

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТУСА

КАСПРУК МАРИНА ОЛЕКСАНДРІВНА

Допускається до захисту :

В.о. завідувач кафедри ботаніки
та екології, к.б.н., доцент

_____ О.В. Машталер

«__» _____ 2025 р.

ПРИРОДНІ БАРВНИКИ НА ОСНОВІ РОСЛИННИХ ВІДХОДІВ –
ПЕРСПЕКТИВНА ЕКОЛОГІЧНА АЛЬТЕРНАТИВА

Спеціальність 101 Екологія

Кваліфікаційна (бакалаврська) робота

Науковий керівник :

Руденко С. С., професор

кафедри ботаніки та екології

д.б.н., професор

Оцінка: __/__/____

(бали за шкалою ЄКТС/За національною шкалою)

Голова ЕК: _____
(підпис)

Вінниця - 2025

АНОТАЦІЯ

Каспрук М.О. Природні барвники на основі рослинних відходів – перспективна екологічна альтернатива. Спеціальність 101 «Екологія». Донецький національний університет імені Василя Стуса, Вінниця, 2025.

У роботі досліджено фарбувальні можливості природних барвників з кори деревних відходів плодових дерев та дерев, що використовуються в деревообробці. Апробовано різні види галунів для вставлення ефективного способу закріплення вилучених природних барвників на лляній тканини. Досліджено вплив тривалості експозиції матеріалу в фарбувальному розчині на ефективність забарвлення лляних зразків природних барвниками. Запропоновано та апробовано методику визначення абсорбційної здатності лляної тканини у фарбувальних розчинах. Рекомендовано спосіб визначення кольорних характеристик льону після фарбування за допомогою RGB-платформи.

Ключові слова: природні барвники, галуни, лляна тканина, RGB-профіль, спектрофотометричний аналіз

____ с., ____ табл., ____ рис., ____ джерел.

ABSTRACT

Kaspruk M.O. Natural dyes based on plant waste - a promising ecological alternative. Specialty 101 "Ecology". Vasyl Stus Donetsk National University, Vinnytsia, 2025.

The work investigated the coloring capabilities of natural dyes from the bark of wood waste of fruit trees and trees used in woodworking. Different types of alums were tested to insert an effective method of fixing the extracted natural dyes on linen fabric. The effect of the duration of exposure of the material in the dyeing solution on the effectiveness of dyeing linen samples with natural dyes was studied. A method for determining the absorption capacity of linen fabric in dyeing solutions was proposed and tested. A method for determining the color characteristics of flax after dyeing using an RGB platform was recommended.

Keywords: natural dyes, alums, linen fabric, RGB profile, spectrophotometric analysis

Tabl. ____ Fig. ____ Bibliography: ____ items.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	10
РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ	20
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ	24
3.1. Спектрофотометричні дослідження фарбувальних розчинів з кори дерев, що використовуються в деревообробці	24
3.2. Спектрофотометричні дослідження фарбувальних розчинів з кори плодових дерев	29
3.3 RGB-профіль ляних зразків, пофарбованих барвниками з кори дерев, що використовуються в деревообробці	33
3.4. RGB-профіль ляних зразків, пофарбованих барвниками з кори плодових дерев	38
ВИСНОВКИ.....	44
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЛІТЕРАТУРИ	46
ДОДАТКИ.....	51

ВСТУП

Текстильна промисловість, безумовно, корисна і потрібна людині, але вона руйнує екосистеми через утворення великої кількості стічних вод, що містять токсичні речовини. Однією з причин деградації довкілля під впливом цієї галузі є використання синтетичних барвників.

Натуральні барвники, які були витіснені майже на півтора століття синтетичними барвниками, знову стали об'єктом споживчих інтересів. Це пов'язано з усвідомленням можливих ризиків під час виробництва синтетичних барвників, які передбачають використання нафтохімічної сировини та бурхливі хімічні реакції для їх синтезу. Виробництво таких барвників є енергоємним, до того ж негативно впливає на навколишнє середовище через забруднення. Багато з цих барвників, особливо барвники на азооснові, визнані канцерогенними (Prabhu та ін., 2012) [28]. Відношення до синтетичних барвників в Європі зазнало особливої трансформації після виходу у 2018 р. Регламенту ЄС щодо реєстрації, оцінки, авторизації та обмеження хімічних речовин, класифікованих як канцерогенні, мутагенні або токсичні для репродукції [11]. У Додаток до цього документу потрапили практично всі синтетичні барвники.

В останні роки із зростанням екологічної грамотності та обізнаності населення зростає попит на екологічно чисті тканини, вироблені з натуральних волокон (вовна, шовк, бавовна, льон і т.д.) та з використанням натуральних барвників. Сфера застосування натуральних барвників зростає через усвідомлення алергічних, токсичних і небезпечних реакцій, пов'язаних із синтетичними барвниками. Поширена думка, що текстиль, пофарбований повністю екстрактом рослин, без використання будь-яких хімікатів, володіє навіть лікувальними властивостями. Чимало майстрів ручного прядіння та крафтових текстильних виробів сьогодні відмовляються від синтетичних барвників. Вони використовують «нетоксичні безкоштовні барвники з дворів і кухонних сміттєвих баків для фарбування вовни, що є проявом екологічної

відповідальності» (Hatcher, 2021) [17]. Почали створюватися нові підприємства різного розміру, що займаються виключно добуванням природних барвників. На наших очах відбувається відновлення такого забутого народного промислу як хроматика. Барвники, отримані з природних матеріалів, таких як листя рослин, коріння, кора, виділення комах і мінерали, були колись єдиними барвниками для людей при фарбуванні текстилю до відкриття основного штучного барвника в 1856 році. З давніх-давен для фарбування пряжі в золотистий чи насичений жовтий колір використовували лущиння цибулі, з листків індигофери (*Indigofera* L.) одержували синій барвник – індиго, а усі частини такої рослини як дрік красильний (*Genista tinctoria* L.) використовували для одержання жовтих та зелених природних барвників. Фарбування природними барвниками – давня традиція багатьох культур. Серед них особливим хистом щодо цього промислу відзначаються індійці. Але з розвитком промисловості та сучасних технологій використання барвників зменшувалося, а традиційні секрети їх вилучення втрачалися. На зміну природним прийшли синтетичні фарби. Вони не піддаються біологічному розкладанню, є канцерогенними та викликають забруднення води, а також створюють проблеми з утилізацією. Натуральні барвники забезпечують розумне вирішення цих проблем. Тому **актуальною** бачиться розробка технології добування природних барвників і нанесення їх на текстильні матеріали (Aroga та ін., 2017) [8].

Виробництво природних барвників має цілий ряд **переваг**:

- природні барвники на відміну від синтетичних є відновлювальним джерелом пігментів;
- вирішує проблему утилізації відходів;
- підвищує цінову здатність продукції (сприяють її валоризації);
- робить текстиль екологічно чистим, нетоксичним та безпечним для здоров'я;
- здатний до біологічного розкладання;

- забезпечує місцевих мешканців роботою, особливо у містах та селах, де є підприємства з деревообробної промисловості, виноробства, виготовлення соків та промисли пов'язані з використанням деревин (лозоплетіння);
- розширює лінійку товарів текстильної промисловості.

Ана Рокеро (Roquero, 2020) [29] – дослідниця Королівського ботанічного саду Мадрида, який є частиною Вищої ради з наукових досліджень Іспанії, виділяє такі позитивні сторони у використанні натуральних барвників:

- **Історичні та етнографічні:** використання натуральних барвників означає повернення до барвників, які традиційно використовувалися в різних географічних і культурних регіонах, відроджуючи традиційні техніки фарбування, яким загрожує зникнення.

- **Стійкість:** остаточне вичерпання запасів викопного палива, наприклад вугілля та нафти, які використовуються у виробництві синтетичних барвників, означає, що Повернення до використання фарбувальних рослин є питанням передбачення. Дивлячись у майбутнє, фарбувальна промисловість повинна почати використовувати матеріали з відходів лісового господарства та сільського господарства, які зараз викидаються або спалюються.

- **Економічний і людський розвиток:**

Ці практики відкривають нові можливості роботи для традиційних ремісників і виробників. Досвід роботи з групами ремісників у Латинській Америці показав, що вони можуть сприяти розвитку вітчизняної економіки. Крім того, вирощування фарбувальних рослин дало гарні економічні результати в сільськогосподарських громадах різних країн.

- **Естетичний:** Натуральні барвники можуть надавати особливі естетичні властивості, які в поєднанні з етичною значущістю екологічно чистого продукту надають додаткову цінність текстильному виробництву як ремісничому виробу та як промисловості».

Проте навіть вилучення та застосування природних барвників повинне ґрунтуватися на екологічних принципах, щоб не стати ще однією загрозою для

екосистем та людства. Зокрема, сировиною для цього не можуть бути дикорослі рослини. Сон широколістий (*Pulsatilla patens* (L.) Mill.) має чудові фарбувальні властивості, але занесений до Червоної книги. Популяції навіть поширених рослин можуть різко скоротися за тиску, зумовленого заготівлею сировини для вилучення фарб.

Який же вихід із цієї ситуації? Одним з них може бути вирощування фарбувальних рослин в культурі. Але ще більш екологічним підходом до цієї справи може стати використання відходів рослинного походження. На наш погляд, джерелом природних барвників можуть стати відходи цілого ряду галузей народного господарства: сільського господарства, деревообробної промисловості, садівництва, лісівництва, виноробства, харчової промисловості.

Використання натуральних барвників, отриманих із відходів, є екологічно стійким і здоровим підходом до заміни хімічних барвників у текстильній промисловості.

У галузях промисловості, пов'язаних із сільським господарством, утворюється велика частка відходів у різних формах: лущиння від насіння, шкірка овочів, щорічна обрізка дерев, вичавки ягід, солома деяких звичайних сільськогосподарських культур та ін. (Jameel та ін., 2023) [19]. Без належної утилізації, ці відходи можуть стати джерелом забруднення навколишнього середовища. Натомість один із перспективних напрямів їх ефективного використання – вилучення з них природних барвників.

Агрохарчові залишки традиційно перетворюються на продукт з відносно низькою економічною цінністю (наприклад, корм). Щоб підвищити цінність цих побічних продуктів, слід розробити нові шляхи валоризації (підвищення цінності та вартості продукції), з акцентом на біоактивні сполуки або текстиль з високою доданою вартістю. Phan та ін. (2021)[24] представили картування кількості антоціанів, хінонів і каротиноїдів у сільськогосподарських харчових рештках Європейського Союзу. Ними встановлено величезну кількість сільськогосподарських харчових решток (>0,1 млн. т щорічно) в Європейському

Союзі (28 держав-членів), із вмістом природного барвника до 56 кг/т сухої ваги для антоціанів (вижимки червоного винограду), 18 кг/т сухої ваги для хінонів (лушпиння зеленого горіха та коріння ревеню), 593 кг/т сухої ваги для каротиноїдів (томатні вичавки).

У світі є чимало інших рослинних відходів. Зокрема, можна навести такий парадоксальний приклад: в Індії у храмах щодня використовується велика кількість квітів. З часом вони перетворюються на сміття, яке здебільшого викидають у водойми. Це спричиняє неприємний запах, коли вони розкладаються, а також цвітіння води і замор риби. Автори (Kiran та ін., 2020) [21] пропонують використовувати квіткові відходи для добування природних барвників.

Є країни, які навчилися поєднувати традиційну культуру з сучасними екологічними запитами. Серед них Індонезія, відома на світовому ринку як головний експортер батику. В останні роки тут спостерігається тенденція до заміни синтетичних пігментів на природні. При цьому стимулюють цю тенденцію самі споживачі. Адже рівень освіти і обізнаності людей про небезпеку синтетичних барвників з року в рік зростає. Сьогодні Індонезія виробляє відновлювальні пігменти «з рослинної біомаси (наприклад, відходів деревини), які випускаються в рідкому, пастоподібному та сухому вигляді» (Basri, 2023)[30]. Хлорофіл, танін та інші пігменти надають батику особливо вишуканості і неповторності.

Мета роботи: дослідити фарбувальні можливості природних барвників з кори деревних відходів плодових дерев та дерев, що використовуються в деревообробці.

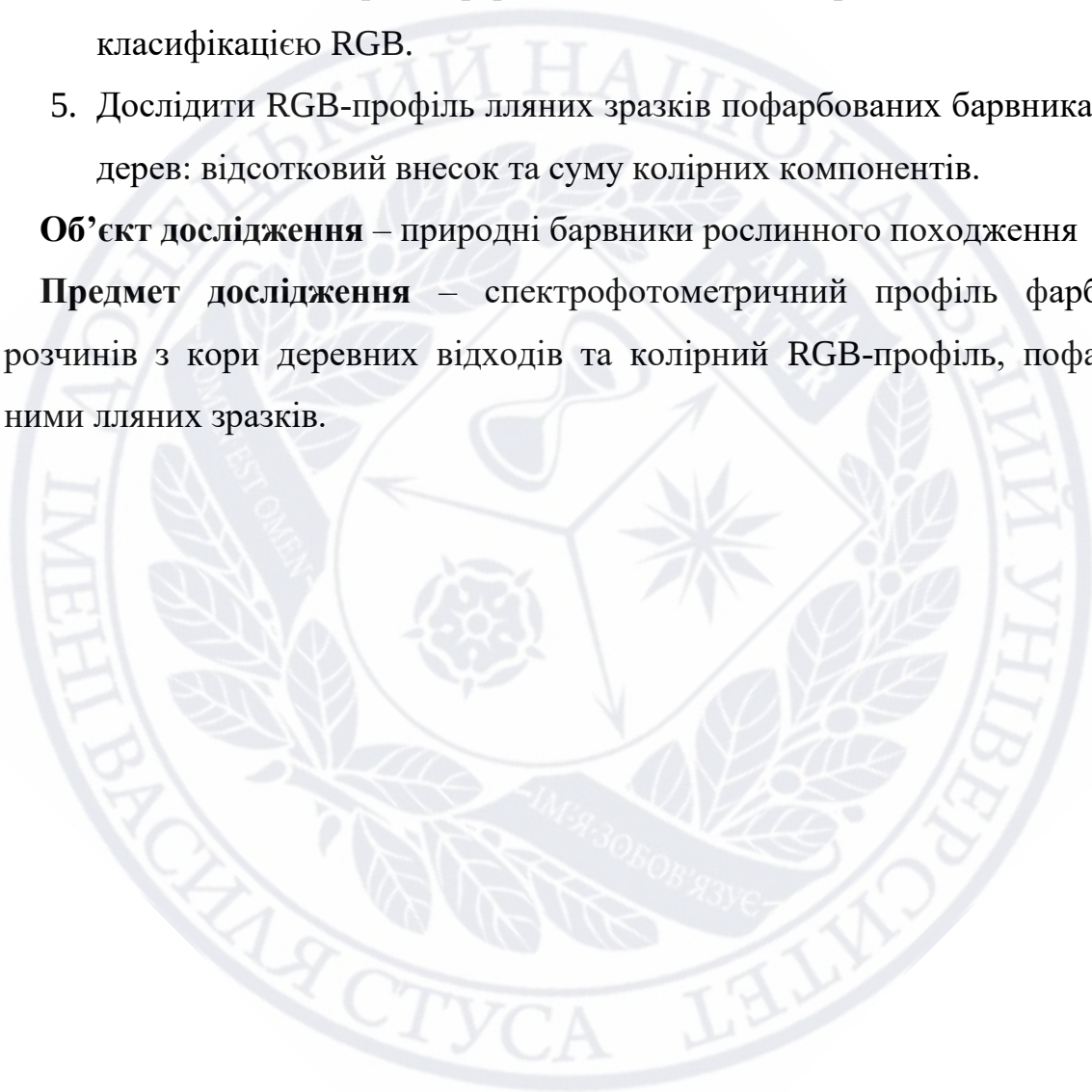
Згідно мети були визначені такі **завдання:**

1. Визначити оптимальні параметри для спектрофотометричного аналізу фарбувальних розчинів з кори дерев (наважку кори та галунів, об'єм дистильованої води, розведення)

2. Дослідити вплив протравлювачів (алюмокалієвого та алюмоамонійного галунів) на оптичну густину фарбувальних розчинів з кори плодових дерев та дерев, що застосовуються в деревообробці.
3. Дослідити вплив пролонгованої дії протравлювача на оптичну густину фарбувального розчину.
4. Визначити колір пофарбованих лляних зразків за міжнародною класифікацією RGB.
5. Дослідити RGB-профіль лляних зразків пофарбованих барвниками з кори дерев: відсотковий внесок та суму колірних компонентів.

Об'єкт дослідження – природні барвники рослинного походження

Предмет дослідження – спектрофотометричний профіль фарбувальних розчинів з кори деревних відходів та колірний RGB-профіль, пофарбованих ними лляних зразків.



РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

Загальні методичні питання

У світі існує багато джерел природних барвників. Стаття Guha (2019) [16] узагальнює доробок авторів 2008-2018 рр. про можливі джерела натуральних барвників та методи їх вилучення. Інша робота (Chungkrang та ін., 2021) [10] також презентує доступні джерела природних барвників з акцентом на фарбуванні текстилю, а також подає сучасну класифікацію натуральних барвників, способи їх екстракції та нанесення, методи протравлювання та деякі недоліки застосування.

Робота (Chungkrang та ін., 2021) [10] присвячена **класифікації протрав**. Автори ділять їх на три типи : металеві протрави, танін і танінова кислота та масляні протрави. До металевих протрав належать солі металів: алюмінію (наприклад алюмокалієвий галун), міді (сульфат міді), хрому (біхромат калію), заліза (сульфат заліза) та олова (хлорид олова). Танін і танінова кислота присутні в корі, листі, плодах і галах багатьох рослин. Масляні протрави в основному використовуються для фарбування червоним пігментом, вилученим з марени (*Rubia tinctorum*). Основною функцією масляної протрави є утворення комплексу з галунами, які використовуються як основна протрава. Оскільки галун є розчинним у воді і не має спорідненості до бавовни, то він легко вимивається з обробленої тканини. Олії природного походження містять жирні кислоти, такі як пальмітинова, стеаринова, олеїнова, рициолова тощо, та їх гліцериди. Групи $-COOH$ жирних кислот реагують із солями металів і перетворюються на $-COOM$, де М позначає метал, наприклад, у випадку галуну це буде Al.

Singhee (2020) [32] представив огляд тематичних досліджень різних авторів, присвячених використанню відходів сільського господарства та харчової помисловості як джерела текстильних барвників. У ряді проаналізованих ним досліджень, вилучений із відходів барвник сам по собі

використовувався як протрава. Більшість досліджень також вказують на гарну якість таких барвників з помітною стійкістю щодо текстилю. Повідомляється також, що деякі відходи надають пофарбованій тканині антибактеріальні та сонцезахисні властивості.

Останнім часом з'явилися інноваційні **методи** виділення природних барвників. Так Adeel та ін. (2020) [6] застосували такий радіаційний метод як інкапсуляція функціональних молекул барвника. Сировиною слугувала **кора** арджуна та німу, **насіння** різних рослин, **пелюстки** троянд і **корінь** солодки. Додавання біологічних ізолятів відкриє дослідникам новий шлях до покращення фарбувальних властивостей тканин. Gokiladevita ін. (2023) зробили огляд сучасних методів виділення природних барвників, у тому числі: ультразвукова, мікрохвильова, ферментативна та надкритична обробка, а також рідинна екстракція під тиском.

Важливим напрямком стало дослідження таких властивостей стійкості тканин, пофарбованих природними барвниками як світлостійкість та вологостійкість. Більшість авторів при дослідженні вологостійкості використовують процедуру замочування при температурі 37°C протягом 4 годин. Світлостійкість визначають шляхом штучного освітлення матеріалу ксеноновою лампою згідно DIN 54004 і AATCC107-1997 (Bechtold та ін., 2025) [9].

Традиційні фарбувальні трав'яні рослини

Автори (Hill та ін., 2000) [18] розробили проект, цілями якого є відновлення вирощування фарбувальних рослин у сільському господарстві та їх використання для фарбування текстилю в промисловості. Розробники припускають, що для досягнення цієї мети необхідно розробити сучасні, економічно стійкі методи вирощування важливих рослин з натуральним барвником. Крім того, необхідно знайти ефективні, недорогі методи екстракції барвників та оптимізувати процес фарбування з урахуванням аспектів здоров'я та безпеки людини, а також навколишнього середовища. Виходячи з сучасних

знань та історичних звітів, можна визнати, що найкращими фарбувальними рослинами для промислового використання в європейських умовах є *Rubia tinctoria* (марена красильна) за червоний колір, *Isatis tinctoria* (вайда фарбувальна) за синій колір, *Reseda luteola* (резеда красильна) та *Solidago* sp. (золотушник) за жовтий колір. Ці види були досліджені авторами з погляду практики вирощування та здатності до фарбування.

Квіти, стручки, плоди, лушпиння, корені

Квіти сенегальського катеху (*Acacia senegal*) використовували для фарбування вовни (Ansari., 2018) [7]. У цьому дослідженні як протраву застосовували сік псевдостебла банана. Процес фарбування проводили методом попереднього, одночасного і постпротравлювання. Також виконана оцінка інтенсивності кольору (K/S Value). За допомогою рівняння Кубелка-Мунка перевірено стійкість кольору пофарбованої вовни до прання та світла. За рахунок різної концентрації барвника виходили різні відтінки. Метод одночасного протравлювання та фарбування дає найкращі результати..

Для дослідження автори (Divya та JellyLouis, 2017) [12] використали **квіти** цезальпінії чудової (*Caesalpinia pulcherrima*) та троянди китайської (*Rosa chinensis*). Доведено, що квіти обох рослин, які у великій кількості доступні в сезон, можуть бути використані як гарне джерело натуральних барвників для фарбування бавовни та шовку в діапазоні від оливково-зеленого до чорного залежно від вибору протрави. Мідний купорос, залізний купорос і калій дихромат використовувалися як протравлювачі для барвника. Ефективність різних протрав корелює з можливими хімічними взаємодіями при фарбуванні шовку та бавовни. Дослідники змогли одержати широкий діапазон кольорів.

Стручки дерева Jengkol (*Archidendron jiringa*) — це відходи виробництва jengkol (догфрута). Їх екстракт містить 5,28% таніну і може використовуватися як природний барвник для текстилю, щоб додати йому цінності. Дослідження було проведено шляхом вилучення відходів стручків дженгколя за допомогою води (Sofyanta ін., 2018) [33]. Застосовували такі типи протрав як $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, CaO

та FeSO_4 , а метод протравлення проводився трьома способами: одночасним, пост- та комбінацією фарбування та протравлювання. Фарбування застосовували до бавовняних тканин. Щоб з'ясувати ефект від кожної обробки, вимірювали інтенсивність і темність кольору пофарбованої тканини. Якість фарбування визначали шляхом перевірки стійкості кольору до прання, кислого та лужного поту, світла та тертя. Результати показали, що тип і метод застосування протрави впливають на інтенсивність кольору та темність. Найбільша темнота кольору та відмінності були отримані при обробці протравою FeSO_4 для всіх способів протравлювання. Тип і спосіб протрави не мали істотного впливу на стійкість кольору тканини. Середнє значення міцності кольору тканини, що не засохла (контроль), має вищу стійкість порівняно з кольоровими тканинами. Деякі види обробки мають таку ж стійкість кольору, як і контрольна тканина. Обробка протравою CaO з додатковим і комбінованим методом протравлювання мала кращу стійкість кольору проти лужного поту та світла, ніж контрольна обробка тканини.

Лушпиння пальми Ніпа (*Nypa fruticans*) є одним із потужних сільськогосподарських відходів. У роботі (Putro та ін., 2024) [35] зроблено спробу отримати натуральний барвник з цього відходу для текстильного фарбування. Автори поставили за мету підібрати оптимальні умови екстракції барвника шляхом зміни співвідношення S/L, типу розчинника, рН, температури та часу екстракції. Як розчинники використовували воду, метанол і водний етанол (50%, 70% і 96%). Результати показали, що використання води як розчинника забезпечує найвищий вихід екстракції на відміну від використання метанолу. Оптимальні умови екстракції спостерігалися при співвідношенні S/L 0,1 г/мл, рН 14, температурі 50°C і тривалості екстракції 3 години. Спектрофотометричний пік при 360 нм вказує на наявність дубильних речовин в екстракті.

Arora та ін. (2017) [8] зробили спробу витягти природні барвники з різноманітних рослинних джерел (таких як кореневища

куркуми, *Curcuma longa* ; **плоди твердої трави**, *Terminalia chebula*; **пелюстки крокісу фарбувального**, *Carthamus tinctorius* ; **коріння барбарису**, *Berberis lycium* тощо) за допомогою спеціальних методів. Ці барвники були перевірені на їх здатність до фарбування на різних текстильних матеріалах (бавовна, шовк і вовна). Фарбування проводилося з використанням трьох різних технік фарбування (попереднє, одночасне та після протравлювання). Для закріплення барвника на текстильному матеріалі автори використали такі протрави як галун, мідний купорос та залізний купорос. Була отримана веселка природних барвників з різними відтінками кожного кольору. Карти відтінків були підготовлені для кожного барвника, і отриманий колір змінювався залежно від типу застосованої протрави та використаної техніки протравлювання.

Кора дерев

Teklemedhin та Gopalakrishnan (2018) [34] повідомили про екологічне фарбування шовкової тканини натуральним барвником, отриманим із **кори** рослини *Cassia singueana*. Згідно зі звітом, автори зазначили, що **кора** цієї рослини була зібрана вручну в Північній Ефіопії (Тіграй). У цьому експерименті використовували натуральну протраву. Її витягли з листя Алое вера, завдяки чому метод став абсолютно екологічно чистим. Автор описав, що стійкість кольору пофарбованих шовкових тканин перевіряли відповідно до стандартних методів ISO. Згідно з документом, рейтинг 3-5 був знайдений у властивостях стійкості. Було виявлено, що концентрація протрави підвищує міцність зразків пофарбованої шовкової тканини, коли концентрація протрави збільшується у всіх протравах і техніках протравлювання.

Кора мангрового дерева (*Rhizophora simple* Blume) відрізняється високим вмістом фенолу. І саме він забезпечує насичений червонувато-коричневий колір природного барвника, який з неї вилучають. Для ефективної водної екстракції кору спочатку висушують та подрібнюють у порошок. Використовуючи різні протрави (сульфат калію, сульфат заліза, сульфат міді та хлорид олова) вдалося досягти цілої палітри відтінків пофарбованої шовкової тканини: від блідо-

червонувато-коричневого до темно-коричневого. Крім того, було показано, що при підвищенні температури інтенсивність кольору додатково збільшується, тобто температура прямо пропорційна кольору (Murani та ін., 2020)[23].

Деякі тропічні дерева вже давно відомі своїми корисними властивостями. Наприклад, дерево ши (*Vitellaria paradoxa*), поширене в Західній та Центральній Африці. Олія плодів цього дерева здавна використовується в косметології. Oforghota ін. (2023) [25] вирішили розширити сферу його використання і застосували спиртовий екстракт його кори для одержання природного коричневого пігменту, використавши для цього апарат Сокслета. Автори дослідили вплив на забарвлення бавовняної тканини одержаним пігментом таких чинників як концентрації барвника, тривалість фарбування, концентрація електроліта, температура та застосування протрави. Вони встановили, що екстрагований барвник у водному середовищі знаходиться в агрегатному стані, тому йому потрібна підвищена температура для міграції у волокно. Нанесення протрави (мідного купоросу) на пофарбовані зразки покращило з'єднання барвник-волокно, посилило стійкість до прання та сприяло досягненню світлішого відтінку коричневого кольору.

Проблемою застосування природних барвників є низька стійкість до прання, сонячних променів, тертя та поту. Тому додатковим етапом фарбування тканин природними барвниками є протравлювання (або фіксація). Для цього застосовують спеціальні протравлювачі або фіксатори. Saefudin та Basri (2022) дослідили вплив різних фіксаторів на колірну характеристику екстракту кори двох водно-болотних видів деревних рослин (*Acacia mangium* та *Terminalia catappa*) для фарбування бавовняних тканин типу тогі приміссима в техніці батик. Як фіксатори ними були використані галун – сульфат алюмінію ($\text{Al}_2[\text{SO}_4]_3$), вапно (CaCO_3) та сульфат заліза (II) (FeSO_4). Ці протравлювачі застосовувались окремо та в комбінації. Автори продемонстрували залежність кольору батиків тканини як від породи дерева, так і від фіксаторів. Але загалом,

вони встановили, що додавання фіксаторів до екстрактів кори дає темніші та чіткіші кольори.

Shabbir та ін. (2016) [31], дослідили перспективи застосування екстракту натурального барвника з кори та плодів південно-азійського виду – терміналії чебула (*Terminalia chebula*) для одержання екологічних відтінків та тонів на вовняній основі. Як протрави вони використали алюмокалієвий галун ($\text{Al}_2\text{K}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$), залізний купорос ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) та хлорид олова ($\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Автори встановили, що зі збільшенням концентрації барвника від 0,5 до 15,0 % (owf) спостерігається збільшення інтенсивності кольору (K/S), що призводить до більш глибоких відтінків із збільшенням адсорбції барвника. Через збільшення концентрації барвника у фарбувальній ванні градієнт концентрації збільшується, що в кінцевому підсумку призводить до збільшення швидкості дифузії барвника на поверхню вовняної пряжі з розчину у фарбувальній ванні. Нижча концентрація барвника створює відтінки сірого кольору, тоді як більша концентрація барвника зміщує колір у жовту область. Для розширення відтінкової гами пофарбовану вовняну пряжу дообробляли кислотними та лужними розчинами. Після обробки пофарбованих зразків вовняної пряжі кислотними та лужними середовищами спостерігалися помітні зміни параметрів кольору та властивостей стійкості. Обробка кислотою освітлює відтінки, що підтверджується низькими значеннями інтенсивності кольору, які можуть бути наслідком гідролізу комплексів і взаємодії вовни з барвником у кислому середовищі. Обробка лужним середовищем покращує стійкість до прання (зміна кольору), але обробка кислотним середовищем знижує толерантність до прання. Деякі іони перехідних металів і, зокрема, солі заліза в даному експерименті міцно зв'язуються з молекулами природного барвника завдяки їхній здатності утворювати сильні координаційні комплекси і таким чином створюють більш насичений колір на тканині.

Індійські вчені (Ali Khan та ін., 2016) [31] дослідили можливості використання кори волоського горіха (*Juglans regia*) для фарбування вовняної

пряжі. Як протравлювач вони апробували сульфат калію і алюмінію ($\text{Al}_2\text{K}_2(\text{SO})_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$). Автори експериментували з кількістю порошкоподібної кори взятої для екстракції і дійшли висновку, що 20% концентрація кори є найефективнішою. Зразки пофарбованої вовняної пряжі вони оцінювали також на стійкість забарвлення щодо світла, прання та тертя/крокінгу (сухе та вологе). Дослідження демонструє високого рівня сучасну матеріально-технічну базу, яку автори застосували для цього дослідження. Це тестер для оцінки світлостійкості «digiLIGHT-NxTM» з ртутною вольфрамовою лампою (для імітації сонячного спектру), тестер для оцінки стійкості до прання пофарбованих зразків «Launderometer (DigiWASH SSTM)», цифровий крокметр «digiCROCKTM» для оцінки стійкості до стирання в сухому та вологому стані зразків пофарбованої вовняної пряжі. Дослідники дійшли висновку, що можна одержати різні відтінки сірувато-коричневого кольору залежно від протравки пряжі галуном або без протравки. Було встановлено, що більшість зразків фарбованої вовняної пряжі мають добру оцінку світлостійкості (5 за синьою шкалою) та оцінку стійкості до прання від хорошої до дуже доброї (4–5 за сірою шкалою), а плями на суміжних тканинах варіюють від дуже легких до їх відсутності (у оцінках 4–5 за сірою шкалою).

Відходи харчової промисловості

Ще одним джерелом природних барвників може стати **харчова промисловість**. Дослідження (Fonseca та ін., 2024) [14] мало на меті вивчити можливості фарбування текстилю за допомогою барвників, отриманих із **виноградних вичавок**. Екстракцію проводили водою з різними рівнями рН і розчином вода/етанол. Бавовна (натуральна і катіонована) і вовна використовувалися в процесі фарбування протягом різної тривалості (100 і 200 хв). Були оцінені колориметричні властивості та стійкість за умов прання (гарячою та холодною водою) та впливу природного світла. Барвники, отримані з відходів виноградарства з використанням екологічно чистих розчинників, були використані в цьому дослідженні та продемонстрували ефективність у фарбуванні зразків бавовни та вовни. Землисті тони, отримані в пофарбованих

тканинах, здаються комерційно цікавими, а результати вказують на те, що вони стійкі до прання та впливу природного світла.

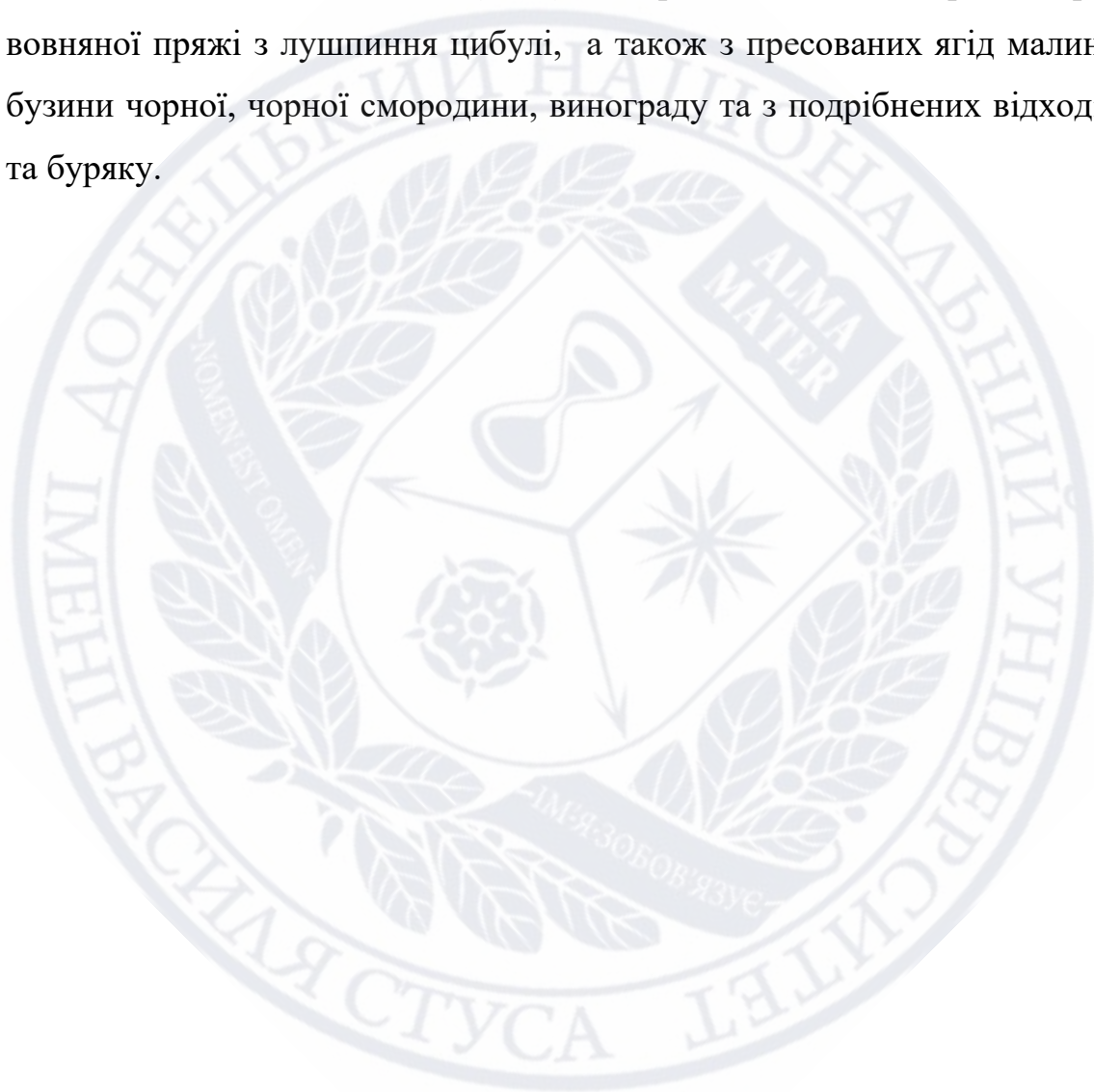
Popescu та ін. (2021) [27] довели, що, **бурякова шкірка** може бути стійким джерелом беталаїнів, які можуть фарбувати вовняні матеріали за допомогою зелених процесів, заснованих на низькому споживанні води та енергії. Зелена хімія при екстракції беталаїнів зі шкірки червоного буряка передбачала використання води як розчинника, без інших добавок. Для того щоб отриманий екстракт зміг пофарбувати тишесть, необхідно було функціоналізувати беталаїни або навіть вовну. Було проведено три типи стійких функціоналізацій: (1) оцтова кислота; 2) етанол; 3) аргінін. Авторами показано, що функціоналізація беталаїнів і вовни в кислих середовищах призводить до найбільш інтенсивних червоних кольорів. Було доведено, що колір змінюється залежно від рН і концентрації беталаїнів.

Kumar та ін. (2021) [22] поставили за мету покращити стійкість кольору та поглинання цілого ряду натуральних трав'яних барвників на бавовняній тканині. Як сировину вони використали **куркуму, алое вера, нім, буряк, гранат і цибулю**. Харчова камедь і коров'яча сеча застосовувалися в цьому дослідженні для покращення стійкості кольору та вбирання барвника. Паралельно дослідники поставили задачу зменшити ймовірність захворюваності покупців з проблемною шкірою, алергією та шкірними інфекціями. Було виявлено, що трав'яні барвники демонструють стійкість до сухого та вологого тертя на поверхні бавовняної тканини. Ця робота може бути корисною у розробці недорогої та екологічно чистої тканини з високим рівнем безпеки для здоров'я людини.

Одним із проблемних кольорів природних барвників є зелений. Серед вітчизняних авторів слід відзначити працю Рижкової та Гейди (2023) [3], які розробили технології отримання природних зелених барвників з водних та спиртових екстрактів **листя чаю та зеленої маси буряку**. В якості стабілізаторів вони використали лимонну кислоту та кверцетин, які «не лише поліпшують

колір барвника, але й захищають його від псування». Одержані зелені барвники рекомендовані для використання в харчовій промисловості.

Перспективною є екстракція натуральних барвників з відходів від переробки **овочів**, а також від виробництва **різних напоїв (соки, спиртові напої, вино)**. Це можуть бути пресовані ягоди, подрібнена шкірка овочів, дистиляційні залишки. Так, Bechtold та ін. (2025) [9] отримали жовті та червоні барвники для вовняної пряжі з лущиння цибулі, а також з пресованих ягід малини, вишні, бузини чорної, чорної смородини, винограду та з подрібнених відходів ревеню та буряку.



РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Методика дослідження. Об'єктом дослідження слугували відвари кори чотирьох видів плодових дерев: сливи домашньої (*Prunus domestica* L.), вишні звичайної (*Cerasus vulgaris* Miller), яблуні домашньої (*Malus domestica* Borkh.), груші звичайної (*Pyrus communis* L.) та чотирьох видів дерев, що використовуються в деревообробці: липа дрібнолиста (*Tilia cordata* Miller), ясен звичайний (*Fraxinus excelsior* L.), верба плакуча (*Salix babylonica* L.), клен звичайний (*Acer platanoides* L.). Таксономічна приналежність зазначених видів представлена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Види деревних рослин, кора яких була використана для фарбування

Латинська назва	Українська назва	Відділ	Клас	Порядок	Родина
<i>Prunus cerasus</i> L.	Вишня звичайна	Покритонасінні (Magnoliophyta)	Дводольні (Magnoliopsida)	Розоцвіті (Rosales)	Трояндові (Rosaceae)
<i>Pyrus communis</i> L.	Груша звичайна	Покритонасінні (Magnoliophyta)	Дводольні (Magnoliopsida)	Розоцвіті (Rosales)	Трояндові (Rosaceae)
<i>Salix babylonica</i> L.	Верба плакуча	Покритонасінні (Magnoliophyta)	Дводольні (Magnoliopsida)	Вербоцвіті (Malpighiales)	Вербові (Salicaceae)
<i>Prunus domestica</i> L.	Слива домашня	Покритонасінні (Magnoliophyta)	Дводольні (Magnoliopsida)	Розоцвіті (Rosales)	Трояндові (Rosaceae)
<i>Tilia cordata</i> Mill.	Липа дрібнолиста	Покритонасінні (Magnoliophyta)	Дводольні (Magnoliopsida)	Мальвоцвіті (Malvales)	Мальвові (Malvaceae)
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	Ясен звичайний	Покритонасінні (Magnoliophyta)	Дводольні (Magnoliopsida)	Губоцвіті (Lamiales)	Маслинові (Oleaceae)

<i>Malus domestica</i> Borkh.	Яблуня домашня	Покритона сінні (Magnoliophyta)	Дводольні (Magnoliopsida)	Розоцвіті (Rosales)	Трояндові (Rosaceae)
<i>Acer platanoides</i> L.	Клен звичайний	Покритона сінні (Magnoliophyta)	Дводольні (Magnoliopsida)	Сапіндоцвіті (Sapindales)	Сапіндові (Sapindaceae)

Матеріал відбирали у с. Королівка Вінницького району Вінницької області в межах одного з приватних господарств.

Кору масою 30 г заливали 1 літром дистильованої води, доводили до кипіння і продовжували кип'ятити 10 хвилин. Одразу після завершення кип'ятіння відвар проціджували через сито в іншу ємність і розділяли на 4 рівних частини: першу частину залишали без змін, у другу додавали 2 г алюмокалієвого галуна, у третю – 2 г алюмоамонійного галуна, у четверту – так само як в третю – 2 г алюмоамонійного галуна. Розчини ретельно перемішували до повного розчинення галунів. У кожную частину клали по 2 клаптики лляного полотна розміром 12 × 10 (см) і проварювали в казанку на повільному вогні 15 хвилин від моменту закипання. З частин №1-3 клаптики виймали, одразу промивали проточною водою і висушували на мотузці на відкритому повітрі, прикріпивши прищіпками. У четвертій частині матеріал залишали на дві доби після проварювання, а потім виймали, промивали і висушували. Розчини, які залишились від цих чотирьох варіантів (четвертий наприкінці експерименту) зливали в пробірки, закривали гумовими корками і підписували олівцем-склографом. Оптичну густину визначали на спектрофотометрі марки CARY 60. Пофарбовані зразки лляного полотна після висушування були поміщені в фотоальбом для зберігання (рис.2.1).



Рис. 2.1 Матеріально-технічна база дослідження



Рис. 2.2 Дослідження зразків у лабораторії

Було застосовано два підходи до протравлювання. У першому використовували комплекс «галун+барвник», тобто у фарбувальний розчин одразу додавали галун і у ньому проварювали тканину протягом 15 хвилин. У другому – спочатку тканину проварювали 15 хвилин у розчині галуна, а потім 15 хвилин у розчині барвника. Про ефективність закріплення барвника на лляній тканині судили за оптичною густиною фарбувального розчину, використовуючи спектрофотометр. Чим меншою була оптична густина розчину після завершення процедури фарбування і вилучення тканини, тим більше барвника зафіксувалося на тканині. Як протравлювачі апробували такі варіанти галунів: алюмокалієвий, алюмоамонійний, алюмоамонійний із подальшим залишенням тканини в фарбувальному розчині на 2 доби.

RGB-профіль лляних зразків, пофарбованих барвниками з кори дерев визначали на платформі: <https://imagecolorpicker.com/uk>

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

3.1. Спектрофотометричні дослідження фарбувальних розчинів з кори дерев, що використовуються в деревообробці

Salix babylonica L. – верба плакуча

Дані спектрофотометричного аналізу фарбувальних розчинів з кори *Salix babylonica* L. представлені в Додаток А, (табл. А.1).

Для всіх без винятку варіантів встановлено збільшення оптичної густини фарбувального розчину з кори *Salix babylonica* L. в бік меншої довжини хвиль, тобто справа наліво (рис.3.1).

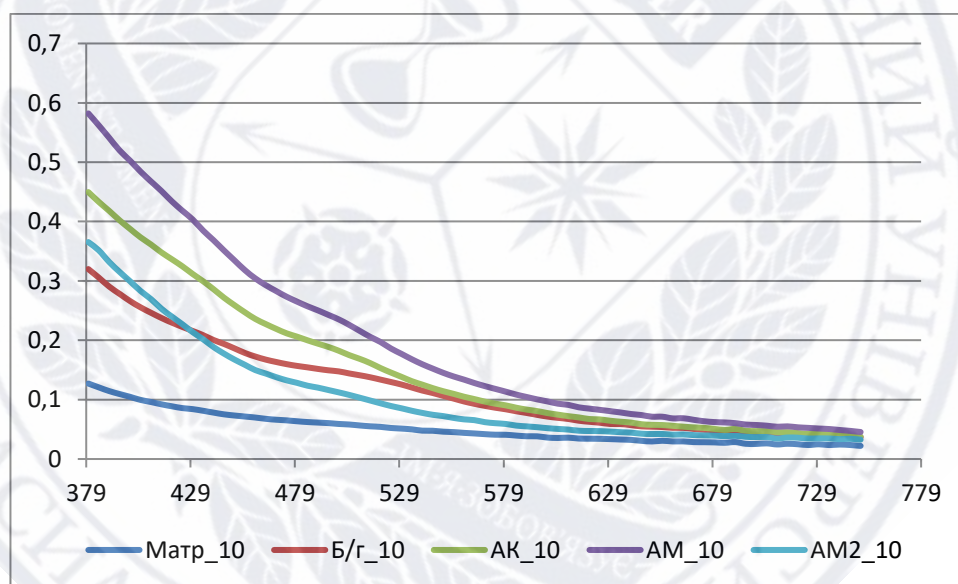


Рисунок 3.1 – Спектрофотометричний профіль фарбувальних розчинів з кори *Salix babylonica* L. при 10-кратному розведенні

При цьому за умов однакового (10-кратного) розведення, найменші значення оптичної густини в межах видимого діапазону (380-750 нм) зафіксовано для матричного розчину. Проварювання зразка без галунів чи з галунами підвищує оптичну густину по всьому діапазону хвиль порівняно з матричним розчином. Найбільші значення оптичної густини розчину зафіксовано при застосуванні алюмоамонійного галуна (без пролонгації).

Алюмокалієвий галун також підвищує оптичну густину розчину порівняно з варіантом без галуна, але в меншій мірі. При порівнянні варіантів фарбувальних розчинів без галунів та з пролонгованим застосуванням алюмоамонійного галуна має місце інверсія оптичної густини цих порівнюваних розчинів у точці, що відповідає довжині хвилі 425: у діапазоні від 750 до 425 нм оптична густина фарбувального розчину більша у варіанті без галунів, а в діапазоні від 425 до 380 нм – у варіанті з пролонгованим застосуванням алюмоамонійного галуна.

При розведенні фарбувального розчину з кори *Salix babylonica* L. в 100 раз оптична густина зменшується в кілька разів. Якщо при 10-кратному розведенні оптична густина змінюється в діапазоні від 0,127105 до 0,582242, то при 100-кратному – в діапазоні від 0,027597 до 0,075596. Відповідно найменше значення зменшується в 4,6 рази, а найбільше в 7,7. Маємо ситуацію нелінійного або непропорційного зменшення низьких та високих значень оптичної густини при розведенні фарбувального розчину. У цілому, можна зробити висновок, що для спектрофотометричного аналізу фарбувальних розчинів з кори *Salix babylonica* L. немає потреби застосовувати 100-кратне розведення, оскільки 10-кратне дає оптичну густину меншу за одиницю.

***Fraxinus excelsior* L. – ясен звичайний**

Дані спектрофотометричного аналізу фарбувальних розчинів з кори *Fraxinus excelsior* L. представлені в Додаток А, (табл. А.3)

Для фарбувального розчину з кори ясеня звичайного шестикратне розведення виявилось недостатнім для ефективного спектрофотометрування у варіантах з проварюванням зразка з додаванням галуна або без галуна: у всіх варіантах з 6-кратним (рис. 3.2) і навіть 30-кратним розведенням (рис.3.3) оптична густина в діапазоні коротких хвиль виявилась більшою за одиницю. 10-кратне розведення виявилось оптимальним. Лише для матричного розчину 6-кратне розведення виявилось ефективним, оскільки оптична густина не перевищувала одиниці.

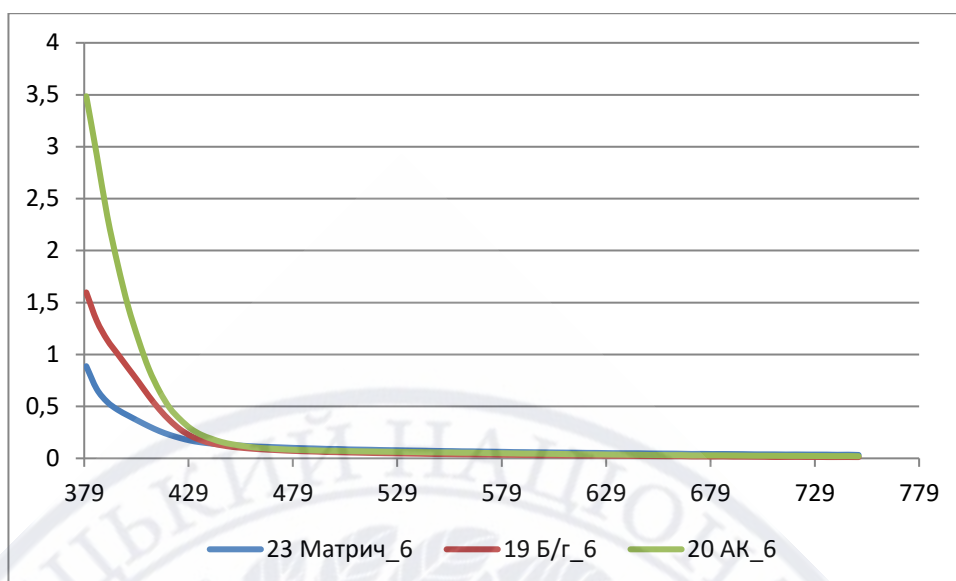


Рисунок 3.2 – Спектрофотометричний профіль фарбувальних розчинів з кори *Fraxinus excelsior* L. при 6-кратному розведенні

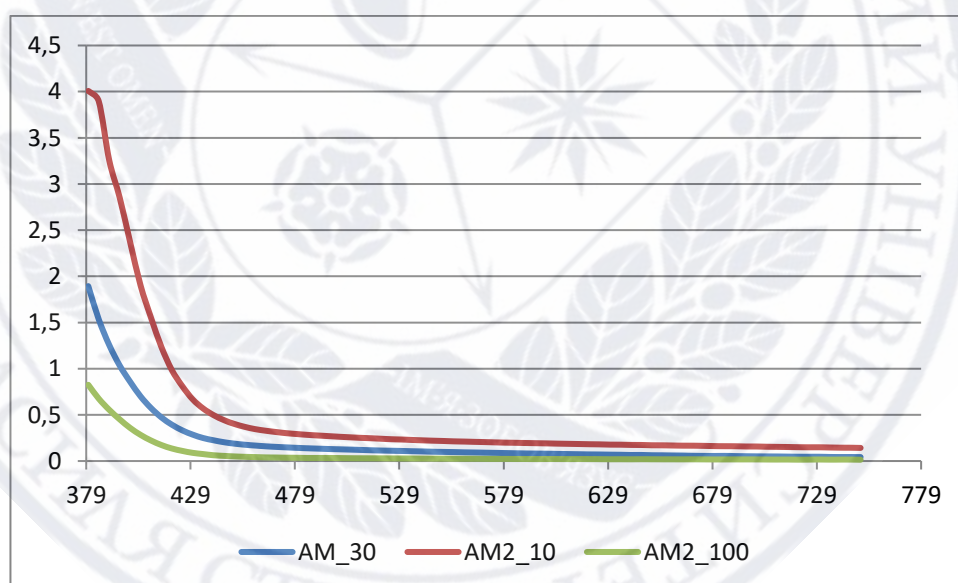


Рисунок 3.3 – Спектрофотометричний профіль фарбувальних розчинів з кори *Fraxinus sexselsior* L. при 10-, 30- та 100-кратному розведенні

Це говорить про те, що проварювання з без галуна і в ще більший мірі з галуном підвищує оптичну густину фарбувального розчину порівняно з матричним розчином. Додавання алюмоамонійного галуна з пролонгацією

значно підвищує оптичну густина, тому лише 100-кратне розведення дозволяє отримати оптичну густина в межах одиниці (рис. 3.4) .

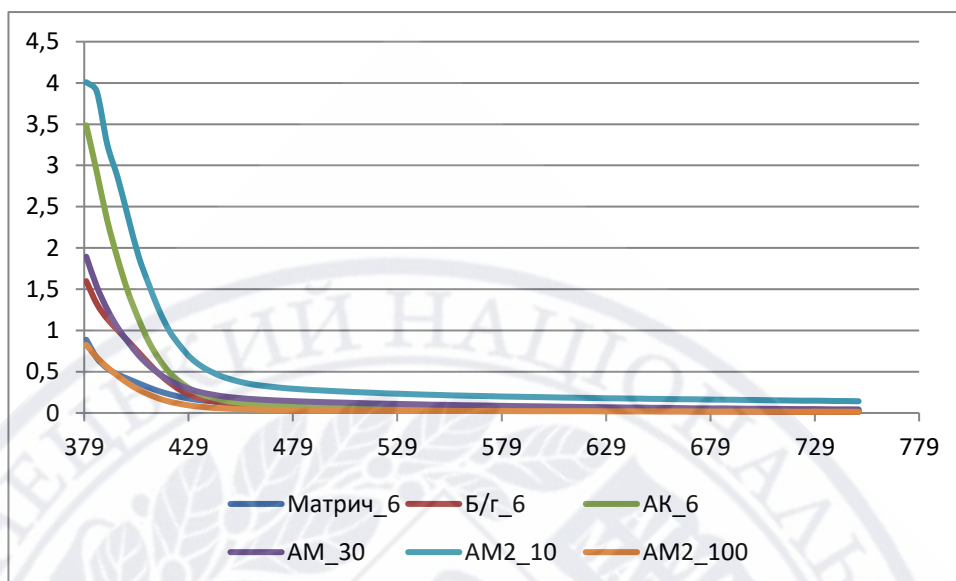


Рисунок 3.4 – Спектрофотометричний профіль фарбувальних розчинів з кори *Fraxinus excelsior* L. при різних рівнях розведення

***Tilia cordata* Mill. – липа дрібнолиста**

Дані спектрофотометричного аналізу фарбувальних розчинів з кори *Tilia cordata* Mill. представлені в Додаток А, (табл. А.4).

Для фарбувального розчину з кори липи дрібнолистої алюмоамонійний галун навіть при вдвічі більшому розведенні, дає більшу оптичну густина, ніж алюмокалієвий (рис. 3.5). А за умов пролонгованої дії алюмоамонійний галун навіть за ще більшого (10-кратного) розведення дає більші значення оптичної густини розчину, ніж без пролонгації. Алюмокалієвий галун (за трикратного розведення розчину) дає оптичну густина на рівні фарбувального розчину без галуна.

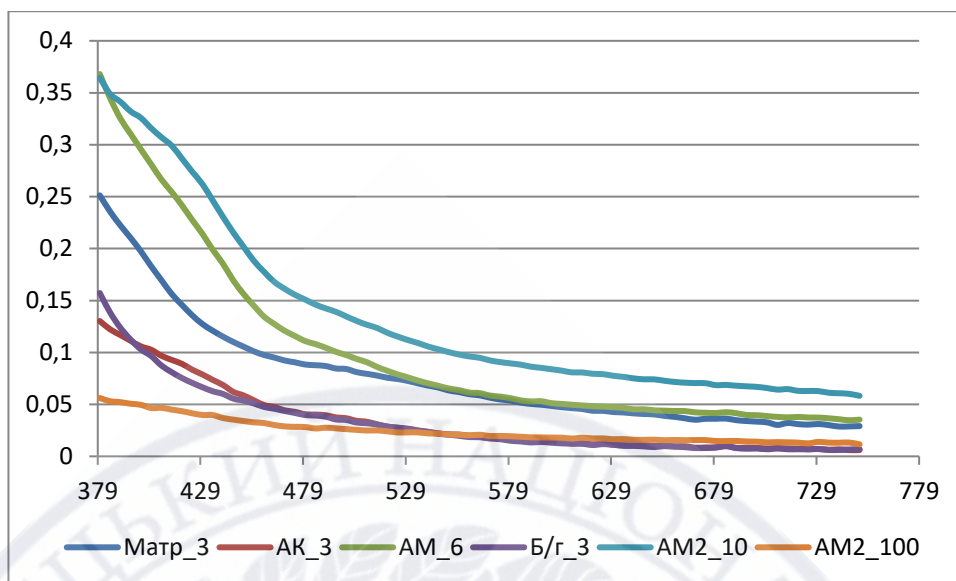


Рисунок 3.5 – Спектрофотометричний профіль фарбувальних розчинів з кори *Tilia cordata* Mill.

Результати засвідчать, що для спектрофотометричного дослідження фарбувального розчину з кори липи дрібнолистої з додаванням алюмоамонійного галуна з пролонгацією достатнім є 10-кратне розведення, оскільки 100-кратне знижує оптичну густина до сотих долей одиниці.

***Acer platanoides* L. – клен звичайний**

Дані спектрофотометричного аналізу фарбувальних розчинів з кори ***Acer platanoides* L.** представлені в Додаток А, (табл. А.5).

Для фарбувального розчину з кори клену звичайного найбільша оптична густина зафіксована при пролонгованому використанні алюмоамонійного галуна і дещо менша при застосуванні цього галуна без пролонгації (рис. 3.6). Алюмокалієвий галун за аналогічного 10-кратного розведення дає оптичну густина на рівні розчину без галуна. 100-кратне розведення є недоцільним, оскільки призводить до значень оптичної густини на рівні сотих долей одиниці.

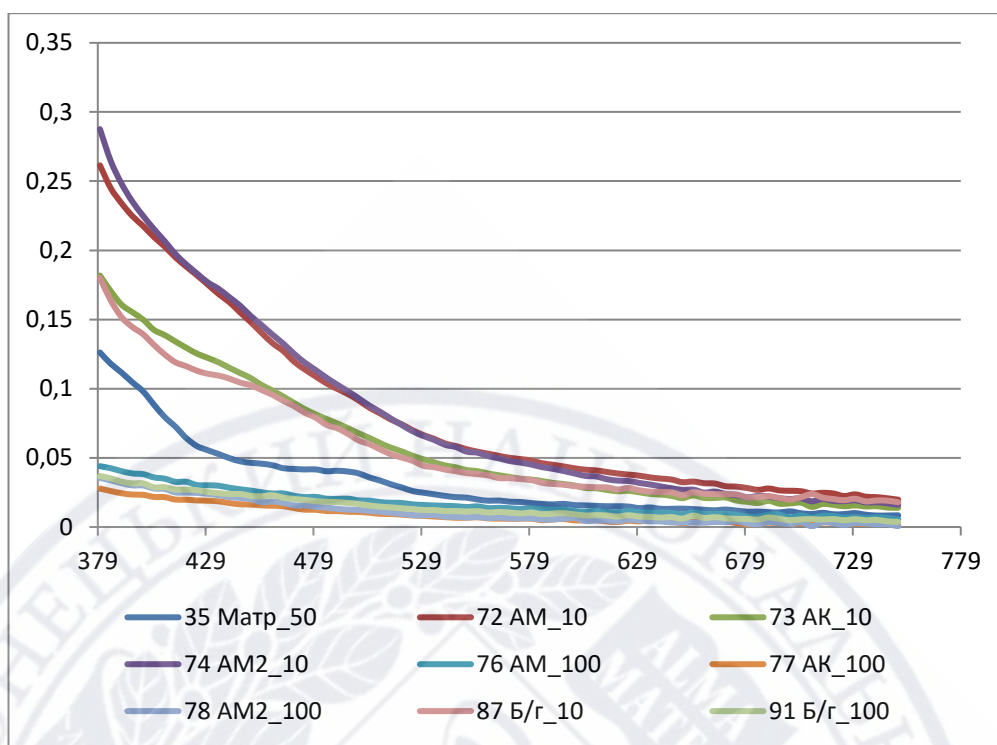


Рисунок 3.6 – Спектрофотометричний профіль фарбувальних розчинів з кори *Acer platanoides* L.

3.2. Спектрофотометричні дослідження фарбувальних розчинів з кори плодових дерев

Pyrus communis L. – груша звичайна

Дані спектрофотометричного аналізу фарбувальних розчинів з кори *Pyrus communis* L. представлені в Додаток А, (табл. А.6).

Алюмокалієвий галун значно підвищує оптичну густину фарбувального розчину з кори груші звичайної в діапазоні хвиль від 530 до 380 порівняно з фарбувальним розчином без галуна (рис. 3.7). Хоча в діапазоні хвиль від 750 до 530 нм більша оптична густина спостерігається при застосуванні фарбувального розчину без галуна. Алюмоамонійний галун без пролонгації в межах видимого діапазону хвиль (380-750 нм) дає більшу оптичну густину фарбувального розчину з кори груші звичайної ніж з пролонгацією. Як і для раніше розглянутих фарбувальних розчинів, для спектрофотометричного дослідження

фарбувального розчину з кори груші звичайної 100-кратне розведення розчинів є недоцільним.

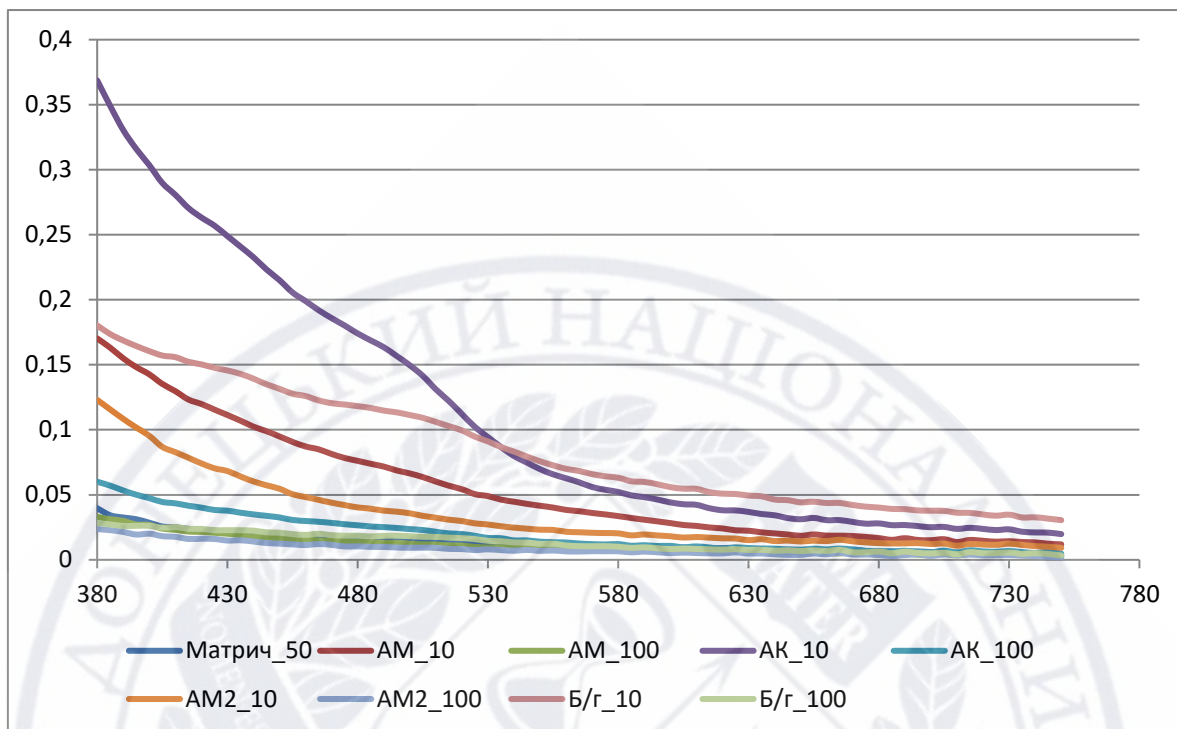


Рисунок 3.7 – Спектрофотометричний профіль фарбувальних розчинів з кори *Pyrus communis* L.

***Prunus domestica* L.– слива домашня**

Дані спектрофотометричного аналізу фарбувальних розчинів з кори *Prunus domestica* L.– представлені в Додаток А, (табл. А.7).

Алюмоамонійний галун сприяв підвищенню оптичної густини фарбувального розчину з кори сливи домашньої в межах всього видимого діапазону хвиль (380-750 нм) (рис. 3.8). А ось між варіантами з алюмокалієвим галуном і без галуна відбувалася своєрідна інверсія в точці 445 нм: в діапазоні хвиль від 750 до 445 нм більша оптична густина зафіксована у варіанті без галуна, а від 445 до 380 – у варіанті з алюмокалієвим галуном. Цікаво, що алюмоамонійний галун з пролонгацією давав менші значення оптичної густини фарбувального з кори груші ніж з пролонгацією. Зазначені міркування стосуються варіантів з 10-кратним розведенням. Варіанти з 100-кратним розведенням виявилися нерентабельними. Очевидно і 50-кратне розведення

матричного розчину виявилося надмірним, про що свідчить надто низька оптична густина.

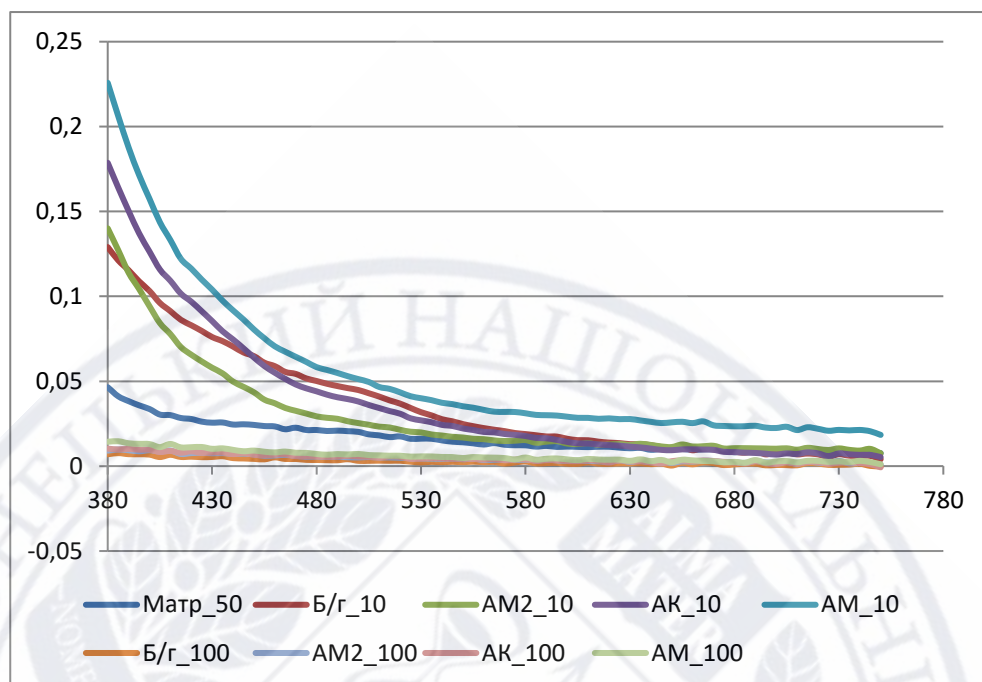


Рисунок 3.8 – Спектрофотометричний профіль фарбувальних розчинів з кори *Prunus domestica* L.

***Malus domestica* Borkh. – яблуня домашня**

Дані спектрофотометричного аналізу фарбувальних розчинів з кори *Malus domestica* Borkh. представлені в Додаток А, (табл. А.8).

Алюмоамонійний галун сприяв найбільшому підвищенню оптичної густини фарбувального розчину з кори яблуні домашньої в межах всього видимого діапазону. Проте мала місце інверсія між варіантами з пролонгованим і не пролонгованим застосуванням цього галуна. Алюмоамонійний галун без пролонгації давав більшу оптичну густину на відтинку від 750 до 475, а з пролонгацією від 475 до 380 нм (рис. 3.9). Алюмокалієвий галун за аналогічного (10-кратного) розведення давав оптичну густину меншу ніж у варіантах із застосуванням алюмоамонійного. Але більшу ніж у варіанта без галуна. 100-кратне розведення фарбувального розчину виявилося неефективним для спектрофотометричного аналізу.

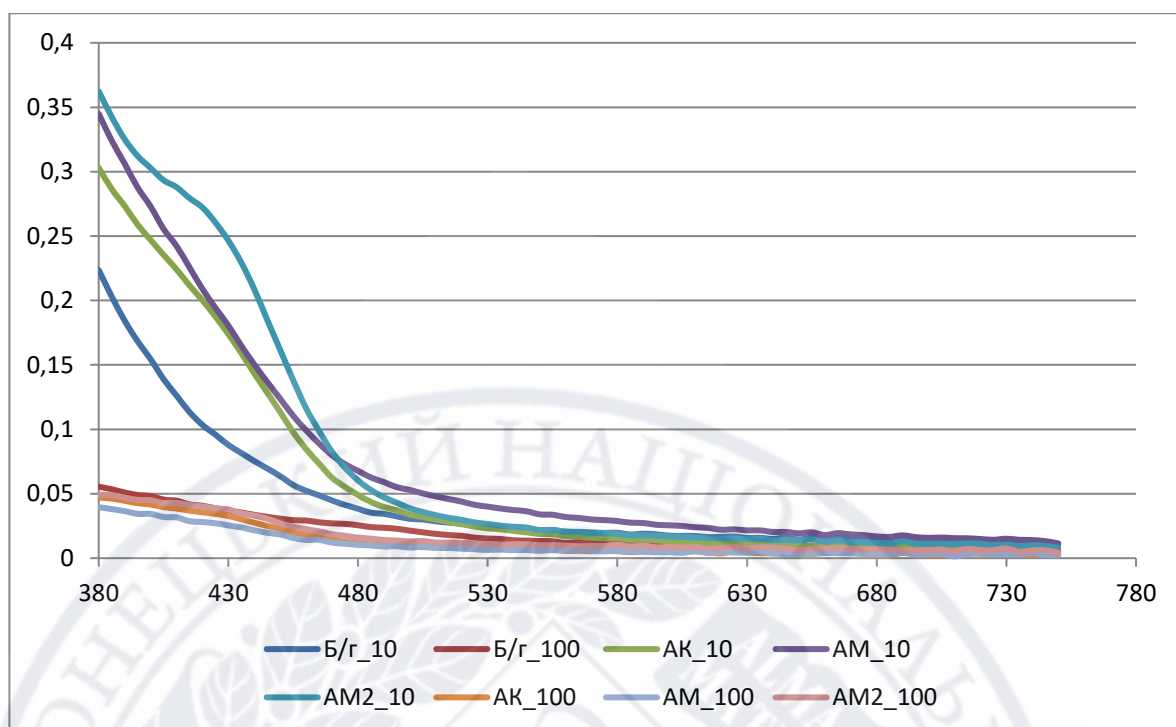


Рисунок 3.9 – Спектрофотометричний профіль фарбувальних розчинів з кори *Malus domestica* Borkh.

***Prunus cerasus* L. – вишня звичайна**

Дані спектрофотометричного аналізу фарбувальних розчинів з кори *Prunus cerasus* L. представлені в Додаток А, (табл. А.9).

Алюмоамонійний галун з пролонгованим застосуванням стимулював найбільші значення оптичної густини фарбувального розчину з кори вишні звичайної (рис. 3.10). Те й же галун але без пролонгованого застосування давав меншу оптичну густину в межах всього досліджуваного діапазону хвиль. Алюмокалієвий галун поступався обом варіантам з алюмоамонійним галуном але давав більшу оптичну густину порівняно з варіантом без галуна на відтинку від 455 до 380 нм. Матричний розчин з кори вишні звичайної за 10-кратного розведення поступався фарбувальному розчину без галуна на відтинку від 440 до 380 нм. 100-кратне та 300-кратне розведення виявилось неефективним, оскільки давало оптичну густину в сотих долях одиниці.

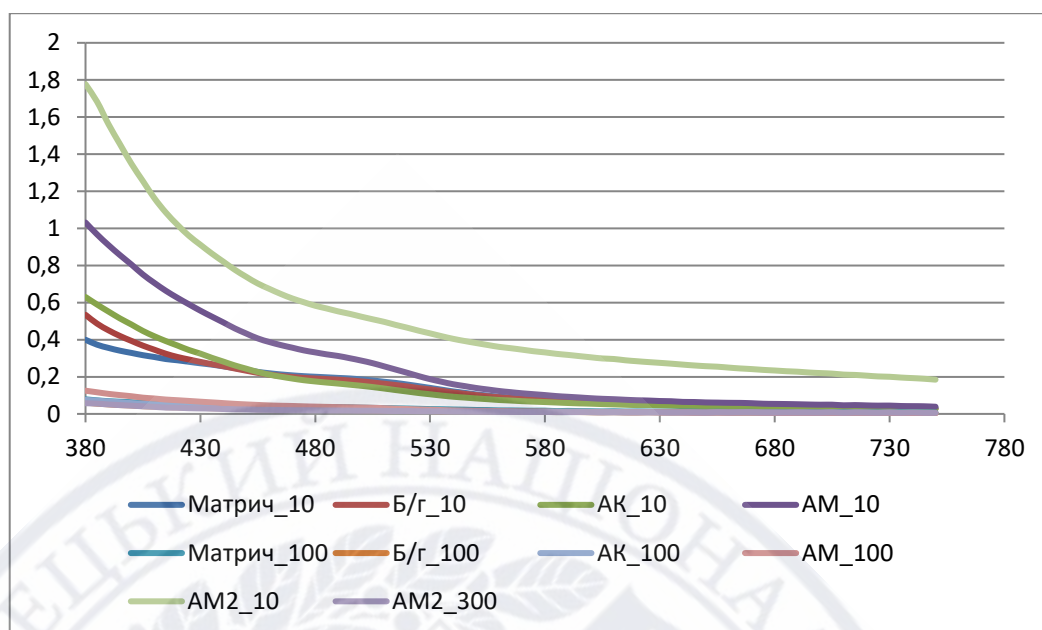


Рис. 3.10– Спектрофотометричний профіль фарбувальних розчинів з кори *Prunus cerasus* L.

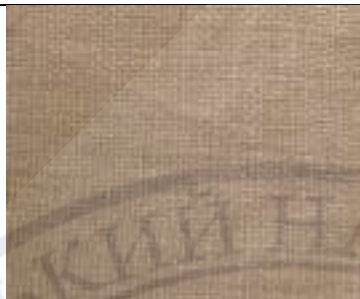
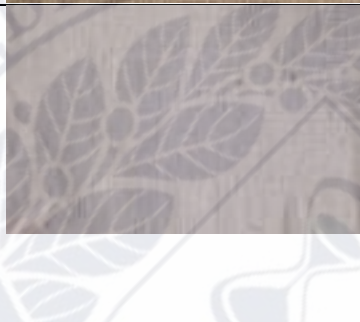
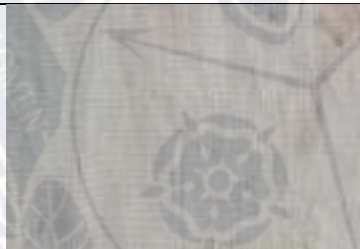
3.3 RGB-профіль лляних зразків, пофарбованих барвниками з кори дерев, що використовуються в деревообробці

За відсутності протравлювання (контрольний варіант) (табл. 3.11), найбільша сума компонентів колірної адитивної RGB-моделі характерна для лляних зразків, пофарбованих корою липи **дрібнолистої** (*Tilia cordata* Miller), а найменша – корою **верби плакучої** (*Salix babylonica* L.).

У трьох варіантах без протравлювання (верба плакуча, ясен звичайний, липа дрібнолиста) зафіксовано такий спадний ряд відсоткового внеску колірних компонентів: червоний>зелений>синій. Лише кора **клену звичайного** (*Acer platanooides* L.) дає забарвлення з однаковим внеском трьох колірних компонентів RGB.

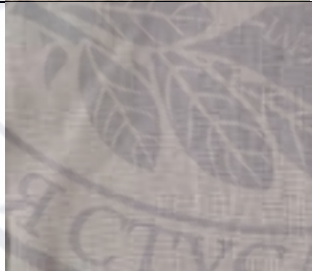
За відсутності протравлювання кора досліджуваних дерев, що використовуються в деревообробці, дає наступну палітру кольорів: мангуст (світло-коричневий з теплим відтінком), нобель (світло-сірий колір з легким рожевим або бежевим тоном), хмарний (м'який сірий колір, як похмуре небо), срібний келих (сріблясто-сірий відтінок, ближчий до металевого).

Таблиця 3.11 – RGB-профіль лляних зразків, пофарбованих корою дерев, що використовуються в деревообробці, **без протравлювання**

Назва виду, Код RGB	Тканина	Назва кольору RGB	R	G	B	Σ
Верба плакуча (<i>Salix babylonica</i> L.) #b49c82		Mongoose Мангуст (світло-коричневий з теплим відтінком)	180 38,6 %	156 33,4 %	130 27,8 %	466
Липа дрібнолиста (<i>Tilia cordata</i> Miller) #bdb5b3		Nobel Нобель (світло-сірий колір з легким рожевим або бежевим тоном)	189 34,4 %	181 32,9 %	179 32,6 %	549
Ясен звичайний (<i>Fraxinus excelsior</i> L.) #b3aaa1		Cloudy Хмарний (м'який сірий колір, як похмуре небо)	179 35 %	170 33,3 %	161 31,5 %	510
Клен звичайний (<i>Acer platanoides</i> L.) #a5a5a5		Silver Chalice Срібний келих (сріблясто-сірий відтінок, ближчий до металевого)	165 33,3 %	165 33,3 %	165 33,3 %	495

За умов фарбування одночасно з протравлюванням **алюмокалієвим галуном** змінюється сума колірних компонентів RGB-профілю лляних зразків: при використанні кори верби плакучої та ясеня звичайного вона зменшується порівняно з контролем, а при використанні кори липи дрібнолистої та клена звичайного – збільшується (табл. 3.12).

Таблиця 3.12 – RGB-профіль лляних зразків, пофарбованих корою дерев, що використовуються в деревообробці, одночасно з протравлюванням алюмокалієвим галуном

Назва виду, Код RGB	Тканина	Назва кольору RGB	R	G	B	Σ
Верба плакуча (<i>Salix babylonica</i> L.) #9c7e5c		Leather Шкіра (теплий коричневий, схожий на натуральну шкіру)	156 41,7 %	126 33,6 %	92 24,5 %	374
Липа дрібнолиста (<i>Tilia cordata</i> Miller) #c3bbb8		Silver Rust Срібна іржа (сіро- коричневий колір з легким червонуватим відтінком)	195 34,4 %	187 33 %	184 32,5 %	566
Ясен звичайний (<i>Fraxinus excelsior</i> L.) #ada090		Нара Напа (теплий бежево- коричневий відтінок)	173 36,2 %	160 33,5 %	144 30,1 %	477
Клен звичайний (<i>Acer platanooides</i> L.) #bbb3b0		Tide Приплив (м'який сіро- зелений відтінок)	187 34,5 %	179 33%	176 32,4 %	542

При цьому у всіх варіантах на тлі алюмокалієвого протравлювання, за винятком липи дрібнолистої, дещо зростає внесок червоної компоненти порівняно з контролем за рахунок синьої. Зафіксовано також появу зміну кольорів лляних зразків порівняно з контрольним варіантом (без галуна) : світло-коричневий з теплим відтінком на теплий коричневий, схожий на натуральну шкіру; світло-сірий колір з легким рожевим або бежевим тоном на сіро-коричневий колір з легким червонуватим відтінком; м'який сірий колір, як

похмуре небо на теплий бежево-коричневий відтінок; сріблясто-сірий відтінок, ближчий до металевого на м'який сіро-зелений відтінок.

За умов фарбування одночасно з протравлюванням **алюмоамонійним галуном** сума колірних компонентів RGB-профілю усіх лляних зразків зменшується не лише порівняно з контролем, але й з фарбуванням на тлі алюмокалієвого протравлювання (табл. 3.13).

Таблиця 3.13 – RGB-профіль лляних зразків, пофарбованих корою дерев, що використовуються в деревообробці, одночасно з протравлюванням **алюмоамонійним галуном**

Назва виду, Код RGB	Тканина	Назва кольору RGB	R	G	B	Σ
Верба плакуча (<i>Salix Babylonica</i> L.) #937e63		Domino Доміно (сіро-коричневий відтінок)	147 39,5 %	126 33,8 %	99 26,6 %	372
Липа дрібнолиста (<i>Tilia cordata</i> Miller) #9b8377		Pharlap Фарлап (пильний червоно-коричневий)	155 38,2 %	131 32,3 %	119 29,3 %	405
Ясен звичайний (<i>Fraxinus excelsior</i> L.) #a8998c		Zorba Зорба (світлий сіро-коричневий)	168 36,4 %	153 33,1 %	140 30,3 %	461
Клен звичайний (<i>Acer platanoides</i> L.) #706854		Peat Торф'яний (темно-коричневий з легким зеленуватим або сірим відтінком)	112 37,3 %	104 34,6 %	84 28%	300

При цьому у всіх варіантах зберігається спадний рейтинг колірних компонентів, подібний до контролю: червоний>зелений>синій. Колір лляних зв'язків змінюється на: доміно (сіро-коричневий відтінок), фарлап (пильний червоно-коричневий), зорба (світлий сіро-коричневий), торф'яний (темно-коричневий з легким зеленуватим або сірим відтінком).

За пролонгованого застосування алюмоамонійного галуна зафіксовані найменші значення суми колірних компонентів для верби плакучої, липи дрібнолистої та ясеня звичайного (табл. 3.14).

Таблиця 3.14 – RGB-профіль лляних зразків, пофарбованих корою дерев, що використовуються в деревообробці, одночасно з протравлюванням алюмоамонійним галуном та пролонгацією 2 доби

Назва виду, Код RGB	Тканина	Назва кольору RGB	R	G	B	Σ
Верба плакуча (<i>Salix babylonica</i> L.) #6f553d		Tobacco Brown Тютюновий коричневий (насичений коричневий колір із теплим, трохи жовтим відтінком)	111 43,1 %	85 33 %	61 23,7 %	257
Липа дрібнолиста (<i>Tilia cordata</i> Miller) #7d6960		Sand Dune Піщана дюна (світло-коричневий із сірим підтоном)	127 37,9 %	109 32,5 %	99 29,5 %	335
Ясен звичайний (<i>Fraxinus excelsior</i> L.) #847e72		Olive Haze Оливковий серпанок (тьмянний сіро-зелений з оливковим відтінком)	132 35,4 %	126 33,8 %	114 30,6 %	372
Клен звичайний (<i>Acer platanoides</i> L.) #9d9080		Pale Oyster Бліда устриця (світлий бежево- рожевий колір)	157 36,5 %	144 33,5 %	128 29,8 %	429

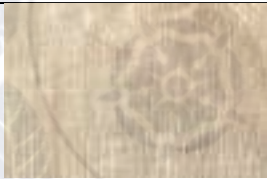
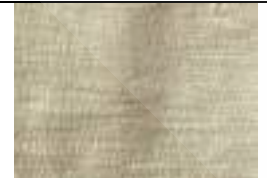
А ось для клена звичайного найменше значення зареєстроване при застосуванні алюмоамонійного протравлювача без пролонгації. Червона

компонента домінує у всіх варіантах з пролонгованим застосуванням алюмоамонійного галуна. Колір зразків за цих умов відзначається абсолютно новою гамою: тютюновий коричневий (насичений коричневий колір із теплим, трохи жовтим відтінком), піщана дюна (світло-коричневий із сірим підтоном), оливковий серпанок (тьмянний сіро-зелений з оливковим відтінком), бліда устриця (світлий бежево-рожевий колір).

3.4. RGB-профіль лляних зразків, пофарбованих барвниками з кори плодових дерев

За відсутності протравлювання (табл. 3.23) найбільша сума компонентів RGB характерна для лляних зразків, пофарбованих корою **яблуні домашньої**, а найменша – корою **груші** звичайної.

Таблиця 3.23 RGB-профіль лляних зразків, пофарбованих корою плодових дерев **без протравлювання**

Назва виду, Код RGB	Тканина	Назва кольору RGB	R	G	B	Σ
Вишня звичайна(<i>Prunus cerasus</i> L.) #c4af90		IndianKhaki Індійський хакі(бежево-коричневий)	196 38,0 %	175 33,9 %	144 27,9 %	515
Груша звичайна(<i>Pyrus communis</i> L.) #a69e89		Tallow Топлений жир (жовтувато-білий)	166 36 %	158 34,2 %	137 29,7 %	461
Слива домашня(<i>Prunus domestica</i> L.) #cec2aa		Chino Чіно (класичний беж, як тканина чінос)	206 36,1 %	194 34,0 %	170 29,8 %	570
Яблуня домашня (<i>Malus domestica</i> Borkh.) #d7d0b3		Akaroa Акароа	215 35,7 %	208 34,5 %	179 29,7 %	602

При цьому зразки, пофарбовані корою усіх чотирьох видів характеризуються відсотковим переважанням червоної компоненти. Найменший відсоток становить **синя компонента**. Чим темніше взірець, тим менші як абсолютні, так і відсоткові значення колірної RGB-моделі. За відсутності протравлювачів лляні зразки залежно від породи дерев набувають бежево-коричневого, жовтувато-білого, класичного бежевого кольору та кольору Акароа.

За умов фарбування одночасно з протравлюванням алюмокалієвим галуном RGB-профіль лляних зразків змінюється (табл. 3.24).

Таблиця 3.24 RGB-профіль лляних зразків, пофарбованих корою плодових дерев одночасно з протравлюванням **алюмокалієвим галуном**

Назва виду, Код RGB	Тканина	Назва кольору RGB	R	G	B	Σ
Вишня звичайна (<i>Prunus cerasus</i> L.) #aa8a75		Sandrift Піщаний дрейф (світло- бежевий з рожевим підтоном)	170 40 %	138 32,4 %	117 27,5 %	425
Груша звичайна (<i>Pyrus communis</i> L.) #956a57		Leather Шкіра (насичений коричневий)	149 43,5 %	106 30,9 %	87 25,4 %	342
Слива домашня (<i>Prunus domestica</i> L.) #8f7e6c		Макара Макара (оливково- коричневий)	143 37,9 %	126 33,4 %	108 28,6 %	377
Яблуна домашня (<i>Malus domestica</i> Borkh.) #8f8772		OliveHaze Оливковийс ерпанок (сірувато- зелений)	143 33,8 %	165 39,1 %	114 27,0 %	422

Сума кольорів зменшується для всіх варіантів, що свідчить про набуття ними темнішого відтінку. А ось пропорція кольорів порівняно з контролем (варіант без протравлювання) змінюється по-різному: при застосуванні кори вишні, груші та сливи зростає відсоток червоної компоненти, а при застосуванні кори яблуні – зеленої компоненти. Синя компонента в усіх варіантах у більшій чи меншій мірі зменшується. Змінюється і сам колір зразків. При цьому слід особливу увагу звернути на варіант, де застосовувалася кора яблуні. Збільшення відсотка зеленої компоненти вплинуло на характер кольору. Тут він помінявся з Акароа на оливковий серпанок або сірувато-зелений. В інших варіантах назва кольорів віддзеркалює збільшення червоної компоненти або прояв більш темного відтінку. Так у варіанті, де застосовувалася вишня, колір змінився порівняно з контролем з бежево-коричневого на світло-бежевий з рожевим відтінком. При застосуванні кори груші колір із жовтувато-білого змінюється на насичений коричневий. А кора сливи на тлі протравлювання алюмокалієвим галуном змінює колір зразка з класичного бежу на оливково-коричневий.

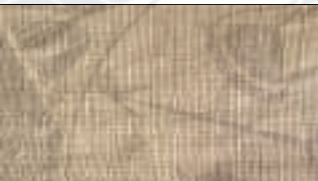
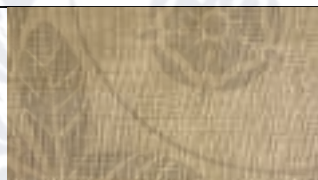
Коли фарбування відбувається на тлі протравлювання алюмоамонійним галуном (табл. 3.25) варіанти починають вести себе по-різному.

Сума кольорів при застосуванні кори вишні продовжує зменшуватися порівняно з контролем. При цьому це зменшення відбувається більше, ніж у 2 рази. Це віддзеркалює ще більше потемнішення кольору порівняно із застосуванням як протравлювача алюмокалієвого галуна. Щодо компонентного складу, то на тлі алюмоамонійного галуна кора вишні піднімає відсоток червоної компоненти за рахунок зменшення синьої. Колір змінюється на Мілбрук.

Додавання алюмоамонійного галуна до фарбувального розчину з кори груші сприяє зменшенню суми RGB-кольорів порівняно з контролем, але в меншій мірі, ніж при додаванні алюмокалієвого галуна. Порівняно з контролем тут зафіксоване збільшення відсотка червоної компоненти за рахунок зменшення зеленої та синьої, але знову ж таки в меншій мірі, ніж у варіанта з додавання алюмокалієвого галуна. Збільшення внеску червоно кольору віддзеркалює і

зміна назви кольору: з жовто-білого в контролі на теплий коричневий (підсмажений хліб).

Таблиця 3.25 RGB-профіль лляних зразків, пофарбованих корою плодових дерев одночасно з протравлюванням алюмоамонійним галуном.

Назва виду Код RGB	Тканина	Назва кольору RGB	R	G	B	Σ
Вишня звичайна (<i>Prunus cerasus</i> L.) #614d35		Millbrook Мілбрук	97 42,7 %	77 33,9 %	53 23,3 %	22 7
Груша звичайна (<i>Pyrus communis</i> L.) #9d7462		Toast Підсмажений хліб (теплий коричневий)	157 42,3 %	116 31,2 %	98 26,4 %	37 1
Слива домашня (<i>Pr unus domestica</i> L.) #ccb395		SorrellBrown Гнідий коричневий	204 38,3 %	179 33,6 %	149 28,0 %	53 2
Яблуна домашня (<i>Malus domestica</i> Borkh.) #9f8960		BarleyCorn Ячмінне зерно (золотисто- коричневий)	159 40,5 %	137 34,9 %	96 24,4 %	39 2

Водночас за назвою видно, що порівняно з додаванням алюмокалієвого галуна червона колірна нота тут менше виражена. Адже в алюмокалієвому варіанті колір зразка – насичений коричневий.

При поєднанні фарбування корою сливи із протравлюванням за допомогою алюмоамонійного галуна так само відмічене зменшення суми RGB-кольорів на тлі збільшення відсотка червоної компоненти за рахунок зеленої та синьої порівняно з контролем. Але зменшення суми RGB-кольорів в цьому варіанті значно поступається її зменшенню у варіанті з додаванням алюмокалієвого галуна. Хоча відсотковий зсув в бік червоного тут виражений дещо сильніше і в основному за рахунок зменшення синьої компоненти.

При додаванні алюмоамонійного галуна до фарбувального розчину з кори яблуні сума RGB-кольорів зменшується в 1,5 рази. При цьому зростає відсотковий внесок червоної та зеленої компоненти за рахунок синьої. «Приглушення» синьої компоненти в цьому варіанті проявляється в заміні кольору Акара в контролі на золотисто-коричневий в даному варіанті.

Нарешті, розглянемо дію того ж самого алюмоамонійного галуна, але за умов дводобової пролонгованої витримки зразка у фарбувальному розчині (табл. 3.26).

Таблиця 3.26 RGB-профіль лляних зразків, пофарбованих корою плодових дерев одночасно з протравлюванням алюмоамонійним галуном та з пролонгацією 2 доби

Назва виду Код RGB	Тканина	Назва кольору RGB	R	G	B	Σ
Вишня звичайна (<i>Prunus cerasus</i> L.) #a5947a		DonkeyBrown Ослячий коричневий (сіро-коричневий)	165 37, 9%	148 34, 0%	122 28, 0%	43 5
Груша звичайна (<i>Pyrus communis</i> L.) #9c8d76		PaleOyster Бліда устриця (світло-бежевий із рожевим відтінком)	156 37, 5%	141 33, 9%	118 28, 4%	41 5
Слива домашня (<i>Prunus domestica</i> L.) #8c7153		Shadow Тінь (холодний темно-сірий)	140 41, 6%	113 33, 6%	83 24, 7%	33 6
Яблуня домашня (<i>Malus domestica</i> Borkh.) #5d461b		WestCoast Західне узбережжя (піщано-сірий)	93 48, 9%	70 36, 8%	27 14, 2%	19 0

У всіх дослідних варіантах при пролонгації відмічене зменшення суми RGB-кольорів порівняно з контролем. Але при фарбуванні корою яблуні це зменшення найбільш відчутне – більше, ніж в три рази. При цьому пролонговане фарбування з корою яблуні дає найбільший зсув відсоткової пропорції в бік

червоної компоненти, який відбувається за рахунок значного зменшення синьої. При пролонгованому застосуванні кори вишні відсоткова пропорція кольорів майже не змінюється порівняно з контролем, а при пролонгованому застосуванні кори груші і сливи зафіксовано зсув в бік червоної компоненти в основному за рахунок зменшення синьої.



ВИСНОВКИ

1. Встановлені оптимальні параметри для спектрофотометричного аналізу фарбувальних розчинів з кори дерев, які дозволяють одержувати оптичну густину, що не перевищує одиницю: наважка подрібненої кори – 30 г, об'єм дистильованої води для проварювання лляних зразків – 1 літр, розведення для спектрофотометрії – 10-кратне, наважка галунів – 2 г.

2. Доведено трансформуючий вплив алюмокалієвого та алюмоамонійного галунів на оптичну густину фарбувальних розчинів з кори досліджених дерев.

3. Для фарбувальних розчинів з кори різних дерев встановлено вид галуна з максимальним збільшенням оптичної густини:

- *алюмоамонійний з пролонгацією* – ясен звичайний, липа дрібнолиста, клен звичайний, вишня звичайна;
- *алюмоамонійний без пролонгації* – верба плакуча, слива домашня, яблуня домашня;
- *алюмокалієвий галун* на відтинку 380-530 нм – груша звичайна.

4. Встановлено приклади інверсії оптичної густини порівнюваних фарбувальних розчинів (ФР), коли на одному відтинку видимого діапазону хвиль більшу оптичну густину дає один з порівнюваних фарбувальних розчинів, а на другому – інший:

- для ФР з кори верби плакучої – між варіантами з пролонгованим застосуванням алюмоамонійного галуна та без галуна (точка інверсії 425 нм);

- для ФР з кори груші звичайної та сливи домашньої – для варіантів з алюмокалієвим галуном та варіантом без галуна (точки інверсії 530 нм та 445 нм відповідно);

- для ФР з кори яблуні домашньої – для варіантів з пролонгованим і непродлонгованим застосуванням алюмоамонійного галуна (точка інверсії 475 нм).

5. Показано, що у випадку інверсії протравлювач дає більшу оптичну густину в діапазоні більш коротких хвиль, а ФР розчин без галуна – в діапазоні більш довгих.

6. Для фарбувальних розчинів з кори досліджених дерев зафіксовано такий спадний ряд відсоткового внеску колірних компонентів RGB-профілю: червоний>зелений>синій.

7. Додавання протравлювачів здебільшого зменшує суму колірних компонентів RGB-профілю порівняння з контрольним варіантом (без протравлювання), що візуально виявляється в інтенсивнішому і темнішому забарвленні.

8. Протравлювачі незначно збільшують відсотковий внесок червоної компоненти RGB профілю за рахунок синьої.

9. Додавання галунів змінює колір лляного зразка за міжнародною класифікацією RGB.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЛІТЕРАТУРИ

1. Ляшок І. О., Іщенко О. В., Жукова О. Г., Полушкін М. М., Ляшок М. О. Екологічні перспективи застосування рослинних барвників. У кн.: Освіта для сталого майбутнього: екологічні, технологічні, економічні і соціокультурні питання. К.: КНУТД, 2024. С. 110–114.
2. Мартосенко М. Г., Пахолюк О. В., Семак З. М. Роль рослинного барвника і протравлювача у формуванні колірної гама забарвлень целюлозомістких текстильних матеріалів. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2010. Вип. 4. С. 217–220.
3. Рижкова Т. М., Гейда І. М. Розробка технологій отримання натуральних барвників з сухої рослинної сировини та із спецій. Методичні вказівки для студентів 1 курсу з вибіркової дисципліни «Індустрія препаратів рослинного та тваринного походження». Державний біотехнологічний університет. Харків, 2023. С. 3–16.
4. Самілик М. М. Розроблення безвідходної технології одержання натуральних барвників із рослинної сировини. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія «Технічні науки»*. 2022. Т. 1. С. 49–54.
5. A natural dye from agricultural waste of *Nypa fruticans* husk / F. A. Putro et al. *12th international seminar on new paradigm and innovation on natural sciences and its applications (12th isnpinsa): Contribution of Science and Technology in the Changing World*, Semarang, Indonesia. 2024. URL: <https://doi.org/10.1063/5.0211286> (Last accessed: 11.04.2025).
6. Adeel S., Amin N., Rehman F., Ahmad T., Batool F., Hassan A. Sustainable Isolation of Natural Dyes from Plant Wastes for Textiles. *Recycling from Waste in Fashion and Textiles: A Sustainable and Circular Economic Approach*. 2020. Chapter 17. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781119620532.ch17> (Last accessed: 11.04.2025).

7. Ansari T. N., Iqbal S. and Barhanpurkar S. Ecofriendly Dyeing with *Senegalia catechu* using biomordant. *International Journal of Creative Research Thoughts*. 2018. 6(1). P. 1351–1354.
8. Arora J., Agarwal P., Gupta G. Rainbow of Natural Dyes on Textiles Using Plants Extracts: Sustainable and Eco-Friendly Processes. *Green and Sustainable Chemistry*. 2017. Vol. 07, no. 01. P. 35–47.
9. Bechtold T., Mussak R., Mahmud-Ali A., Ganglberger E., Geissler S. Extraction of natural dyes for textile dyeing from coloured plant wastes released from the food and beverage industry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2005. Vol. 86 (2). P. 233–242.
10. Chungkrang L., Bhuyan S., Phukan A. R. Natural Dyes: Extraction and Applications. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2021. Vol. 10. №1. P. 1669–1677.
11. Commission Regulation (EU) 2018/1513 of 10 October 2018 amending Annex XVII to Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH) as regards certain substances classified as carcinogenic, mutagenic or toxic for reproduction (CMR), category 1A or 1B. *Official Journal*. 2018. L 256, Document 32018R1513. P. 1–7.
12. Divya, K. R., Louis J. Studies on Environment Friendly Dyes Obtained from Waste Flowers. *Journal of Advances in Biological Science*. 2017. Vol. 4 (2). P. 76–80.
13. Dumitrescu I., Visileanu E., Niculescu M., Vasile P., Cosmin V., Bercea V., Manea S., Tamaş V., Pricop F. Obtaining of natural dyes from plants and vegetable waste. 2003. Part I. 54. P. 89–96.
14. Fonseca F. D., Symochko L., Pinheiro M. N. C. Grape Pomace (*Vitis vinifera* L.) Waste Valorization: Assessing Its Potential as a Sustainable Natural Dye for Textiles Applications. *Sustainability*. 2024. Vol. 16 (8). 3167 p.

15. Gokiladevi R., P. Ellampirai M., RameshKumar A., Srivignesh S., Rama Krishna K. Natural colour extraction from horticultural crops, advancements, and applications—a review. *Natural Product Research*. 2023. P. 1–19.
16. Guha A. K. A Review on Sources and Application of Natural Dyes in Textiles. *International Journal of Textile Science*. 2019. 8 (2). P. 38–40.
17. Hatcher A. Exploring Natural Dyes: A Wealth of Color from Your Compost. *Spinoff*. URL: <https://spinoffmagazine.com/exploring-natural-dyes-a-wealth-of-color-from-your-compost/> (Last accessed: 09.04.2025).
18. Hill D., Eggers U., & Vetter A. Cultivation and extraction of natural dyes for industrial use in natural textiles production. natural textiles production. European Commission. (2000). URL: <https://cordis.europa.eu/project/id/AIR20981> (Last accessed: 11.04.2025).
19. Jameel M., Umar K., Parveen T., Ismail Iqbal M. I., Qari Huda A., Yaqoob A. Ali, Ibrahim M. Nasir M. Extraction of natural dyes from agro-industrial waste. *A Green and Sustainable Approach*. 2023. Chapter 12. P. 197–216.
20. Joshi R. K. and Kuriyal S. K. Review Dyeing textiles with the eco-friendly natural dyes: A brief review. *International Journal of Global Science Research*. 2023. Vol. 1, Is. 1. P. 2052–2060.
21. Kiran D. A., Kavitha Halappa. Review on Flower Waste Management and its Conversion to Value Added Products to Conserve Environment. *Conference: International Conference on Sustainability and New Paradigms in Civil Engineering, Bangalore, 2020*. 126 p.
22. Kumar R., Ramratan, Kumar A., Uttam D. To study natural herbal dyes on cotton fabric to improve the colour fastness and absorbency for mance. *Journal of Textile Engineering & Fashion Technology*. 2021. Vol. 7 (2). P. 51–55.
23. Murani V., Joshi K., Sharma K. R., Dave A. A Brief Review On: Extraction of Natural Dyes from Barks of Mangrove and Walnut Tree and their Applications. *International Journal of Science and Research (IJSR)*. 2020. Vol. 9(11). P. 669–673.

24. Non-food applications of natural dyes extracted from agro-food residues: A critical review / Phan K. et al. *Journal of Cleaner Production*. 2021. Vol. 301, 126920.
25. Oforghor A. O., Usman A., Nasiru L. U. Dyeing Properties of Natural Dyes Extracted from Shea Butter Tree Bark (*Vitellaria paradoxa*). *Asian Journal of Basic Science & Research*. 2023. Vol. 5(2). P. 60–72.
26. Patel Shweta, Pandey Ritu, Gupta Harshita, Kambo Neelu, Bhargava Abha. Ecofriendly dyeing of Linen Fabric with Binary Mixture of Natural Dyes. *Research & Reviews: Journal of Herbal Science*. 2017. Vol. 6, Is. 2. P. 1–5.
27. Popescu V., Blaga A. C., Pruneanu M., Cristian I. N., Pislaru M., Popescu A., Rotaru V., Cretescu I., Cascaval D. Green Chemistry in the Extraction of Natural Dyes from Colored Food Waste, for Dyeing Protein Textile Materials. *Polymers*. 2021. Vol. 13 (22), 3867.
28. Prabhu K. H., Bhute A. S. Plant based natural dyes and mordants: A Review. *Scholars Research Library*. 2012. Vol: 2 (6). P. 649–664. Roquero A. A. Return to the use of natural dyes cultivation of dye plants and recycling of forestry and agricultural waste for artisanal and industrial dyeing. *IDEASS Innovation for Development and South-South Cooperation*. P. 2–9.
29. Saefudin, Basri E. Effect of mordant on color performance of bark extract from and species for fabric dye. 2nd International Conference on Tropical Wetland Biodiversity and Conservation. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2022. P. 1–7.
30. Shabbir M., Islam S. Ul, Bukhari M. N., Rather L. J., Khan M. A., Mohammad F. Application of Terminalia chebula natural dye on wool fiber—evaluation of color and fastness properties. *Textiles and Clothing Sustainability*. 2016. Vol. 2 (1).
31. Singhee D. Review on Natural Dyes for Textiles from Wastes. *Chemistry and Technology of Natural and Synthetic Dyes and Pigments*. 2020.
32. Sofyan S., Failisnur F. and Silfia S. The Effect of Type and Method of Mordant Towards Cotton Fabric Dyeing Quality Using Jengkol (*Archidendron jiringa*) Pod Waste. *Jurnal Litbang Industri*. 2018. 8(1). P. 1–9.

33. Teklemedhin T. B. and Gopalakrishnan L. H. Environmental Friendly Dyeing of SilkFabric with Natural Dye Extracted from Cassia singueana Plant. *Journal of Textile Science & Engineering*. 2018. S3. P. 2–6.
34. Trejo H. X., Trejo N. K., Lewis T. L. Sustaining Natural Dye Plants with Post-Consumer Textile Waste. *AATCC Journal of Research*. 2024. P. 194–207.



ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А.1 – Дані спектрофотометричного аналізу фарбувальних розчинів з кори *Salix babylonica* L. при 10-кратному розведенні

Довжина хвилі (нм)	Номери та умовні скорочені назв варіантів				
	№95	№96	№97	№98	№104
	Матр 10	Б/Г 10	АК 10	АМ 10	АМ2 10
750	0,022082	0,037035	0,037716	0,045451	0,032668
745	0,023556	0,03907	0,038901	0,047373	0,034013
740	0,024388	0,039367	0,039391	0,048867	0,033497
735	0,023485	0,040284	0,040943	0,050506	0,034606
730	0,024774	0,041221	0,043292	0,051351	0,034747
725	0,023556	0,041603	0,042327	0,052429	0,034478
720	0,024852	0,042645	0,043675	0,053367	0,035889
715	0,025689	0,043738	0,04518	0,05499	0,036222
710	0,024516	0,042535	0,045253	0,054374	0,034595
705	0,026337	0,044015	0,046944	0,056147	0,036999
700	0,025388	0,044822	0,046931	0,057274	0,03682
695	0,025636	0,045355	0,047642	0,058037	0,03744
690	0,028503	0,047544	0,050596	0,060379	0,039088
685	0,027345	0,048193	0,049073	0,06153	0,038525
680	0,027962	0,048146	0,050681	0,06219	0,039443
675	0,028316	0,048973	0,052462	0,063638	0,03977
670	0,028491	0,050656	0,053294	0,066042	0,040304
665	0,029678	0,052456	0,054475	0,068668	0,041352
660	0,029621	0,052521	0,055897	0,068429	0,041077
655	0,030771	0,05388	0,057205	0,071266	0,04215
650	0,029537	0,054492	0,057544	0,071286	0,042096
645	0,030613	0,055002	0,058616	0,074052	0,042667
640	0,032208	0,057073	0,061358	0,075794	0,044379
635	0,032847	0,058881	0,062821	0,078382	0,045172
630	0,033525	0,059015	0,064455	0,080634	0,046173
625	0,034012	0,061136	0,066705	0,082825	0,046995
620	0,034165	0,062698	0,067364	0,084916	0,047154
615	0,034495	0,064501	0,070083	0,087086	0,047659
610	0,035953	0,067425	0,072173	0,091151	0,049541
605	0,035461	0,069313	0,074696	0,093169	0,050667
600	0,036131	0,071467	0,077371	0,097011	0,051933
595	0,038242	0,074363	0,080758	0,100463	0,05358
590	0,038293	0,077568	0,08326	0,104453	0,05494
585	0,039497	0,080428	0,086468	0,108562	0,056287
580	0,040846	0,083763	0,090331	0,113444	0,059044

575	0,040925	0,086412	0,093217	0,118147	0,060327
570	0,041869	0,08951	0,096645	0,122819	0,0621
565	0,043043	0,092968	0,100934	0,127985	0,065459
560	0,044038	0,096912	0,104937	0,133712	0,066745
555	0,045333	0,10182	0,109794	0,139067	0,069222
550	0,046046	0,106381	0,114218	0,145251	0,0723
545	0,047617	0,111192	0,11945	0,152323	0,074483
540	0,047813	0,11536	0,125321	0,159667	0,077671
535	0,049936	0,120426	0,131108	0,168027	0,081263
530	0,051247	0,125504	0,138507	0,177176	0,085475
525	0,052259	0,129684	0,145594	0,18613	0,08927
520	0,054118	0,133724	0,153183	0,197072	0,093837
515	0,055098	0,137743	0,161651	0,205872	0,098577
510	0,056508	0,141116	0,168784	0,215925	0,103361
505	0,058144	0,144161	0,175021	0,225958	0,107985
500	0,059035	0,147587	0,182405	0,235205	0,11226
495	0,06045	0,149401	0,188775	0,24276	0,116199
490	0,061355	0,151757	0,194285	0,250351	0,120222
485	0,062275	0,154409	0,200003	0,257323	0,123526
480	0,063562	0,156822	0,206145	0,265141	0,128267
475	0,065106	0,159791	0,211699	0,273355	0,13251
470	0,066169	0,163466	0,219269	0,282958	0,137922
465	0,067724	0,167476	0,227341	0,292911	0,143997
460	0,069879	0,172631	0,236004	0,304295	0,149833
455	0,071578	0,178684	0,24717	0,318147	0,158663
450	0,073279	0,186393	0,259199	0,334738	0,167569
445	0,075262	0,193875	0,271842	0,351371	0,177559
440	0,078174	0,200443	0,286018	0,368575	0,188613
435	0,081239	0,20866	0,299412	0,384785	0,201676
430	0,084004	0,21567	0,311635	0,403461	0,213678
425	0,085793	0,222569	0,324731	0,418416	0,227093
420	0,088822	0,229748	0,336486	0,434062	0,23989
415	0,092143	0,237618	0,348087	0,451575	0,253264
410	0,096037	0,246384	0,361398	0,467634	0,269461
405	0,099578	0,255539	0,373542	0,484321	0,283209
400	0,104719	0,266063	0,387597	0,502617	0,299407
395	0,109455	0,278199	0,402116	0,519882	0,315194
390	0,114432	0,290467	0,417952	0,541087	0,331918
385	0,12071	0,30561	0,433114	0,562104	0,351539
380	0,127105	0,319937	0,449675	0,582242	0,365443

Таблиця А.2 – Дані спектрофотометричного аналізу фарбувальних розчинів з кори *Salix babylonica* L. при 100-кратному розведенні

Довжина хвилі, нм	Номери та умовні скорочені назв варіантів			
	№99	№100	№101	№102
	Матр_100	Б/г_100	АК_100	АМ_100
750	0,001055	0,008974	0,006004	0,005656
745	0,00305	0,00759	0,006587	0,006298
740	0,002044	0,008927	0,007547	0,007078
735	0,003418	0,009829	0,006419	0,006399
730	0,003536	0,009826	0,008059	0,007896
725	0,002843	0,008637	0,007084	0,006411
720	0,003539	0,01011	0,007025	0,007817
715	0,003529	0,010962	0,008374	0,008029
710	0,002061	0,010011	0,008013	0,006647
705	0,003935	0,010493	0,008757	0,008523
700	0,002354	0,01022	0,007474	0,007537
695	0,002205	0,009799	0,008029	0,008561
690	0,00364	0,011636	0,008315	0,008432
685	0,002088	0,010151	0,008872	0,008143
680	0,002991	0,010014	0,008553	0,00797
675	0,003658	0,010886	0,008809	0,008166
670	0,003318	0,011674	0,010075	0,009732
665	0,004192	0,012474	0,010286	0,009988
660	0,003927	0,011914	0,009534	0,00905
655	0,004436	0,012431	0,010056	0,010149
650	0,002757	0,011787	0,008343	0,00905
645	0,003685	0,01264	0,00981	0,009749
640	0,003835	0,012831	0,010339	0,010015
635	0,004235	0,0142	0,011532	0,010475
630	0,004426	0,013431	0,011191	0,010766
625	0,004895	0,014514	0,01175	0,010983
620	0,004433	0,014114	0,012038	0,011311
615	0,004255	0,014492	0,011404	0,011742
610	0,005229	0,015327	0,01224	0,012704
605	0,004935	0,01532	0,012391	0,01191
600	0,004758	0,017001	0,01254	0,012765
595	0,005576	0,017268	0,013707	0,014319
590	0,00553	0,017761	0,014007	0,014063
585	0,005449	0,017709	0,013734	0,013742
580	0,006511	0,019268	0,015218	0,015029
575	0,006016	0,019027	0,015536	0,01555
570	0,006338	0,020277	0,01541	0,01598
565	0,006464	0,021772	0,016158	0,016571
560	0,00701	0,02257	0,017122	0,017073

555	0,007712	0,023784	0,017778	0,018767
550	0,007411	0,024558	0,018144	0,018914
545	0,008272	0,026375	0,018827	0,019797
540	0,008296	0,027038	0,020051	0,020185
535	0,008854	0,028465	0,020708	0,021584
530	0,008999	0,02934	0,021407	0,02233
525	0,009521	0,030553	0,022275	0,023439
520	0,010457	0,032278	0,023646	0,025131
515	0,01038	0,032364	0,024435	0,02581
510	0,010193	0,033135	0,025263	0,026962
505	0,011143	0,034396	0,026332	0,028148
500	0,010641	0,034908	0,02762	0,0289
495	0,011096	0,03553	0,028568	0,030035
490	0,011676	0,036188	0,029133	0,031354
485	0,011521	0,035987	0,029264	0,031746
480	0,011651	0,036683	0,030485	0,03259
475	0,012093	0,037197	0,031284	0,033856
470	0,011702	0,037791	0,032366	0,035275
465	0,012815	0,039281	0,033972	0,036366
460	0,012136	0,039163	0,034811	0,037358
455	0,012733	0,040712	0,03687	0,0391
450	0,012921	0,042285	0,038151	0,04184
445	0,014183	0,043659	0,03992	0,043296
440	0,014492	0,045484	0,042688	0,046308
435	0,015712	0,046773	0,044102	0,04865
430	0,016627	0,047598	0,046051	0,05085
425	0,016309	0,048852	0,049021	0,05275
420	0,017027	0,050972	0,05007	0,055324
415	0,017126	0,050691	0,051134	0,055916
410	0,019238	0,053648	0,054274	0,059674
405	0,018962	0,055083	0,055588	0,060551
400	0,02106	0,057157	0,058541	0,064129
395	0,021503	0,059153	0,059632	0,06737
390	0,024118	0,062417	0,063226	0,069184
385	0,026291	0,064818	0,066846	0,072952
380	0,027597	0,068621	0,06883	0,075596

Таблиця А.3 – Дані спектрофотометричного аналізу фарбувальних розчинів з кори *Fraxinus excelsior* L.

Довжина хвилі, нм	Номери та умовні скорочені назв варіантів					
	№23	№19	№20	№26	№37	№39
	Мат 6	Б/г 6	АК 6	АМ1 30	АМ2_10	АМ2_100
750	0,032681	0,012347	0,020591	0,042504	0,141962	0,013874
745	0,035302	0,012817	0,02206	0,043388	0,143908	0,015692
740	0,034384	0,012712	0,02172	0,043329	0,144575	0,015685
735	0,035913	0,012674	0,022125	0,044033	0,146709	0,015155
730	0,036214	0,01373	0,022679	0,04632	0,148919	0,01653
725	0,03652	0,01374	0,023262	0,04614	0,148604	0,015424
720	0,037203	0,014535	0,023703	0,046777	0,149883	0,014835
715	0,036887	0,013872	0,023851	0,047777	0,151678	0,016335
710	0,038207	0,013338	0,02445	0,049261	0,153273	0,016125
705	0,038267	0,015136	0,024952	0,049838	0,154752	0,016541
700	0,038693	0,016029	0,02532	0,05057	0,157208	0,017616
695	0,040392	0,016808	0,026282	0,051773	0,157448	0,01774
690	0,041265	0,017089	0,027308	0,053424	0,160012	0,017786
685	0,042062	0,018717	0,028376	0,055549	0,160549	0,017524
680	0,041774	0,018168	0,028909	0,05486	0,16151	0,017324
675	0,04307	0,018564	0,028671	0,055726	0,164112	0,018019
670	0,042579	0,018542	0,028382	0,056346	0,165859	0,018735
665	0,044627	0,021226	0,031086	0,058974	0,166335	0,018485
660	0,045739	0,020758	0,03099	0,060146	0,16799	0,018705
655	0,046366	0,021307	0,031915	0,061834	0,170122	0,018707
650	0,046741	0,022073	0,032287	0,062569	0,170552	0,019308
645	0,048634	0,022891	0,033919	0,06573	0,173725	0,019912
640	0,048815	0,023385	0,035017	0,065235	0,174357	0,018984
635	0,049428	0,024463	0,035957	0,067858	0,176936	0,019574
630	0,050444	0,024772	0,036551	0,068786	0,17762	0,019283
625	0,052113	0,026695	0,038162	0,070705	0,180535	0,02051
620	0,052727	0,026495	0,038874	0,071554	0,181959	0,020983
615	0,054174	0,027896	0,039944	0,073565	0,184237	0,021538
610	0,05517	0,027833	0,041261	0,075226	0,186102	0,021037
605	0,056149	0,029763	0,043016	0,077097	0,188323	0,021575
600	0,057509	0,030092	0,044062	0,078956	0,190733	0,021771
595	0,058389	0,031335	0,046132	0,080606	0,192919	0,021158
590	0,059647	0,031969	0,046035	0,081838	0,194773	0,021853
585	0,060493	0,033713	0,047891	0,083947	0,197194	0,022416
580	0,062415	0,034185	0,049292	0,086111	0,19904	0,022857
575	0,063929	0,035845	0,050791	0,088122	0,201921	0,022899
570	0,065129	0,036816	0,052317	0,090338	0,205065	0,023207
565	0,067276	0,038145	0,054313	0,092348	0,20762	0,024339
560	0,067828	0,038767	0,054211	0,094121	0,210764	0,024422
555	0,069927	0,04035	0,0561	0,096798	0,213018	0,024901
550	0,070876	0,041593	0,056835	0,098667	0,217116	0,025388

545	0,072346	0,04245	0,058205	0,100589	0,220375	0,025695
540	0,0744	0,0444	0,059917	0,103734	0,224007	0,026654
535	0,075526	0,045722	0,061384	0,106201	0,228265	0,027191
530	0,077577	0,047454	0,062364	0,108995	0,232893	0,027522
525	0,079039	0,048951	0,063435	0,111452	0,236228	0,028104
520	0,080708	0,050556	0,064892	0,113688	0,241583	0,02895
515	0,083121	0,052703	0,066651	0,116907	0,247091	0,029551
510	0,084455	0,054967	0,068196	0,120597	0,251376	0,029841
505	0,086432	0,057154	0,070113	0,123982	0,257406	0,030669
500	0,089978	0,059651	0,072804	0,127244	0,263157	0,032096
495	0,091121	0,061578	0,073315	0,130062	0,269752	0,03273
490	0,094699	0,065267	0,076674	0,134268	0,27645	0,033342
485	0,09703	0,068004	0,07916	0,137875	0,28337	0,033155
480	0,10014	0,071234	0,082011	0,142448	0,291836	0,035311
475	0,103988	0,075421	0,086036	0,147768	0,301311	0,035933
470	0,107907	0,080687	0,09151	0,152844	0,313823	0,037885
465	0,111659	0,085823	0,097584	0,159461	0,328018	0,039104
460	0,115021	0,092279	0,106297	0,167322	0,34502	0,042545
455	0,121328	0,100982	0,119481	0,176444	0,369698	0,045382
450	0,126726	0,110224	0,135228	0,188351	0,401368	0,049778
445	0,132727	0,125303	0,156207	0,203496	0,442634	0,055595
440	0,142707	0,144849	0,18871	0,224637	0,497349	0,06267
435	0,154035	0,174374	0,227781	0,249185	0,569346	0,075128
430	0,170906	0,216367	0,28675	0,285834	0,667995	0,088597
425	0,195263	0,278302	0,374153	0,332514	0,810992	0,109557
420	0,225661	0,365005	0,484361	0,393841	0,986005	0,136049
415	0,262746	0,472166	0,648762	0,47288	1,236135	0,173424
410	0,308552	0,598283	0,860279	0,575027	1,555852	0,222995
405	0,35911	0,736416	1,139884	0,700856	1,903162	0,28351
400	0,412315	0,870709	1,465442	0,860281	2,375071	0,359268
395	0,468008	1,00524	1,869784	1,035097	2,85551	0,451934
390	0,542894	1,140506	2,335156	1,256182	3,256635	0,554455
385	0,667545	1,325278	2,92277	1,535155	3,89724	0,675767
380	0,88719	1,597322	3,485454	1,893911	4,008115	0,825479

Таблиця А.4 – Дані спектрофотометричного аналізу фарбувальних розчинів з кори *Tilia cordata* Mill.

Довжина хвилі, нм	Номери та умовні скорочені назв варіантів					
	№21	№22	№24	№25	№38	№40
	Матр 3	АК 3	АМ 6	Б/Г 3	АМ2 10	АМ2 100
750	0,02912	0,006077	0,035333	0,0069	0,058276	0,011601
745	0,028834	0,006008	0,034745	0,00664	0,060157	0,013277
740	0,028698	0,006795	0,035737	0,006138	0,060755	0,013131
735	0,030105	0,006296	0,036666	0,006185	0,061223	0,013207
730	0,031123	0,007148	0,037323	0,007102	0,062814	0,013908
725	0,03054	0,00689	0,037389	0,006757	0,062935	0,012503
720	0,031064	0,00739	0,037931	0,006903	0,063079	0,013232
715	0,03211	0,007628	0,037548	0,006801	0,064733	0,013481
710	0,030274	0,007858	0,037998	0,007613	0,064246	0,013699
705	0,032722	0,007632	0,038739	0,006851	0,065743	0,013493
700	0,033426	0,008093	0,039604	0,007525	0,066882	0,014146
695	0,034011	0,008356	0,039844	0,007352	0,067411	0,014313
690	0,034806	0,008194	0,04154	0,007973	0,067972	0,014857
685	0,036366	0,009899	0,042475	0,009821	0,068754	0,014743
680	0,03618	0,008602	0,041673	0,00858	0,068538	0,014789
675	0,036157	0,008546	0,041976	0,008068	0,070425	0,015634
670	0,035234	0,008349	0,042358	0,008029	0,070554	0,015665
665	0,036604	0,009727	0,043592	0,008826	0,070932	0,015573
660	0,038006	0,009567	0,043688	0,009406	0,071633	0,015779
655	0,038929	0,010028	0,04401	0,00986	0,072764	0,015552
650	0,040361	0,01012	0,044324	0,00897	0,074122	0,016043
645	0,040785	0,010767	0,04534	0,009591	0,074164	0,01593
640	0,041379	0,010702	0,045245	0,01009	0,075038	0,015964
635	0,042255	0,010697	0,046658	0,010141	0,076505	0,016656
630	0,042691	0,011073	0,047314	0,011279	0,0776	0,016486
625	0,043863	0,012318	0,047894	0,011771	0,079135	0,017322
620	0,043866	0,011619	0,048345	0,010953	0,07949	0,017226
615	0,04558	0,012706	0,049001	0,01208	0,080788	0,017967
610	0,046387	0,012482	0,049675	0,012228	0,080823	0,017155
605	0,047386	0,013898	0,05048	0,012514	0,082513	0,017941
600	0,048567	0,013577	0,051193	0,013198	0,083858	0,018061
595	0,04972	0,015633	0,053066	0,013836	0,085178	0,018229
590	0,050487	0,014561	0,052895	0,013399	0,086324	0,018303
585	0,051774	0,016313	0,053866	0,014357	0,088264	0,01886
580	0,053677	0,016751	0,056028	0,014986	0,089503	0,01934
575	0,054805	0,017558	0,057518	0,016513	0,09073	0,019663
570	0,056513	0,018308	0,058524	0,017155	0,092346	0,01958
565	0,058763	0,019685	0,060882	0,018417	0,094886	0,020786
560	0,059813	0,019843	0,061356	0,018563	0,096155	0,020272
555	0,061894	0,021003	0,06375	0,019786	0,098002	0,020805
550	0,063392	0,021202	0,065309	0,020843	0,100287	0,020974

545	0,066222	0,022061	0,067829	0,021799	0,102982	0,021902
540	0,068088	0,023528	0,070188	0,023567	0,105664	0,022099
535	0,070259	0,024972	0,07294	0,024635	0,109061	0,023107
530	0,072603	0,026718	0,075988	0,026258	0,112013	0,023063
525	0,074459	0,027296	0,078915	0,027744	0,115326	0,023008
520	0,075676	0,028742	0,082378	0,028566	0,118976	0,024134
515	0,077778	0,030852	0,086111	0,030576	0,123596	0,024958
510	0,079435	0,033318	0,090647	0,031879	0,126704	0,024901
505	0,081122	0,034242	0,09385	0,032539	0,130435	0,025512
500	0,084096	0,036692	0,097503	0,035064	0,134682	0,026177
495	0,084578	0,037493	0,100617	0,0355	0,139112	0,026963
490	0,086947	0,039584	0,104555	0,038181	0,142436	0,027542
485	0,087742	0,040222	0,108077	0,039288	0,146071	0,026889
480	0,088405	0,040496	0,110971	0,039768	0,150939	0,028258
475	0,090525	0,04288	0,115913	0,0418	0,155536	0,028397
470	0,092255	0,044306	0,120886	0,043684	0,161296	0,028857
465	0,095105	0,047477	0,12736	0,045839	0,167885	0,030169
460	0,097571	0,049343	0,134437	0,047574	0,177646	0,032087
455	0,101087	0,053986	0,145023	0,05092	0,1883	0,032751
450	0,105642	0,058653	0,156344	0,053607	0,201888	0,034018
445	0,110111	0,062086	0,169369	0,05559	0,215473	0,035371
440	0,115261	0,068702	0,185434	0,060085	0,230574	0,036908
435	0,120981	0,073609	0,198936	0,062702	0,246358	0,039768
430	0,127329	0,078806	0,214095	0,066488	0,261931	0,039815
425	0,135813	0,083419	0,227513	0,070731	0,274025	0,041461
420	0,14579	0,089064	0,241681	0,075394	0,286679	0,043509
415	0,156349	0,092861	0,254576	0,081054	0,299095	0,044967
410	0,169713	0,09684	0,266619	0,087511	0,307218	0,04675
405	0,182987	0,102633	0,281083	0,096603	0,315913	0,046527
400	0,197374	0,105852	0,295607	0,103003	0,325856	0,049625
395	0,210305	0,111286	0,310376	0,112446	0,332079	0,05066
390	0,222346	0,116802	0,325223	0,123791	0,341341	0,052187
385	0,235719	0,122325	0,344979	0,138586	0,348879	0,053101
380	0,251245	0,130293	0,367996	0,157218	0,364487	0,056213

Таблиця А.5 – Дані спектрофотометричного аналізу фарбувальних розчинів з кори *Acer platanoides* L.

Довжин а хвилі, нм	Номери та умовні скорочені назв варіантів								
	№35	№72	№73	№74	№76	№77	№78	№87	№91
	Матр 50	АМ 10	АК 10	АМ2 10	АМ 100	АК 100	АМ2 100	Б/г 10	Б/г 100
750	0,008443	0,019746	0,01391	0,016003	0,005373	0,001662	0,000471	0,0179	0,003743
745	0,008308	0,020768	0,014061	0,017076	0,006679	0,002246	0,001993	0,019023	0,004048
740	0,008278	0,021594	0,015069	0,017864	0,006939	0,002668	0,00192	0,019193	0,005175
735	0,008892	0,021907	0,014854	0,017754	0,006481	0,002341	0,002608	0,018546	0,004878
730	0,010038	0,023608	0,015619	0,019322	0,00708	0,002602	0,002945	0,020431	0,005669
725	0,009345	0,022368	0,014989	0,018636	0,006775	0,00225	0,001557	0,019381	0,004911
720	0,00921	0,024219	0,016011	0,018843	0,007885	0,003092	0,00282	0,020225	0,00575
715	0,010242	0,024738	0,016653	0,020228	0,008116	0,003265	0,003595	0,021245	0,005406
710	0,009422	0,024222	0,014562	0,018578	0,006677	0,001897	0,000546	0,02381	0,005678
705	0,009938	0,025849	0,017575	0,020724	0,008446	0,002787	0,003487	0,02154	0,00555
700	0,011275	0,026182	0,017045	0,020258	0,006857	0,00248	0,002172	0,019917	0,00495
695	0,010561	0,026441	0,016823	0,020807	0,009062	0,002778	0,002874	0,020986	0,005889
690	0,0108	0,027832	0,018848	0,02198	0,008839	0,003246	0,00362	0,022309	0,006923
685	0,011134	0,026853	0,017354	0,022371	0,007495	0,002671	0,002248	0,021629	0,005422
680	0,01106	0,028188	0,018194	0,02144	0,00759	0,001969	0,002585	0,021407	0,005831
675	0,01186	0,0292	0,019149	0,023026	0,008833	0,002812	0,004056	0,023523	0,005875
670	0,012624	0,029478	0,021295	0,02391	0,009526	0,004108	0,003553	0,023722	0,00634
665	0,012065	0,03143	0,020997	0,025592	0,009662	0,00386	0,00362	0,023811	0,007133
660	0,012471	0,031661	0,021024	0,024892	0,009402	0,003456	0,003165	0,024008	0,006517
655	0,012939	0,032819	0,022847	0,027023	0,010577	0,003828	0,003232	0,025125	0,008267
650	0,013285	0,032415	0,02087	0,026846	0,009111	0,002805	0,003287	0,023038	0,00608
645	0,013177	0,034311	0,022475	0,027953	0,010165	0,003963	0,003285	0,025024	0,007157
640	0,013144	0,03498	0,023435	0,029324	0,010494	0,004373	0,004077	0,025365	0,006786
635	0,01415	0,035854	0,023902	0,030718	0,010441	0,00481	0,004118	0,02556	0,007318
630	0,013673	0,037119	0,025056	0,03185	0,010663	0,004066	0,004673	0,026571	0,007552
625	0,014767	0,037877	0,026161	0,033299	0,011707	0,004512	0,005332	0,028192	0,008478
620	0,015017	0,038696	0,025865	0,03353	0,01064	0,003611	0,00415	0,027152	0,00753
615	0,015009	0,039777	0,026786	0,034546	0,01091	0,004027	0,004606	0,028642	0,008329
610	0,015267	0,040902	0,028009	0,036517	0,011565	0,004918	0,004735	0,028713	0,008604
605	0,015607	0,041428	0,028199	0,036936	0,010889	0,00485	0,004334	0,029137	0,008285
600	0,015831	0,042434	0,029971	0,03869	0,011592	0,004789	0,006552	0,029528	0,00918
595	0,016756	0,043768	0,031046	0,040449	0,012481	0,005745	0,006034	0,030588	0,009996
590	0,016323	0,044971	0,031861	0,042031	0,012579	0,005408	0,005536	0,031131	0,009796
585	0,016674	0,04606	0,033167	0,043257	0,012741	0,004941	0,005413	0,031897	0,009243
580	0,01726	0,047968	0,034303	0,045108	0,013604	0,006025	0,006343	0,033946	0,010487
575	0,018075	0,049096	0,034909	0,046575	0,01307	0,005994	0,006277	0,034629	0,009788
570	0,018291	0,050012	0,036154	0,047669	0,01355	0,005962	0,006367	0,035263	0,010446
565	0,019123	0,051377	0,037382	0,049601	0,01387	0,006065	0,006883	0,035346	0,010862
560	0,018996	0,053002	0,038666	0,051168	0,013656	0,006209	0,006485	0,037273	0,010473
555	0,019895	0,054457	0,040385	0,053709	0,014909	0,007033	0,007304	0,038276	0,011449

550	0,021204	0,056237	0,041122	0,054448	0,014425	0,006722	0,006926	0,038966	0,011212
545	0,021579	0,05849	0,04315	0,057768	0,015053	0,006689	0,007386	0,040347	0,011548
540	0,022453	0,060338	0,044484	0,059408	0,015308	0,007135	0,00746	0,041505	0,011531
535	0,023614	0,063694	0,046705	0,062863	0,015566	0,007581	0,008606	0,043227	0,012266
530	0,024776	0,066404	0,048912	0,065763	0,015904	0,008036	0,008411	0,044222	0,012233
525	0,025963	0,069906	0,051427	0,069149	0,016337	0,00832	0,008613	0,047747	0,012986
520	0,028516	0,074173	0,054579	0,073634	0,017377	0,008949	0,009567	0,050168	0,013497
515	0,030793	0,077541	0,057281	0,078245	0,017539	0,009408	0,010262	0,05251	0,01422
510	0,033484	0,081994	0,060528	0,083168	0,017985	0,009538	0,011021	0,055983	0,014687
505	0,035755	0,086141	0,064336	0,087666	0,019042	0,010292	0,011596	0,059874	0,015595
500	0,038726	0,091421	0,06765	0,092918	0,019195	0,010885	0,012344	0,06248	0,016648
495	0,040079	0,096008	0,071355	0,098075	0,020469	0,011032	0,012562	0,06723	0,017369
490	0,040659	0,09985	0,074891	0,102874	0,020346	0,011512	0,013134	0,071339	0,017962
485	0,040294	0,103839	0,078054	0,107906	0,02047	0,01154	0,01402	0,07377	0,018261
480	0,041656	0,108807	0,081443	0,113454	0,021773	0,012496	0,014607	0,079005	0,018704
475	0,041596	0,113854	0,085161	0,118768	0,021624	0,012507	0,015572	0,082513	0,01956
470	0,042014	0,119518	0,089618	0,125211	0,022578	0,013678	0,015636	0,087327	0,020306
465	0,042472	0,127179	0,094278	0,132514	0,024251	0,015023	0,017528	0,09116	0,021184
460	0,044634	0,132879	0,098639	0,138973	0,024197	0,015393	0,01845	0,095541	0,02297
455	0,045781	0,140182	0,102573	0,145827	0,02509	0,015587	0,018014	0,098878	0,022187
450	0,046419	0,147967	0,107569	0,152422	0,026289	0,016268	0,020068	0,102452	0,022507
445	0,047472	0,155088	0,111273	0,159947	0,027268	0,016426	0,021041	0,104378	0,023851
440	0,049809	0,16258	0,115097	0,166107	0,028381	0,017335	0,021703	0,107269	0,023792
435	0,05273	0,168412	0,119028	0,172148	0,029837	0,018594	0,022953	0,109456	0,024486
430	0,055488	0,175213	0,122228	0,176815	0,030168	0,019011	0,023998	0,11074	0,025244
425	0,058432	0,181899	0,125287	0,183241	0,03029	0,019195	0,024662	0,112904	0,026605
420	0,064308	0,188249	0,12958	0,189812	0,032683	0,019753	0,02493	0,116214	0,027042
415	0,072488	0,194891	0,134058	0,197305	0,032653	0,019847	0,024984	0,119062	0,027025
410	0,079542	0,202771	0,138749	0,206681	0,034934	0,021577	0,027522	0,12473	0,028777
405	0,088465	0,209629	0,142495	0,215345	0,035866	0,021757	0,027845	0,131643	0,028682
400	0,098048	0,217599	0,149923	0,224945	0,038218	0,023259	0,030034	0,139342	0,031541
395	0,104588	0,22478	0,155293	0,235292	0,03872	0,023448	0,0301	0,144585	0,031519
390	0,111648	0,234027	0,160703	0,248178	0,040354	0,024401	0,031708	0,151722	0,032771
385	0,118034	0,245004	0,170534	0,264637	0,042475	0,026014	0,033713	0,163912	0,035158
380	0,126172	0,261423	0,181802	0,28762	0,043958	0,027793	0,035451	0,180041	0,036877

Таблиця А.6 – Дані спектрофотометричного аналізу фарбувальних розчинів з кори *Pyrus communis* L.

Довжина а хвилі, нм	Номери та умовні скорочені назв варіантів								
	№22	№55	№56	№57	№58	№59	№60	№71	№75
	Матрич_50	АМ 10	АМ 100	АК 10	АК 100	АМ2 10	АМ2 100	Б/Г 10	Б/Г 100
750	0,003357	0,011872	0,002774	0,019776	0,004808	0,009201	0,001902	0,030505	0,003298
745	0,003902	0,012389	0,004032	0,020921	0,006047	0,010051	0,002312	0,031661	0,004462
740	0,0042757	0,013405	0,003743	0,021034	0,005295	0,010539	0,002887	0,0327	0,005079
735	0,0053704	0,013666	0,003569	0,021588	0,005903	0,011438	0,003192	0,032576	0,004612
730	0,0054617	0,014338	0,004578	0,023449	0,006706	0,012426	0,003689	0,034722	0,005643
725	0,0049514	0,013919	0,003725	0,022875	0,006227	0,011494	0,003463	0,033928	0,005108
720	0,0048518	0,014647	0,00441	0,023772	0,006495	0,011732	0,003392	0,034849	0,00513
715	0,0056468	0,015286	0,005072	0,024622	0,007328	0,012158	0,004031	0,036112	0,005852
710	0,0051412	0,013667	0,003355	0,023787	0,00573	0,010828	0,003567	0,036197	0,00427
705	0,0056699	0,015845	0,004672	0,025306	0,007079	0,012478	0,004128	0,037656	0,005371
700	0,0059773	0,015075	0,003485	0,025072	0,005697	0,012168	0,003057	0,037775	0,004914
695	0,0064625	0,015268	0,004033	0,025895	0,006145	0,012831	0,004126	0,037956	0,005298
690	0,0058791	0,016613	0,004721	0,02674	0,006946	0,012599	0,003638	0,038974	0,00625
685	0,0065402	0,015364	0,00442	0,026645	0,006353	0,012587	0,002901	0,039144	0,005063
680	0,0058066	0,016692	0,004015	0,028001	0,006813	0,012854	0,003775	0,040206	0,006376
675	0,0067939	0,017591	0,004679	0,027799	0,006848	0,013413	0,004092	0,040889	0,00581
670	0,0078133	0,018286	0,005369	0,029114	0,007955	0,014193	0,004019	0,042131	0,005776
665	0,0064933	0,018581	0,004931	0,030518	0,008675	0,015407	0,005388	0,043741	0,007697
660	0,0071256	0,018614	0,004979	0,030469	0,007991	0,014414	0,004236	0,043698	0,006797
655	0,007933	0,019502	0,005225	0,032214	0,008553	0,014729	0,004933	0,044682	0,007287
650	0,0077954	0,018481	0,004257	0,031186	0,007489	0,014109	0,003841	0,044227	0,006735
645	0,0078287	0,019486	0,004548	0,032123	0,007912	0,014799	0,0038	0,045871	0,007362
640	0,0070149	0,020292	0,005664	0,034248	0,008604	0,014443	0,004242	0,046358	0,006954
635	0,0077307	0,021128	0,005576	0,03522	0,00864	0,015822	0,004888	0,048807	0,007755
630	0,0084253	0,022383	0,005738	0,036834	0,009091	0,015156	0,004791	0,049417	0,007562
625	0,0093428	0,022685	0,006334	0,037994	0,009476	0,016347	0,005692	0,050618	0,008235
620	0,0089387	0,024137	0,005424	0,038087	0,00853	0,016526	0,004931	0,050866	0,007766
615	0,0088829	0,024875	0,006128	0,039673	0,009486	0,01705	0,004967	0,05204	0,008066
610	0,0090482	0,026066	0,006691	0,042295	0,010319	0,017529	0,005226	0,054538	0,008336
605	0,0094797	0,02677	0,006205	0,042723	0,009637	0,017118	0,005557	0,054688	0,008654
600	0,0092476	0,028238	0,00655	0,044167	0,010735	0,018107	0,005191	0,055892	0,008282
595	0,0098307	0,029552	0,006982	0,046338	0,010608	0,018742	0,005804	0,058121	0,008875
590	0,0096349	0,030835	0,007416	0,04819	0,011212	0,019485	0,006306	0,059859	0,009604
585	0,0094951	0,032171	0,007623	0,049567	0,010827	0,018827	0,005785	0,060406	0,009191
580	0,0103161	0,03359	0,008285	0,052184	0,01207	0,020341	0,006587	0,063105	0,010075
575	0,0100868	0,034903	0,007409	0,053889	0,011809	0,020563	0,00662	0,064236	0,010496
570	0,0102009	0,036008	0,007747	0,055934	0,01205	0,020789	0,006642	0,065859	0,010439
565	0,0111092	0,037402	0,008322	0,059588	0,012524	0,02121	0,00639	0,068301	0,010511
560	0,0107655	0,038377	0,008337	0,062674	0,013315	0,021569	0,006497	0,069921	0,011017
555	0,0113681	0,040181	0,009435	0,065721	0,013533	0,022995	0,007172	0,072655	0,012395

550	0,0111611	0,04156	0,008968	0,069651	0,013946	0,023148	0,006895	0,075722	0,012234
545	0,0122504	0,042985	0,009004	0,074744	0,014931	0,023942	0,007611	0,079361	0,013255
540	0,012616	0,044682	0,009317	0,079804	0,014956	0,024756	0,007003	0,083215	0,01333
535	0,0127285	0,046282	0,009727	0,086769	0,016589	0,025776	0,007459	0,086658	0,014303
530	0,0131302	0,049003	0,009494	0,094332	0,016835	0,02717	0,008068	0,091062	0,014619
525	0,0136475	0,050479	0,009874	0,102118	0,018453	0,028017	0,007505	0,094675	0,015847
520	0,0142503	0,054269	0,010925	0,112057	0,019827	0,029802	0,008284	0,099524	0,016682
515	0,0142892	0,056971	0,011064	0,122064	0,020307	0,030842	0,008382	0,102774	0,017009
510	0,0141619	0,060203	0,011814	0,131105	0,021579	0,032379	0,009195	0,106024	0,017601
505	0,0150808	0,063587	0,011899	0,141439	0,0229	0,033799	0,009355	0,109179	0,017676
500	0,0160466	0,066442	0,012402	0,14961	0,02361	0,035766	0,00927	0,111313	0,018157
495	0,0161333	0,068682	0,013088	0,156668	0,024477	0,037017	0,009422	0,113371	0,018508
490	0,016234	0,071684	0,013034	0,163469	0,025115	0,037837	0,009895	0,114729	0,018461
485	0,0159552	0,073841	0,013496	0,168716	0,025657	0,039301	0,00995	0,116766	0,017965
480	0,0170455	0,076082	0,013665	0,17403	0,026532	0,040282	0,010374	0,11815	0,018535
475	0,0160648	0,078293	0,014189	0,180118	0,027366	0,042059	0,010225	0,119409	0,018541
470	0,0167026	0,081372	0,014639	0,18585	0,028391	0,043925	0,011503	0,120408	0,018958
465	0,0175022	0,084955	0,014916	0,19199	0,029255	0,046102	0,012121	0,122608	0,020007
460	0,018404	0,087157	0,015899	0,198977	0,02986	0,048277	0,011354	0,125929	0,019181
455	0,0189657	0,090656	0,015999	0,205517	0,030636	0,050409	0,011838	0,127698	0,019756
450	0,0194903	0,094861	0,016394	0,21502	0,032571	0,05465	0,01245	0,131505	0,020815
445	0,0191642	0,098914	0,017426	0,223297	0,033808	0,057303	0,012946	0,134987	0,021148
440	0,0200497	0,102379	0,01786	0,232637	0,034927	0,060274	0,014054	0,139275	0,022399
435	0,0206531	0,107004	0,019056	0,240827	0,036228	0,064066	0,015039	0,142957	0,022747
430	0,0208081	0,111281	0,020053	0,248893	0,037783	0,06824	0,014829	0,145593	0,022775
425	0,0217276	0,115517	0,020729	0,256976	0,03834	0,070375	0,016021	0,147636	0,02281
420	0,023137	0,119807	0,021446	0,263229	0,040122	0,074136	0,016211	0,150285	0,023739
415	0,0237727	0,123251	0,021746	0,270548	0,041603	0,07848	0,016036	0,152307	0,023905
410	0,0250215	0,12968	0,023061	0,280686	0,043413	0,082795	0,017669	0,155585	0,025113
405	0,0256296	0,135273	0,024004	0,289802	0,044497	0,086851	0,018194	0,157093	0,024738
400	0,0285	0,142622	0,026774	0,30348	0,047427	0,095346	0,02009	0,160486	0,026138
395	0,0312216	0,14821	0,027102	0,316012	0,050078	0,10173	0,019448	0,164399	0,026175
390	0,0325296	0,154947	0,029956	0,330491	0,053326	0,108396	0,021455	0,168658	0,026049
385	0,0342776	0,163114	0,031215	0,348985	0,057031	0,115624	0,022803	0,173563	0,027225
380	0,0396423	0,17023	0,033047	0,368651	0,060028	0,122988	0,023604	0,180263	0,028171

Таблиця А.7 – Дані спектрофотометричного аналізу фарбувальних розчинів з кори *Prunus domestica* L.

Довжина хвилі, нм	Номери та умовні скорочені назв варіантів								
	№36	№79	№80	№81	№82	№83	№84	№85	№86
	Матр 50	Б/г 10	АМ2 10	АК 10	АМ 10	Б/г 100	АМ2 100	АК 100	АМ 100
750	0,007615	0,004022	0,007534	0,005334	0,018383	-0,00019	0,000895	-0,00072	0,001087
745	0,008678	0,006043	0,010161	0,006584	0,020535	0,000142	0,001619	0,00114	0,002396
740	0,006874	0,006093	0,009144	0,006639	0,02131	0,001426	0,001968	0,001797	0,003097
735	0,00846	0,006146	0,009588	0,006945	0,021042	0,000916	0,001609	0,002112	0,002365
730	0,009147	0,007043	0,010438	0,00749	0,021346	0,000795	0,003022	0,001989	0,002778
725	0,008168	0,005484	0,0095	0,005805	0,020828	0,000735	0,001893	0,001458	0,002455
720	0,008349	0,006898	0,010089	0,007502	0,022005	0,001516	0,00207	0,002454	0,003091
715	0,009038	0,007413	0,010788	0,008107	0,022894	0,001722	0,002671	0,002323	0,00308
710	0,008981	0,006938	0,009674	0,007158	0,021233	0,000476	0,001468	0,001506	0,002241
705	0,008026	0,008144	0,010498	0,007464	0,023169	0,000594	0,002337	0,002299	0,002991
700	0,00908	0,008296	0,010243	0,006812	0,022451	0,00067	0,001906	0,001305	0,002737
695	0,008745	0,006911	0,010392	0,007322	0,022702	0,000463	0,002193	0,001639	0,002055
690	0,009265	0,00909	0,010492	0,007757	0,023765	0,001483	0,002982	0,002908	0,003552
685	0,009518	0,007949	0,010582	0,00793	0,023492	0,001348	0,001893	0,001575	0,001979
680	0,00818	0,008488	0,010564	0,00826	0,023448	0,00102	0,002338	0,002229	0,002511
675	0,009913	0,009529	0,010396	0,008409	0,02364	0,000597	0,002332	0,002509	0,002253
670	0,009918	0,009863	0,011973	0,009605	0,024037	0,00178	0,003002	0,00299	0,002844
665	0,009935	0,01101	0,011716	0,00977	0,026368	0,00217	0,00312	0,003275	0,003043
660	0,009604	0,009323	0,011577	0,00989	0,025339	0,001057	0,002633	0,002906	0,003397
655	0,010103	0,011581	0,012746	0,009846	0,026117	0,001942	0,002809	0,00333	0,003759
650	0,010076	0,010143	0,011234	0,009365	0,025777	0,000341	0,001886	0,002908	0,002257
645	0,010124	0,011214	0,011604	0,009573	0,025366	0,001477	0,002679	0,001592	0,003637
640	0,009605	0,012337	0,012467	0,010324	0,026082	0,001177	0,002283	0,00227	0,002954
635	0,010737	0,012899	0,013162	0,011033	0,026907	0,001659	0,00306	0,002778	0,003976
630	0,010525	0,012944	0,012458	0,011471	0,027726	0,001608	0,002515	0,002771	0,003095
625	0,010916	0,013543	0,012975	0,01206	0,027662	0,001609	0,003422	0,003441	0,003802
620	0,011401	0,013859	0,012765	0,012376	0,028126	0,001375	0,002688	0,002137	0,003765
615	0,011412	0,014397	0,012555	0,012743	0,027865	0,001474	0,002828	0,003111	0,00387
610	0,011195	0,015235	0,013515	0,013308	0,028419	0,002164	0,003106	0,003352	0,00424
605	0,011347	0,015312	0,012983	0,013399	0,028453	0,001377	0,003223	0,002942	0,003518
600	0,011502	0,016097	0,013271	0,01427	0,029112	0,001475	0,003046	0,002984	0,003959
595	0,011324	0,017401	0,014646	0,01544	0,029759	0,001885	0,003408	0,003438	0,00451
590	0,011898	0,017475	0,014406	0,016387	0,029989	0,001762	0,003755	0,003516	0,004316
585	0,011492	0,018167	0,013786	0,016615	0,030178	0,001593	0,003534	0,002992	0,003764
580	0,01225	0,01887	0,015309	0,017736	0,031119	0,002707	0,003808	0,004132	0,005049
575	0,012286	0,019487	0,014973	0,018402	0,031873	0,002173	0,003558	0,003748	0,003941
570	0,012592	0,020614	0,014796	0,018921	0,031913	0,001517	0,003757	0,003455	0,004735
565	0,013548	0,021457	0,015151	0,019875	0,032074	0,002468	0,003738	0,004271	0,00501
560	0,012718	0,022402	0,015858	0,020149	0,033129	0,002304	0,003588	0,003877	0,005076
555	0,013416	0,023517	0,016112	0,021258	0,034402	0,002648	0,004467	0,004251	0,005331
550	0,014031	0,024769	0,016872	0,02217	0,035245	0,002299	0,004048	0,004245	0,004771

545	0,014403	0,026401	0,017268	0,023647	0,036526	0,002571	0,004496	0,004364	0,005335
540	0,015149	0,027629	0,018029	0,024277	0,037312	0,002317	0,004302	0,00456	0,005395
535	0,016129	0,02989	0,018649	0,025854	0,038853	0,002543	0,004413	0,004825	0,005691
530	0,016182	0,031754	0,019864	0,026968	0,039973	0,002221	0,004511	0,004399	0,005729
525	0,016086	0,034226	0,020252	0,028145	0,041164	0,002609	0,0048	0,004248	0,005596
520	0,017499	0,036799	0,021369	0,030856	0,043431	0,003179	0,004911	0,005493	0,006118
515	0,017071	0,038686	0,022762	0,032419	0,045471	0,003138	0,005086	0,005719	0,006125
510	0,018103	0,04095	0,023252	0,034214	0,046607	0,003216	0,005144	0,005022	0,00634
505	0,018701	0,042911	0,024358	0,036005	0,049559	0,003138	0,005345	0,005527	0,006507
500	0,020164	0,044824	0,025328	0,038047	0,051238	0,003116	0,005103	0,005683	0,007167
495	0,020572	0,045925	0,026402	0,039443	0,052936	0,004062	0,005214	0,006044	0,00687
490	0,020907	0,047141	0,027867	0,040552	0,05484	0,003457	0,005546	0,005695	0,007098
485	0,020681	0,048493	0,028452	0,042079	0,056636	0,003501	0,005478	0,005496	0,006719
480	0,021277	0,050133	0,029317	0,044026	0,058283	0,003624	0,005659	0,005786	0,007135
475	0,021257	0,051673	0,030978	0,045826	0,061413	0,00369	0,00553	0,005822	0,007792
470	0,022624	0,054322	0,03258	0,048102	0,064392	0,004211	0,006074	0,005881	0,007885
465	0,021703	0,055505	0,034251	0,051406	0,067373	0,004223	0,006597	0,006978	0,00857
460	0,023381	0,058879	0,037003	0,055	0,070569	0,005157	0,006311	0,006752	0,008079
455	0,023587	0,0609	0,039124	0,058964	0,075289	0,003997	0,006068	0,006362	0,008468
450	0,024271	0,064789	0,043462	0,063988	0,08049	0,004261	0,006939	0,006703	0,009146
445	0,024644	0,066938	0,046699	0,069391	0,086375	0,004511	0,007353	0,007721	0,008762
440	0,024478	0,070407	0,049804	0,074613	0,09173	0,004718	0,007277	0,00708	0,009571
435	0,025701	0,073581	0,054611	0,079403	0,097423	0,005805	0,007676	0,008046	0,01047
430	0,025586	0,076013	0,057924	0,085417	0,1039	0,005389	0,007572	0,00804	0,010182
425	0,026206	0,079612	0,06164	0,091197	0,109856	0,005264	0,007864	0,007825	0,011269
420	0,027753	0,082957	0,065605	0,096858	0,116303	0,005557	0,007679	0,008692	0,011133
415	0,028332	0,086175	0,07014	0,101601	0,122102	0,005393	0,007148	0,007906	0,011034
410	0,030026	0,091274	0,077745	0,109166	0,133143	0,006683	0,009238	0,008924	0,013039
405	0,030358	0,096087	0,08424	0,115791	0,143626	0,005347	0,008688	0,0083	0,011198
400	0,033633	0,103167	0,094165	0,126328	0,157424	0,006772	0,009363	0,00967	0,012985
395	0,035816	0,108885	0,104403	0,137202	0,171541	0,006975	0,008725	0,00967	0,013122
390	0,03826	0,115398	0,113917	0,15031	0,187687	0,007032	0,00934	0,010137	0,013462
385	0,041152	0,121238	0,127243	0,164139	0,206283	0,007661	0,00976	0,009826	0,014645
380	0,046476	0,129003	0,140033	0,178648	0,225758	0,006968	0,009117	0,010309	0,014353

Таблиця А.8 – Дані спектрофотометричного аналізу фарбувальних розчинів з кори *Malus domestica* Borkh.

Довжина хвилі, нм	Номери та умовні скорочені назв варіантів							
	61	62	88	89	90	92	93	94
	Б/Г 10	Б/Г 100	АК 10	АМ 10	АМ2 10	АК 100	АМ 100	АМ2 100
750	0,010861	0,005212	0,005901	0,011484	0,008134	0,001943	0,002465	0,004136
745	0,012244	0,006278	0,006752	0,013206	0,009469	0,003022	0,002395	0,006141
740	0,012417	0,005814	0,006913	0,014058	0,010063	0,002782	0,003996	0,006069
735	0,01355	0,005604	0,006786	0,014259	0,009388	0,003023	0,002862	0,004965
730	0,013379	0,007099	0,008454	0,015102	0,010461	0,003602	0,003444	0,007511
725	0,012102	0,006056	0,00698	0,014297	0,01013	0,002776	0,002694	0,006222
720	0,012965	0,00638	0,00724	0,014867	0,011229	0,003445	0,003723	0,006211
715	0,01366	0,007089	0,008152	0,015439	0,011441	0,003486	0,003224	0,007187
710	0,012721	0,006477	0,006999	0,015535	0,010985	0,002276	0,001347	0,005334
705	0,013544	0,006899	0,007851	0,01603	0,011136	0,002247	0,003213	0,006625
700	0,01347	0,006349	0,007419	0,015771	0,011152	0,002496	0,003003	0,006138
695	0,01291	0,006729	0,008276	0,016352	0,011294	0,002927	0,002901	0,006164
690	0,014883	0,00725	0,008857	0,017701	0,013059	0,00418	0,004412	0,006087
685	0,013483	0,006315	0,008216	0,016515	0,011542	0,002185	0,002784	0,00643
680	0,013014	0,006796	0,007678	0,016848	0,011927	0,002942	0,003183	0,007014
675	0,014545	0,007171	0,008601	0,017909	0,012427	0,003359	0,003518	0,006611
670	0,01487	0,008403	0,008921	0,018442	0,012287	0,004122	0,003669	0,007202
665	0,015096	0,0079	0,010073	0,019445	0,013825	0,003907	0,004098	0,007738
660	0,014832	0,008485	0,009599	0,017935	0,012769	0,004028	0,004025	0,007503
655	0,015734	0,008743	0,009767	0,020053	0,0146	0,003216	0,003581	0,007065
650	0,014495	0,007252	0,009294	0,019262	0,013629	0,002854	0,00306	0,00624
645	0,015946	0,008433	0,01028	0,020367	0,014256	0,004328	0,003156	0,007317
640	0,014991	0,008601	0,009996	0,020325	0,013873	0,00383	0,003624	0,008034
635	0,015838	0,008622	0,010709	0,021573	0,014981	0,003945	0,00498	0,008505
630	0,015714	0,009596	0,01122	0,021554	0,01499	0,004509	0,004347	0,007629
625	0,016905	0,00914	0,011915	0,022388	0,015289	0,005345	0,004325	0,00863
620	0,016537	0,009228	0,011609	0,022077	0,015435	0,003682	0,004822	0,007948
615	0,016282	0,009898	0,0117	0,023541	0,015522	0,004546	0,004059	0,007397
610	0,017275	0,010366	0,012775	0,023996	0,016042	0,005279	0,00549	0,008654
605	0,017291	0,009746	0,01274	0,024955	0,016502	0,004592	0,00422	0,008321
600	0,017477	0,009591	0,012929	0,025521	0,016768	0,005056	0,004732	0,008743
595	0,018522	0,010467	0,013831	0,025907	0,01735	0,005267	0,004665	0,008331
590	0,019022	0,01065	0,014374	0,027309	0,017613	0,005186	0,00503	0,00967
585	0,018367	0,010935	0,014338	0,027556	0,01773	0,004706	0,005232	0,009074
580	0,019711	0,011216	0,01547	0,028829	0,018809	0,005454	0,005664	0,010358
575	0,019611	0,011491	0,015345	0,029543	0,019533	0,005486	0,0054	0,009394
570	0,019918	0,011979	0,016009	0,030061	0,019363	0,005378	0,00574	0,00959
565	0,020331	0,012393	0,016848	0,031251	0,0204	0,005806	0,006323	0,009219
560	0,020485	0,011896	0,017033	0,031941	0,020538	0,00559	0,00606	0,009804
555	0,021789	0,013132	0,0185	0,033715	0,021936	0,006553	0,006255	0,010044
550	0,021745	0,013308	0,018805	0,033981	0,021781	0,005967	0,005921	0,009974

545	0,0226	0,013586	0,020034	0,036409	0,023791	0,006436	0,006343	0,010736
540	0,023304	0,013916	0,021157	0,03735	0,024375	0,006405	0,006415	0,010795
535	0,023778	0,014864	0,02242	0,038538	0,025242	0,007075	0,006677	0,010559
530	0,024442	0,015262	0,023194	0,039999	0,026577	0,006658	0,006578	0,010877
525	0,025232	0,015933	0,024556	0,041392	0,027696	0,00698	0,007152	0,011482
520	0,026779	0,01734	0,026314	0,043904	0,02969	0,007779	0,007393	0,011905
515	0,027582	0,017946	0,027996	0,045874	0,031297	0,008056	0,00795	0,012214
510	0,028581	0,018839	0,03009	0,047973	0,033359	0,008201	0,008049	0,012123
505	0,029993	0,020077	0,03186	0,050257	0,03589	0,008579	0,008911	0,013332
500	0,030516	0,021376	0,033837	0,052954	0,038702	0,009024	0,008245	0,012997
495	0,032425	0,022828	0,037171	0,055105	0,043012	0,009335	0,009381	0,013692
490	0,034357	0,023604	0,039799	0,059026	0,047188	0,010805	0,009051	0,01409
485	0,035331	0,024096	0,043589	0,062611	0,052927	0,01073	0,009871	0,015166
480	0,038344	0,025532	0,049099	0,067783	0,060353	0,011545	0,010335	0,015964
475	0,041279	0,026633	0,055246	0,072913	0,070121	0,012681	0,011202	0,017385
470	0,044789	0,027033	0,062437	0,079852	0,08256	0,014367	0,012057	0,018571
465	0,048718	0,027827	0,073411	0,088948	0,098692	0,016168	0,014191	0,020838
460	0,052333	0,029242	0,08461	0,099174	0,116298	0,018081	0,014196	0,022492
455	0,056764	0,02948	0,097708	0,110465	0,138046	0,019835	0,015677	0,02449
450	0,063637	0,030703	0,113408	0,123708	0,161547	0,022893	0,018415	0,027029
445	0,069629	0,032099	0,128513	0,136697	0,184952	0,025018	0,019689	0,030559
440	0,075356	0,033641	0,14337	0,1503	0,20867	0,027506	0,021626	0,033076
435	0,0816	0,035445	0,159125	0,164787	0,229361	0,030201	0,02387	0,034825
430	0,087826	0,037086	0,173818	0,180424	0,246417	0,032699	0,02545	0,037773
425	0,095846	0,038743	0,187455	0,194224	0,260442	0,034366	0,027093	0,03867
420	0,103338	0,04066	0,200126	0,20886	0,272188	0,035574	0,028056	0,040142
415	0,113387	0,041738	0,211665	0,225651	0,279449	0,036928	0,028724	0,041369
410	0,126198	0,044592	0,224195	0,242278	0,287959	0,038524	0,03163	0,042848
405	0,138974	0,045524	0,23543	0,255603	0,29339	0,039595	0,031967	0,042727
400	0,154497	0,04816	0,247031	0,27294	0,302786	0,041688	0,034354	0,044963
395	0,16838	0,04907	0,258922	0,287798	0,312232	0,042672	0,034425	0,045233
390	0,184327	0,050964	0,273322	0,306221	0,325152	0,044536	0,036501	0,04696
385	0,203103	0,053498	0,286502	0,324125	0,342536	0,046309	0,038098	0,048893
380	0,223636	0,055454	0,302984	0,344916	0,362322	0,047072	0,039588	0,049195

Таблиця А.9 – Дані спектрофотометричного аналізу фарбувальних розчинів з кори *Prunus cerasus* L.

Довжина на хвилі, нм	Номери та умовні скорочені назв варіантів									
	№63 Матрич_1 0	№64 Б/Г 10	№65 АК 10	№66 АМ 10	№67 Матрич_100	№68 Б/Г 100	№69 АК 100	№70 АМ 100	№103 АМ2 10	№105 АМ2_300
750	0,03174	0,027573	0,027387	0,038696	0,0068418	0,004025	0,004907	0,003627	0,184561	0,005781
745	0,0334741	0,029472	0,0288	0,041091	0,0079138	0,004325	0,005436	0,00503	0,189456	0,005926
740	0,0353517	0,030759	0,028958	0,041855	0,0082843	0,004867	0,005151	0,004425	0,192916	0,007537
735	0,0341909	0,030783	0,02916	0,042516	0,0087356	0,004352	0,004818	0,004761	0,195903	0,006188
730	0,0362409	0,032942	0,030272	0,044856	0,0085317	0,006327	0,006096	0,005363	0,200135	0,007366
725	0,0355365	0,03247	0,029503	0,044555	0,0080799	0,004985	0,004817	0,004964	0,201981	0,006142
720	0,035605	0,033691	0,031297	0,045784	0,0088459	0,005669	0,005844	0,005425	0,206076	0,007182
715	0,0382195	0,034664	0,032406	0,0475	0,009466	0,005812	0,006108	0,005957	0,20997	0,007968
710	0,0376657	0,033351	0,031266	0,04629	0,0087248	0,004781	0,00414	0,005305	0,211905	0,006353
705	0,0386042	0,035543	0,032433	0,049689	0,0095887	0,0058	0,005645	0,005963	0,217279	0,008558
700	0,0382928	0,035374	0,032825	0,049544	0,0089144	0,005677	0,004827	0,00565	0,219953	0,007148
695	0,039365	0,035851	0,033684	0,050576	0,0097441	0,006052	0,006164	0,005086	0,222982	0,007132
690	0,0406187	0,038049	0,034882	0,052043	0,0099407	0,006039	0,00645	0,006594	0,227419	0,007759
685	0,0408943	0,037738	0,035126	0,053222	0,0097032	0,006163	0,0048	0,00512	0,230071	0,007711
680	0,0417212	0,038548	0,035935	0,053834	0,0098868	0,006078	0,006064	0,005783	0,233888	0,007238
675	0,0422393	0,040091	0,036841	0,054855	0,0097294	0,006343	0,005987	0,006004	0,237145	0,007538
670	0,0437286	0,041293	0,038204	0,05763	0,0109794	0,006729	0,006834	0,007499	0,241588	0,00902
665	0,0454967	0,041592	0,039609	0,059294	0,0107996	0,006611	0,007068	0,007278	0,244995	0,008926
660	0,0455036	0,041664	0,039283	0,059809	0,0105434	0,006518	0,006742	0,006673	0,249586	0,007867
655	0,0465641	0,044022	0,041219	0,060902	0,0115984	0,007641	0,007603	0,007657	0,254402	0,009025
650	0,0464938	0,043536	0,04038	0,061835	0,010864	0,006638	0,006046	0,006699	0,257204	0,007174
645	0,0483882	0,044832	0,041236	0,06407	0,0120254	0,006966	0,007034	0,006889	0,26103	0,008047
640	0,0497141	0,046918	0,042152	0,064707	0,0122872	0,008257	0,007494	0,007917	0,265651	0,008339
635	0,0515046	0,048628	0,044533	0,068206	0,0121985	0,008051	0,007017	0,008297	0,27075	0,008352
630	0,0532088	0,04999	0,04602	0,069446	0,0122323	0,008318	0,008288	0,007993	0,275178	0,00857
625	0,0546421	0,051364	0,047478	0,072059	0,0129165	0,009257	0,008298	0,008977	0,279305	0,009264
620	0,0557636	0,053084	0,047593	0,073631	0,0136712	0,0077	0,008196	0,008628	0,2839	0,008889
615	0,0571929	0,054964	0,049309	0,076204	0,0129907	0,00822	0,008137	0,008766	0,289024	0,008897
610	0,0599144	0,057327	0,051309	0,079131	0,0145924	0,009114	0,008846	0,009937	0,295933	0,009786
605	0,061735	0,059824	0,052862	0,081376	0,0136482	0,008487	0,008327	0,009354	0,298782	0,009242
600	0,0647698	0,061488	0,055088	0,084451	0,0146617	0,008914	0,009442	0,010327	0,305047	0,00959
595	0,0674757	0,06458	0,056669	0,088543	0,0151566	0,010061	0,009815	0,011205	0,311456	0,010796
590	0,0702002	0,067697	0,058754	0,092217	0,0162037	0,010163	0,009391	0,011448	0,317983	0,010338
585	0,072623	0,070182	0,061403	0,096009	0,0151722	0,009893	0,009664	0,011364	0,323721	0,010579
580	0,0766357	0,07366	0,063776	0,101477	0,0174865	0,010788	0,010514	0,012698	0,33153	0,011368
575	0,0793946	0,076409	0,066144	0,106281	0,0170842	0,01086	0,010919	0,012922	0,33791	0,010891
570	0,083209	0,080102	0,068675	0,111148	0,0178225	0,011307	0,010655	0,013103	0,346367	0,010879
565	0,088703	0,08474	0,072202	0,117228	0,0186448	0,010912	0,010989	0,014219	0,354308	0,011547
560	0,0926136	0,089659	0,074909	0,123474	0,0187515	0,011598	0,011586	0,01506	0,361341	0,011258
555	0,0989172	0,094844	0,079412	0,131708	0,020325	0,012675	0,01258	0,016245	0,371515	0,012688

550	0,1050386	0,101533	0,083416	0,13967	0,0210304	0,013154	0,012708	0,016771	0,381953	0,012489
545	0,1135673	0,108439	0,088125	0,150022	0,022669	0,014028	0,013526	0,017785	0,3929	0,013299
540	0,121235	0,115482	0,092675	0,160001	0,0236941	0,01464	0,014117	0,018838	0,404768	0,013378
535	0,1305963	0,124032	0,098922	0,173299	0,0252282	0,014611	0,015168	0,020603	0,41883	0,014088
530	0,1401314	0,13214	0,105752	0,187336	0,0260136	0,015593	0,015994	0,022528	0,434082	0,014453
525	0,1493149	0,139485	0,112575	0,203749	0,0275856	0,016371	0,016094	0,024051	0,448557	0,014488
520	0,1584025	0,148353	0,120671	0,221845	0,0291582	0,017752	0,018211	0,026267	0,464807	0,01589
515	0,1668711	0,155584	0,128447	0,238912	0,0303939	0,018338	0,018461	0,028176	0,479683	0,015593
510	0,1732092	0,16251	0,136891	0,256324	0,031516	0,018683	0,019756	0,030821	0,496124	0,016482
505	0,1801628	0,169362	0,144587	0,273332	0,032513	0,019709	0,020238	0,033197	0,509967	0,017404
500	0,1858701	0,175418	0,151467	0,287596	0,0334651	0,020362	0,021207	0,034571	0,524229	0,01717
495	0,1909176	0,180171	0,157358	0,300252	0,0347871	0,021083	0,022428	0,035609	0,539347	0,017933
490	0,193938	0,184564	0,163498	0,312098	0,0356067	0,021791	0,022938	0,03666	0,552465	0,01839
485	0,1972302	0,187561	0,168948	0,320923	0,0361039	0,022	0,022932	0,037769	0,568262	0,018598
480	0,200243	0,190813	0,174961	0,331493	0,0366582	0,022644	0,024302	0,039224	0,582816	0,019212
475	0,2033756	0,193933	0,181574	0,342309	0,037454	0,023224	0,024378	0,040597	0,602054	0,01975
470	0,2076983	0,199128	0,190558	0,356944	0,037595	0,024255	0,025419	0,04269	0,622379	0,019846
465	0,2128008	0,204715	0,200558	0,371065	0,0388476	0,024808	0,026959	0,043873	0,64674	0,020732
460	0,2191083	0,212059	0,211583	0,387594	0,0402157	0,025322	0,028581	0,045528	0,674165	0,021732
455	0,2266363	0,221167	0,225843	0,406665	0,040264	0,025548	0,02961	0,048229	0,702573	0,022172
450	0,2375913	0,232814	0,243547	0,432999	0,0431951	0,02693	0,031598	0,050976	0,738549	0,023955
445	0,2472347	0,244749	0,261162	0,460843	0,0443924	0,028111	0,033781	0,054142	0,777	0,024673
440	0,2562818	0,25725	0,281908	0,493171	0,0463289	0,030207	0,035579	0,058085	0,820605	0,026385
435	0,2655895	0,268149	0,302241	0,524279	0,0479243	0,03089	0,038074	0,062142	0,864161	0,028412
430	0,2726853	0,28029	0,32485	0,556313	0,0496346	0,032771	0,041214	0,065762	0,911493	0,029619
425	0,2807714	0,293292	0,344256	0,590606	0,0515836	0,033567	0,042677	0,06985	0,960223	0,030741
420	0,2890012	0,306804	0,368589	0,625773	0,052692	0,035556	0,045613	0,073698	1,019315	0,03316
415	0,2956048	0,324051	0,392207	0,66326	0,0539245	0,036619	0,048017	0,077371	1,084762	0,03411
410	0,3066432	0,345853	0,418294	0,705737	0,0576407	0,039766	0,051579	0,082952	1,162465	0,037941
405	0,3164118	0,36792	0,447188	0,751253	0,0589076	0,04147	0,054592	0,087588	1,254915	0,040874
400	0,3286915	0,393295	0,481602	0,80484	0,062824	0,045707	0,058018	0,095122	1,347773	0,044458
395	0,3406713	0,420029	0,514743	0,856002	0,065712	0,047742	0,062627	0,101348	1,454144	0,047395
390	0,3556764	0,450615	0,551728	0,909768	0,0685859	0,05155	0,066847	0,107997	1,561747	0,050866
385	0,37305	0,486746	0,58962	0,967655	0,0729699	0,055646	0,071532	0,116567	1,683359	0,055287
380	0,3994782	0,53409	0,629913	1,031494	0,0785751	0,061105	0,075703	0,125	1,777106	0,057568