

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІМЕНІ О. О. БОГОМОЛЬЦЯ

ФАРМАЦЕВТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

кафедра фармакогнозії та ботаніки

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: НАСІННЯ *PERSEA AMERICANA* MILL. ЯК АЛЬТЕРНАТИВНЕ
ДЖЕРЕЛО КРОХМАЛЮ**

**Виконав: здобувач вищої освіти 5 курсу групи 98Ф4А
напряму підготовки (спеціальності)**

22 Охорона здоров'я

226 Фармація, промислова фармація

(шифр і назва напрямку підготовки)

фармація

(назва освітньої програми)

Сокіл Н. В.

Керівник: к. біол. н., доцентка Махиня Л. М.

Рецензент: д. фарм. н., професорка Гала Л. О.

Київ 2024

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. <i>PERSEA AMERICANA</i> MILL. – НОВИЙ ДЛЯ УКРАЇНИ ПЕРСПЕКТИВНИЙ ВИД	7
1.1. Ботанічний опис <i>P. americana</i>	7
1.2. Поширення <i>P. americana</i> у світі.....	12
1.3. Особливості культивування <i>P. americana</i>	13
1.4. Хімічний склад плодів та насіння <i>P. americana</i>	14
1.5. Фармакологічне застосування у медичній практиці речовин виявлених у плодах та насінні <i>P. americana</i>	20
РОЗДІЛ 2. ФАРМАКОГНОСТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ НАСІННЯ <i>PERSEA AMERICANA</i>	24
2.1. Морфологічні ознаки насіння <i>P. americana</i>	24
2.2. Анатомічні особливості насіння <i>P. americana</i>	26
2.3. Методи, прилади та реактиви.....	30
2.4. Гістохімічні реакції.....	31
2.5. Дослідження кількісного вмісту крохмалю у насінні <i>P. americana</i>	35
2.6. Визначення показника набухання у насінні <i>P. americana</i> фармакопейним методом.....	36
ВИСНОВКИ.....	37
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	38

ВСТУП

Актуальність теми. Світові тенденції здорового способу життя вплинули і на харчування пересічних українців не зважаючи на складну військову, економічну та психоемоційну ситуацію в країні. За даними аналітично-інформаційних платформ України за останні 5 років стрімко зріс попит на імпорт авокадо. За березень 2023 року поставки цього фрукту зросли більш ніж у вісім разів, порівняно з цим же періодом минулого року і склав 1,3 тисяч тон [22]. Оплодні цих екзотів використовують в їжу як цінне джерело жирів, вітамінів та мікроелементів та інших фітонутрієнтів, у косметології для виготовлення мила, кремів та інших засобів, тоді як насіння просто утилізується. Цей побічний продукт не використовується в достатній мірі, що призводить до серйозного забруднення навколишнього середовища [18]. Насіння авокадо складає від 15 до 17 % від загальної маси плоду і містить велику кількість біологічно активних речовин: полісахаридів, білків, ліпідів, фенолів, флавоноїдів, конденсованих дубильних речовин, мінералів та вітамінів [34]. Ліпіди з насіння авокадо використовуються для створення емульсій води та ліпідів і мають широке застосування в харчовій, фармацевтичній та косметичній промисловості [9].

Екстракти з насіння авокадо проявляють імуномодулюючі, антиоксидантні, протизапальні, антимікробні, антигіперглікемічні, антинейрогенні та цитотоксичні властивості [29, 37, 48, 49, 53].

Відсутність небезпечних сполук, низька токсичність робить насіння авокадо хорошим природним джерелом біологічно активних інгредієнтів для харчової, фармацевтичної та косметичної [48, 53]. Завдяки своєму високому антиоксидантному потенціалу воно запобігає окисленню харчових продуктів - процесу руйнування білків, вітамінів, вуглеводів і ліпідів активними формами азоту та кисню, що зберігає поживні та смакові властивості харчових продуктів [48, 53].

Насіння авокадо багате на різноманітні поживні та біологічно активні речовини, особливо на білки, крохмаль, ліпіди, сиру клітковину, вітаміни, мінерали та численні фітохімічні речовини [48]. Воно ідеально підходить для використання, оскільки містить багато компонентів, що мають численні потенційні промислові застосування. Порошок насіння та борошно мають багато специфічних речовин, що спонукає вчених працювати над використанням насіння в різних харчових продуктах, наприклад як супи швидкого приготування та напої [6], чай, багатий на антиоксиданти [7]; антибактеріальний засіб у м'ясних продуктах [54], антиоксидант доданий до соняшниковій олії [47], використовується як консервант [38] та хлібобулочних виробів, як клейковина [20]. Подальший розвиток та економічна складова цих досліджень у харчовій та фармацевтичній промисловості дасть можливість отримати джерело сировини, яке досі не використовується повною мірою і, як правило, розглядалося як відходи.

За ботанічною характеристикою авокадо поділяється на три різновиди: вест-індійський – *Persea americana* Mill. var. *americana* (*P. gratissima* Gaertn.), походить з тропіків, має великі плоди і незначний вмістом жирної олії в оплодні; мексиканський, *P. americana* Mill. var. *drymifolia* Blake (*P. drymifolia* Schlecht. & Cham.), напівтропічного походження з меншими видовженими тонкошкірими плодами та найвищим вмістом жирної олії; та гватемальський, *P. nubigena* var. *guatemalensis* L., субтропічний з переважно круглими товстошкірими плодами і середнім вмістом жирних олій [16]. Багато сортів, які використовують промислово є гібридами цих трьох рас. А сортів авокадо у світі понад 500, але не всі використовуються в промислових масштабах через, наприклад продуктивність, складність транспортування [16].

Значну частину всіх макромолекул, що містяться в насінні авокадо складають вуглеводи – 64%. Крохмаль становить 91,2 % від загальної кількості вуглеводів у насінні авокадо [52]. Найбільше досліджень біологічноактивних речовин, і крохмалю зокрема, в насінні авокадо

проведено у мексиканському різновиді Хас, тоді як інші різновиди залишилися менш дослідженими. Вивчення кількісного вмісту крохмалю в насінні трьох популярних різновидів авокадо на ринку України, як перспективного джерела вуглеводів, може дозволити використовувати його разом з традиційними джерелами крохмалю. Крім того, використання насіння з авокадо суттєво вплине на екологічну ситуацію та переробну промисловість авокадо.

Саме тому, ми провели комплекс досліджень морфолого-анатомічних особливостей ознак мексиканського, вест-індійського та гватемальського різновидів насіння *P. americana* з виділенням діагностичних ознак, а також провели кількісне визначення крохмалю.

Мета і завдання дослідження: фітохімічне вивчення якісного складу та кількісного вмісту крохмалю насіння трьох різновидів *P. americana*.

Поставлена мета передбачає наступні завдання:

- порівняти макроморфологічні особливості насіння трьох різновидів *P. americana*;
- дослідити мікроморфологічні особливості насіння трьох різновидів *P. americana*;
- провести гістохімічні реакції на виявлення основних груп біологічно активних речовин в насінні трьох різновидів *P. americana*;
- провести кількісне визначення крохмалю в насінні трьох різновидів *P. americana*

Предмет дослідження: морфологічні, анатомічні та фітохімічні ознаки насіння трьох різновидів *P. americana*.

Об'єкт дослідження: насіння трьох різновидів *P. americana* та його тимчасові мікропрепарати

Методи дослідження. Для проведення мікроскопічних досліджень користувалися стандартною методикою наведеною у Державній фармакопеї України [1].

Мікропрепарати, для проведення гістохімічних реакцій досліджували у водному середовищі та водних розчинах гліцерину різної концентрації під мікроскопом фірми ULAB ($\times 40$, $\times 100$, $\times 1000$), який обладнаний цифровою мікрофотокамерою Canon EOS 550. Об'єктивні результати отримували шляхом дослідження кожного зразку в десятикратній повторюваності.

Основні групи БАР (біологічно активних речовин) виявляли за допомогою загально прийнятих якісних реакцій та кількісного визначення, зокрема крохмалю [1-3].

Новизна та значення одержаних результатів.

Проведено комплексне дослідження по вивченню макро- та мікроскопічних особливостей насіння трьох різновидів *P. americana* та встановлено основні відмінні ознаки, що дозволять диференціювати ці різновиди при стандартизації сировини і в подальшому дозволить використати ці характеристики при розробці методів контролю якості сировини. Встановлені кількісні показники крохмалю насіння трьох різновидів авокадо в подальшому робить їх потенційним джерелом крохмалю в Україні поряд з традиційними видами сировини, що дозволить створити безвідходне виробництво *P. americana*.

Апробація результатів дослідження. Результати дослідження було апробовано на науково-практичній конференції з міжнародною участю "Фармацевтична освіта, наука та практика: стан, проблеми, перспективи розвитку", присвяченої 25-річчю фармацевтичного факультету Національного медичного університету імені О.О. Богомольця.

Публікації. Одні тези.

Структура роботи. Загальна кількість сторінок – 44, кількість розділів – 2, кількість використаних джерел – 56.

**РОЗДІЛ 1. *PERSEA AMERICANA* MILL. – НОВИЙ ДЛЯ УКРАЇНИ
ПЕРСПЕКТИВНИЙ ВИД**

1.1. Ботанічний опис *P. americana*

Систематичне положення виду

Царство: Рослини (Plantae)

Клада: Судинні рослини (Tracheophyta)

Клада: Покритонасінні (Angiosperms)

Клада: Магноліїди (Magnoliids)

Порядок: Лавроцвіті (Laurales)

Родина: Лаврові (Lauraceae)

Рід: Персея (Persea)

Вид: Авокадо (*Persea americana* Mill.)



Рис. 1.1.1. *P. americana*: рослина [23].



Рис. 1.1.2. *P. americana*: суцвіття [26].

Persea americana Mill. – поліморфний деревний вид, батьківщиною якого є Беліз, Коста-Ріка, Гватемала, Гондурас, Мексика Центральна, Мексиканська затока, Мексика Південно-Східна, Мексика Південно-Західна, Нікарагуа (Рис. 1.1.1., 1.1.2) [37, 44].

30 % світового виробництва авокадо припадає на Мексику, що виробляє близько 1 800 000 тон/рік, а штат Мічоакан є першим національним виробником (понад 80 %) [42].

Оскільки авокадо перехресно запилюється, чому сприяє досить чутлива до чужого пилку приймочка, то дуже важко вивести незалежні генетичні лінії. Авокадо можуть давати тисячі квіток, але лише одна з 5000 плодоносить [25].

Авокадо має три ботанічні різновиди, відомі як мексиканський (*P. americana* var. *drymifolia*), західноіндійський (*P. americana* var. *americana*) і гватемальський (*P. americana* var. *guatemalensis*) [12, 16, 37].

Найбільшими за розмірами є плоди західноіндійського авокадо, найменші – мексиканського, гватемальський різновид займає проміжне положення між цими представниками. За відсотком вмісту жирних олій провідне місце займає мексиканський різновид, потім гватемальський і найменше олій у західноіндійського виду [37].



Рис. 1.1.3. Мексиканський різновид *Persea americana* var. *drymifolia* [25].

Мексиканський різновид вперше як новий був описаний у 1831 Шлехтендалем і Шаміссо році, але потім С.Ф. Блейком був зведений до різновиду *P. americana* (Рис. 1.1.3). Згодом цей мексиканський різновид став підвидом А.Е. Murray [37].

Найважливішим і найпоширенішим у світі є сорт Hass, цього різновиду (Рис. 1.1.3). Його плоди не великі за вагою – (170 – 284 г), шкірка зерниста, щільно прилягає до м'якоті, за кольором можуть бути від брудно-зелених до чорних. Різновид самозапильний. Дозрівання плодів залежно від сортів варіює від липня-серпня до серпня-жовтня іноді початку листопада. Він також є основою для створення гватемальсько-мексиканських сортових гібридів. Сам підвид досить стійкий до хвороб коренів, плоди містять

найбільшу кількість жирних олій до 30%. Насіння досить крупне, часто рихле всередині. Рослина більш холодостійка, може витримувати до -12°C . В окремих представників цього типу листя має яскраво виражений анісовий аромат. Ці авокадо вирощуються в районі Сан-Антоніо, штат Техас [25, 37].



Рис.1.1.4. Вест-індійський різновид (*P. americana* var. *americana*) [25].

Плоди західноіндійського або вест-індійського різновиду найбільші за розмірами (до 2 кг) з гладенькою шкірочкою, глянцевої, червонувато-зелені чи яскраво світло-зелені, грушовидної форми (Рис.1.1.4.). Вони мають найнижчий вміст жирних олій до 6% та мають солодкуватий присмак. Листя не має аромату. Плоди досягають в окремих сортів з липня по вересень, в основному з серпня по вересень, а гавайський сорт з березня по липень. Даний різновид відзначається не високою врожайністю. Його насіння невелике за розмірами, розташовується низько в широкому розширенні плоду. Вирощують у Флориді, Вест-Індії, на Багамах, Бермудських островах і в тропіках. Всі сорти цього різновиду теплолюбиві [25].



Рис.1.1.5. Гватемальський різновид (*P. americana* var. *guatemalensis*) [25].

Цей тип найчастіше утворює гібриди з рештою підвидів (Рис.1.1.5.). Плоди досить великі від 850 г до 1,134кг, зеленого, темно-зеленого чи поцятковано-зеленого кольору, овально-грушовидної форми. Вміст олії від 13 до 18%. Насіння середніх розмірів, іноді зустрічається досить крупне. Даний тип часто гібридизується з двома попередніми різновидами, утворюючи гватемальсько-мексиканський та гватемальсько-західноіндійський гібриди. Такі гібриди беруть цінні ознаки від інших типів, що виражається в більш морозостійких сортах та маслянистішими і смачнішими на смак плодами. Рослина досить стійка до поширених для авокадо хвороб. Морозостійкість досить низька. Стиглість плодів може бути різною залежно від гібридів і триває з липня по вересень, з листопада по червень, з листопада по грудень, з грудня по січень, з травня по вересень. Досить багато цього різновиду у Флориді, Маямі, Орландо [25].

Ці три сорти мають схожий геном ($2n = 24$), а тому легко гібридизуються між собою і тому в світі налічується від 500 – 800 сортів авокадо [16, 28, 37].

За останні 23 роки суттєво збільшилася присутність даного виду в Європі, у південно-західній частині Африки, на сході Австралії та на островах в Тихому океані (Рис. 1.1.7). Такі зміни пояснюються не тільки глобальними кліматичними змінами та популярністю фрукту, як цінного продукту харчування, так і в лікувальній практиці.



Рис. 1.1.7. Поширення *P. americana* у світі [27].

1.3. Особливості культивування *P. americana*

При вирощуванні авокадо слід враховувати механічний склад ґрунту, освітлення, ступінь зволоження повітря і гідрорежим. Всі перераховані умови будуть впливати на поживну цінність різних сортів авокадо.

Оптимальний температурний режим коливається в діапазоні від 20 до 30 °С. Але зараз є ряд сортів, які є морозостійкими і витримують температури нижче 0 °С. Найбільш сприятливими орографічними умовами зростання цього фрукту є приморські райони та гірські схили, які захищені від холодних вітрів. Ґрунти для вирощування мають обов'язково бути оснащеними дренажними системами, легким механічним складом і досить високими показниками родючості, рН – коливається в межах 5,5 – 6,5. Важливим моментом у вирощуванні авокадо відіграє полив. Він має бути достатнім, але не надмірним. При оптимальних умовах рослина досить

швидко росте і починає плодоносити вже на 3 рік. В Україні авокадо можна вирощувати тільки в умовах закритого ґрунту, через досить холодні зими. Проте вже виведено сорти, що можуть витримувати морози до -12°C , наприклад: Brazos Belle, Fantastic, Lila, Poncho, які були виведені в штаті Техас, США [25, 26].

1.4. Хімічний склад плодів та насіння *P. americana*

P. americana за вмістом мононенасичених жирних кислот може тільки поступатися оливкам. Як показали клінічні дослідження олія авокадо знижує ліпопротеїди низької щільності та є джерелом ненасичених олій, мінералів, вітамінів та мають достатню кількість протеїнів [25].

За даними багатьох вчених фізико-хімічні характеристики, біоактивність жирних олій, фенольний склад олій місцевих мексиканських сортів вищі ніж з виведених сортів, зокрема сорту Hass [17, 37]. Основними жирними кислотами олії плодів авокадо були олеїнова, лінолева та пальмітолеїнова кислоти і низький вміст поліненасичених жирних кислот (лінолевої та ліноленової кислот) [9, 37]. Олеїнова кислота є основною жирною кислотою в авокадо, що становить 45% від загальної кількості жирних кислот, і в процесі дозрівання вміст пальмітинової кислоти зменшується, а вміст олеїнової кислоти збільшується [9, 14]. За загальним вмістом жирів та жирнокислотним складом олія авокадо вважається подібною до оливкової олії [9, 11]. Інші присутні жирні кислоти включають пальмітинову та пальмітолеїнову кислоти з меншою [9] кількістю міристинової, стеаринової, циноленової та арахідонової кислот [9, 15]. Вміст олій у мякоті плодів залежав від типу і сорту та варював від 16,2 до 32,2 г/100г [9, 27].

У шкірці плодів вміст антоціанів коливався від 0,64 до 47 мг/г сирої маси з досить високою антиоксидантною активністю від 53,3-307,3 ммоль/г сирої маси [13, 37].

Ліпідні фракції плодів авокадо мають омега жирні кислоти, фітостероли, сквален. Більшість ліпідів, що містяться в авокадо, – це полярні ліпіди (гліколіпіди та фосфоліпіди), які відіграють фундаментальну роль у різних клітинних процесах, наприклад, у функціонуванні клітинних мембран як других медіаторів [9, 37]. Насіння містить видоспецифічні вуглеводи: маногептулозу, персеїтол [8, 37].

Ряд жирних кислот було виділено як з м'якоті плодів так і з насіння зокрема досить потужними ацетоненинами були: персенон С (5), персенон А (6) та АсО-авокаденін (1). Остання молекула зустрічається тільки в насінні [43].

Авокадо вирізняється високим вмістом калію (>500 мг/100 г свіжої ваги), і він забезпечує на 60% більше, ніж така ж порція банана [9, 35]. Крім того, авокадо містить ряд інших мінералів, включаючи фосфор, магній, кальцій, натрій, залізо і цинк (<1 мг/г свіжої ваги) [9, 31]. Метаболіти добути з різних частин плодів авокадо можна класифікувати на вісім основних класів: жирні спирти (похідні вищих жирних кислот) похідні фурану, каротиноїди, вуглеводи, дитерпеноїди, похідні лігнану та інші сполуки (Табл. 1).

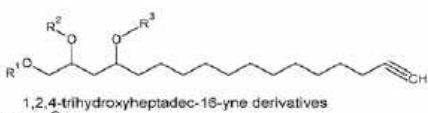
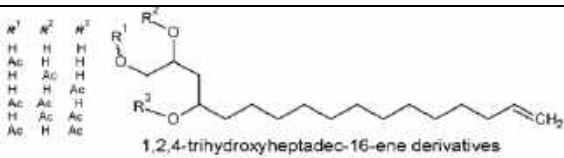
Виділені з авокадо жирні спирти мають різний ступінь ненасиченості та довжину алкільного ланцюга з декількома рівнями гідроксилювання та подальшого ацетилювання (табл. 1). Ці жирні спирти проявляють противірусну, цитотоксичну, протигрибкову та антиоксидантну дію. Фенольні сполуки: галова кислота, флавоноїди, антоціанідини і токофероли, які були виділені з видів *Persea* проявляли антиоксидантну нейропротекторну і кардіопротекторну дію [9]. У багатьох дослідженнях антиоксидантні властивості авокадо також пояснюються вмістом каротиноїдів. Також, з авокадо були виділені цукровий спирт і кетози зі змінною довжиною вуглецевого ланцюга. Помітна інсектицидна, цитотоксична та протигрибкова активність також була виявлена для похідних фурану та фуранону, виділених з видів роду авокадо [9]. Інсектицидна


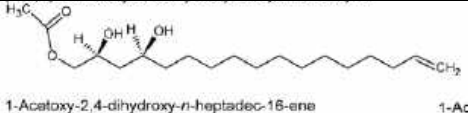
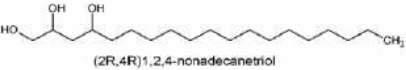
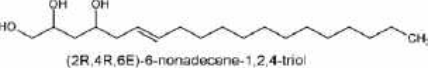
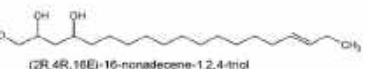

активність похідних фурану була посилена сполуками дитерпеноїдів. Загалом, авокадо містить широкий спектр вторинних метаболітів різних хімічних класів, які можуть пояснювати його різноманітну біологічну активність.

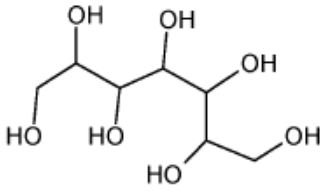
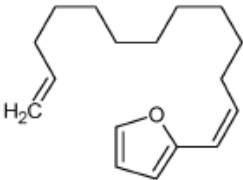
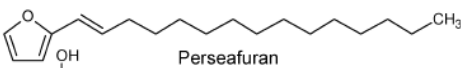
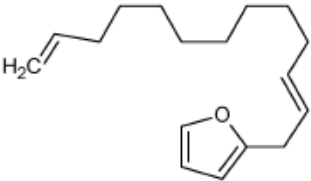
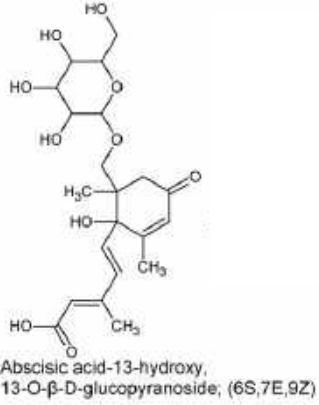
Значна антиоксидантна активність спостерігалася як в екстрактах насіння, так і в екстрактах насінневого лущиння, що були добуті прискороною екстракцією розчинників. Всього було ідентифіковано 84 сполуки, серед яких 45 були фенольними сполуками, зокрема це конденсовані дубильні речовини, фенольні кислоти та флавоноїди [9, 19]. Етанольні екстракти (50%) з насіння містили хлорогенову кислоту, епікатехін, катехін та проціанідини і проявляли виражену антиоксидантну дію [9, 46]. Водні витяги містили ті ж речовини, що і попередні спиртові, але більше речовин таким чином екстрагувалося зі шкірки насіння ніж із самого насіння [9, 10]. Вищі концентрації фенольних сполук були виявлені в екстракті (80% метанольний екстракт) м'якоті та насіння перестиглих плодів, ніж в м'якоті та насінні оптимально стиглих плодів. Концентрація проціанідинів зростала після дозрівання. Дев'ять сполук було ідентифіковано у м'якоті, три в шкірці і три в насінні. Ідентифіковано та кількісно визначено проціанідини зі ступенем полімеризації від 2 до 6 та 13. [9, 29]. Застосування методу вільних радикалів DPPH (2,2-дифеніл-1-пікрил-гідразил-гідрат), для якого були взяті насінна шкірка, м'якоть і насіння з різними розчинниками продемонстрували значну антиоксидантну здатність. Витяг насіння мав найбільшу антиоксидантну активність, загальний вміст фенольних сполук та флавоноїдів порівняно з екстрактом шкірки та м'якоті. У всіх витягах були виявлені каротиноїди, фенольні сполуки, флавоноїди, вітамін С і токоферил ацетат. [9, 55] Ультразвукова екстракція насіння з водою ORAC виявила, що антиоксидантна здатність збільшується зі збільшенням потужності ультразвуку. Позитивна кореляція спостерігалася між загальним вмістом поліфенолів та антиоксидантною здатністю [9, 46].

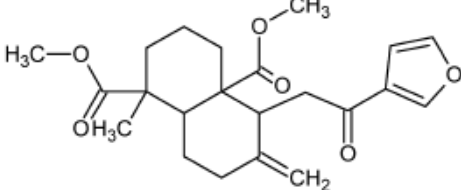
В насінні авокадо у великій кількості містяться вуглеводи, зокрема два типи цукрів C7, а саме персеїтол (88,3 мг/г) і D-манногептулоза (63,8 мг/г) [32, 48]. Домінування цукрів C7 в насінні авокадо вказує на їх важливість для цих тканин. Вони можуть відігравати роль транспортних та накопичувальних цукрів в авокадо. Тесфай, Бертлінг і Бауер (2011) дійшли висновку, що велика кількість персеїтолу на стадії фізіологічної зрілості серед усіх цукрів у сім'ядолях авокадо вказує на його роль як сполуки, що накопичує вуглець C7 [48, 50]. Liu та ін. (2002) дослідили, що вуглеводний профіль насіння авокадо становить 246,1 (крохмаль), 18,5 (сахароза), 1,9 (гексоза), 63,8 (D-маногептулоза) і 88,3 (персеїтол) мг/г сухої ваги (СВ) [32, 48]. Кількість виявленого цукру C7 становила 36,3 % від загальної кількості цукрів у насінні авокадо. Аналогічно, в іншому дослідженні було виявлено різні цукри, включаючи фруктозу (12,93), глюкозу (5,62), сахарозу (7,86), D-манногептулозу (10,51) і персеїтол (12,54 мг/г сухої маси) (Tesfay, Bertling, Bower, & Lovatt, 2012), присутні в насінні авокадо [48, 51].

Табл. 1.4.1. Компонентний склад *P. americana*

№	Структура	Класифікація	Частина рослини, органи	Посилання
1.	 <p>(2R,4R)-1,2,4-тригідроксигептадек-16 [Авокадин]</p>	Жирні спирти	М'якоть, насіння	[9]
2.	 <p>1,2,4-тригідроксигептадек-16-ен</p>	Жирні спирти	М'якоть, насіння	[9]

3.	 <p>2,4-methylene-dioxyheptadec-16-ene-1-ol</p>	Жирні спирти	М'якоть, насіння	[9]
4.	 <p>1-Acetoxy-2,4-dihydroxy-n-heptadec-16-ene</p>	Жирні спирти	М'якоть, насіння	[9]
5.	 <p>(2R,4R)-1,2,4-nonadecanetriol</p>	Жирні спирти	М'якоть, насіння	[9]
6.	 <p>(2R,4R,6E)-6-nonadecene-1,2,4-triol</p>	Жирні спирти	М'якоть, насіння	[9]
7.	 <p>(2R,4R,16E)-16-nonadecene-1,2,4-triol</p>	Жирні спирти	М'якоть, насіння	[9]
8.	 <p>Proanthocyanidins B1, B2 and A1</p>	феноли	насіння	[9]
	Proanthocyanidins B1, B2 and A-type trime			

9.	 <p style="text-align: center;">Persitol I</p> <p>Персеулоза</p>	Вуглевод и	Насіння, листки, плоди	[9]
10.	 <p>Avocadienofuran</p> <p>Авокадієнофуран</p>	Похідні фуранів	Насіння і жирна олія з мякоті	[9]
11.	 <p>Perseafuran</p> <p>Персеафуран [(E)-2-(1-пентадеценіл) фуран</p>	Похідні фуранів	Насіння і жирна олія з мякоті	[9]
12.	 <p>Isoavocadienofuran</p> <p>Ізоавокадієнофуран</p>	Похідні фуранів	насіння	[9]
13.	 <p>Abscisic acid-13-hydroxy, 13-O-β-D-glucopyranoside; (6S,7E,9Z)</p> <p>(6S,7E,9Z) Абсцизова кислота-13-гідрокси, 13-О-β-D-глюкопіранозид</p>	Окремі сполуки: Похідне абсцизов ої кислоти (рослинн ого гормону,	насіння	[9]

		що бере участь у спокої насіння та бруньок).		
14.	 <p>Dimethyl sciadinonate</p> <p>Диметилціадіонат</p>	Інгібітор росту личинок шовкопряда.	насіння	[9]

Найбільша кількість сполук, що входять до насіння авокадо належать до жирних спиртів. Вони зустрічаються як в насінні так і в м'якоті плодів. Три сполуки належать до похідних фурану, решта сполук є або специфічними, як наприклад диметилціадіонат чи (6S,7E,9Z) абсцизова кислота-13-гідрокси, 13-O-β-D-глюкопіранозид, які беруть участь у входженні насіння в стан спокою та інгібують ріст личинок шовкопряда, або як окремі вуглеводи не є присутніми у великій кількості.

1.5. Фармакологічне застосування у медичній практиці речовин виявлених у плодах та насінні *P. americana*

Лікувальні властивості авокадо відомі ще з давніх часів. М'якоть плодів застосовували як кровоспинний засіб, листя – для лікування інфекційних та запальних процесів шкіри, кишкових захворюваннях. Олію, що отримували з насіння, використовували для зволоження волосся, шкіри.

Специфічні вуглеводи: маногептулоза, персеїстол чинили протизапальну дію і впливали на поширення дріжджів *Malassezia furfur* в культурах клітин епідермісу людини [37].

Мексиканські дослідники описали антилістеріальний потенціал ацетогенінів авокадо (це речовини, що селективно регулюють виробництво АТФ в специфічних клітинах, пов'язуючи ферменти синтезу АТФ), таких як персенон С (5), персенон А, (6) та АсО-авокаденін (1). Дані речовини зустрічалися в кількостях 7,8 до 15,6 мг/л і проявляли виражену бактерицидну, антитромбоцитарну, антиоксиданту дію. Найбільше робіт в цьому напрямку були присвячені ацетогенінам з насіння авокадо сорту Хасс. Ацетогеніни авокадо, особливо добути з насіння є доступним джерелом натуральних антимікробних харчових добавок [43].

Експерименти інших дослідників показують виражену протизапальну дію при застосуванні поєднання олії авокадо та сої. Це відбувається через наявне пригнічення експресії циклооксигенази-2 та виробленні простагландинів. Такі дослідження показують потенційне застосування екстрактів з плодів та насіння авокадо як альтернативне та безпечне джерело нестероїдних протизапальних препаратів [37].

Антиоксидантна дія пов'язано з вмістом в насінні плодів авокадо фенольних і поліфенольних сполук [37, 43]. Як показують останні дослідження антиоксидантна дія олії добутої з насіння плодів авокадо сорту Хас досліджували за допомогою трьох методів методами очищення (АВТS, DPPH і ТАС) [37, 56]. Олію та її метанольну фракцію отримували гексаном за допомогою апарату Сокслета. Найвищу антиоксидантну активність показала метанольна фракція (99,7 %), що була отримана за допомогою методу АВТS, тоді як методи *in vitro* проявляли від 90,5 до 91,38 % [56].

Протизапальну дію, що проявляла олія з насіння авокадо, випробовували на самцях білих щурів лінії Вістар і порівнювали її з протизапальною активністю ібупрофену при місцевому та пероральному застосуванню.

Найвищий протизапальний ефект спостерігався через 8 годин, зменшуючись на 70,8 та 72,28 % у товщині лап щурів з насінневою олією та метанольною фракцією на 70,8 та 72,8 % відповідно. Ця протизапальна активність була в 1,8 рази більш протизапальну активність, ніж у ібупрофену [37, 56].

Важливою властивістю олій добутих з насіння авокадо є цитотоксичність, особливо враховуючи різкий ріст захворюваності на рак за останні роки, який зріс до 18,1 мільйона випадків і 9,6 мільйона смертей від раку (GLOBOCAN, 2018) [21]. Саме тому ліпіди привертають увагу як корисні цитотоксичні молекули.

Протиракова дія авокадо пов'язана з понад двадцятьма групами біологічно активних сполук, серед яких жирні кислоти (FA) та похідні жирних кислот (FAD) - авокатіни, пахуатіни, персеніни і PFA. FAD (особливо аліфатичні ацетогеніни), присутні в етанольному екстракті незрілих плодів авокадо, проявляли цитотоксичну активність проти шести різних видів раку: карциноми легень (A549), нирок (A498), підшлункової залози (PaCa2), молочної залози (MCF-7), товстої кишки (HT-29) і простати (PC3) Персин пригнічував проліферацію різних клітинних ліній раку молочної залози (MCF-7, MDAMB-231 і T-47D), індукуючи зупинку клітинного циклу у фазі G2-M [19]. Авокатин В (суміш двох ацетогенінів 17 С) індукував внутрішній апоптоз у клітинах гострої мієлоїдної лейкемії [30].

Екстракт з насіння природного авокадо багатий на ліпіди проявляв аналогічно попереднім речовинам протиракову дію в товстій кишці, цитотоксичну для цих клітин з напівмаксимальною інгібуючою концентрацією (IC50) 28 мкг/мл. Цитотоксичний ефект також пов'язаний з втратою мембранного потенціалу мітохондрій. Крім того, Екстракт з насіння природного авокадо проявляв імуномодулюючу активність у клітинах Сасо-2, стимулюючи секрецію цитокінів ІЛ-6, ІЛ-8 та ІЛ-10, але пригнічував секрецію ІЛ-1 β . Екстракт з насіння авокадо, що природно зростає має

протиракову активність, і може бути джереломнутрицевтичних молекул, які можуть знизити ризик розвитку раку [29].

Аналіз літературних даних показав перспективність використання всіх частин плоду авокадо. Досить перспективним джереломнутрицієнтів виявилось насіння (переважно білків і ліпідів) з явним потенціалом для лікування запальних захворювань, а також для створення більш специфічних протиракових препаратів з меншою кількістю побічних ефектів.

Меншою мірою у літературних джерелах висвітлено використання вуглеводних компонентів насіння авокадо, що і стало метою наших досліджень.

РОЗДІЛ 2. ФАРМАКОГНОСТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ НАСІННЯ

PERSEA AMERICANA

2.1. Морфологічні ознаки насіння *P. americana*

Плоди всіх різновидів авокадо – ягоди, що мають тією чи іншою мірою грушовидну форму з розташованою в центрі досить крупною насінниною. По формі насіння конічне, але у мексиканського різновиду – округло-конічне, у вест-індійського – видовжено-конічне, а у гватемальського – зі значним розширенням в базальній частині. Поверхня насіння гладка, плівчаста з більш чи менш вираженою сіткою жилок (Рис. 2.1.1).

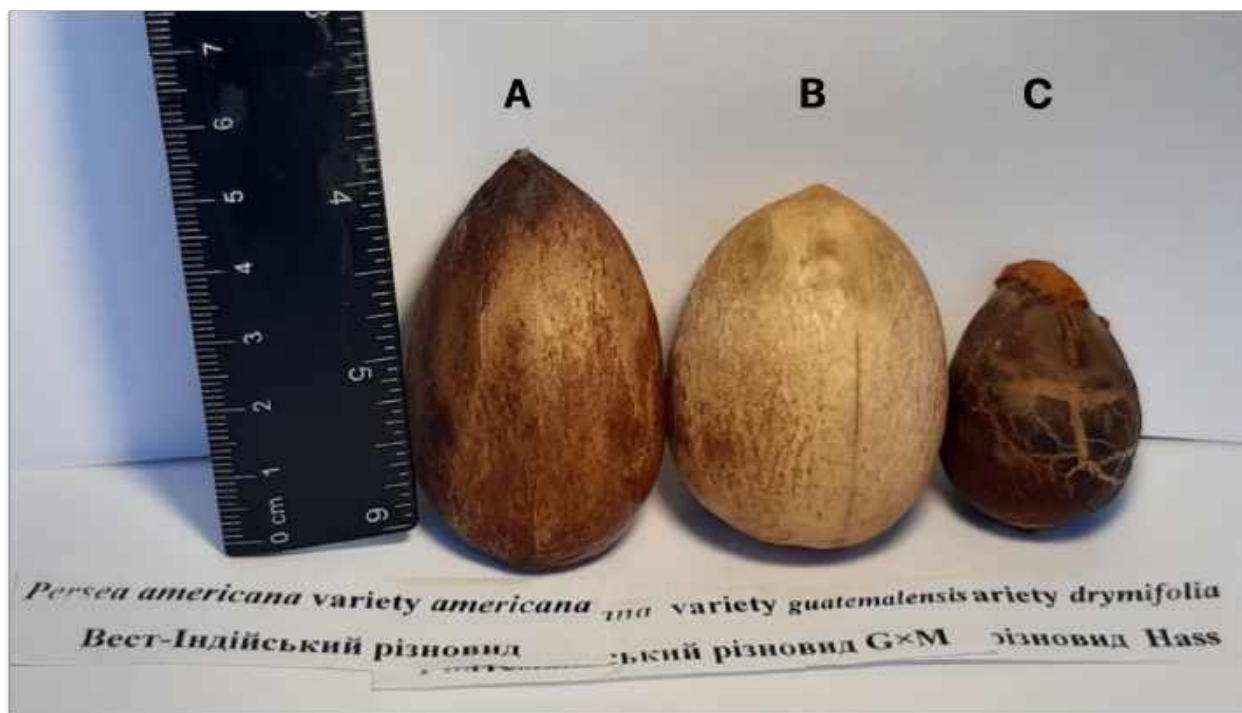


Рис. 2.1.1. Насіння трьох різновидів авокадо.: А – *P. americana* var. *americana*, В – *P. americana* var. *guatemalensis*, С – *P. americana* var. *drymifolia*

Ми провели вимірювання і зважування плодів та насіння трьох різновидів. Як показали морфо-метричні показники насіння становить значний відсоток ваги плоду, що складає значний інтерес для подальшого

дослідження, як джерело корисних нутрієнтів, що просто утилізуються. Результати наведені в таблиці 2.1.1.

Табл 2.1.1. Морфо-метричні показники насіння трьох різновидів авокадо

Різновиди	Вага плоду, г	Вага насінини, г	% ваги насіння від ваги плоду	Довжина насінини, см	Ширина насінини, см
<i>P. americana var. drymifolia</i>	171,83±1,54	16,63±0,6	10±0,7	3,7±0,68	1,1±0,67
<i>P. americana var. americana</i>	185,3±0,85	39,47±0,4	21±0,4	5,6±0,56	1,9±0,6
<i>P. americana var. guatemalensis</i>	208,03±0,78	47,79±0,32	23±0,6	5±0,5	2,6±0,43

Як показали наші дослідження за розмірами насіння у трьох різновидів досить крупне від 3,7±0,68 см у мексиканського різновиду до 5,6±0,56 см у вест-індійського, гватемальський має проміжні значення – 5±0,5см. У відсотковому відношенні насіння складає від 10 до 23% від маси плоду.

Насінина у всіх різновидів має дві крупні добре розвинені сім'ядолі та зародок (Рис. 2.1.2. 1-3). Зародок в насінні займає центральне положення і розміщується вертикально вздовж осі насінини. За положенням відносно своєї вертикальної осі він базальний, розміщений при основі насінини. Форма зародка лопатевидна, колір – кремово-білий. За розмірами зародок належить до малих, бо займає менше половини простору. Найбільший за розміром він у вест-індійського різновиду, а найменший у гватемальсько в співвідношенні до насінини (Рис. 2.1.2. 1).

Насінна шкірочка багат шарова, суха, плівчаста, при висиханні насінини легко відділяється від насінини, колір від коричневого до світло-коричневого з навіть білуватим нальотом та розгалуженою низкою дрібних жилок (Рис. 2.1.2. 3).

Насінний рубчик великий, розташований базально, за формою - округлий, по розміру – широкий (Рис. 2.1.2. 2).

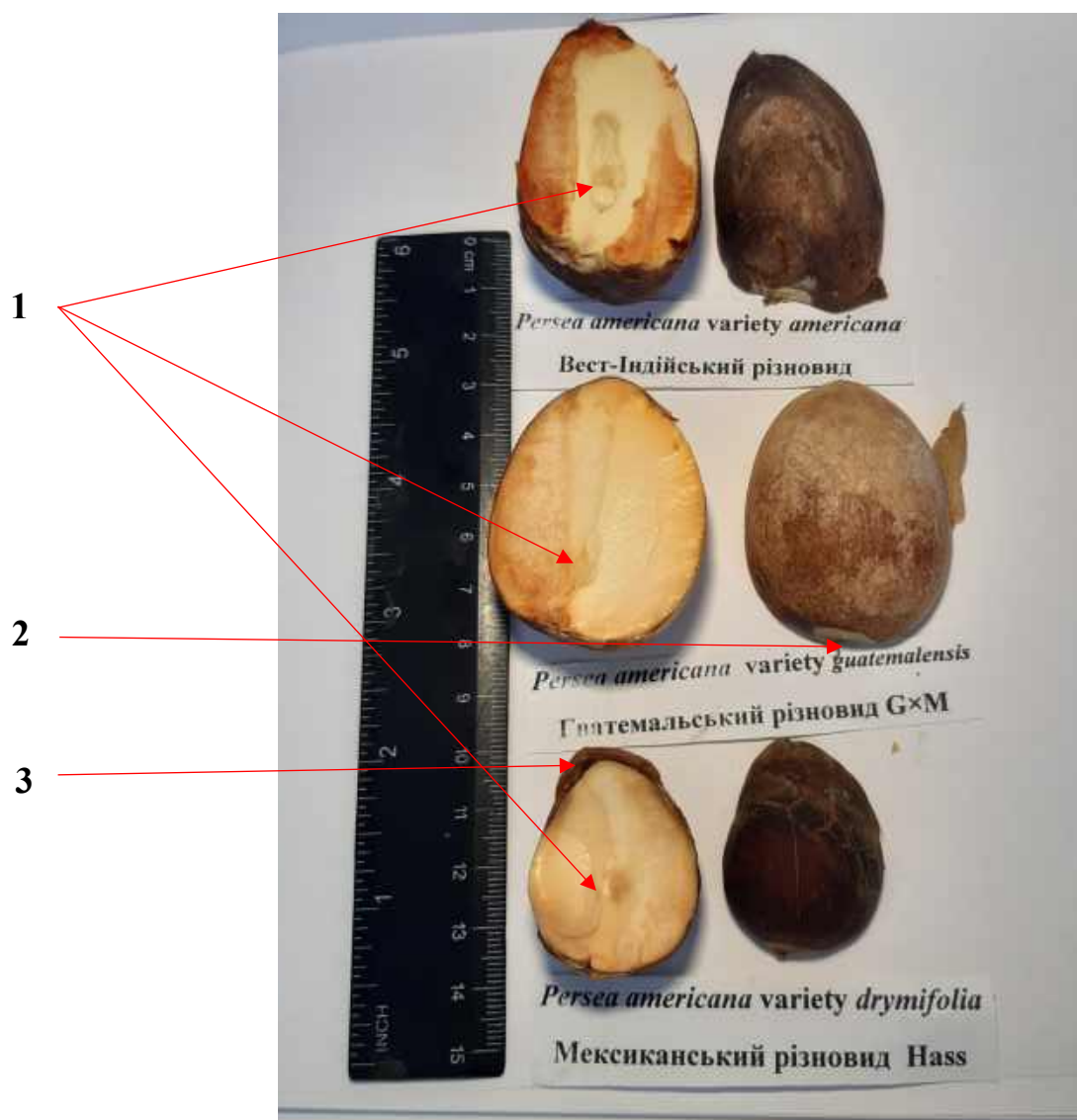


Рис. 2.1.2. Насіння трьох різновидів авокадо в розрізі: 1. – зародок, 2 – насінний рубчик, 3 – насінна шкірочка.

Морфологічні ознаки плоду показують нам важливість анатомічних досліджень та проведенню гістохімічних реакцій на виявлення основних біологічно-активних речовин насіння плодів авокадо.

2.2. Анатомічні особливості насіння *P. americana*

Сім'ядолі насіння всіх трьох різновидів мають досить крупні клітини, які досить щільно заповнені крохмальними зернами, в основному простими ексцентричними. Проте кожен різновид має ряд своїх особливостей. У *P.*

americana var. *drymifolia* клітини видовжено-округлої форми. Крохмальні зерна найменші за розмірами $21,37 \pm 0,5$ мкм в переважній більшості прості ексцентричні або концентричні (Рис. 2.2.1. А – С).

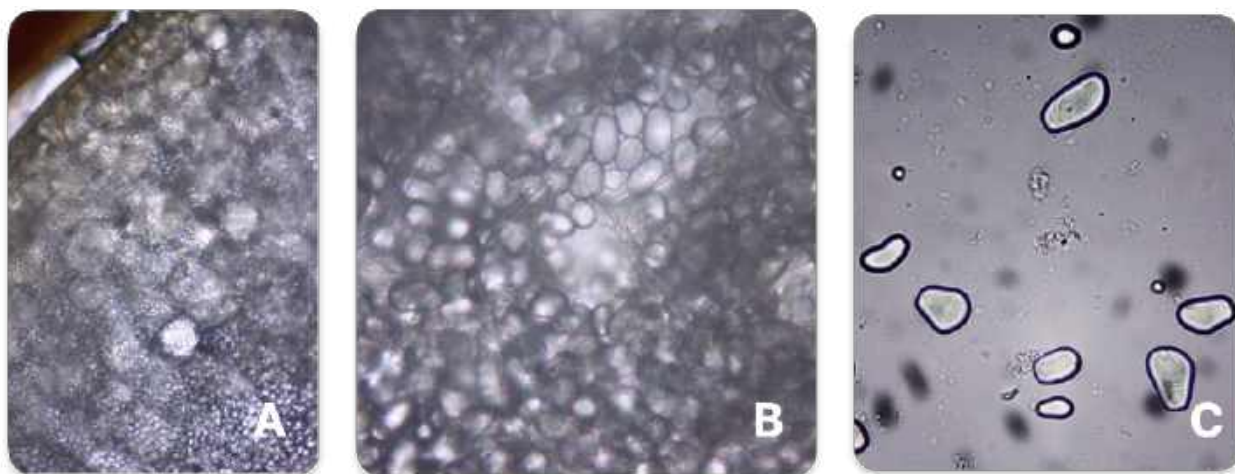


Рис. 2.2.1. Фрагмент клітин сім'ядолі *P. americana* var. *drymifolia* з крохмальними зернами А – х400, В – х1000, С – прості ексцентричні крохмальні зерна х1000.

Насінна шкірочка складається зі щільно зімкнених товстостінних (товщина найбільша за розмірами з усіх різновидів) клітин, що забарвлені в насичено помаранчевий колір, посмугованих простими прямими порами (Рис. 2.2.2. А, В).

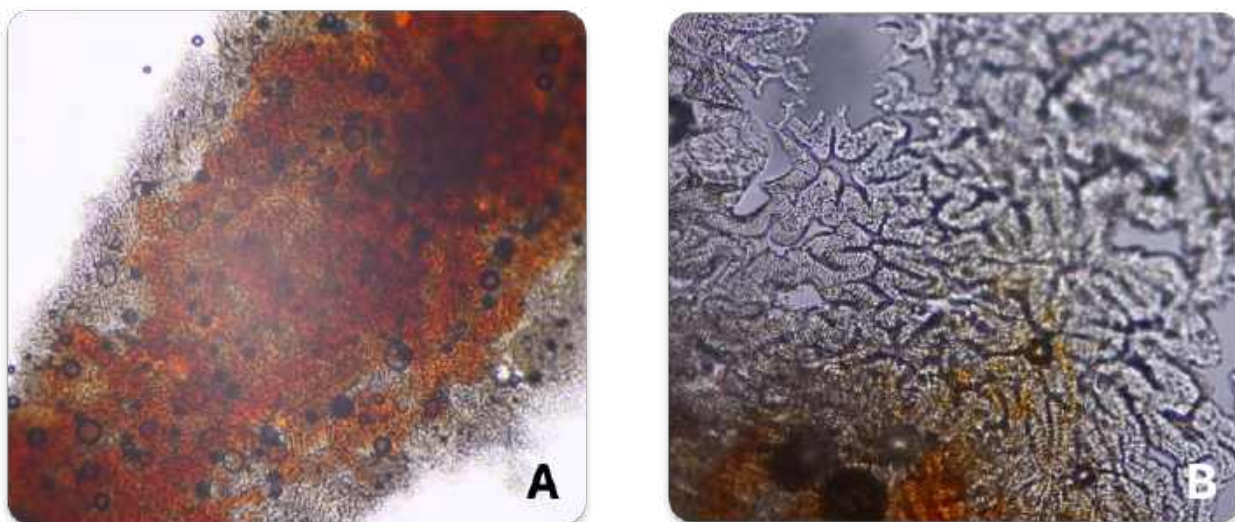


Рис. 2.2.2. Насінна шкірочка *P. americana* var. *drymifolia*: А – х100, В – х400

Клітини сім'ядоль *P. americana* var. *americana* видовжено-прямокутні досить щільно упаковані в основному простими крохмальними зернами, проте зрідка трапляються напівскладні. За розмірами крохмальні зерна займають проміжне положення між двома іншими різновидами і склали $23 \pm 0,34 \mu\text{м}$ (Рис. 2.2.3. А, В, С).

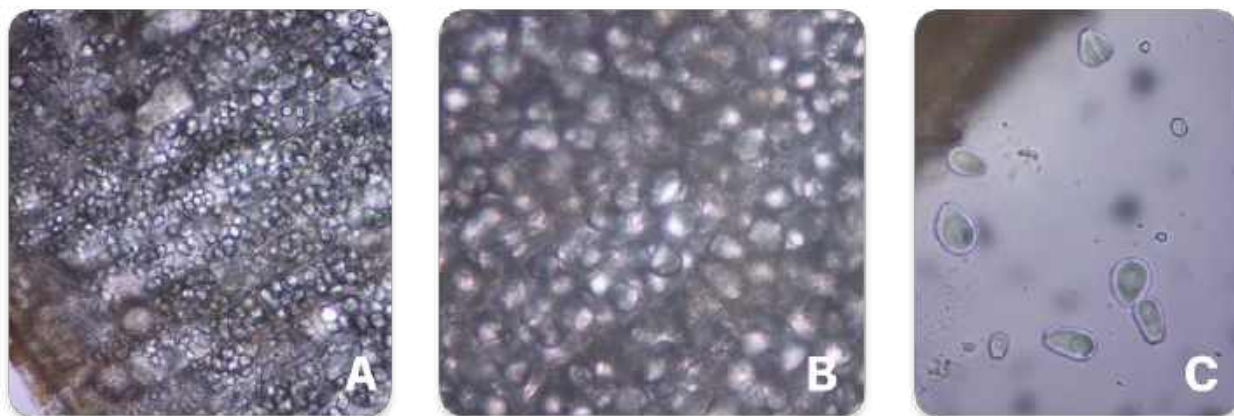


Рис. 2.2.3. Фрагмент клітин сім'ядолі *P. americana* var. *americana* з крохмальними зернами А – х400, В – х1000, С – прості ексцентричні крохмальні зерна х1000.

Насінна шкірочка утворена щільно розміщеними потовщеними, звивистостінними клітинами коричнево-помаранчевого забарвлення з простими прямими порами (Рис. 2.2.4. А, В).

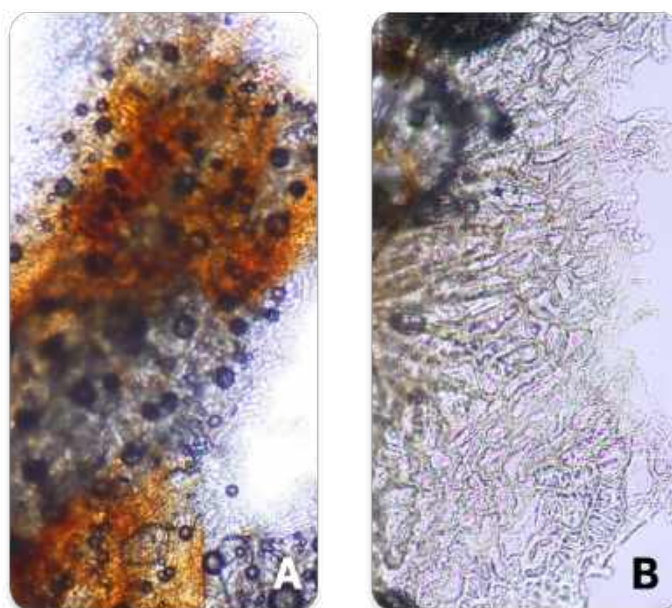


Рис.2.2.4. Насінна шкірочка *P. americana* var. *americana*: А – х100, В – х400

Сім'ядольні клітини *P. americana* var. *guatemalensis* мають округлу, ромбічну чи шестикутну форму, досить компактні. Крохмальні зерна – прості ексцентричні, найбільші за розмірами з усіх різновидів і складають $25\pm 0,42$ мкм (Рис. 2.2.5.)

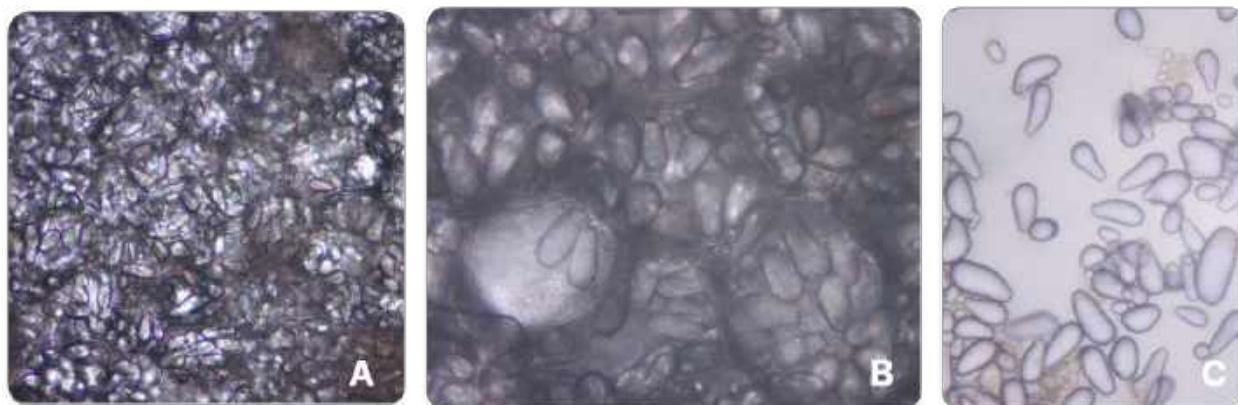


Рис. 2.2.5. Фрагмент клітин сім'ядолі *P. americana* var. *guatemalensis* з крохмальними зернами А – х400, В – х1000, С – прості ексцентричні крохмальні зерна х1000.

Насінна шкірочка представлена округлими клітинами з буро-коричневим, або темно-коричневим вмістом, що простягаються тяжами прямокутних клітин розташованих вздовж основної маси клітин (Рис. 2.2.6. А В).

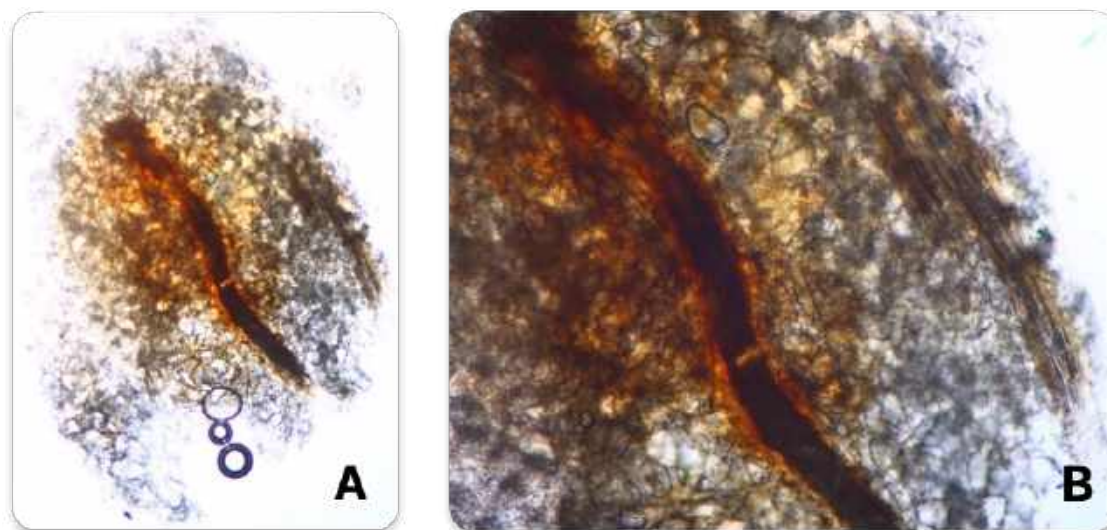


Рис. 2.2.6. Насінна шкірочка *P. americana* var. *guatemalensis*: А – х100, В – х400.

Подані вище характеристики можуть бути використані для подальшої ідентифікації видів, як потенційного джерела крохмалю.

2.3. Методи, прилади та реактиви

Використовуючи загально прийняті методики по проведенню гістохімічних реакцій виявляли основні біологічноактивні речовини в насінні трьох різновидів авокадо [1, 2].

Гістохімічні реакції проводилися на свіжих зрізах сім'ядолей насіння авокадо. На свіжоприготовлені об'єкти наносили відповідні до виявлення груп біологічно активних речовин реактиви. Вивчення мікропрепаратів проводили у водних середовищах чи гліцеринових різної концентрації (доля).

Дослідження зрізів відбувалося під мікроскопом торгової марки ULAB ($\times 40$, $\times 100$, $\times 400$, $\times 1000$), що має цифрову мікрофотокамеру Canon EOS 550.

Методика визначення кількісного вмісту крохмалю:

Для дослідження кількісного вмісту крохмалю насіння трьох різновидів подрібнювали на маленькі шматочки, ставили на плоску тацю і поміщали в сушильну шафу при температурі $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ до повного висихання. Для забезпечення рівномірного висихання подрібнене насіння періодично перевертали. Після висихання його подрібнювали за допомогою кавомолки RZTK CG 355R протягом 20 секунд, отриманий порошок просіювали через сито з отворами 20 мкм і зберігали при температурі $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ для подальшого використання.

Крохмаль з досліджуваного зразку виділяли за допомогою луку, використовуючи методику описану в дослідженнях Sun et al. (2014), Perez (2004) та Rafiq (2015) [39-41]. Подрібнену сировину трьох різновидів занурювали у 0,25% розчин NaOH у співвідношенні 1:2 (для кожного різновиду окремо) на добу. Насичену гідроксидом сировину подрібнювали та фільтрували через сито (розмір отворів 100 мкм) і залишали для осадження. Після осадження робили промивання очищеною водою. Отриману суспензію теж фільтрували через сито, але вже з діаметром 300 мкм, рідину центрифугували при швидкості 3000 обертів за хвилину, впродовж 15 хвилин. Отриманий шар крохмалю повторно піддавали суспендуванню у

очищеній воді і відцентрифугували. Фенольні сполуки, що були в сировині видаляли за допомогою багаторазового промивання дистильованою водою. Отриманий крохмаль збирали, просушували в сушильній шафі при 40 °С і отриманий сухий порошок зважували. Для кожного різновиду насіння такі дослідження проводилися в трикратній повторності.

Вміст крохмалю в насінні трьох різновидів авокадо (X, %) розраховували за формулою (у перерахунку на абсолютно суху сировину):

$$X = \frac{m \cdot 10000}{m_1 \cdot (100 - W)}$$

де m – маса крохмалю, г;

m₁ – маса наважки сировини, г;

W – втрата у масі при висушуванні, %. [39-41].

Визначення показника набухання фармакопейним методом

Насіння авокадо трьох різновидів подрібнили до стану порошку кавомолкою. Від подрібненої сировини відважили по 1г кожного зразка і помістили у скляний мірний циліндр об'ємом 25 мл і ціною поділки 0,5 мл з притертим корком. Зразки в циліндрах змочили 1 мл 96% етанолу і додали 25 мл води та закоркували їх. Протягом години, що 10 хв циліндри інтенсивно струшували, а потім залишили на 3 години. Після часу, що пройшов вивільнили основний об'єм рідини, обертаючи циліндри навколо вертикальної осі. Потім заміряли об'єм, що зайняли зразки трьох різновидів враховуючи клейкий слиз в циліндрах. З кожним зразком проводили по три таких дослідження і вираховували показник набухання як середнє значення з трьох випробувань для кожного зразка [1].

2.4. Гістохімічні реакції

Для підтвердження проаналізованих літературних даних провели ряд гістохімічних реакцій на крохмаль, фенольні сполуки та пектинові речовини.

Реакція на виявлення крохмалю

На тоненький зріз сім'ядолей насіння трьох різновидів нанесли кілька крапель розчину Люголя, крохмальні зерна забарвилися у фіолетовий колір, що свідчить про наявність крохмалю в усіх досліджених зразках (Рис. 2.4.1.).

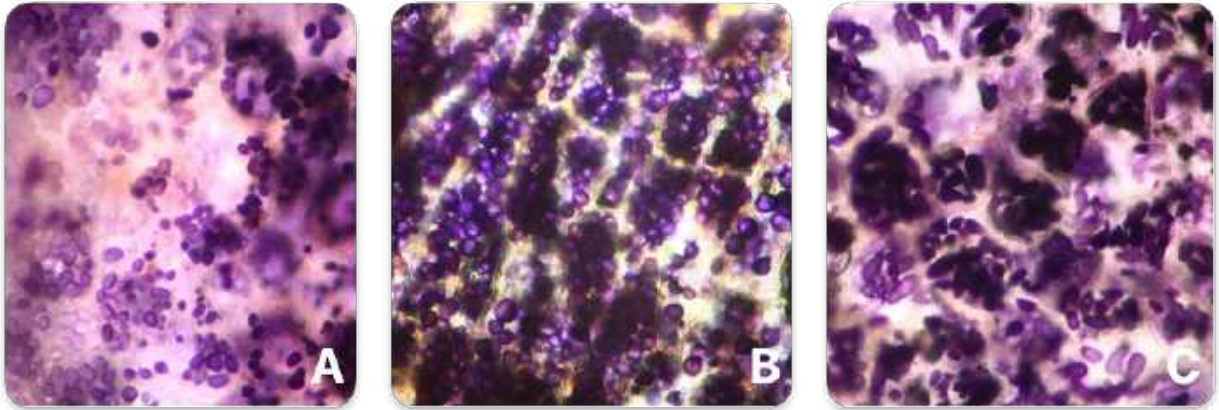


Рис. 2.4.1. Результат реакції на виявлення крохмалю у 3 різновидах насіння авокадо x400: А – *P. americana var. drymifolia*, В – *P. americana var. americana*, С – *P. americana var. guatemalensis*.

Як видно з Рис. 2.4.1. наповненість клітин сім'ядолей насіння трьох різновидів авокадо крохмальними зернами є дещо різною. Найбільша щільність характерна для *P. americana var. americana*, а найменша для *P. americana var. guatemalensis*, це пов'язано з розмірами самих зерен і останнього різновиду вони найбільші з усіх. Також забарвлення останнього зразка є найбільш насиченим, вірогідніше всього це є результатом наявності широких смуг крохмалеутворення.

Реакція на дослідження фенольних сполук

На зріз сім'ядолей трьох підвидів нанесли кілька крапель 1% розчину заліза (III) хлориду, накрили покривним склом та спостерігали появу чорно-зеленого забарвлення, що свідчить про наявність фенольних та дубильних сполук у досліджуваному зразку (Рис. 2.4.3).

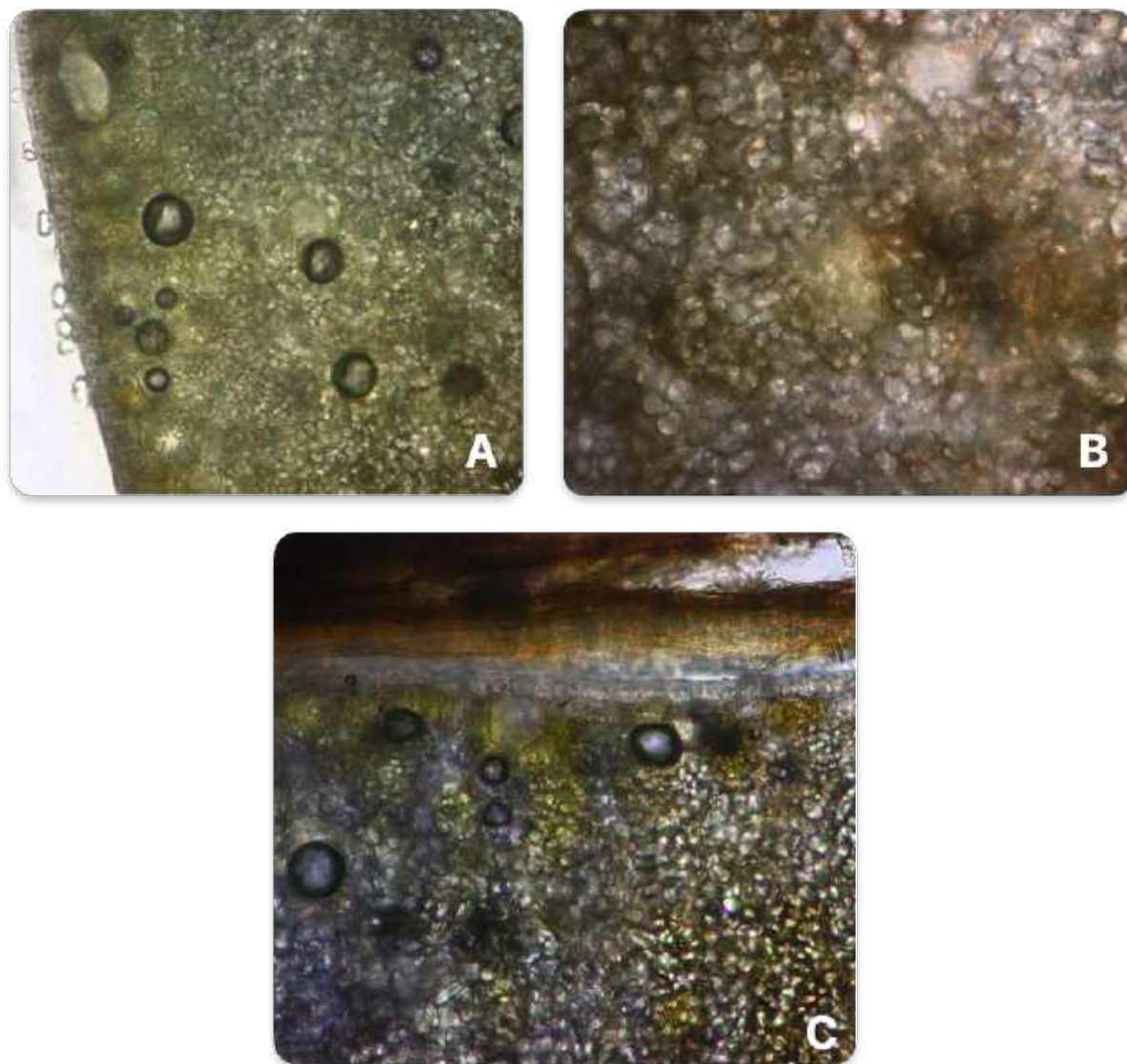


Рис. 2.4.3. Результат реакції на виявлення фенольних сполук та дубильних речовин в клітинах насіння x400: А – *P. americana* var. *dryifolia*, В – *P. americana* var. *americana*, С – *P. americana* var. *guatemalensis*.

Насіння *P. americana* var. *dryifolia* має найбільш класичне забарвлення для даної гістохімічної реакції, що вірогідно пов'язано з рівномірним розподіленням і кількістю фенольних сполук у даного різновиду.

Реакція на виявлення пектинових речовин.

Тимчасовий мікропрепарат зрізу насінини трьох різновидів помістили на кілька хвилин в розчин метиленового синього, потім промили кілька разів у дистильованій воді і помістили на предметне скло. Спостерігали під

мікроскопом появу синього забарвлення в стінках клітин, що свідчить про наявність слизу та пектинових речовин в клітинних стінках сім'ядолів авокадо (Рис. 2.4.2).

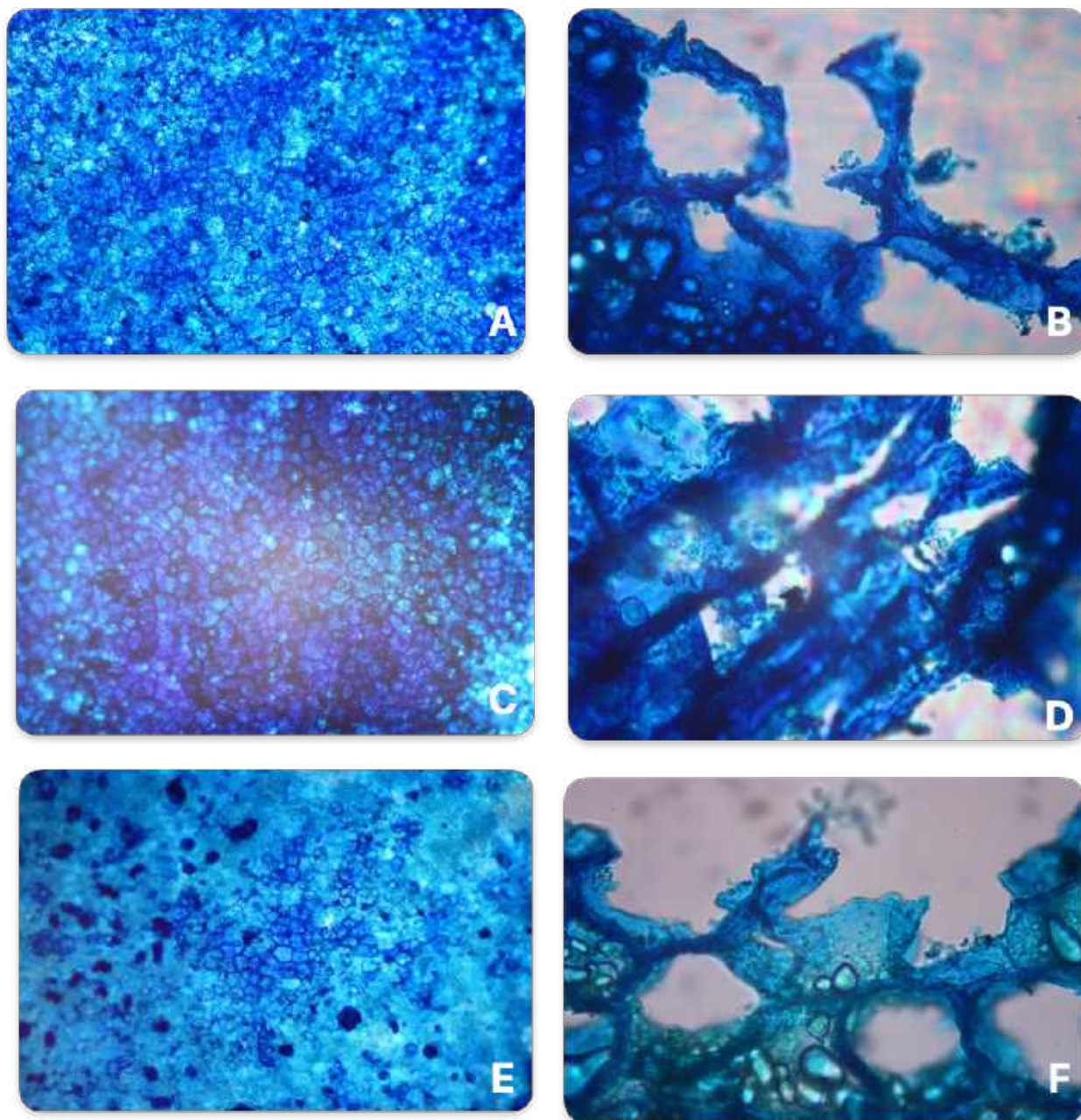


Рис. 2.4.2. Результат реакції на наявність пектинових речовин в клітинних стінках сім'ядолей насіння авокадо: А, В – *P. americana* var. *drymifolia* x100, x1000; С, D – *P. americana* var. *americana* x100, x1000; Е, F – *P. americana* var. *guatemalensis* x100, – x1000.

Як показали наші дослідження реакції на виявлення крохмалю, пектинових речовин та фенольних сполук можуть виступати в ролі

діагностичних при розробці методів контролю якості даної сировини, оскільки кожен різновид має ряд своїх особливостей.

2.5. Дослідження кількісного вмісту крохмалю у насінні *P. americana* фармакопейним методом.

Природний крохмаль в усіх трьох різновидів мав вигляд світло-коричневого порошку з характерним запахом та однорідною текстурою.

Отримані дані показані на діаграмі (Рис. 2.5.1). Результати дослідження порівнювали з реферативними значеннями встановленими для кукурудзи, картоплі [4, 5].

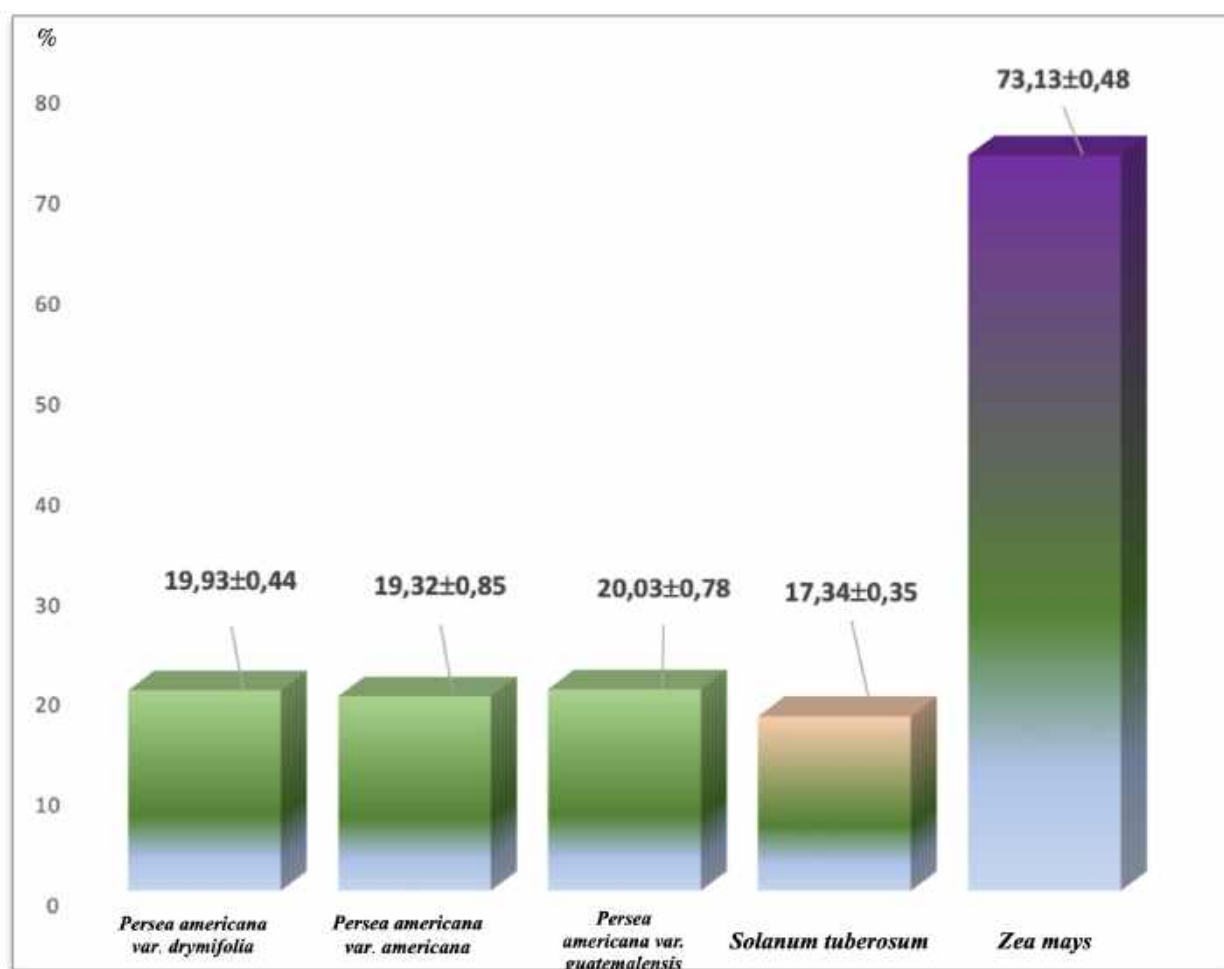


Рис. 2.5.1. Вміст крохмалю в насінні трьох різновидів авокадо у порівнянні з бульбами картоплі та насінням кукурудзи.

Відсоток крохмалю у насінні трьох різновидів майже однаковий та складає від 19,32 до 20,03, а у порівнянні з бульбами картоплі на 2-3% цей

показник вищий. Насіння авокадо за рівнем крохмалю не може конкурувати з кукурудзою, де його відсоток знаходиться на рівні понад 73%, але цілком може виступати додатковим джерелом крохмалю поряд з традиційними культурами в Україні.

2.6. Визначення показника набухання у насінні *P. americana* фармакопейним методом.

За результатами наших досліджень найбільший показник набухання характерний для *P. americana* var. *americana* і становив – 6 мл, найменший для *P. americana* var. *drymifolia* – 4,5 мл, проміжні значення у *P. americana* var. *guatemalensis* – 5,5мл (Рис. 2.6.1).

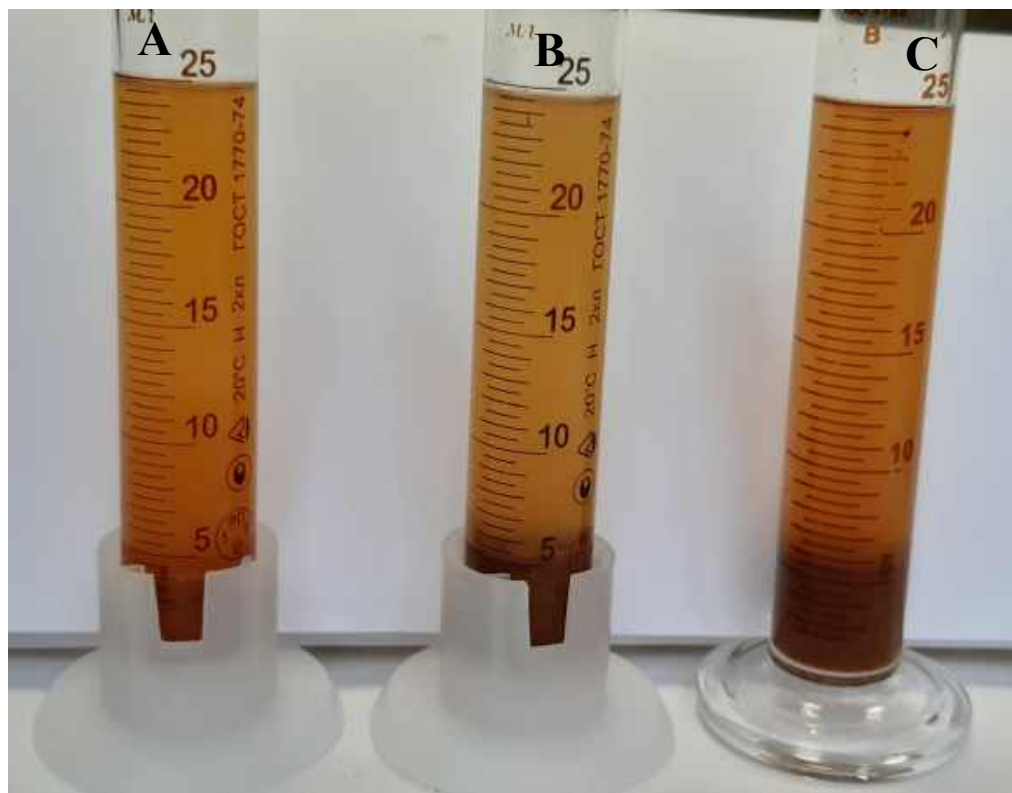


Рис. 2.6.1. Визначення показника набухання насіння авокадо:
А – *P. americana* var. *drymifolia*; В – *P. americana* var. *guatemalensis*;
С – *P. americana* var. *americana*.

Отримані результати свідчать про значний вміст амілопектинну у крохмальних зернах вестіндійського різновиду і мінімальний для мексиканського.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що насіння трьох різновидів авокадо відрізняється за розмірами, формою та об'ємною часткою від загальної маси плоду.

2. З'ясовано, що насіння трьох різновидів *P. americana* має ряд мікроморфологічних особливостей, зокрема форма клітин сім'ядолей та насінної шкірочки, розміри та тип крохмальних зерен, що може бути застосовано при діагностиці сировини.

3. Результатом гістохімічних реакцій є підтверджена наявність крохмалю, пектинових та фенольних речовин, що в подальшому може бути використано при розробці методів контролю якості сировини.

4. Кількісне визначення крохмалю в насінні виявило приблизно однаковий його рівень у трьох різновидів *P. americana* від 19,32 до 20,03%, що дозволить використовувати його як альтернативне джерело крохмалю в Україні поряд з традиційними культурами.

5. Встановлено, що найвищий показник набухання притаманний насінню *P. americana var. guatemalensis* і становить 6 мл.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Державна Фармакопея України. Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». 2-е вид. Харків: 2015. Т.1. – с.377.
2. Доля В.С, Книш С.Г, Мозуль В.І.; Мікроскопічний та мікрохімічний аналіз лікарської рослинної сировини. м. Запоріжжя, 2003. -98 с.
3. Ковальов В. М., Марчишин С. М., Хворост О. П. та ін. Практикум з ідентифікації лікарської рослинної сировини: навч. посіб. Тернопіль: ТДМУ, 2014. С. 90 – 93.
4. Паламарчук В.Д., Віннік О.В., Коваленко О.А. Вміст крохмалю у зерні кукурудзи та вихід біоетанолу залежно від умов вегетації та факторів технології вирощування № 5 (2021): Аграрні інновації Селекція, насінництво DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.5.23> .
5. Шевченко, М.В., Шевченко, С.В. Дослідження вмісту крохмалю в різних сортах картоплі XIII Менделєєвські читання: Збірник наукових праць Регіональної студентської науково-практичної конференції, (Полтава, 25 березня 2020 р.) / М-во освіти і науки України, Полтав. нац. пед. ун-т ім. В. Г. Короленка [та ін.] – Полтава : Редакційно-видавничий відділ ПНПУ імені В. Г. Короленка., 2020. – 163 с. <http://dspace.pnpu.edu.ua/handle/123456789/16275>.
6. Alissa, K., Hung, Y. C., Hou, C. Y., Lim, G. C. W., & Ciou, J. Y. (2020). Developing new health material: The utilization of spray drying technology on avocado (*Persea americana* Mill.) seed powder. *Foods*, 9(2), 139.
7. Araújo, R. G., Rodriguez-Jasso, R. M., Ruiz, H. A., Pintado, M. M. E., & Aguilar, C. N. (2018). Avocado by-products: Nutritional and functional properties. *Trends in Food Science and Technology*, 80, 51–60.
8. Bertling I., Bower J.P. Sugars as energy sources - Is there a link to avocado fruit quality? *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 28, 2005 24-27pp.
9. Bhuyan DJ, Alsherbiny MA, Perera S, Low M, Basu A, Devi OA, Barooah MS, Li CG, Papoutsis K (2019) The odyssey of bioactive compounds in avocado (*Persea americana*) and their health benefits. *Antioxidants* (Basel) 8(10):426. <https://doi.org/10.3390/antiox8100426>.
10. Calderón-Oliver, M., Escalona-Buendía, H. B., Medina-Campos, O. N., Pedraza-Chaverri, J., Pedroza-Islas, R., & Ponce-Alquicira, E. (2016). Optimization of the antioxidant and antimicrobial response of the combined effect of nisin and avocado byproducts. *LWT - Food Science and Technology*, 65, 46–52.
11. Carvalho, C.P.; Bernal, E.J.; Velásquez, M.A.; Cartagena, V.J.R. Fatty acid content of avocados (*Persea americana* Mill. cv. Hass) in relation to orchard altitude and fruit maturity stage. *Agron. Colomb.* 2015, 33, 220–227.
12. Chase MW, Christenhusz MJ, Fay MF, Byng JW, Judd WS, Soltis DE, Mabberley DJ, Sennikov AN, Soltis PS, Stevens PF (2016) An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Bot J Linn Soc* 181:1–20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>

13. Corrales-García JE, Del Rosario García-Mateos M, MartínezLópez E, Barrientos-Priego AF, Ybarra-Moncada MC, IbarraEstrada E, Méndez-Zúñiga SM, Becerra-Morales D (2019) Anthocyanin and oil contents, fatty acids profiles and antioxidant activity of Mexican landrace avocado fruits. *Plant Foods Hum Nutr* 74:210–215. <https://doi.org/10.1007/s11130-019-00721-1>
14. de Melo, M.F.F.T.; Pereira, D.E.; Moura, R.d.L.; da Silva, E.B.; de Melo, F.A.L.T.; Dias, C.d.C.Q.; Silva, M.d.C.A.; de Oliveira, M.E.G.; Viera, V.B.; Pintado, M.M.E.; et al. Maternal supplementation with avocado (*Persea americana* Mill.) pulp and oil alters reflex maturation, physical development, and offspring memory in rats. *Front. Neurosci.* **2019**, *13*, 9
15. Duarte, P.F.; Chaves, M.A.; Borges, C.D.; Mendonça, C.R.B. Avocado: Characteristics, health benefits and uses. *Cienc. Rural* **2016**, *46*, 747–754
16. Elhadi M. Yahia *Crop Post-Harvest: Science and Technology: Perishables* **2012**, 159-186. DOI:10.1002/9781444354652.ch8
17. Espinosa-Alonso LG, Paredes-López O, Valdez-Morales M, Oomah BD (2017) Avocado oil characteristics of Mexican creole genotypes. *Eur J Lipid Sci Technol* 119:1600406. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201600406>
18. Figueroa, J. G., Borrás-Linares, I., Lozano-Sánchez, J., Quirantes-Piné, R., & Segura-Carretero, A. (2018). Optimization of drying process and pressurized liquid extraction for recovery of bioactive compounds from avocado peel by-product. *Electrophoresis*, *39*(15), 1908–1916.
19. Figueroa, J.G.; Borrás-Linares, I.; Lozano-Sánchez, J.; Segura-Carretero, A. Comprehensive characterization of phenolic and other polar compounds in the seed and seed coat of avocado by HPLC-DAD-ESI-QTOF-MS. *Food Res. Int.* **2018**, *105*, 752–763.
20. Gerardo Rivera-González, Carlos Abel Amaya-Guerra, Julián de la Rosa-Millán Physicochemical characterisation and *in vitro* Starch digestion of Avocado Seed Flour (*Persea americana* V. Hass) and its starch and fibrous fractions *International Journal of Food Science & Technology* Volume 54, Issue 7, **2019**.p. 2447-2457 <https://doi.org/10.1111/ijfs.14160>
21. GLOBOCAN. (2018). Estimated cancer incidence, mortality and prevalence worldwide in 2018. Retrieved from <http://globocan.iarc.fr/Pages/online.aspx> (accessed 08.11.2023).
22. <https://east-fruit.com/uk/aktualno-uk/ef-trade-alerts-import-ovochiv-i-fruktiv-zrostaye-pidsumky-bereznaya-2023-r-v-ukrayini/>. (accessed 08.11.2023).
23. <https://images.pexels.com/photos/12626387/pexels-photo-12626387.jpeg?auto=compress&cs=tinysrgb&w=1260&h=750&dpr=2>(accessed 08.11.2023).
24. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:325643-2>(accessed 08.11.2023).
25. https://toptropicals.com/html/toptropicals/articles/fruit/varieties_avocado.htm (accessed 08.11.2023).

26. <https://www.garden.eco/wp-content/uploads/2017/11/avocado-blossom.jpg> (accessed 08.11.2023).
27. <https://www.gbif.org/species/3034046> (accessed 08.11.2023).
28. Lahav E, Lavi U (2013) Genetics and breeding. In: Schaffer B, Wolstenholme BN, Whiley AW (eds) *The avocado: botany, production, and uses*. CABI, Wallingford, pp 51–85. <https://doi.org/10.1079/9781845937010.0051>
29. Lara-Márquez M, Báez-Magaña M, Raymundo-Ramos C, Spagnuolo PA, Macías-Rodríguez L, Salgado-Garciglia R, Ochoa-Zarzosa A, López-Meza JE (2020) Lipid-rich extract from Mexican avocado (*Persea americana* var. *drymifolia*) induces apoptosis and modulates the inflammatory response in Caco-2 human colon cancer cells. *J Funct Foods* 64:103658. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103658>
30. Lee EA, Angka L, Rota SG, Hanlon T, Mitchell A, Hurren R, Wang XM, Gronda M, Boyaci E, Bojko B, Minden M, Sriskanthadevan S, Datti A, Wrana JL, Edginton A, Pawliszyn J, Joseph JW, Quadrilatero J, Schimmer AD, Spagnuolo PA (2015) Targeting mitochondria with avocatin B induces selective leukemia cell death. *Cancer Res* 75:2478–2488. <https://doi.org/10.1158/0008-5472.CAN-14-2676>
31. Lidia, D.-A.; Alicia, O.-M.; Felipe, G.-O. Avocado. In *Tropical and Subtropical Fruits*; Muhammad, S., Ed.; Wiley: Hoboken, NJ, USA, 2012; Volume 1, pp. 435–454.
32. Liu, X., Sievert, J., Lu Arpaia, M., & Madore, M. A. (2002). Postulated physiological roles of the seven-carbon sugars, mannoheptulose, and perseitol in avocado. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 127(1), 108–114.
33. López-Cobo, A.; Gómez-Caravaca, A.M.; Pasini, F.; Caboni, M.F.; Segura-Carretero, A.; Fernández-Gutiérrez, A. HPLC-DAD-ESI-QTOF-MS and HPLC-FLD-MS as valuable tools for the determination of phenolic and other polar compounds in the edible part and by-products of avocado. *Lwt Food Sci. Technol.* 2016, 73, 505–513.
34. Melgar, B., Dias, M. I., Ciric, A., Sokovic, M., Garcia-Castello, E. M., Rodriguez-Lopez, A. D., et al. (2018). Bioactive characterization of *Persea americana* Mill. by-products: A rich source of inherent antioxidants. *Industrial Crops and Products*, 111, 212–218.
35. Murray, M.T.; Pizzorno, J. *The Encyclopedia of Healing Foods*; Simon and Schuster: New York, NY, USA, 2010.
36. Oberlies NH, Rogers LL, Martin JM, McLaughlin JL (1998) Cytotoxic and insecticidal constituents of the unripe fruit of *Persea americana*. *J Nat Prod* 61:781–785. <https://doi.org/10.1021/np9800304>
37. Ochoa-Zarzosa A, Báez-Magaña M, Guzmán-Rodríguez JJ, Flores-Alvarez LJ, Lara-Márquez M, Zavala-Guerrero B, Salgado-Garciglia R, López-Gómez R, López-Meza JE. Bioactive Molecules From Native Mexican Avocado Fruit (*Persea americana* var. *drymifolia*): A Review. // *Plant Foods Hum Nutr.* 2021 Jun;76(2):133-142. doi: 10.1007/s11130-021-00887-7. Epub 2021 Mar 11.)

38. Pacheco, A., Rodríguez-Sánchez, D. G., Villarreal-Lara, R., Navarro-Silva, J. M., Senés-Guerrero, C., & Hernández-Brenes, C. (2017). Stability of the antimicrobial activity of acetogenins from avocado seed, under common food processing conditions, against *Clostridium sporogenes* vegetative cell growth and endospore germination. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(11), 2311–2323.
39. Perez S.E., Lares A. M. A laboratory scale method for isolation of starch from pigmented sorghum. *J Food Eng.* 2004. Vol. 64, No 4. P. 515–519.
40. Physico-chemical studies of indigenous diuretic medicinal plants [SEP] *Citrullus vulgaris* Schrad, *Cucumis melo* Linn, *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf, *Moringa oleifera* Lam, *Raphanus sativus* Linn and *Zea mays* Linn. / M. Mirza et al. [SEP] *Pakistan Journal of Pharmacology*. 2003. Vol. 20, No. 1. P. 9–16.
41. Physicochemical differences between sorghum starch and sorghum flour modified by heat-moisture treatment / Q. Sun et al. *Food Chem.* 2014. No 145. P. 756–764.
42. Planeación agrícola nacional (2017–2030). <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257067/Potencial-Aguacate.pdf>. Accessed 26 June 2020. (accessed 08.11.2023).
43. Salinas-Salazar C, Hernández-Brenes C, Rodríguez-Sánchez DG, Castillo EC, Navarro-Silva JM, Pacheco A (2017) Inhibitory activity of avocado seed fatty acid derivatives (acetogenins) against *Listeria monocytogenes*. *J Food Sci* 82:134–144. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13553>
44. Schaffer B, Wolstenholme BN, Wiley AW (2013) Introduction. In: Schaffer B, Wolstenholme BN, Wiley AW (eds) *The avocado: botany, production, and uses*. CABI, Wallingford, pp 1–9. <https://doi.org/10.1079/9781845937010.0001>
45. Segovia, F. J., Hidalgo, G. I., Villasante, J., Ramis, X., & Almajano, M. P. (2018). Avocado seed: A comparative study of antioxidant content and capacity in protecting oil models from oxidation. *Molecules*, 23(10), 2421.
46. Segovia, F.J.; Corral-Pérez, J.J.; Almajano, M.P. Avocado seed: Modeling extraction of bioactive compounds. *Ind. Crop. Prod.* 2016, 85, 213–220.
47. Segovia, F.J.; Hidalgo, G.I.; Villasante, J.; Ramis, X.; Almajano, M.P. Avocado seed: A comparative study of antioxidant content and capacity in protecting oil models from oxidation. *Molecules* 2018, 23, 2421.
48. Sneh Punia Bangar, Kyle Dunno, Sanju Bala Dhull, Anil Kumar Siroha, Sushil Changan, Sajid Maqsood, Alexandru Vasile Rusu Avocado seed discoveries: Chemical composition, biological properties, and industrial food applications *Food Chemistry: X.* 2022 Nov 11:16:100507. doi: 10.1016/j.fochx.2022.100507. eCollection 2022 Dec 30.
49. Soledad, C. P. T., Paola, H. C., Enrique, C., Israel, R. L. I., Guadalupe Virginia, N. M., & Raúl, A. S. (2021). Avocado seeds (*Persea americana* cv. Criollo sp.): Lipophilic compounds profile and biological activities. *Saudi Journal of Biological Sciences* (Accepted).

50. Tesfay, S. Z., Bertling, I., & Bower, J. P. (2011). D-mannoheptulose and perseitol in “Hass” avocado: Metabolism in seed and mesocarp tissue. *South African Journal of Botany*, 79, 159–165.
51. Tesfay, S. Z., Bertling, I., Bower, J. P., & Lovatt, C. (2012). The quest for the function of “Hass” avocado carbohydrates: Clues from fruit and seed development as well as seed germination. *Australian Journal of Botany*, 60(1), 79–86.
52. Tesfaye, T., Gibril, M., Sithole, B., Ramjugernath, D., Chavan, R., Chunilall, V., et al. (2018). Valorisation of avocado seeds: Extraction and characterisation of starch for textile applications. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 20(9), 2135–2154.
53. Tremocoldi, M. A., Rosalen, P. L., Franchin, M., Daiuto, R., Augusto, J., Massarioli, P., et al. (2018). Exploration of avocado by-products as natural sources of bioactive compounds. *PLoS ONE*, 1–12.
54. Villarreal-Lara, R., Rodríguez-Sánchez, D. G., Díaz De La Garza, R. I., García-Cruz, M. I., Castillo, A., Pacheco, A., et al. (2019). Purified avocado seed acetogenins: Antimicrobial spectrum and complete inhibition of *Listeria monocytogenes* in a refrigerated food matrix. *CyTA-Journal of Food*, 17(1), 228–239.
55. Vinha, A.F.; Moreira, J.; Barreira, S.V. Physicochemical parameters, phytochemical composition and antioxidant activity of the algarvian avocado (*Persea americana* Mill.). *J. Agric. Sci.* 2013, 5, 100.
56. Zavala-Guerrero B, Hernández-García A, Torres-Martínez R, Meléndez-Herrera E, Ríos-Chávez P, Ochoa-Zarzosa A, LópezMeza JE, Saavedra-Molina A, Salgado-Garciglia R (2020) Antioxidant and anti-inflammatory activities of methanolic fraction from native Mexican avocado seed oil. *FASEB J* 34(S1):1–1. <https://doi.org/10.1096/fasebj.2020.34.s1.07300>

SUMMARY

Sokil Nataliia
SEEDS OF *PERSEA AMERICANA* MILL. AS AN ALTERNATIVE
SOURCE OF STARCH

Department of Pharmacognosy and Botany

Scientific supervisor: Associate Professor of the Department, PhD (BiolSc),
Associate Professor **Makhynia Larysa**

Keywords: *Avocado*, seed, starch

Introduction. Analytical and information platforms of Ukraine show a sharp demand for avocado imports over the past 5 years. The pericarp of these exotic plants are used for food as a valuable source of fats, vitamins and microelements and other phytonutrients, in cosmetics for the manufacture of soaps, creams and other products, while the seeds are simply thrown away, polluting the environment.

Materials and methods. Micropreparations for histochemical reactions were examined in aqueous medium and aqueous glycerol solutions of different concentrations under a ULAB microscope ($\times 40$, $\times 100$, $\times 1000$) equipped with a Canon EOS 550 digital microphotocamera. The main groups of biologically active substances (BAS) were detected by means of generally accepted qualitative reactions and quantitative determination, in particular starch.

Results. The paper provides a detailed analysis of current literature data on the phytochemical composition and medical and pharmaceutical use of seeds, which demonstrates the prospects and economic feasibility of their use in the medical, pharmaceutical and food industries. The main groups of phytocomponents in seeds are analyzed, which can be conditionally divided into four groups: phenolic compounds, fatty alcohols, furan derivatives and carbohydrates (two of which are species-specific: mannoheptulose and perseitol), which make up a significant part of the total number of all seed components. The above biologically active substances have cytotoxic, antiviral, antioxidant, neuroprotective, cardioprotective, insecticidal and antifungal effects with low toxicity.

The morphometric parameters of the seeds of three varieties were determined, which showed that a rather significant percentage of 10 to 23% of the fruit is made up of seeds containing a number of biologically active components that can be used for the needs of pharmacy and medicine.

It was found that the seeds of three varieties of *P. americana* have a number of micromorphological features, in particular the shape of cotyledon cells and seed coat, the size and type of starch grains, which can be used in the diagnosis of raw materials.

The histochemical reactions and detailed microscopic studies of cotyledons and seed peels of three avocado varieties confirmed the component composition of

seeds, showed diagnostic features and can be used in the development of methods for quality control of raw materials.

The studied swelling index revealed that starch from three varieties of avocado seeds has potential use as a thickener and gelling agent in the pharmaceutical and food industries, as well as a possible component of biodegradable polymers for food packaging.

Conclusions. It has been proved that the by-product of fruit processing - seeds can be used as an alternative source of starch in the Ukrainian market, as its indicators are 2-3% higher than those of potatoes and range from 19.32 to 20.03%, the traditional source of starch in our country.

