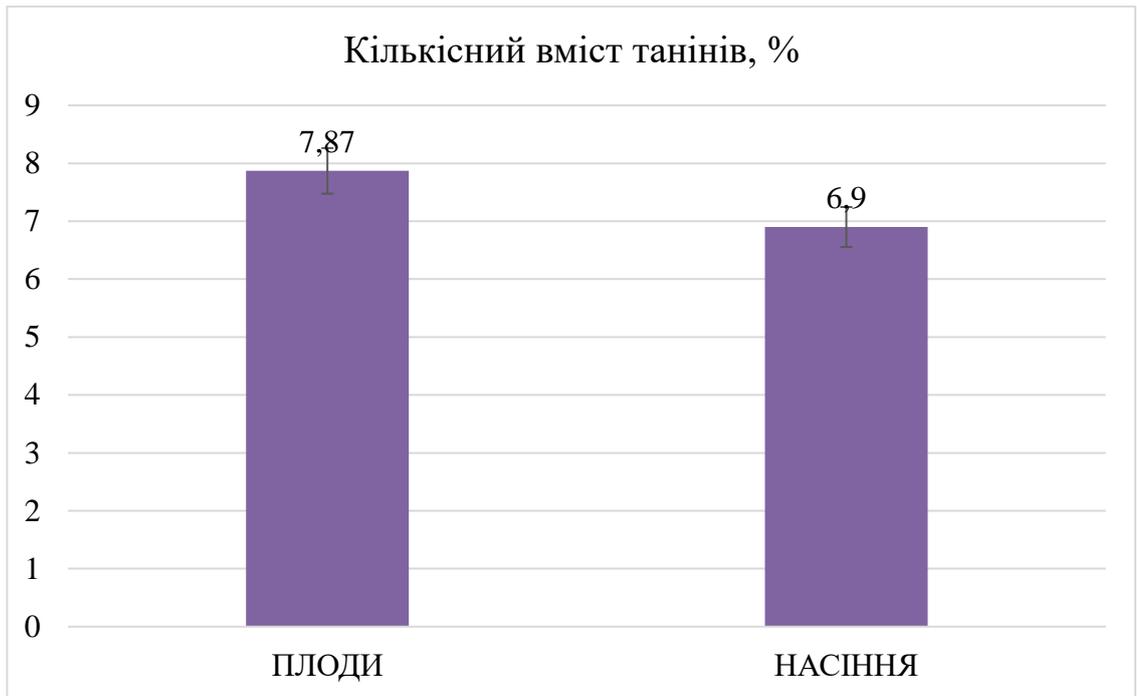


Рис. 3.26 Результати визначення кількісного вмісту танінів у сировині авокадо.

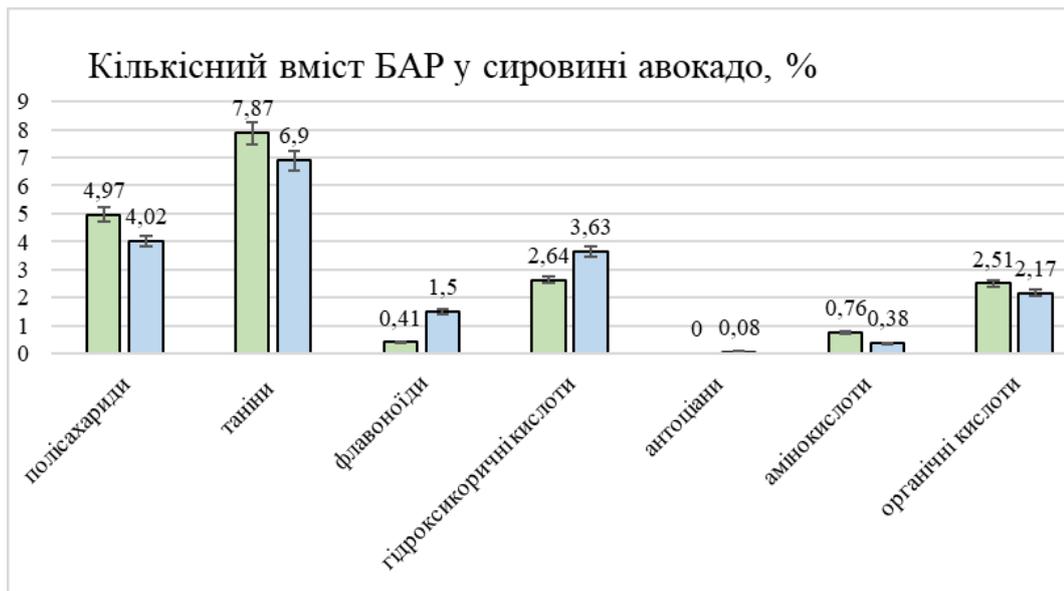


Рис. 3.27. Загальні результати визначення вмісту БАР в плодах та насінні авокадо.

Висновки до розділу 3

1. Проведений якісний аналіз різних груп БАР. З використанням якісних реакцій ідентифіковані: полісахариди, амінокислоти та флавоноїди.
2. Методом хроматографічного дослідження у плодах та насінні авокадо ідентифіковані: флавоноїди, амінокислоти, органічні та гідроксикоричні кислоти.
3. Проведений кількісний аналіз основних груп БАР у плодах та насінні авокадо (полісахаридів, флавоноїдів, амінокислот, органічних та гідроксикоричних кислот, танінів).
4. Результати проведених досліджень можуть бути використані в подальшому для стандартизації та розробки відповідних методів контролю якості на плоди та насіння авокадо.

ВИСНОВКИ

1. Ґрунтовно аналізовано наукові джерела щодо ботанічного опису, поширення, хімічного складу та фармакологічної активності плодів та насіння авокадо.
2. Згідно вимог ДФУ проведене визначення основних показників якості для плодів та насіння авокадо. Також встановлено вміст екстрактивних речовин та виявлено оптимальний екстрагент для плодів та насіння авокадо.
3. Проведений якісний та кількісний аналіз основних груп БАР у плодах та насінні авокадо. Підтверджено наявність у сировині флавоноїдів, танінів, полісахаридів, аміно-, органічних та гідроксикоричних кислот, визначено їх вміст.
4. Результати проведених досліджень можуть бути використані в подальшому для стандартизації та розробки відповідних методів контролю якості на плоди та насіння авокадо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Державна Фармакопея України : у 3 т. / ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». 2–ге вид. Харків : ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2015. Т. 1. 1128 с.
2. Державна Фармакопея України : у 3 т. / ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». 2–ге вид. Харків : ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2014. Т. 3. 732 с.
3. Державна Фармакопея України. Доповнення 1 / ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». 2–ге вид. Харків : ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2016. 360 с.
4. Іосипенко О. О., Кисличенко В. С., Омельченко З. І. Вивчення якісного складу гідроксикоричних кислот листя кабачків. *Хімія природних сполук* : матеріали V Всеукр. наук.-практ. конф. з міжнар. участю, м. Тернопіль, 30-31 трав. 2019 р. Тернопіль : ТДМУ, 2019. С. 34–35.
5. Іосипенко О. О., Кисличенко В. С., Омельченко З. І. Динаміка накопичення гідроксикоричних кислот у листях кабачків. *Науково-технічний прогрес і оптимізація технологічних процесів створення лікарських препаратів* : матеріали VII наук.-практ. конф. з міжнар. участю, м. Тернопіль, 23-24 верес. 2020 р. Тернопіль : ТНМУ, 2020. С. 27–28.
6. Іосипенко О. О., Кисличенко В. С., Омельченко З. І. Динаміка накопичення флавоноїдів у листях кабачків. *Технологічні та біофармацевтичні аспекти створення лікарських препаратів різної направленості дії* : матеріали V Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., м. Харків, 26 листоп. 2020 р. Харків : НФаУ, 2020. С. 211–212.
7. Козярін І. П., Ліпкан Г. М. Авокадо (персея американська). *Фітотерапія. Часопис*. 2009. № 1. С. 55–56.

8. Філінська Т., Терещук М., Філінська А. Дослідження відходів авокадо як вторинних сировинних ресурсів багатоцільового призначення. *Технічні науки та технології*. 2024. № 3. С. 170–180.
9. Aloğlu H. Ş., Kaynarca G. B., Uran H. Extraction and characterization of color substance from avocado (*Persea americana* Mill.) seed. *Turkish Journal of Agriculture -Food Science and Technology*. 2023. Vol. 11(11). P. 2072–2079.
10. Antioxidant, anti-inflammatory and anti-cancer activities of Avocado (*Persea americana*) Fruit and Seed Extract / M. I. Alkhalaf et al. *Journal of King Saud University – Science*. 2019. Vol. 75. P. 265–275.
11. Association between avocado consumption and diabetes in mexican adults: results from the 2012, 2016, and 2018 Mexican national health and nutrition surveys / F. W. Cheng et al. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*. 2025. Vol. 125(1). P. 69–77.
12. Avocado by-products: Nutritional and functional properties / R. G. Araújo et al. *Trends in Food Science Technology*. 2018. Vol. 80. P. 51–60.
13. Avocado fruit and by-products as potential sources of bioactive compounds / N. J. Salazar-López et al. *Food Res. Int.* 2020. Vol. 138. P. 109–119.
14. Avocado fruit peel and flesh as antioxidant and anti-inflammatory agents: A comparative phytochemical and in vitro study / D. A. Waly et al. *South African Journal of Botany*. 2025. Vol. 179. P. 334–344.
15. Avocado jelly: Formulation and optimization of an avocado gel using hydrocolloids / A. M. López-Ramírez et al. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 2020. Vol. 21. P. 100–120.
16. Avocado seed: Modeling extraction of bioactive compounds / J. Francisco et al. *Industrial Crops and Products*. 2016. Vol. 85. P. 213–220.
17. Bioactive compounds and antioxidant activity from harvest to edible ripeness of avocado cv. Hass (*Persea americana*) throughout the harvest seasons / D. Campos et al. *International Journal of Food Science Technology*. 2020. Vol. 55. P. 2208–2218.

18. Comparative effects of avocado oil and losartan on blood pressure, renal vascular function, and mitochondrial oxidative stress in hypertensive rats / C. A. Márquez-Ramírez et al. *Nutrition*. 2018. Vol. 54. P. 60–67.
19. Comparative study on the phytochemical and nutrient composition of ripe fruit of Hass and Hass type avocado cultivars / A. L. Ramos-Aguilar et al. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2021. Vol. 97. P. 103–124.
20. Converting industrial organic waste from the cold-pressed avocado oil production line into a potential food preservative / R. Permal et al. *Food Chemistry*. 2020. Vol. 306. P. 125–132.
21. Dayı T., Özsoy S., Bozkurt A. Y. Avocado (*Persea americana*) and potential anticancer effects: do the effects suppress carcinogenesis? *Cyprus J. Med. Sci.* 2025. Vol. 10(1). P. 1–6.
22. Fruits and vegetables, as a source of nutritional compounds and phytochemicals: Changes in bioactive compounds during lactic fermentation / A. Septembre-Malaterre et al. *Food Research International* 2018. Vol. 104. P. 86–99.
23. Impact of avocado-enriched diets on plasma lipoproteins: A meta-analysis / S. Peou et al. *Journal of Clinical Lipidology*. 2016. Vol. 10. P. 161–171.
24. Inclusion of avocado (*Persea americana*) seeds in the diet to improve carbohydrate and lipid metabolism in rats / E. Uzuoku et al. *Revista Argentina de Endocrinología y Metabolismo*. 2017. Vol. 54. P. 140–148.
25. Inclusion of Hass avocado-oil improves postprandial metabolic responses to a hypercaloric-hyperlipidic meal in overweight subjects / C. P. Busch Furlan et al. *Journal of Functional Foods*. 2017. Vol. 38. P. 349–354.
26. Lipid-rich extract from Mexican avocado (*Persea americana* var. *drymifolia*) induces apoptosis and modulates the inflammatory response in Caco-2 human colon cancer cells / M. Lara-Márquez et al. *Journal of Functional Foods*. 2020. Vol. 64. P. 130–142.

27. Optimization of the antioxidant and antimicrobial response of the combined effect of nisin and avocado byproducts / M. Calderón-Oliver et al. *LWT*. 2016. Vol. 65. P. 42–56.
28. Perseorangin: A natural pigment from avocado (*Persea americana*) seed / E. Hatzakis et al. *Food Chemistry*. 2019. Vol. 293. P. 15–22.
29. Phytochemical, toxicological, biochemical and haematological studies on avocado (*Persea americana*) in experimental animals / E. F. Gouegni et al. *Nigerian Food Journal*. 2013. Vol. 31. P. 64–69.
30. Process optimization of microwave-assisted extraction of bioactive molecules from avocado seeds / R. G. Araújo et al. *Industrial Crops Products*. 2020. Vol. 154. P. 112–117.
31. Production of carbonaceous material from avocado peel for its application as alternative adsorbent for dyes removal / C. Palma et al. *Chinese Journal of Chemical Engineering*. 2016. Vol. 24. P. 521–528.
32. Protective effect of an avocado peel polyphenolic extract rich in proanthocyanidins on the alterations of colonic homeostasis induced by a high-protein diet / M. J. Cires et al. *J. Agric Food Chem*. 2019. Vol. 42. P. 11616–11626.
33. Protective effects of *Persea americana* fruit and seed extracts against chemically induced liver cancer in rats by enhancing their antioxidant, anti-inflammatory, and apoptotic activities / O. M. Ahmed et al. *Environmental Science and Pollution Research*. 2022. Vol. 29. P. 43858–43873.
34. Quantitative evaluation of the phenolic profile in fruits of six avocado *Persea americana* cultivars by UHPLC HESI MS / V. Di Stefano et al. *International Journal of Food Properties*. 2017. Vol. 20. P. 148–159.
35. Secondary metabolites and lignin in ‘Hass’ avocado fruit skin during fruit development in three producing regions / R. Medina-Carrillo et al. *Hort Science*. 2017. Vol. 52. P. 852–858.
36. Shi D., Wong M., Popovich D. Antibacterial properties of Hass avocado by-products (peel and seed). *Med. Sci. Forum*. 2023. Vol. 18. P. 1–2.

37. Some physicochemical and rheological properties of starch isolated from avocado seeds / L. Chel-Guerrero et al. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2016. Vol. 86. P. 302–308.
38. The modulating effect of *Persea americana* fruit extract on the level of expression of fatty acid synthase complex, lipoprotein lipase, fibroblast growth factor-21 and leptin – A biochemical study in rats subjected to experimental hyperlipidemia and obesity / M. Padmanabhan et al. *Phytomedicine*. 2015. Vol. 22. P. 939–945.