

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Інститут (факультет) Навчально-науковий інститут харчових технологій
Кафедра технології хлібопекарських і кондитерських виробів**

«До захисту в ЕК»

Директор інституту

Оксана КОЧУБЕЙ-ЛИТВИНЕНКО

(підпис)

(власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

«21» лютого 2024 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Володимир КОВБАСА

(підпис)

(власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

«21» лютого 2024р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності 181 Харчові технології

освітньо-професійної програми Технології хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчоконцентратів

на тему: Дослідження особливостей застосування синіх барвників різного походження для розширення асортименту шоколадних виробів

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ТХ-2-15М

Собко Олексій Анатолійович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Кохан Олена Олександрівна

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент Лариса ШАРАН

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____

(підпис)

Київ - 2024_р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Навчально-науковий інститут харчових технологій
Кафедра хлібопекарських і кондитерських виробів

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 181 Харчові технології

Освітньо-професійна програма Технології хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчоконцентратів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТХКВ

Володимир КОВБАСА

“06” листопада 2023 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Собка Олексія Анатолійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження особливостей застосування синіх барвників різного походження для розширення асортименту шоколадних виробів
керівник роботи _____,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “06” листопада 2023 року №906_

2. Строк подання здобувачем роботи 01 лютого 2024

3. Вихідні дані до роботи

1) Провести аналіз літератури щодо досвіду вирішення подібної проблематики. Провести аналіз літератури щодо властивостей визначених натуральних фарбуючих речовин

2) Дослідити основні технологічні особливості застосування натуральних фарбуючих речовин для виробництва глазури та шоколаду.

3) Визначити оптимальні роботи концентрації визначених фарбуючих речовин.

4) Розробити рецептури шоколаду з використанням натуральних барвників і рецептури цукерок із застосування цього шоколаду.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ; 1.Огляд інформаційних джерел; 2.Матеріали і методи;
3.Експериментальна частина; 4. Технологічні розрахунки; Загальні висновки;
Список використаної літератури; Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу

Апаратурно-технологічна схема підготовки сировини – 1 аркуш формату А4;

Апаратурно-технологічна схема виготовлення виробів – 1 аркуш формату А4

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Літературний пошук і підготовка аналітичного огляду по темі дослідження	15-17.11 2023	Виконано
2	Складання планів експериментів, організація робочого місця, підбір і опанування методик визначення показників якості та статичної обробки отриманих результатів	19-24.11.2023	Виконано
3	Дослідити вплив фарбуючих речовин на показники якості шоколад та глазур на стадіях їх виготовлення та в процесі зберігання	25.11-01.12.2023	Виконано
4	Експериментальні дослідження ефективності використання спіруліни та кліторії у виробництві цукерок	04-13.12.2023	Виконано
5	Технологічні розрахунки	15-19.12.2023	Виконано
	1 – а атестація	19.12.2023	
6	Виготовлення цукерок з використанням шоколаду з відповідними фарбуючими речовинами	20-27.12.2023	Виконано
7	Розрахунок соціально – економічної ефективності роботи	05.01.2024	Виконано
8	Оформлення пояснювальної записки і презентації роботи і подання їх на кафедрі	07.01.2024	Виконано
9	2 – а атестація		Виконано
10	Попередній розгляд роботи на кафедрі	09.02.2024	Виконано
11	Отримання зовнішньої рецензії та підготовка до захисту в ЕК	12-14.02.2024	Виконано
12	Захист роботи в ЕК	Згідно з графіком	Виконано

Здобувач

_____ (підпис)

Олексій СОБКО.

_____ (власне ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Олена КОХАН

_____ (власне ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

АНОТАЦІЯ

Собко Олексій Анатолійович. Дослідження особливостей застосування синіх барвників різного походження для розширення асортименту шоколадних виробів.

Магістерська робота на здобуття ступеня магістра за спеціальністю 181 «Харчові технології», освітньо-професійною програмою «Технології хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчоконцентратів». Національний університет харчових технологій, Київ 2024.

Робота присвячена дослідженню можливості застосування натуральних фарбуючих інгредієнтів синього кольору в рецептурі шоколаду та цукерок на його основі.

Метою дослідження є встановлення можливості використання натуральних фарбуючих речовин для виготовлення шоколаду і цукерок із нього. А також дослідити вплив на колір білого шоколаду та білої глазури різних концентрацій барвників.

Для досягнення поставленої мети були проведені мікроскопіювання, колориметрія, дослідження кольору за допомогою Photoshop, спектрофотометрія, дослідження реологічних характеристик шоколадних мас, та жирозв'язуючої здатності натуральних фарбників.

В роботі досліджено вплив застосування натуральних фарбуючих речовин, таких як синя спіруліна та порошок квітів кліторії трійчастої, для виготовлення шоколаду синього кольору. Побудовано калібрувальні шкали для різних барвників натурального і синтетичного походження. Досліджено вплив натуральних барвників на якісні показники – реологічні параметри та жирозв'язуючу здатність. Також було досліджено вплив сонячного світла на зміну кольору в натуральних фарбниках і встановлено, що порошок кліторії властивий до зміни забарвлення під дією світла. Розроблені рецептури та технологічні інструкції на цукерки з використанням шоколаду з включенням натуральних синіх фарбуючих речовин. Проведений розрахунок впливу застосування натуральних фарбуючих інгредієнтів на собівартість розроблених зразків цукерок.

Робота викладена на 203 сторінках, містить 54 рисунки, 88 таблиць, 61 графік, містить додатки.

Ключові слова: шоколад, синя спіруліна, порошок квітів кліторії, антоціани, фікобіліпротеїн, колір шоколаду, CIELab, спектрофотометрія.

ANNOTATION

Sobko, Oleksii Anatoliiovych. Research of the features of blue colorants use of different origin to expand the range of chocolate products.

Master's thesis for the degree of Master of Science in Food Technologies, 181 Educational and Professional Program "Technologies of Bread, Confectionery, Pasta Products and Food Concentrates." National University of Food Technologies, Kyiv, 2023.

The thesis is devoted to the study of the possibility of using natural blue colorants in the recipe of chocolate and chocolate-based confectionery products. The aim of the research is to establish the possibility of using natural colorants for the production of chocolate and confectionery products, as well as to investigate the effect of different concentrations of colorants on the color.

To achieve the set goal, microscopy, colorimetry, color analysis using Photoshop, spectrophotometry, rheology, and fat-binding capacity studies were conducted. The thesis explores the influence of natural colorants such as blue spirulina and butterfly pea flower powder on the production of blue-colored chocolate. Calibration scales were developed for various natural and synthetic colorants. The impact of natural colorants on quality indicators - rheological parameters and fat-binding capacity - was also investigated. Additionally, the effect of sunlight on the color change of natural colorants was studied, showing that butterfly pea flower powder is susceptible to color change under light exposure.

Formulations and technological instructions for confectionery products using chocolate with the inclusion of natural blue colorants were developed. A cost analysis was conducted to assess the impact of using natural colorants on the cost price.

The thesis comprises 203 pages, including 54 figures, 88 tables, 61 graphs, and contains appendices.

Keywords: chocolate, blue spirulina, butterfly pea flower powder, anthocyanins, phycobiliprotein, chocolate color, CIELab, spectrophotometry.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 Огляд інформаційних джерел.....	9
1.2 Кондитерські вироби всіх відтінків синього -довготривалий тренд?.....	10
1.3 Характеристика барвників, що використовуються при виготовленні кондитерських глазурей та шоколадних мас синього кольору. Переваги та недоліки.....	11
1.4 Сировина натурального походження як альтернатива синтетичним барвникам	12
1.5 Методики оцінювання забарвлення та зміни кольору харчових продуктів, в тому числі і шоколадних виробів.....	34
РОЗДІЛ 2 Матеріали і методи	36
2.1 Характеристика основних вимог до виробів	38
2.2 Мікроскопіювання.....	41
2.3 Колориметрія.....	41
2.4 Дослідження через Photoshop	42
2.5 Спектрофотометрія.....	44
2.6 Дослідження реологічних показників.....	44
2.7 Дослідження жирозв'язуючої здатності.....	45
2.8 Висновки.....	46
РОЗДІЛ 3 Експериментальна частина	46
3.1 Дослідження розміру частинок.....	46
3.2 Дослідження динаміки зміни оптичної густини в водному середовищі.	49
3.3 Аналіз динаміки зміни кольору через Photoshop.....	55
3.3.1 Аналіз динаміки зміни кольору в глазурі барвником Е 131.....	55
3.3.2 Аналіз динаміки зміни кольору в глазурі барвником Е 132.....	60
3.3.3 Аналіз динаміки зміни кольору в глазурі барвником Е 133.....	65
3.3.4 Аналіз динаміки зміни кольору в глазурі сумішшю барвників	70
3.3.5 Аналіз динаміки зміни кольору в глазурі спіруліною.....	75
3.3.6 Аналіз динаміки зміни кольору в глазурі порошком квітів кліторії.....	80
3.3.7 Аналіз динаміки зміни кольору в шоколаді барвником Е 132.....	86
3.3.8 Аналіз динаміки зміни кольору в шоколаді барвником Е 133.....	91
3.3.9 Аналіз динаміки зміни кольору в шоколаді спіруліною	96
3.3.10 Аналіз динаміки зміни кольору в шоколаді кліторією.....	101
3.3.11 Висновки до підрозділу	105
3.4. Аналіз динаміки зміни кольору за допомогою спектрофотометра.....	116

3.4.1 Аналіз динаміки зміни кольору в глазурі барвником Е 132.....	116
3.4.2 Аналіз динаміки зміни кольору в шоколаді барвником Е 132.....	120
3.4.3 Аналіз динаміки зміни кольору в шоколаді барвником Е 133.....	124
3.4.4 Аналіз динаміки зміни кольору в глазурі спіруліною.....	128
3.4.5 Аналіз динаміки зміни кольору в шоколаді спіруліною.....	132
3.4.6 Аналіз динаміки зміни кольору в глазурі кліторією.....	136
3.4.7 Аналіз динаміки зміни кольору в шоколаді кліторією.....	141
3.4.8 Висновки до підрозділу.....	145
3.5 Дослідження жирозв'язуючої здатності.....	152
3.6 Висновки до розділу.....	157
РОЗДІЛ 4 Технологічні розрахунки.....	158
Висновки до розділу.....	170
Загальні висновки.....	171
Список використаної літератури.....	173
Додатки.....	177

Вступ

Ринок кондитерських виробів постійно змінюється. Спеціалісти як у світі, так і в національному науковому середовищі [1] активно займаються дослідженням проблем прогнозування, сценарійного підходу до розвитку підприємств та особливостей їх планування.

Серед основних тенденцій спостерігається тяга споживача до безпечних продуктів, що включають продукти без цукру, сої (алергену), продукти без використання синтетичних добавок, тощо. При цьому сучасні дослідження [2] показують, що споживач все більшу увагу привертає кольору виробів.

Однак шоколад нестандартних кольорів можна зустріти досить рідко, при тому, що кольорових глазурей існує безліч. Перш за все це пов'язане, з заборонами щодо застосування синтетичних барвників в шоколаді, в той час як кондитерських мас на основі рослинних жирів (не какао масла) це майже не стосується.

Так як одним із найдефіцитніших кольорів які можна надати за допомогою харчових добавок є синій нами було вирішено дослідити способи заміни синтетичних жиророзчинних барвників, паралельно дослідивши основні властивості добавок, які можуть бути використані для такої заміни.

Також цілі дослідження включають дослідження динаміки зміни кольору при використанні різних барвників, для того, щоб судити про те і в якій кількості треба застосувати барвник для досягнення тих чи інших потреб виробника. Відповідно для цього необхідно буде побудувати калібрувальну шкалу по якій можна оцінити колір який можна буде отримати від застосування тої чи іншої кількості барвника.

Дослідження кольору має проводитись за допомогою простору CIE Lab. Який є ефективним для оцінки параметрів кольору. Згідно дослідження [3] саме ця кольорова шкала виділена дослідниками.

Розділ 1 Огляд інформаційних джерел

1.1 Колір кондитерських виробів як інструмент маркетингу та брендингу.

Колір виробу є не менш значимим ніж його пакування при формуванні сприйняття споживача про продукт. Відповідно колір самого продукту може забезпечити унікальні пропозиції за якими схочеться повертатися раз за разом.

Виходячи із статті [4] існує 3 первинних і 3 вторинних кольорів. Первинними кольорами є Червоний, синій і жовтий. Вторинними є оранжевий, зелений і фіолетовий. див. рис. 1.

Кожен із цих кольорів має певне сприйняття і ряд асоціацій у споживача, а відповідно може нести свою цінність. Як кажуть в маркетингу Right product in a right time to a right person.

Так, для забарвлення продукту в червоний є спектр натуральних барвників до яких належать кармін, анато, паприка, тощо. Оранжевий колір можна отримати за рахунок того ж екстракту паприки, але в менших масштабах. Для жовтого є барвник – куркумін, для зеленого – хлорофіли, навіть для фіолетового є антоціани. Для надання синього кольору досить довго користувались синтетичними барвниками, а наразі поширюються методи забарвлення за допомогою спіруліни, однак в наукових статтях такі методи не описані і їх переваги і технологічні особливості не вказані.

Сприйняття синього кольору. Часто вказується, що синій колір відноситься до холодних, а, відповідно до депресивних кольорів, що погіршує сприйняття харчового продукту. Однак також він сприймається, як релаксуючий колір. [5, 6, 7] Крім того зазначається, що споглядання на синій сприяє підвищенню креативності за рахунок того, що особа фокусується не на швидкості, а на якості виконання роботи.

Однак колір є чи ненайвизначальнішим фактором який впливає на органолептичні властивості продукту, зумовлюючи не тільки зорове сприйняття, а я впливає на смакові враження від продукту. В статті [8] вказується огляд різних джерел, які підтверджують вплив на смакове сприйняття продукту кольору цього ж продукту. Зокрема вказується, що дуже важливими є саме асоціації кольору і смаку. Так коли люди куштували напої із зав'язаними очима, то правильно ідентифікувати напої з апельсиновим смаком вдалося далеко не всім. В той же час, коли експертам з вина давали біле вино пофарбоване в

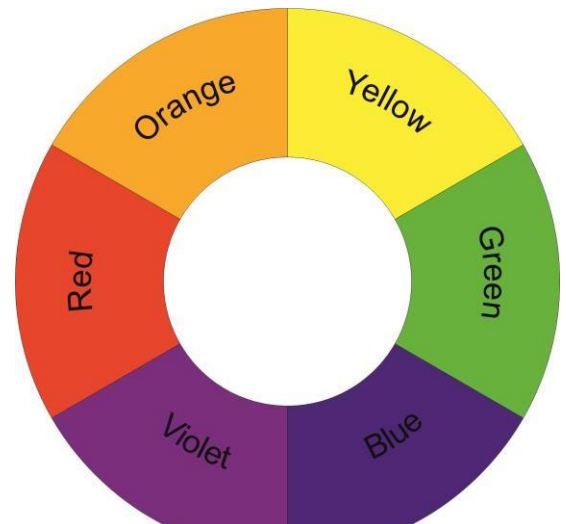


Рисунок 1.1 Первинні і вторинні кольори

червоний колір правильно ідентифікувати склад вони змогли коли напій їм давали в непрозорій тарі, коли ж дали в прозорій, то результати вийшли суперечливими.

В блозі [9] розповідається про те, як маркетологи використовують кольори в свої цілях. Авторка стверджує, що правильний підбір для відповідної цільової аудиторії підвищує об'єми продажів, а відповідно ця робота становить великий інтерес для бізнесу.

В посібнику [10], де описані основи теорії кольору вказано, що спринцяття кольору пов'язано зі спектральним складом світла, що діє на око людини і властивостями зорового апарату цієї людини. Колір – це форма світлової енергії, переданої у вигляді хвиль. Вказано, що сутність теорії колірного зору полягає в тому, що фоторецептори, реагують тільки на випромінювання видимої частини спектра. Око містить три групи рецепторів, з яких одна найбільш чутлива до інтервалу 400–500 нм, інша – 500–600 нм, третя – 600–700 нм. Рецептори реагують на випромінювання відповідно до їх спектральної чутливості, і відчуття всіх кольорів виникають у результаті комбінації трьох реакцій. Синій колір людина бачить коли світло має інтервали 450-480 нм.

1.2 Кондитерські вироби всіх відтінків синього -довготривалий тренд?

Згідно статті [11] Pantone - інститут кольору – визначив синій кольором року на 2020р. Визнання цим інститутом певного кольору кольором року впливає на розробку продукції та рішення про закупівлю в багатьох галузях промисловості. "Ми живемо у час, який вимагає довіри та віри. Саме така незмінність і впевненість висловлює PANTONE 19-4052 Classic Blue, твердий і надійний блакитний відтінок, на який ми завжди можемо покластися.", - зазначила Леатріс Ейсеман, виконавчий директор у Pantone.

В статті вказується, що виробники мають враховувати зростання популярності синьої їжі.

«В епоху соціальних мереж їжа повинна бути доставлена на візуальному рівні. Millennials та Gen Zers вибирають продукти, що підтримують Instagram, які пропонують настільки візуально, скільки і на смак. Але підійде не будь-яка синя їжа. Споживачі також вимагають чистої етикетки та натуральної їжі.» - вказують автори.

Автори статті [12] вказують, що існує щонайменше 111 різновидів синього, які людське око може розрізнити. Деякі з них більш поширені, як темно-синій, деякі дивніші, як дзвіночок, а інші - специфічні для художника різновиди, такі як Ів Кляйн синій або Шагал блакитний.

Зазначається, що існують також специфічні для бренду, такі як синій Діснея, або специфічні для локації, наприклад, Копенгаген чи китайський блакитний, і, він має свою найбільш хроматично чисту версію, яка в даному випадку є блакитною.

Деякі бренди багато інвестують, щоб позиціонувати себе на ринку не лише за допомогою логотипу чи слогану, але і за допомогою кольору. Таким чином, багато існуючих логотипів використовують унікальні та запатентовані різновиди синього, щоб виділити себе.

1.3 Характеристика барвників, що використовуються при виготовленні кондитерських глазурей та шоколадних мас синього кольору. Переваги та недоліки.

Виходячи із списку Е-добавок [13] в категорії барвники для синього кольору всього 3 синтетичних добавки Е 131 – Патентований синій V, Е 132 – Індігокармін і Е 133 – Діамантовий синій.

Е 131 (Патентований синій) – це триарлиметановий барвник, який дозволений зокрема в ЕС. Існує у двох видах: кальцієва і натрієва сіль. Він представляє собою темно синій порошок, має точку плавлення вище 300 оС, і є розчинним у воді і погано розчинним в етанолі. В дослідженні EFSA [14] розглядається питання перегляду Е 131 як харчової добавки. В дослідженні прийшли до висновку, що добавку можна використовувати однак її норми споживання мають бути переглянуті. Так в дослідженні запропоновано встановити норму споживання на рівні 5 мг/кг ваги/день.

Е 132 (Індігокармін) – це індигоїдний барвник, речовина отримана сульфитуванням індиго, він дозволений в ЕС. В дослідженні EFSA [15] розглядається питання передгляду норми споживання Е 132. В ньому було вказано, що діюча добова норма в 5 мг/кг ваги/день є актуальною, однак необхідно провести додаткові дослідження для підтвердження безпечності.

Повторна переоцінка була проведена і в 2023 році [16]. Дослідники прийшли до висновку, що встановлені норми використання є актуальними і не потребують перегляду.

Е 133 (Діамантовий синій) – це триарилметановий барвник, який є дозволеним в ЕС. Він є розчинним у воді і погано розчинним в етанолі. Згідно з дослідженням [17] було встановлено, що добова норма має бути зменшена з 10 мг/кг маси/день до 6 мг/кг маси/день, що є вищим показником за два попередні барвника. Однак також в дослідженні вказано, що необхідно провести додаткові дослідження для підтвердження безпечності на предмет хлориду натрію і сульфату натрію як супутніх складових барвника.

Загалом слід також зазначити регуляції FAO [18], де в 1996 році норма використання всіх трьох барвників встановлювалась на рівні 500 мг/кг, а в новішому документі вже від codex alimentarius [19], який переглядався в 2021. Норми використання барвників по групам виробів зазначені в таблиці 1

Таблиця 1.1. Норми використання барвників синього кольору по групам продуктів, наближених до шоколаду.

Категорія продукту		Норма використання мг/кг		
№	Назва	Е 131	Е 132	Е 133
05.1.3	Начинки на основі какао	–	–	100
05.1.4	Какао і шоколад	–	450	100
05.1.5	Замінники шоколаду	–	300	100
05.2	Кондитерські вироби	–	300	300

Як видно з таблиці добавка Е 131 (Патентований синій V) не міститься в списку дозволених в документі кодексу, хоча в документах EFSA вона є дозволеною на території ЄС.

Небезпечність синтетичних барвників.

В дослідженні EFSA [13] розглядаються різні ризики використання барвника Е 131 (Патентований синій V). Аналіз метаболізму у людей і щурів показав, що барвник не метаболізується мікросомальними ферментами печінки людей і щурів. Також в дослідженні вказано, що при визначенні рівня засвоюваності його шляхом орального введення у щурів і собак було визначено, що зразки мають дуже низький рівень поглинання і здебільшого виводяться разом з екскрементами у незмінному вигляді.

Аналіз мутагенної дії в більш старих дослідженнях вказаний як відсутній. Однак в новішому дослідженні за тестом Єймса, проведеному в 2010 році за вказівками OECD [20] було визначено, що високі концентрації при наявності метаболічної активації таки викликали підвищення рівня ревертантів. При невеликих концентрації ніякої дії не було визначено. Так дослідники роблять висновок, що такий ефект може спостерігатись через наявність домішок в барвнику. Аналіз за методикою мишиного лімфомного тесту дав негативний результат (2011). Розглядаються також два *in vivo* мікронукліотичні дослідження, одне з яких (1986) дослідники віднесли до неактуальних, а інше (2011) показало відсутність кластогенного ефекту. За результатами викладених досліджень комісія постановила, що Е 131 не впливає на міграцію ДНК у печінці, порожній і клубовій кишці та периферичній крові щурів. Виходячи із новіших досліджень комісія зазначила що барвник не викликає занепокоєння щодо генотоксичності.

Також комісія зазначила, що виходячи із проведених досліджень добавка не має канцерогенної дії при випробовуваних кількостях. Дослідження репродуктивної токсичності також показало відсутність сторонніх ефектів на мишах при випробовуваних

кількостях. Також не було виявлено порушень у розвитку щурів при випробовуваних кількостях.

Тож, як вказано вище, дослідники вказують на норму в 5 мг/кг ваги/день як актуальну норму, однак вказують, що необхідні додаткові дослідження пов'язані з хлоридами і сульфатами натрію як основними не забарвлюючими складовими.

За результатами дослідження добавки E132 EFSA [15,16] було визначено наступне.

Згідно досліджень поглинання, розповсюдження, метаболізму і виділення EFSA постановила, що добавка слабо поглиналась, але вказала, що ідентифікація метаболітів у фекаліях і дослідження розподілу радіоактивності в тканинах не проводилось. Загалом комісія постановила, що індигокармін не викликає підозр щодо генотоксичності.

Дослідження підгострої токсичності проводились, однак його результати не дають можливість визначити NOAEL. В цьому дослідженні було протестовано дозування 0, 17 і 39 мг на кг ваги/день на мишах при оральному введенні. Дослідження показало, що при 17 мг/кг ваги/день були виявлені побічні ефекти.

Дослідження довготривалого впливу добавки на організм показало, що зміни в організмі не пов'язані із дозуванням добавки. Комісія постановила, що добавка не має довготривалого канцерогенного або токсичного впливу.

У дослідженнях репродуктивної токсичності не спостерігалось ефектів, пов'язаних з E 132, до доз 250 мг/кг маси/день.

Не було помічено жодних слідів непереносимості чи алергії під час досліджень.

Підсумовуючи комісія відзначила, що в дослідженнях під гострої, хронічної токсичності, токсичності для репродуктивної системи та розвитку, а також жодних змін гематологічних і біологічних параметрів у дослідженнях хронічної токсичності не було виявлено при дозах, менших або рівних 500 мг/кг ваги/день. Відповідно EFSA підтвердила ADI на рівні 5 мг/кг ваги/день, яка була раніше визначена JECFA (1984).

За результатами дослідження добавки E133 EFSA [17] було визначено наступне.

Згідно даним, що стосуються поглинання, поширенню в організмі, метаболізмом і виділенням було визначено, що діамантовий блакитний має низьку здатність до поглинання організмом і здебільшого виводиться без змін з організму.

Були проведені дослідження субхронічної токсичності на мишах, щурах і собаках. Визначено, що NOAEL становить 500 мг/кг ваги/день.

Добавка показала відсутність мутагенної ефекту з та без метаболічною активацією при дослідженні на штаммах *Salmonella typhimurium*. В дослідженнях на мишах також не було виявлено мікроядер з пошкодженим ДНК. Комісія постановила, що добавка не має підзор щодо генотоксичності.

Проводилися дослідження хронічної токсичності. В одному не було помічено канцерогенного ефекту. В іншому були виявлені зміни, які авторами і комісією були характеризовані як спонтанні я не можуть бути віднесені до впливу добавки.

Дослідження впливу добавки на репродуктивність показало, що у групах, що спостерігалися була помічена втрата ваги, однак ніяких змін пов'язаних з кольором не було.

Дослідження репродуктивної токсичності не показало впливу добавки на фертильність, вагітність, пологи, лактацію, виживання дитинчат після відлучення або кількість живих і мертвороджених дитинчат.

Комісія постановила, що згідно наведених досліджень ADI – 10 мг/кг ваг день визначене в 1984 році необхідно переглянути. Комісія постановила, що ADI має становити 6 мг/ кг ваги/ день, так як для дослідження хронічної токсичності було вказано, що NOAEL становить 631 мг/кг ваги/день.

1.4 Сировина натурального походження як альтернатива синтетичним барвникам.

Згідно з статтями [20,21] найбільш поширеними і відомими є барвники на основі синьої спіруліни (*Spirulina platensis*) та квітів кліторії трійчастої (*Clitoria ternatea*). Ведуться дослідження про можливість застосування порошка із квіток волошки, квіток гарденії жасминової, геніпи американської, а також екстрактів із червоноговолої капусти, буряка і цибулі.

В вищенаведених статтях вказано, що забарвлюючими речовинами спіруліни є фікоціани, деяких квітів і овочів – антоціани, а квітів геніпи – іридоїди. Виходячи із статті [22] фікоціани – це водорозчинні фікобіліпротеїни, які містяться в деяких водоростях таких як *Spirulina*, *Porphyndium*, і *Rhodella*.

Однак дослідники вказують, що фікоціанін, який є барвлючою речовиною із спіруліни має обмежену сферу застосування через недостатню стабільність при високих температурах і високу вартість. Антоціани, які містяться в квітах і овочах мають слабку забарвлюючу дію і лише в обмежених межах рН (від 6 до 7). Ще однією групою забарвлюючих речовин є іридоїди

Однак є дослідження [20] в якому визначають, що синя спіруліна, а також антоціан- і геніпін-засновані пігменти також можуть бути використані для надання синього кольору продуктам харчування. В іншому дослідженні [12] вказують на такі джерела синього кольору *Gardenia jasminoides*, *Spirulina platensis*, *Indigofera*, *Haslea ostrearia*, *Genipa americana* L., і *Allium*. Як описано в цьому дослідженні Антоціанові барвники мають недолік в їх низькій забарвлюючій здатності при рН 6-7. Проблемою спіруліни є її

недостатня термостабільність і лабільність до світла і рН, до того що і у виробництві вона дорога, на томість вона є затвердженою FDA (US) як харчовий барвник [13]. Барвники ж на основі *Genipa americana* і *Gardenia jasminoides* не здобули повноцінного допуску до використання через недостатню дослідженість [23].

Антоціани – є найбільш помітним класом флавоноїдів, які є класом вторинних рослинних метаболітів. Антоціани мають широкий спектр кольорів, які виникають під час їх синтезу. Також вони приймають участь в багатьох процесах життєдіяльності рослин. До них відносяться приваблення опилувачів, сприяння розповсюдження насіння, захист від ультрафіолетового випромінювання.

Існування великої кількості антоціанів і різноманітності їх функцій породило питання пов'язані з тим як такі сполуки синтезуються і що регулює цей синтез.

Дослідження генетичних мутацій дозволило розкрити послідовність багатьох реакцій у синтезі антоціанів та їх модифікації. Гени біосинтезу антоціанів були ізольовані за допомогою різних методик, включаючи очищення білків, маркування транспозонами, диференційований скринінг та полімеразно-ланцюгову реакцію (ПЛР).

Шлях біосинтезу антоціанів на зараз є добре вивчений. Загальний шлях біосинтезу антоціанів показано на рис. 2 . Прекурсорами для синтезу всіх флавоноїдів, включаючи антоціаніни, є малоніл-COA та p-кумарил-COA. Халконсинтаза (CHS) каталізує поетапне конденсування трьох ацетатних груп з малоніл-COA та p-кумарил-COA для утворення тетрагідроксихалкону. Халконізомераза (CHI) затим каталізує стереоспецифічну ізомеризацію жовтого тетрагідроксихалкону у безбарвний нарингенін. Нарингенін перетворюється в дигідрокаемпферол (ДНК) флаванон-3-гідроксилазою (F3H). ДНК може бути подальш гідроксильований флавоноїд-3'-гідроксилазою (F3'H) для утворення дигідрокверцетину (ДНҚ) або флавоноїд-3,5'-гідроксилазою (F33'H) для утворення дигідромірицетину (ДНМ). F33'H також може перетворювати ДНК на ДНҚ. Принаймні три ферменти необхідні для перетворення безбарвних дигідрофлавонолів (ДНК, ДНҚ та ДНМ) в антоціаніни. Перша з цих ферментативних конверсій - редукція дигідрофлавонолів до флаван-9,4-цис-діолів (лейкоантоціанідинів) дигідрофлавонол-4-редуктазою (DFR). Далі окиснення, дегідратація та глікозилювання різних лейкоантоціанідинів призводять до відповідних червоно-рудих пігментів пеларгонідину, червоного цианідину та синього делфінідину [24].

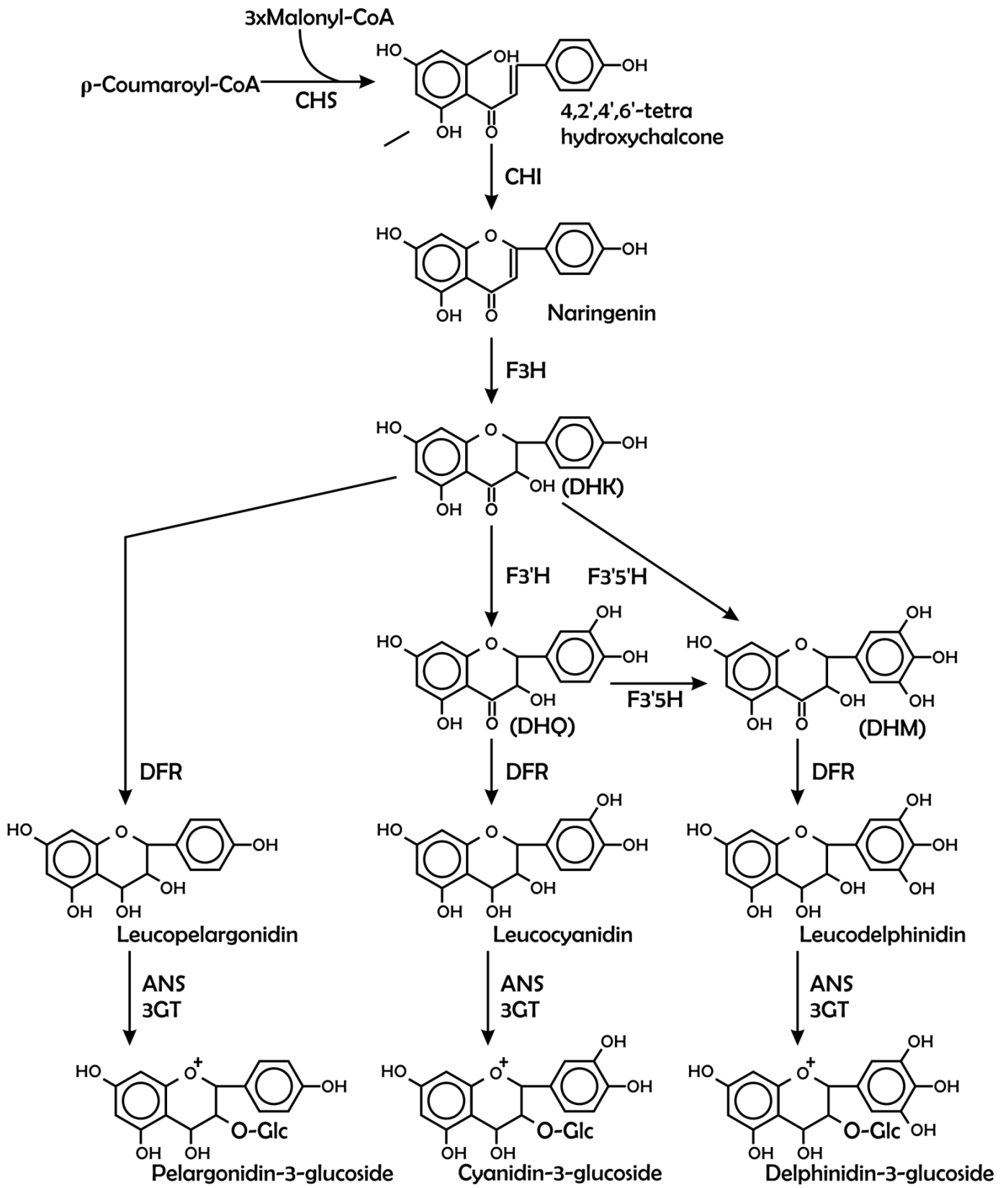


Рисунок. 1.2 Загальний шлях біосинтезу антоціанів

Як вказують дослідники, антоціани синього кольору не утворюються у багатьох важливих декоративних рослин, таких як гвоздики, хризантеми та троянди. Жодна з цих рослин не може виробляти сині пігменти дельфінідину. Дослідники припускають, що це ймовірно через відсутність гена, що кодує флавоноїд-3',5'-гідроксилазу (F3'5'H). Трансформація антоціанів геном F3'5'H може подолати це обмеження і дозволити виробництво похідних дельфінідину, збільшуючи можливість отримання синіх квітів.

В дослідженні [25] розкривається проблема того, що синій колір може використовуватись не самостійно а сумішах з іншими кольорами. Крім того, тонкості різниці в кольорах різних відтінків блакитного мають велике значення в області змішування кольорів. Два основні штучні блакитні харчові фарбники — E133 (FD&C Blue No. 1) і E132 (FD&C Blue No. 2) — надають відповідно ціановий ($\lambda_{\text{max}} = 630$ нм) і індиго ($\lambda_{\text{max}} = 608$ нм) відтінки. Природні блакитні харчові барвники обмежені і можуть бути отримані з антоціанінів та обмеженого набору інших блакитних барвників, включаючи фікоціанини (від *Spirulina* spp.) ($\lambda_{\text{max}} = 615\text{--}620$ нм) і похідні іридоїдів від гуїто (або гарденії) ($\lambda_{\text{max}} = 590\text{--}610$ нм) (10, 11). Проте до цього часу всі відомі природні фарбники мають або λ_{max} менше 630 нм, або великий внесок фіолетового кольору (поглинання в діапазоні 500–600 нм), або обидва. Внесок фіолетового кольору впливає на кінцевий колір у змішаних фарбниках, наприклад, змішування природних блакитних з жовтим зазвичай призводить до брудно-зеленого кольору.

Дослідники вказують, що попередні дослідження з визначення хімічних структур і спектральних властивостей RCAs розкрили цікаву структурну гомологію, де основні будівельні блоки включають хромофор ціанідину, софорозовий залишок, зв'язаний в позиції 3, і глюкозу, зв'язану в позиції 5. Ключовими факторами відмінності є наявність гідроксицианамінових кислот і їх шаблони заміщення на цукрі 1 (Glc-1) або цукрі 2 (Glc-2) софорози. Дивовижно, один з малих моноацильованих антоціанінів, Пік 2 (P2), виявився особливо високим λ_{max} у 640 нм при pH 7.

Ще однією важливою властивістю відтінку та інтенсивності кольору є наявність копінгменту [26]. Копінгмент - це інша речовина, яка зазвичай є безбарвною, але, коли додається до антоціанінів, взаємодіє з антоціаніном і значно підсилює колір розчину. Міжмолекулярні реакції копінгментації є результатом асоціацій між антоціанінами та співдієльниками, такими як інші поліфеноли, іони металів чи органічні кислоти, що призводять до утворення слабких хімічних зв'язків зі збільшеними фізичними та хімічними властивостями. Коли поліфенольні сполуки виступають у ролі кофакторів для антоціанінів, обидві сполуки утримуються разом вертикальним гідрофобним стекінгом ароматичних ядер. Флавілієвий катіон стабілізується взаємодією з копінгментом та уникає

гідратації, яка призвела б до утворення безбарвної карбінольної псевдооснови. Замість цього в розчині присутні більше флавілієвих іонів, що призводить до інтенсивно червоних кольорів. Органічні копінгенти, які часто зустрічаються, включають катехін, епікатехін, проціанідин В2, кафеїнову кислоту, п-кумаринову кислоту, хлорогенову кислоту, мірицитрин та кверцитин.

Дослідники [25] запропонували комплекс $Al^{3+}(P2^-)_3$, що має унікальну хімічну конформацію, яка надає спектральні властивості, бажані для заміщення FD&C Blue No. 1, P2 представляє менше 5% від загального вмісту антоціанінів, які природно зустрічаються в дослідному джерелі антоціанів. Таким чином, амбіційним завданням було отримання достатньої кількості P2 високої чистоти для поточної дослідницької програми та можливого використання як барвника для їжі. З цією метою використовувалася гомологія структур, і було знайдено та подальше розвинуто гідролітичний ензим, здатний до високоселективного каталітичного деацеляційного процесу. Ензим вибірково видаляє будь-яку ацильну групу, зв'язану з Glc-1 сахарозної частини, залишаючи синапову групу на Glc-2 незмінною, тим самим перетворюючи P6, P7 і P8 в P2. Початкові зусилля з копіювання бази даних включали в себе скринінг широкого спектру генів, які кодують гідролітичні ензими, такі як лактонази, естерази, лактамази та гідрази, відібрані з бази даних BRENDA за 26 класифікаціями ензимів (ECs). Після трьох раундів геномного аналізу було протестовано загалом 46 генів, з яких 17 були активні щодо P6-P8, перетворюючи їх у P2. Медіанна ідентичність послідовності усіх протестованих ензимів становить 7,0%, а медіанна ідентичність послідовності активних ензимів - 13,0%, що вказує на пластичність функціональності в межах родини естераз через різноманітність послідовностей, здатних каталізувати цю реакцію. Найактивнішим серед цих ензимів був 1AUR, який в своїй природній формі гідролізує довші вуглецеві ланцюги, але проявляє широкий спектр специфічності до естерів. Пізніше вони переконструювали кишеню білка 1AUR, використовуючи комбінацію Rosetta Design і FoldIt для введення нових благоприємних взаємодій з P8 (найбільшим і складним серед RCAs) (34, 35). Після кількох раундів дизайну мутант з найкращим перетворенням P6, P7 і P8 був M73H, який зміг довести процес перетворення RCAs 3-8 на P1 і P2 до завершення в прийнятний для виробництва P2 на рівні грамів часовий і концентраційний режими для прототипування харчових продуктів. На основі моделювання і зусиль у дизайні вони припустили, що дві додаткові воденьові зв'язки, які утворюються за участі амінокислоти гістидину на позиції 73, що обмінюється, обидві викладені в активному впадині, зміцнюють взаємодію ензим-субстрату.

У підсумку, дослідники виявили, характеризували та визначили шлях до виробництва природного синього барвника, властивості кольору якого майже ідентичні стандарту промисловості, відомому як блискучий синій FCF (FD&C Blue No. 1). Цей барвник також здатен створювати відмінні зелені кольори порівняно з багатьма існуючими природними синіми барвниками. Однак цей барвник потребує додаткового дослідження з точки зору безпечності його споживання.

В дослідженні [26] вказується, що хоча антоціаніни виконують ці важливі завдання у рослинах, вони в даний час досліджуються за їхню здатність захищати від різноманітних хвороб людини. Природний електронний дефіцит антоціанінів робить ці сполуки особливо реактивними до радикалів кисню. Їхні антиоксидантні властивості впливають з хімічної структури антоціанінів, зокрема з гідроксильних груп кільця С, які дозволяють хелатацію металевих іонів, таких як Fe або Cu. Антиоксидантна активність також збільшується ацилюванням залишків цукру ароматичними кислотами. Дослідники вказують, що фактично дослідження показують, що антоціаніни можуть мати вищу антиоксидантну активність, ніж вітамін Е, аскорбінова кислота і β -каротин [27, 28].

Антиоксидантну активність антоціанінів було докладно досліджено [29-35]. Рослини, багаті антоціанінами, традиційно використовуються для лікування численних симптомів і захворювань, таких як поліпшення зірності. Призначення ціанідин-3-рутінозиду підвищило нічну і загальну зірку через його вплив на регенерацію родопсину. Дослідження показують, що антоціанін прискорює утворення проміжного продукту для регенерації рецептора, пов'язаного з G-білком, в сітці ока. Захист від серцевого нападу також пов'язаний з прийомом антоціанінів, зокрема у формі виноградного соку та вина, але також із інших джерел. Цю роль пов'язують з можливістю цих продуктів зменшувати запалення, підвищувати міцність і проникність капілярів та інгібувати утворення тромбоцитів. Спостерігалось, що механізм вазорелаксації пов'язаний зі збільшенням виділенням оксиду азоту. Антоціаніни навіть можуть сприяти запобіганню ожирінню та діабету. Дослідження показують, що пігменти антоціанінів з фіолетового кукурудзи інгібують як збільшення маси тіла, так і збільшення адипозних тканин. Симптоми гіперглікемії, які можуть виникнути після вживання високожирової дієти, також були пригнічені при прийомі ціанідину-3-глюкозиду.

Цікаво, що деякі антиоксиданти також виявили протизапальну активність, втручаючись у сигнальні механізми, які регулюють ген циклооксигенази (COX). Антоціаніни з черешень і квітів гібіскусу виявились здатні знижувати активність COX-1 і COX-2 *in vitro*, оскільки ген COX-2 відіграє роль у туморогенезі, антоціаніни можуть впливати на поширення раку через різноманітні механізми. Апоптоз є загальним методом

усунення пухлинних клітин, і агенти, що викликають апоптоз, очікуються як відмінні протиракові або протуморальні препарати. Деякі антоціанідини та їх глікозиди, зокрема дельфінідин, ціанідин і петунідин, індукують апоптоз клітин гуманного промієлоцитарного лейкозу (HL-60). Ці сполуки відрізняються від пеларгонідину, пеонідину і мальвідіну кількістю гідроксильних груп на кільці В, і здається, що конкретна орто-позиція гідроксилів необхідна для дії апоптозу. Ті ж антоціанідини також можуть інгібувати активність транскрипційної активності активатора білка 1 (AP-1) і трансформацію клітин у деяких мишацьких епідермальних клітинах.

AP-1, який є фактором транскрипції, що сприяє карциногенезу, отже, пов'язані антоціаніни виявляють обнадійливі властивості проти прогресування раку. Знову ж таки, оскільки лише дельфінідин, ціанідин та петунідин проявили цю інгібіцію, дослідники припустили, що структура кільця В породжує спостережену активність. Дослідження щодо хемопревентивної дії пігментів антоціаніну в основному були обмежені формою аглікону. Це не означає, що антоціаніни не мають хемопревентивної активності, насправді вони володіють тими ж властивостями, але в іншій мірі. Біологічні властивості антоціанінів зазвичай зростають зі зменшенням кількості глікозидів і збільшенням кількості гідроксилів. З огляду на зростаючу кількість досліджень, які висвітлюють і вивчають корисні властивості для здоров'я, розумно припустити, що з часом з'явиться все більше корисних властивостей та застосувань для покращення здоров'я та харчування людини, а також більше розуміння їхнього механізму дії та біодоступності в кінцевій формі на місці(ах) цільової дії.

В дослідженні [36] розкривається вимірювання кольору за системою CIE Lab*. Як зазначають дослідники для систематичного дослідження якості кольору необхідно об'єктивно вимірювати якість кольору, а також концентрацію пігментів. Існують спеціальні прилади для вимірювання кольору, і їхній стійкість, стабільність, портативність, чутливість та легкість використання значно поліпшилися в останні роки. Систему CIE Lab* вже використовують в харчовій промисловості для вимірювання кольору харчових продуктів. Хоча ця система не завжди дає точне визначення кольору, вона дуже ефективна для вимірювання відмінностей в кольорі та відстеження змін кольору під час обробки та зберігання. Індекси кольору, отримані з вимірювань CIE Lab*, все частіше згадуються в статтях про дослідження природних барвників, але в багатьох випадках їх використовують неадекватно. Прилади вимірюють L^* , що є мірою "світлості", і дві координати a^* та b^* . Позитивні значення a^* вказують на нахил до червоного, а від'ємні значення - до зеленого. Позитивні значення b^* вказують на "жовтість", а від'ємні - на "синість". Дуже поширеною помилкою є використання значення a^* як міри

"червоність" або "зеленість", а значень b^* - як міри "жовтість" або "синьість". Зразки з однаковими значеннями a^* можуть мати кольори від фіолетового до червоного або помаранчевого. Колір є тривимірним, і кращі описи кольору отримуються за допомогою системи LCh, де L - "світлість" з 100 - абсолютно білим і 0 - абсолютно чорним. Кут відтінку визначається за двома координатами a^* та b^* і визначається як арктан b^*/a^* . Кут відтінку виражений на сітці 360° , де 0° - синьо-червоний, 90° - жовтий, 180° - зелений і 270° - синій. Ця система уникне використання від'ємних чисел, і різниці в куті відтінку 1° легко розпізнаються людським оком. Насиченість або насиченість - це міра інтенсивності, або насиченості, і обчислюється як $(aCb^*)^{1/2}$. Рожевий зразок різних ступенів розведення, від рожевого до червоного, матиме той самий кут відтінку, але збільшення значень насиченості. Заплутуюче явище щодо насиченості полягає в тому, що вона зростатиме разом з концентрацією пігменту до максимуму, а потім зменшиться з темрявою кольору. Таким чином, рожевий і темно-червоний колір можуть мати ідентичні значення насиченості.

Фікоціанін - це природний синій барвник, який міститься в ціанобактерії (синьо-зелена водорість) *Spirulina platensis*. Він складається з білка і хромофору; білкова частина включає альфа- та бета-частини з молекулярними вагами в діапазоні від 18 000 до 20 000 кожна. Хромофор фікоціанобілін - це лінійний тетрапіррол, який ковалентно з'єднаний з білком через тіозетерний зв'язок цистеїну [37]. Вміст фікоціаніну варіює в діапазоні від 10 до 15% в біомасі *Spirulina* в залежності від умов культури. Цей барвник добре розчиняється у воді і стабільний при рН 5-8. Крім того, він виявляє високу флуоресценцію.

Інститут технологічних досліджень у галузі харчових продуктів (CFTRI) розробив технологію для вирощування та ізоляції синього барвника фікоціаніну з *Spirulina platensis*, штаму CFTRI (SP6). Гострі, субхронічні, хронічні, тератогенні, мутагенні та токсичність для репродукції тести з видами *Spirulina platensis* не виявили токсичності у щурів. У розглянутому дослідженні проведені дослідження з оцінки токсичності фікоціаніну на експериментальних тваринах для оцінки безпеки його використання як природного харчового барвника.

Синьо-зелена водорість *Spirulina platensis* (штам SP6, CFTRI) вирощувалася у відкритих відкритих ставках з використанням середовища CFTRI. Свіжа зібрана біомаса була гомогенізована в блендері, потім була додана кислота після чого маса була центрифугована для отримання розчину фікоціаніну. Отриманий осад був заморожений та висушений ліофілізацією, фікоціанін аналізувався на вміст білка; синього пігменту;

вуглеводів, вологи та золи. Ліофілізований зразок використовувався безпосередньо для проведення експериментів на тваринах.

Дослідники вказують, що ізольований фікоціанін з *Spirulina platensis* містив 61% білка, 26% синього барвника, 4,5% вуглеводів, 6,5% вологи та 2% золи. Оральне годування фікоціаніном у дозах від 0,25 до 5,0 г/кг маси тіла (в/в) не викликало симптомів токсичності чи смертності тварин негайно або під час післялікувального періоду у тварин обох статей. Термінальна аутопсія не виявила макроскопічних чи мікроскопічних змін у важливих органах. Не було значущих відмінностей у відносних вагах органів між тваринами, які отримували фікоціанін, та контрольними тваринами.

У субхронічному токсичному вивченні годування фікоціаніном у дозах від 0,5 до 4,0 г/кг дієти протягом 90 днів обох статей щурів не викликало значних відхилень у споживанні їжі чи набутті маси тіла в порівнянні з контрольними групами. Самиці щурів споживали середні \pm SEM (Standardized Energy Measure) 10,5 г дієти/день, тоді як самці щурів споживали середні \pm SEM 9,44 г дієти/день протягом усього періоду дослідження. Загальна концентрація фікоціаніну, спожитого протягом дослідження на основі середнього значення 90 днів на 4,0 г/кг фікоціаніну в дієті, складала 17,0 г/кг маси тіла для самців і 21,3 г/кг маси тіла для самок.

Не було помітних різниць у середніх вагах органів, виражених у відношенні до маси тіла між тими, хто споживав фікоціанін, та контрольними групами. Гематологічні параметри, такі як лічба червоних і білих кров'яних клітин, вміст гемоглобіну, об'єм упакованих клітин та диференційована лічба білих кров'яних клітин, не виявили жодних значущих змін між контрольними та тими, хто споживав фікоціанін. Мікроскопічний огляд важливих органів оброблених тварин не виявив гістологічних змін у порівнянні з контрольними тваринами. Не було значущих відмінностей у активності сироваткових ферментів, таких як лактатдегідрогеназа, алкалічна фосфатаза, ALAT та ASAT, між експериментальними та контрольними групами.

Довгострокові дослідження щодо годування *Spirulina* не показали токсичності в експериментальних тваринах. Крім того, *Spirulina* виявила багатоцільовий корисний вплив на здоров'я, такий як зниження рівня холестерину в людей за дослідженням відділу внутрішньої медицини Токійського університету; підвищення імунітету та мікрофлори кишечника, особливо *Lactobacillus*; виведення токсинів з нирок; підвищення поглиблення слідових мінералів та відновлення від недоїдання в експериментальних тваринах. Недавно виявили антиоксидантний та протизапальний потенціал С-фікоціаніну на тваринних моделях. Крім того, було повідомлено про захисний ефект С-фікоціаніну від гепатотоксичності, спричиненої тетрахлорметаном і пулегоном у щурів.

В дослідженні [38] розглядається вплив параметрів на культивування *Spirulina*. Так для масштабного виробництва підприємства для вирощування мають бути розташовані в районах з відповідними кліматичними умовами, особливо з наявністю сонячного світла протягом всього року. Важко забезпечити ідеальний ріст через різні фактори навколишнього середовища, такі як сонячне випромінювання, дощ, вітер, температурні коливання тощо.

Живильне середовище. Для *Spirulina* потрібні більші обсяги поживних речовин і концентрації солі порівняно з *Scenedesmus* та *Chlorella*. Як вважають дослідники це може бути причиною того, що *Spirulina* природно росте виключно в солоних озерах. *Spirulina* потребує середовища високої лужності та стабільного постачання бікарбонатних іонів.

Джерело вуглецю. Дослідники повідомили, що *Spirulina* не росте в органічних сполуках як єдиному джерелі вуглецю. Так порівнювали залишки рисового лушпиння з NaHCO_3 . Результати показали, що додавання кожного дня NaHCO_3 кожного дня призвело до кращого росту ніж додавання залишків рисового лушпиння. Дивчали вплив підвищеного атмосферного CO_2 на фотосинтез і ріст спіруліни. Збільшення CO_2 не спричинило жодних змін у максимальній швидкості росту, тоді як воно зменшило максимальний урожай біомаси, оскільки це вплинуло на вміст пігменту у водоростях.

Температура в діапазоні 30-35°C, навіть якщо зовнішня температура становила 38°C, найбільш ідеально підходила для отримання максимального врожаю *Spirulina*. Температура вище 35°C призводить до вибілювання культур. Часткова тінь забезпечувала температуру культури приблизно 30°C, навіть якщо зовнішня температура становила 38°C.

Дослідники повідомили, що максимальна специфічна швидкість росту 0,141 була виявлена при 32°C для *Spirulina platensis*. Також при 32°C було зафіксовано максимальне виробництво біомаси 2,4 г/л та виробництво хлорофілу а 16,6 мг/л

Дослідники виявили, що температура є найважливішим фактором, а найбільша кількість гамма-ліноленової кислоти (GLA) отримується при 30 °C, профіль жирних кислот *Spirulina* показує, що (за ступенем розповсюдження) пальмітинова, ліноленова та лінолева кислоти є найпоширенішими.

Якість води. Характеристики якості води внесли свій внесок у виробництво водоростей. Це впливало, по-перше, на розчинність добрив, доданих у середовище, а також на вибіркове накопичення деяких важких металів водоростями під час фази росту.

Світло. Для *Spirulina* потрібні інтенсивності світла протягом фази її росту. Оптимальна інтенсивність світла становила від 20 до 30 тисяч люксів. Було визначено вплив різної якості світла на ріст, синтез білка та пігментів *Spirulina fusiformis*. Світло

надавалося протягом 10 годин при інтенсивності 2 тисячі люксів, із захисним кольоровим папером, що покривав люмінесцентні лампи. Синє світло дало найвищий вміст білка, за ним йшли жовте, біле, червоне та зелене світло. Було виявлено, що біле флуоресцентне світло з червоно-помаранчевою компонентою надавало більше енергії для кращого синтезу білка та пігментів.

Також вивчали фотосинтетичну продуктивність спіралевидної ціанобактерії *Spirulina platensis* у конічному трубчастому фотобіореакторі. Він був побудований з площею основи 0,255 м² і конічною формою. Внутрішню поверхню фотостадії освітлювали компактними флуоресцентними лампами холодного білого кольору, а введена енергія випромінювання становила 1249 кДж/день. Максимальна ефективність фотосинтезу становила 6,83 відсотка, що відповідає швидкості виробництва сухої біомаси 15,9 г/м²/день.

Виявили, що вплив інтенсивності світла на ріст *Spirulina platensis* при 5 тисячах люксів призводив до ваги сухої маси *Spirulina platensis* 0,85 г/500 мл, а вміст білка та хлорофілу а становили відповідно 64,3% і 9,8 мг/г.

Spirulina platensis є важливим джерелом фармацевтичних та нутрацевтичних речовин, таких як гамма-ліноленова кислота (GLnA). Найбільше GLnA з культурної середовища (32 мг/л) було отримано при найвищій інтенсивності світла 5,0 тисяч люксів.

pH. pH має прямий вплив на фізіологічні властивості водоростей та доступність поживних речовин. pH визначає розчинність джерела вуглецю та мінералів у культурі прямо або опосередковано. *Spirulina* добре росла при значеннях pH від 9 до 11. Оптимальний рівень pH для живильного середовища *Spirulina* зсунувся від 8,4 до 9,5 під час масового вирощування через споживання бікарбонату та іонів натрію. Виявлено, що мінімальна кількість клітин є необхідною для ініціації та підтримання культур *Spirulina*. Фільтрат культури мав поглинання 0,96 на дев'ятому дні, що збільшило зріст на 50% порівняно з контролем (поглиблення 0,63).

Біохімічний склад *Spirulina platensis* можна узагальнити наступним чином. Білок: Спіруліна відзначається надзвичайно високим вмістом білка від 55 до 70 відсотків за сухою масою. Вона вважається повноцінним білком, оскільки містить всі необхідні амінокислоти.

Незамінні жирні кислоти: Спіруліна багата на незамінні жирні кислоти. GLA (гамма-ліноленова кислота) є значущим компонентом, відомим своїми терапевтичними властивостями, включаючи здатність знижувати рівень холестерину в крові. Поліненасичені жирні кислоти в Спіруліні складають близько 1,5-2,0 відсотка від загального вмісту ліпідів, з помітними компонентами, такими як ліноленова кислота,

стеаридонова кислота, ейкозапентаєнова кислота, докозагексаснова кислота і арахідонова кислота.

Вітаміни: Спіруліна містить різноманітні вітаміни, включаючи B1, B2, B3, B6, B12, вітамін C, вітамін D та вітамін E.

Мінерали: Спіруліна є джерелом різноманітних мінералів, таких як калій, кальцій, хром, мідь, залізо, магній, марганець, фосфор, селен, натрій та цинк.

Фотосинтетичні пігменти: Спіруліна містить різноманітні пігменти, включаючи хлорофіл-а, ксантофіли, β -каротин, ехіненон, міксоксантофіл та інші. Крім того, вона містить фікобіліпротеїни, такі як С-фікоціанін і алофікоціанін.

Детальніше С-фікоціанін розглядається в дослідженні [39]. С-фікоціанін (фікоціанін з ціанобактерій, С-РС), синій та водорозчинний пігмент. Окрім використання в якості пігменту у формулюванні продуктів харчування, зацікавленість у С-РС зростає через його антиоксидантні, протизапальні та протиракові властивості [40,41]. Однак існують обмеження для застосування С-РС, переважно пов'язані із методами екстракції, які призводять до отримання екстрактів низької чистоти, та низькою стійкістю пігменту при зберіганні та під час обробки харчових продуктів.

Отже, для отримання чистого і стабільного С-РС важливо вибрати відповідний метод екстракції, оскільки вивільнення цього пігменту залежить від розпаду клітинної мембрани. Було використано багато технік руйнування клітин, серед яких найпоширенішими є цикли заморожування та розморожування, мільні частки та змішування та гомогенізація. Навіть якщо екстракція методом заморожування та розморожування призводить до відносно високочистих екстрактів, цей метод вимагає тривалого часу обробки і не є легко масштабованим. З іншого боку, мільне змішування - це швидкий метод руйнування клітин, але його застосування призводить до неочищених екстрактів з високою концентрацією клітинних відходів та інших заважальних сполук. Змішування - дуже простий метод, але зазвичай вимагає тривалого часу обробки (зазвичай годин), а гомогенізація, як правило, призводить до неочищених екстрактів. У цьому відношенні екстракція С-РС за допомогою нових технологій, таких як ультразвук, імпульсні електричні поля та мікрохвилі, була оцінена як альтернатива для подолання цих обмежень. Окрім недоліків процесу екстракції, низька стабільність С-РС також є обмеженням для промислового застосування. С-РС нестабільний в присутності світла, високої температури та екстремальних значень рН.

Для відкладання процесу розкладання С-РС в ході зберігання та обробки, дослідниками були оцінені стабілізуючі агенти, такі як цукри, NaCl, лимонна та бензойна кислота. Таким чином, важливо краще розуміти особливості методів екстракції та

фактори, які можуть впливати на стабільність С-РС, щоб максимізувати витрати екстракції та чистоту екстракту та мінімізувати витрати обробки.

Методи екстракції С-РС були раніше розглянуті дослідниками [42-44], які охоплюють лише методи руйнування клітин, не деталізуючи параметри обробки. Наступний огляд спрямований на узагальнення основних параметрів екстракції та методів руйнування клітин, які можуть впливати на процес екстракції С-РС, а також фізичні та хімічні умови, які впливають на його стабільність під час зберігання та обробки харчових продуктів.

Фікобіліпротеїни (PBPs) є основними допоміжними пігментами у ціанобактеріях, відповідальними за близько 50% поглиблення світла. Ці пігменти розташовані у фікобілісомах, зібраних на поверхні тилакоїдів. PBPs поділяються відповідно до кольору пігменту: фікоеритрин (С-РЕ, червоний), С-РС (темно-синій) і алофікоціанін (САРС, світло-синій). Ці пігменти об'єднуються в послідовності передачі енергії від С-РЕ до С-РС і С-АРС, досягаючи фотосистем I та II в кінці реакції. З усіх PBPs, С-РС - основний пігмент, який синтезується ціанобактеріями і представляє до 20% маси клітини.

Фікоціанін має форму α (альфа) і бета (бета) субодиниць, до яких прикріплені один білін хромофор до альфа-субодиниці та два до бета-субодиниці. Мономери об'єднуються, щоб утворити кільцевий тример $(\alpha\beta)_3$, що призводить до гексамерних структур $[(\alpha\beta)_3]_2$. Хромофор, відомий як фікоціанобілін, відповідає за синій колір молекули і складається з відкритої ланцюгової тетрапірольної групи, яка з'єднується з білками через тіоетерний зв'язок рис. 3

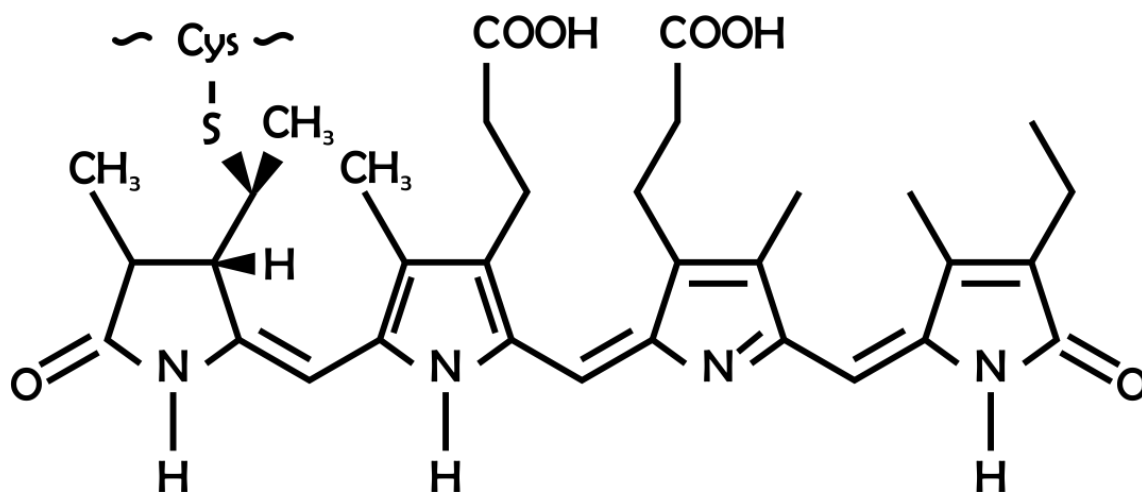


Рисунок.1.3 структурна формула фікоціанобіліну

С-РС виявив реакційну здатність до кисневих видів, таких як гідроксильний радикал ($\bullet\text{OH}$), алкоксильний радикал ($\text{RO}\bullet$) і пероксильний радикал ($\text{ROO}\bullet$), представляючи властивості протизапальної, антимікробної, нейропротективної та гепатопротективної дії.

Таким чином, зацікавленість у використанні С-РС визначається не лише синім кольором, але й його антиоксидантною властивістю. Важливо відзначити, що ці властивості також притаманні РВРs, які можуть стабілізувати синглетний кисень окисненням подвійних зв'язків тетрапіролю.

Чистота С-РС - це суттєвий фактор, який визначає його застосування. Чистота ґрунтується на співвідношенні A_{620}/A_{280} , яке пов'язує поглиблення фікоціаніну при 620 нм (A_{620}) та поглиблення інших білків при 280 нм (A_{280}). С-РС вважається харчовою якості, коли A_{620}/A_{280} більше або дорівнює 0,7, реактивною якості, коли A_{620}/A_{280} знаходиться між 0,7 і 3,9, і аналітичною якості, коли A_{620}/A_{280} більше або дорівнює 4. Комерційна вартість С-РС значно варіюється і залежить від ступеня чистоти: С-РС харчової якості коштує приблизно 0,13 долара США за мг, тоді як С-РС аналітичної якості може досягати до 15 доларів США за мг. Високі комерційні цінності пов'язані з труднощами на етапах екстракції та очищення, що призводить до високої вартості С-РС як білкового пігмента.

Дослідники [37] провели огляд методів екстракції фікоціаніну (С-РС) та основних параметрів, які впливають на його стабільність. Екстракцію С-РС можна виконати при помірних температурах (до 50 °С), нейтральних значеннях рН (6 – 8) та униканні контакту зі світлом. Клітини спіруліни зазвичай руйнуються циклами заморожування та розморожування, особливо на лабораторному рівні, і екстракти, отримані цим методом, мають відносно високу чистоту. Незважаючи на те, що це є загальним методом екстракції, не вистачає оптимізаційних досліджень, і далі слід акцентувати на вивченні кількості циклів, часу, температури, розчинника та співвідношення екстракції. Механічні методи руйнування клітин, такі як мільне змішування та ультразвук, легше масштабуються, але зазвичай отримують екстракти низької чистоти через дуже інтенсивне руйнування клітин, що вимагає подальшого етапу очищення. Метод мікрохвиль має недолік у використанні відносно високих температур, що не підходять для екстракції С-РС. Щодо помірних електричних полів, потрібно більше досліджень для розуміння їх впливу на клітини спіруліни. Інші методи, такі як змішування та гомогенізація, забирають багато часу, а отримані екстракти мають низьку чистоту. Щодо обробки високим тиском, потрібно більше досліджень для оптимізації процесу екстракції, уникаючи розкладання С-РС. Таким чином, серед оглянутих методів екстракції, метод імпульсного електричного поля здається найбільш перспективною технологією для екстракції С-РС, оскільки його застосування призводить до екстрактів з високою концентрацією та відносно високою чистотою.

Дослідники вказують, що щодо стабільності С-РС, серед речовин, які були оцінені як стабілізуючі агенти, цукри та природні полімери показали позитивні результати.

Механізм стабілізації молекули С-РС цукрами вже був визначений, але використання природних полімерів було досліджено нещодавно, і їх механізм стабілізації ще потрібно дослідити. Важливо відзначити деякі перспективно позитивні результати, отримані з сироватковим білком, яке захищає С-РС в умовах високої температури та тиску. Однак додавання таких речовин не підходить для всіх харчових формулювань і застосувань. Отже, додаткові дослідження можуть акцентувати на оцінці нових молекул, таких як інші природні полімери, для кращого розуміння поведінки С-РС за різних умов обробки та розробки стратегій для збільшення застосування С-РС у харчових формулюваннях.

Як вказують дослідники [46], на сьогодні є велика кількість доказів на користь антиоксидантних властивостей фікоціанів, які використовують для пояснення, принаймні частково, антизапальних ефектів, також приписуваних цьому білку.

Відомо, що реактивні форми кисню (ROS) беруть участь в різноманітних важливих патологічних процесах в медицині, зокрема в запальних і нейродегенеративних захворюваннях, атеросклерозі, раку та реперфузійних ушкодженнях.

Фікобіліпротеїни – це невелика група високо консервованих хромопротеїнів, які складають фікобілісому, великий білковий комплекс, головна функція якого полягає в зборі світла для фотосинтетичного апарату ціанобактерій і еукаріотичних груп. Найпоширеніші класи фікобіліпротеїнів - це алофікоціанін, фікоціанін і фікоеритрин, всі вони складаються з α - та β -білкових субодиниць і несуть різні ізомерні лінійні тетрапірольні протезні групи (білін-хромофор), які відрізняються розташуванням їхніх подвійних зв'язків.

РС складається з двох неподібних α - та β -білкових субодиниць масою 17000 та 19500. Так відповідно, з однією білін-хромофором, прикріпленою до субодиниці α (α 84) і двома - до субодиниці β (β 84, β 155).

РС існує у вигляді складного взаємодіючого суміші тримерних, гексамерних і декамерних агрегатів. Відносна кількість кожного виду повідомлялася як функція рН, йонної сили, температури та концентрації білка. Спектр поглинання мономеру РС та всіх агрегатів виявляє великий перший смугу першого стану на ~ 615 нм та набагато слабший другий стан стану на ~ 360 нм. Обидва ці піки обумовлені властивостями білін-хромофора. Коли вторинна, терціарна та кватерна структури білка денатуруються, видима смуга поглинання, а також флуоресценція втрачать інтенсивність.

Хімічна структура білінових хромофорів в РС (Рис.4) дуже схожа на білірубін, продукт деградації гему. Білірубін вважається фізіологічно важливим антиоксидантом проти реактивних видів.

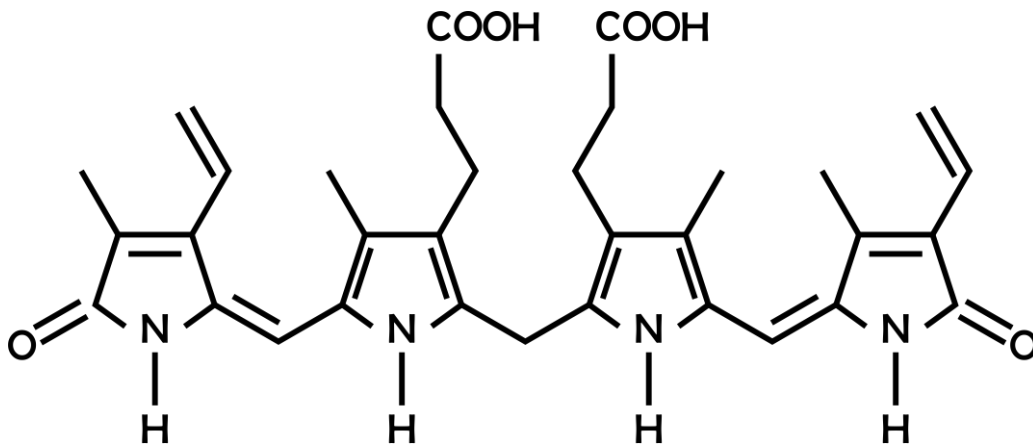


Рисунок 1.4 структурна формула білірубину

Він інгібує окиснювальні модифікації плазмових білків та ароматичних залишків амінокислот. Дослідники зазначають, що білірубін, поглинаючи кисень, захищає сироватковий альбумін, а також інші біологічні мішені.

Результати досліджень автора показали, використовуючи різні експериментальні методи, що PC є ефективним видалителем вільних радикалів кисню та також реагує з іншими окисниками патологічного значення, такими як HOCl та ONOO⁻. Багато захворювань супроводжуються або навіть викликаються окисдаивним стресом, який характеризується надмірним утворенням ROS, які не можуть бути скомпенсовані антиоксидантними системами організму. Таким чином, терапевтичне використання природних або синтетичних антиоксидантів здається перспективним.

Також виявлено здатність PC вилучати аксильні та гідроксильні радикали за допомогою аналізу хемілюмінесценції (CL). Визначення активності вилучення аксильного радикалу PC виконувалося шляхом вимірювання інгібіції CL, викликаній реакцією терц-бутилгідропероксиду з іонами заліза в присутності люмінолу. Тролокс, водорозчинний аналог вітаміну E, використовувався як речовину для вилучення цих радикалів. Результати показали, що PC інгібує CL у цій системі дозозалежним чином. Порівняння з тролоксом показало, що 0,1 мМ тролоксу викликає приблизно такий же ефект, як 2 мМ PC, виражений у 50% інгібіції виробленого CL.

Інгібіція CL, виробленого реакцією Фентона з люмінолом, використовувалася для оцінки здатності PC вилучати гідроксильні радикали. У цій системі сигнал CL інгібувався дозозалежним чином за збільшенням концентрації PC. Звітно, що 24,7 мМ PC викликало таку ж інгібіцію (50%), як 1,6 мМ диметилсульфоксид, специфічний вилучувач гідроксильних радикалів, використовуваний як контроль.

Були проведені подвійні експерименти по гашенню в кожній системі CL, щоб переконатися, що ефект від PC був викликаний саме вилученням бажаного вільного радикалу кисню, а не затримкою інших видів вільних радикалів.

Здатність PC вилучати гідроксильні радикали також була визначена за допомогою інгібіції пошкодження 2-дезоксирибози. У цій системі PC інгібував пошкодження дезоксирибози в залежності від концентрації. Значення IC50, зазначені для PC за цим методом, склали 19 мМ і 28 мМ. Фікобіліпротейн взаємодіє з гідроксильними радикалами із константою швидкості реакції в діапазоні від 1,9 до $3,5 \times 10^{11} \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$, тоді як отримані за тим же методом для деяких нестероїдних протизапальних препаратів (НПЗП), таких як індометацин та ібупрофен, становили $(1,8 \times 10^{10} \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1})$.

Дослідники [47] підтвердили участь білінового хромофору в здатності білка вилучати гідроксильні радикали, вивчаючи його вивітрювання під час інкубації з системою генерації гідроксильних радикалів (реагентом Фентона) з EDTA. В таких умовах спостерігалось значуще зменшення поглиблення при 618 нм (зменшення на 36,5%). Однак при інкубації в відсутності EDTA також спостерігалось менш значуще (20%) зменшення, що свідчить про можливість здатності PC зв'язувати залізо. Цю здатність до зв'язування залізом подальшим підтверджено експериментом з гашенням флуоресценції, в якому PC взаємодіяло з іоном заліза з константою асоціації $1,11 \pm 0,06 \times 10^5 \text{ M}^{-1}$.

Також було досліджено вплив PC на пероксидацію ліпідів. Віриться, що пероксидація ліпідів, ініційована ROS, є важливою причиною руйнування та пошкодження мембран клітин, оскільки проста початкова подія може призвести до перетворення сотень бокових ланцюгів жирних кислот в пероксиди ліпідів, що змінює структурну цілісність та біохімічні функції мембран. Показано, що PC значно інгібує збільшення пероксидів ліпідів у мікросомах печінки щурів після обробки Fe^{+2} -аскорбіновою кислотою або ініціатором вільних радикалів AAPH.

Додавання PC (200-540 мМ) до ізольованих мікросом у присутності Fe^{+2} -аскорбату призвело до концентраційно-залежного зменшення реактивних речовин тіобарбітуревої кислоти (TBARS) як показника пероксидації ліпідів в печінці.

Розраховане значення IC50 склало 327 мМ. Таким чином, PC зменшило як швидкість, так і кінцевий обсяг пероксидації ліпідів.

Цей тип пероксидації ліпідів спричинюється реакцією типу Фентона металевого іону з слідовими кількостями гідропероксидів, утворюючи алксилрадикал та вищий ступінь валентності металу; алксилрадикал, в свою чергу, поширює вільнорадикальну ланцюгову реакцію. Фікоціанін може інгібувати цей процес на своєму ранньому етапі, вилучаючи алксилрадикали або зв'язуючись із металевим іоном.

Досліджено також вплив PC на пероксидацію ліпідів в мікросомах печінки щурів, викликану пероксилрадикалами. Було показано, що PC інгібує мікросомальну

пероксидацію ліпідів, залежно від концентрації, зі значенням IC50 11,35 мМ. Фікоціанін у концентрації 200 мМ інгібував практично 95% пероксидацію ліпідів, викликану пероксилрадикалами. Зменшений РС також ефективно інгібував цю реакцію зі значенням IC50 12,7 мМ. Фактично, як природний, так і зменшений РС інгібував пероксидацію ліпідів практично в тому ж обсязі.

Відповідно до цих результатів також було продемонстровано, що РС зменшує пероксидацію ліпідів, викликану CCl₄, в живому організмі. Внутрішньоперитонеальне введення РС (50-200 мг/кг маси тіла) за 3 години до обробки CCl₄ призвело до значно меншого утворення малондіальдегіду, ніж у щурів, які отримували лише CCl₄. Відомо, що при отруєнні CCl₄ вільні радикали, що виникають з його біотрансформації, викликають пероксидацію ліпідів. Трихлорметильний радикал (CCl₃ ·), спочатку утворений, є відносно малоактивним, і цей радикал на центрі вуглецю легко реагує з O₂, утворюючи пероксилрадикал, який є добрим ініціатором пероксидації ліпідів. Оскільки було продемонстровано, що РС не впливає на функцію печінки та систему цитохрому P450, захист від пероксидації ліпідів, викликані CCl₄, РС може бути пов'язаний не зі зменшенням утворення реактивних метаболітів CCl₄, а здатністю РС вилучати пероксилрадикали.

Також було повідомлено, що РС може захищати еритроцити людини від лізису, викликаного пероксилрадикалами. У цьому тесті РС (12-75 мМ) інгібував гемоліз еритроцитів так само, як тролокс і аскорбінова кислота, добре відомі антиоксиданти. Згідно зі значеннями IC50 РС виявився практично шістнадцять разів ефективнішим антиоксидантом, ніж тролокс, і приблизно двадцять разів ефективнішим, ніж аскорбінова кислота.

Вплив фікоціаніну на активацію нейтрофілів. Хемілюмінесценція поліморфонуклеарних лейкоцитів є кінцевим результатом окислення люмінолу сильними окислювачами, такими як кисень-радикали та перекиси, що виникають внаслідок ферментативних реакцій. При додаванні до системи MPO-H₂O₂ галогеніду відбувається вивільнення аракідонової кислоти (AA) фосфоліпазою A₂ та діацилгліцеролу та інозитол трифосфату фосфоліпазою C, обмін AA за участю циклооксигенази (COX) та ліпоксигенази (LOX), активація мембранного NADPH-оксидазу діацилгліцеролом та мобілізація кальцію інозитол трифосфатом - все це може викликати хемілюмінесцентну реакцію. Пригнічення будь-якого з цих механізмів призводить до пригнічення відповіді хемілюмінесценції. Недавно було показано, що фікоціанін інгібує хемілюмінесценцію нейтрофілів, стимульованих опсонізованим зимозаном. У цій модельній системі фікоціанін (27-81 мМ) значуще зменшував сигнал хемілюмінесценції, виражений як

середнє значення площі під кривою. Це поведінка пояснюється здатністю фікоціаніну вилучати вільні радикали та перекиси, що виникають під час респіраторного вибуху фагоцитуючих клітин. Однак інші механізми, якими фікоціанін може інгібувати хемілюмінесценцію в цій системі, ще не були прояснені.

Також досліджувались анти запальні ефекти РС. Він спочатку був протестований в експериментальній моделі запалення, при якій запальна відповідь викликана перекисем у мишиній лапці. Це відповідна *in vivo* модель для тестування засобів, які викликають видалення H_2O_2 та $OH\cdot$ радикалів. Глюкозооксидаза, введена в мишачу лапку, реагує з ендогенною глюкозою та утворює H_2O_2 , яке в подальшому утворює радикали $OH\cdot$; обидві разом відповідальні за пошкодження тканин та супроводжуючі запальні зміни. РС у дозах 100 та 200 мг/кг р.о значуще інгібував набряк лапки залежно від дози в цьому тесті. Цей антизапальний ефект може бути, принаймні частково, результатом вилучення гідроксильних радикалів, враховуючи, що диметилсульфоксид, добре відомий вилучувач $OH\cdot$, також інгібував запальну відповідь. Таким чином, можна вважати, що вилучальна дія РС проти $OH\cdot$ є важливою для його антизапальних ефектів. Враховуючи попередні відкриття, було вирішено вивчити потенційну активність РС в деяких експериментальних моделях, в яких обидва ROS та метаболіти АА взяли участь у виклику та розвитку запальної відповіді. Оральне введення РС у дозах 50-300 мг/кг призводило до антизапальної активності в перевірених моделях, хоча його ефект варіювався.

Дослідження нейропротективних ефектів фікоціаніну показало, що РС (1-3 мг/мл) запобігає смерті клітин, спричиненій відсутністю калію та сироватки (K/S) протягом 24 годин в культурах кришталику мозку щурів [48]. Після відсутності K/S протягом 4 годин, РС інгібував утворення ROS, вимірюване як флуоресценція 2',7'-дихлорофлуоресцеїну, демонструючи свою здатність вилучати вільні радикали. Також попереднє оброблення культур кришталику мозку за допомогою РС знизило введення тимідину в ДНК нижче контрольних значень і драматично зменшило кількість апоптотичних тілець, визначених пропідіємодом, що вказує на інгібіцію апоптозу, спричиненого відсутністю K/S. Дослідження методом проточної цитометрії показало, що відсутність K/S протягом 24 годин діє як проліферативний сигнал для клітин кришталику мозку, які показують збільшення відсотка фази S, та клітини переходять в апоптотичний шлях. РС захищав кришталикові клітини від апоптозу, викликаного відсутністю K/S. Нейропротективну роль РС також вивчали *in vivo* на нейробехавіоральних та нейронних ушкодженнях, спричинених в щурів кайєною кислотою (КА). Класичні ефекти введення КА, включаючи "тремтіння собаки", тремор та судоми, розглядали як ознаки порушень нейробехавіору. Крім того, вимірювали зміни в масі тіла в різних групах. Випадки

нейробехавіоральних змін були значно нижчими у щурів, які отримували РС (100 мг/кг р.о). Ці тварини також значно більше набирали вагу, ніж тільки ті, що отримували КА, при цьому їх приріст ваги не відрізнявся значуще від контрольних значень. Аналогічні результати були виявлені при оцінці нейронного ушкодження в гіпокампі через зміни у периферійних бензодіазепінових рецепторах (мікрогліальний маркер) та експресії білка теплового шоку 27 кД (астрогліальний маркер). Дослідники зазначають, що наразі механізми, за якими РС виконує свої нейропротективні ефекти, не зовсім зрозумілі. Однак результати та зростаючі докази підтримують гіпотезу, що фікоціанін, діючи як антиоксидант, інгібує вмирання нейронів за допомогою механізму, що включає вилучення вільних радикалів, і, отже, РС може бути корисним для лікування деяких нейродегенеративних захворювань, таких як хвороби Альцгеймера, Паркінсона та Гунтінгтона.

Розглядаючи токсичність фікоціаніну, дослідники зазначають. Хоча ефективний діапазон доз РС в різних моделях запалення тварин становив від 25 до 300 мг/кг р.о, безпека фікоціаніну здається високою. Таким чином, на відміну від інших NSAIDs, РС, здається, має низьку токсичність для щурів і мишей та відсутність негативних ефектів. Виміряні значення LD50 були оцінені більшими за 3 г/кг для щурів і мишей. Навіть при найвищій перевірній дозі РС (3 г/кг р.о) не було зафіксовано смертності. Тварини спостерігалися протягом 14 днів, і не виявлено змін у поведінці чи статистичних відмінностей у масі тіла між обробленими і необробленими тваринами. У гістопатологічних дослідках не було виявлено пошкоджень органів чи тканин. Однак для визначення безпеки РС як потенційного препарату потрібні додаткові передклінічні фармакологічні та токсикологічні дослідження. Також потрібно провести фармакокінетичні та метаболічні дослідження фікоціаніну як попередні етапи клінічних випробувань.

Підсумовуючи серед антиоксидантних агентів РС видається перспективним. Він також виявляє антизапальні, нейропротективні та гепатопротективні ефекти, які тісно пов'язані з його антиоксидантною активністю. Здається, що біліновий хромофор є основною мішенню реакції РС, оскільки виткана за участю радикалів відбілювання хромофора в РС чітко вказує на його участь у вилученні ROS. Однак також було продемонстровано взаємодію апопротейнового компонента з окислювальними видами, такими як ONOO- та HOCl. Таким чином, РС може взаємодіяти на обох рівнях: з простетичною групою та апопротейном. З іншого боку, коли РС подається перорально, він повинен піддаватися розщепленню в травних шляхах, і метаболіти з меншою молекулярною масою, ніж РС, повинні брати участь у спостережених фармакологічних

ефектах. Основні переваги *Ps* в основному полягають в наступному: 1) виражений потенціал цито- і тканинного захисту, зокрема від окислювального стресу, який сильно взятий в участь у запальних, нейродегенеративних, онкологічних та реоперфузійних порушеннях, серед інших; 2) потенціал протизапальної дії, який обумовлений низкою багатосторонніх дій, таких як вилучення різних ROS, антиліпопероксидативні та інгібіторні ефекти на обидва шляхи метаболізму AA (інгібітор COX-2), інгібування вивільнення Ні з мастоцитів та інгібітор вивільнення TNF- α ; 3) низька токсичність для щурів і мишей; 4) враховуючи той факт, що *Ps* є основним складником мікрводоростей *Spirulina* (20% сухої маси водоростей), він може виявити терапевтичний ефект, коли його подають окремо або включають в мікрводорості, використовувані як дієтична добавка.

1.5 Методики оцінювання забарвлення та зміни кольору харчових продуктів, в тому числі і шоколадних виробів.

В дослідженні [49] розглядається проблема оцінки посивіння. Посивіння шоколаду, спричинене впливом високих температур навколишнього середовища, включає поступову зміну кольору та втрату блиску, що призводить до сірого вигляду поверхні шоколаду. Посивіння є серйозною проблемою якості для шоколадної промисловості (приблизно 70 мільярдів доларів річних продажів) після виходу продукції з заводу. Точні причини посивіння ще не вивчені, але коливання температури та неправильні умови темперування сприяють міграції жирів через частинкову матрицю шоколаду та наступній рекристалізації на поверхні. Матовий вигляд посивіння поверхні виникає внаслідок розсіювання світла кластерами жирних кристалів (5 мікрометрів або більше), які виступають з поверхні шоколаду.

Оцінка посивіння проводиться за допомогою колірних технік, використовуючи точковий колориметр або просто візуальну перевірку. Однак децизія щодо зміни кольору поверхні шоколадних таблеток не є однорідною, але виявляється випадковими колірними візерунками. Комерційні колориметри працюють на невеликих областях, обраних оператором (зазвичай 2–5 см²), що вносить очевидні обмеження, коли виникають неоднорідні колірні візерунки. Іноді цей недолік усувається, взявши середнє значення кількох вимірювань по всій поверхні. Альтернативно, зразки гомогенізують за допомогою блендера для досягнення однорідного кольору, але цей метод знищує використовувану інформацію (наприклад, колірні візерунки) і робить зразок несприятливим для довгострокових досліджень. Попередні методи можуть бути задовільними для контролю якості зразків з більш-менш однорідними кольорами, але не підходять для інженерного аналізу розміщених колорових поверхонь.

Комп'ютерне зорове сприйняття є альтернативною технікою для оцінки та кількісного вимірювання кольору [50]. Зазвичай система комп'ютерного зорового сприйняття складається з п'яти основних компонентів: джерело світла, цифрова камера, плата збору зображення (фреймграбер або дигітайзер), обладнання комп'ютера і програмне забезпечення для обробки зображень. Стандартизована система освітлення є важливою для зменшення відбиття, тіней та деякого шуму, покращуючи якість зображення та забезпечуючи повторюваність. Для високої якості зазвичай використовується високороздільна камера на пристрої зарядженого зчиплення (CCD) разом із фреймграбером для захоплення кольорового зображення зразка їжі. Після отримання зображення може бути виконана екстракція ознак та кількісний аналіз.

Простір кольору CIELAB або Lab* використовується для опису кольору. Цей простір кольору є незалежним від пристрою, що створює стійкі кольори незалежно від пристрою, який використовувався для отримання зображення. L* - це компонент яскравості або світлості, який коливається від 0 до 100, тоді як a* (від зеленого до червоного) та b* (від синього до жовтого) - два хроматичні компоненти, зі значеннями від -120 до +120. Циліндрична версія системи Lab* нагадує колірний порядок системи Munsell, що відповідає сприйняттю атрибутів світлості (L*), відтінку (h*) та хрома (C*).

Також в дослідженні [51] розглядається розробка шоколаду з додаванням антоціанів на основі подрібненої рисової ягоди. Автори дослідження також для визначення кольору шоколаду використовували кольорову шкалу CIE Lab

Висновки до розділу:

Розглянуто сучасні підходи до застосування кольору в маркетингу і брендингу. Зазначено, як за допомогою кольору можна впливати на сприйняття продукту споживачем, як зорове так і смакові відчуття.

Описано, що синій – це довготривалий тренд і чому виробники мають враховувати такі тренди при розробці новітніх виробів.

На основі наведених даних детально розглянуто ризики використання синтетичних барвників синього кольору, зокрема наведено вимоги до них, які висуваються Європейськими стандартами. Вказано допустимі норми застосування вказаних синтетичних добавок.

Розглянуто які натуральні аналоги синтетичним барвникам існують і які з ними можуть виникати проблеми.

Детально описано хімічні, фізико-хімічні та біологічні властивості натуральних добавок, таких як синя спіруліна і порошок квітів кліторії.

Розглянуто способи визначення кольору в кольоровому просторі CIELab.

Розділ 2 Матеріали і методи

Блок схема досліджень представлена на рис.2.1

Для дослідження використовувались синтетичні барвники Е 131, Е 132, Е 133 та кондитерська суміш синтетичних барвників; Натуральні: синя спіруліна та порошок квітів кліторії тернатеї; в якості основи для аналізів використовувались глазур компанії «ШК МіР» КГ 301-10 та шоколад тієї ж компанії WIE 2731-01.

Глазур кондитерська біла виготовлена згідно ТУ У 15.8-20205603-010-2002

Шоколад білий виготовлений згідно ТУ У 15.8-20205603-009-2002

Барвник Е 131 виготовлений згідно сертифікату якості (додаток А)

Барвник Е 132 виготовлений згідно сертифікату якості (додаток Б)

Барвник Е 133 виготовлений згідно сертифікату якості (додаток В)

Порошок кліторії виготовлений згідно сертифікату якості (додаток Г)

Спіруліна синя виготовлена згідно сертифікату якості (додаток Д)

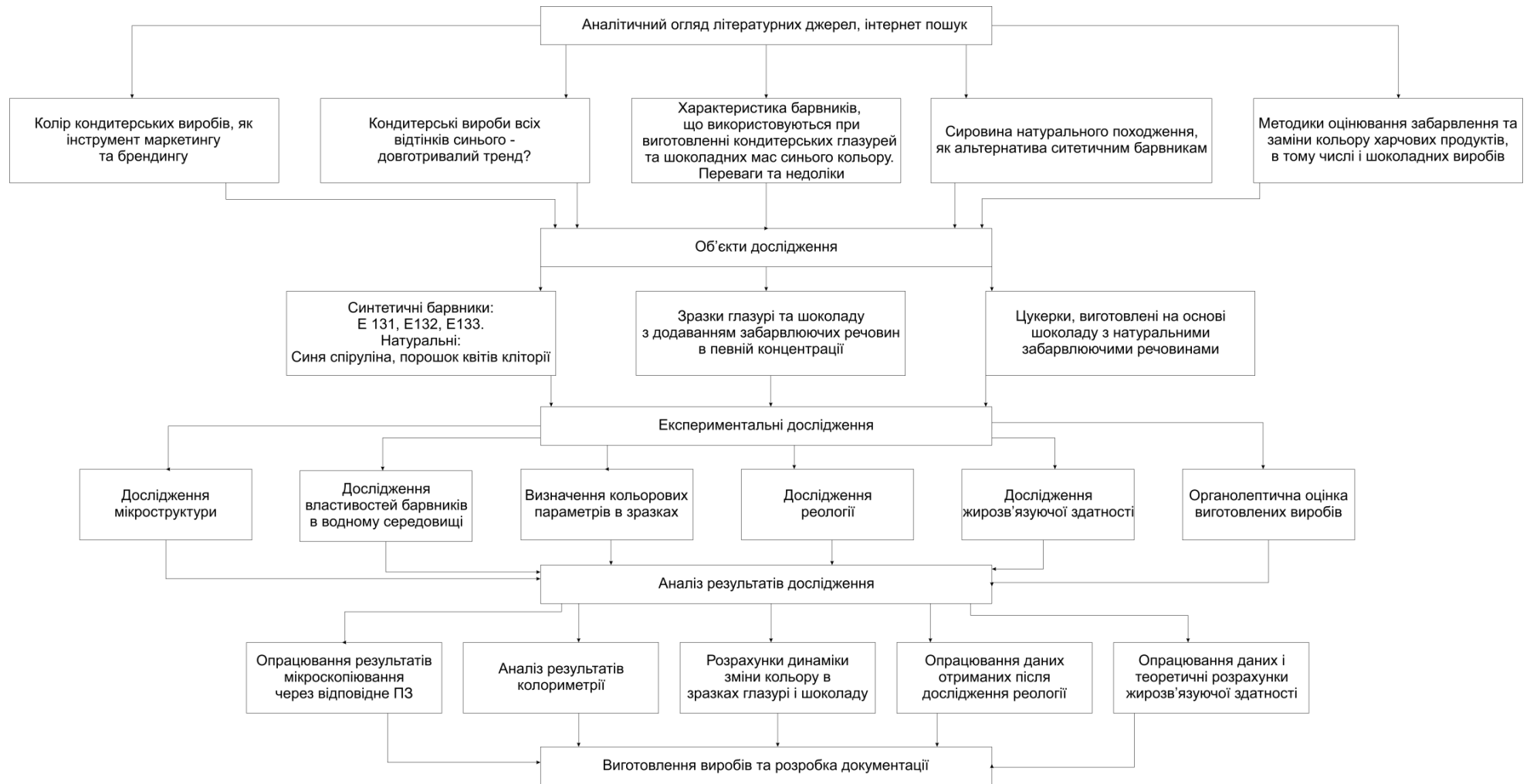


Рисунок. 2.1 Блок-схема досліджень

2.1 Характеристика основних вимог до виробів

Шоколад має відповідати вимогам ДСТУ 3924:2014 [52] за органолептичним та фізико-хімічними показниками, які наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Органолептичні показники шоколаду згідно ДСТУ 3924:2014

Назва показника	Характеристика
Смак і запах	Характерні для конкретного виду шоколаду, без стороннього присмаку та запаху
Зовнішній вигляд	<p>Зовнішній вигляд лицьової поверхні (блискучий або матовий) має відповідати вигляду робочої поверхні відливної форми.</p> <p>Для шоколадних медалей, шоколаду з тонко-подрібненими добавленнями молочних продуктів і горіхів, шоколаду, що формують у фольгу, та вагового – допустимо матову поверхню.</p> <p>Не допустимо посивіння шоколаду та пошкодження його шкідниками хлібних запасів.</p> <p>У шоколаді з крупними добавленнями цілого чи подрібненого горіха на поверхні горіха та біля краю горіха допустимо незначне посивіння.</p> <p>У шоколаді з крупними добавленнями у вигляді цілий або подрібнених горіхів, нарізаних цукатів, родзинок, зірваних круп тощо та в пористому шоколаді допустимо нерівну поверхню.</p> <p>Допустимо надламані вироби:</p> <p>Не більше ніж 4% - для шоколаду з начинками;</p> <p>Не більше ніж 2% - для шоколаду з крупними добавленнями;</p> <p>Для вагового незагорнутого шоколаду допустимо не більше ніж 5% лому розміром не більше ніж третина від площі плитки; дрібніший лом не повинен перевищувати 3%.</p>
Форма	Відповідно до рецептури, правильна, без деформацій
Консистенція	Тверда чи пом'якшена завдяки аморфізації структури чи введення добавлень, які пом'якшують структуру
Структура	Однорідна. Для пористого шоколаду - комірчаста

Примітка 1. Незначні дефекти, які не псують зовнішнього виду шоколаду, такі як: крихти, пухирі, плями, подряпини, сколи, проникнення рідинної фази начинки та фруктів на поверхню, незначні заглибини на поверхні пористого шоколаду від виходу повітря або газу не є ознаками браку.

Примітка 2. Під час виготовлення шоколаду шоколадну масу можна обробляти повітрям, азотом або іншим газом, дозволеним для використання в харчовій промисловості центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони здоров'я.

Примітка 3. Форму, зовнішній вигляд, консистенцію та структуру шоколаду визначають за температури від 16°C до 18°C.

Таблиця 2.2. Фізико-хімічні показники шоколаду згідно ДСТУ 3924:2014

Назва показника	Для шоколаду темного (чорного), молочного та білого
Гранулометричні характеристики шоколадної маси:	
Ступінь подрібнення не менше ніж, %	92
Або	
Середній максимальний розмір частинок не більше ніж, мкм	30
Масова частка золи нерозчинної в 10-відсотковому розчині чоліаної кислоти не більше ніж, %	0,1
Для шоколаду з начинкою масова частка начинки не більше ніж, %	60
Примітка. Гранулометричні показники шоколаду без додавання цукру не регламентовано.	

Цукерки можуть виготовляти із багатьох різних цукеркових мас, зокрема шоколадної цукеркової маси. Так показники якості повинні відповідати ДСТУ 4135:2021 «Цукерки. ЗТУ»

Органолептичні показники якості згідно ДСТУ 4135:2021 «Цукерки. ЗТУ» [53] наведені в табл 2.3

Таблиця 2.3 Органолептичні показники цукерок згідно 4135:2021 «Цукерки. ЗТУ»

Назва показника	Характеристика
Смак та запах	Характерний конкретному виду цукерок відповідно до затверджених рецептур, без стороннього присмаку та запаху
Зовнішній вигляд	Властивий конкретному виду цукерок відповідно до затверджених рецептур. Цукерки, глазуrowані шоколадною глазур'ю, не повинні мати на лицьовій поверхні «посивіння» та можуть мати незначні пошкодження поверхні під час виробництва на механізованих лініях й під час машинного загортання.
Форма	Різноманітна, відповідно до затверджених рецептур.

Фізико-хімічні показники якості згідно ДСТУ 4135:2021 «Цукерки. ЗТУ» наведені в табл 2.4

Таблиця 2.4 Фізико-хімічні показники якості цукерок згідно ДСТУ 4135:2021

Назва показника	Корпуси із суміші шоколаду-напівфабрикату, шоколадної чи кондитерської глазури, ядер горіхів, подрібнених горіхів, ягід, фруктів, сухофруктів, зернопродуктів, зірваних круп та іншої аналогічної сировини
Масова частка вологи, %, не більше ніж	7
Масова частка загального цукру (у перерахунку на сахарозу), %, не більше ніж	Не нормований
Масова частка жиру, %, не менше ніж	Не нормований
Масова частка редукувальних речовин, %, не більше ніж	Не нормований

2.2 Мікроскопіювання

Для мікроскопіювання використовувався мікроскоп (AS1), камера Горяєва, а також програмне забезпечення S-EYE, яке дозволяє виводити зображення зняте в мікроскоп на монітор, в нашому випадку на екран комп'ютера; а також програма ImageJ, яка дозволяє проводити обробку отриманих зображень з S-EYE.



Рисунок 2.2 Мікроскоп (AS1)

2.3 Колориметрія

Колориметрія проводилась на фотоелектричному колориметрі КФК-2

Порядок роботи на фотоелектричному колориметрі

1. Колориметр включити в мережу за 15 хв. до початку вимірювань. Під час прогрівання кюветне відділення повинне бути відкритим.
2. Встановити необхідний кольоровий світлофільтр.
3. Встановити мінімальну чутливість колориметра. Для цього ручку «ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ» встановити в положення «1», ручку «УСТАНОВКА 100 ГРУБО» - в крайне ліве положення.
4. Перед вимірюваннями і при перемиканні фотоприймачів перевірити установку стрілки колориметра на «0» за шкалою коефіцієнтів пропускання T при відкритому кюветному відділенні. При зсуві стрілки від нульового положення, її підводять до нуля за допомогою потенціометра «НУЛЬ», виведеного під шліп.
5. Вимірювання коефіцієнта пропускання:

- в світловий пучок помістити ковчець з розчинником або контрольним розчином, по відношенню до якого проводяться вимірювання. Закрити кришку кюветного відділення.
 - ручками «ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ» і «УСТАНОВКА 100 ГРУБО» і «ТОЧНО» встановити відлік 100 за шкалою колориметра. Ручка «ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ» може знаходитися в одному з трьох положень: «1», «2» і «3».
 - потім поворотом відповіді ручки, кювету з розчинником або контрольним розчином замінити кюветою з досліджуваним розчином.
 - зняти відлік за шкалою колориметра, відповідний коефіцієнту пропускання досліджуваного розчину у відсотках.
 - вимірювання проводити 3-5 разів і остаточне значення зміряної величини визначити як середнє арифметичне з набутих значень.
6. Після закінчення роботи закривають шторку, вимикають електроживлення, виймають кювети, промивають їх дистильованою водою, сушать і зберігають у футлярі.



Рисунок 2.3 Фотоелектричний колориметр КФК-2

2.4 Дослідження через Photoshop

Розрахунки проводились за такою методикою

1. Фото, що аналізується вставляється в графічний редактор Photoshop.
2. За допомогою інструмента «Піпетка» з налаштуванням 31*31 піксель брались дані з трьох точок на зображенні по трьом параметрам (L*; a*; b*) в кольоровій шкалі CIE Lab.
3. Далі дані вносились в таблицю і проводились розрахунки середніх значень по кожному параметру відповідного зразку.
4. Після визначення середнього значення на основі отриманих середніх значень і даних щодо концентрації барвляючої речовини в аналізованих зразках будувався графік в табличному редакторі Excel. На одному графіку було побудовано три криві, кожна з яких відповідала за зміну свого параметру.
5. Після побудови графіку по кожній з кривих виводилось рівняння функції.
6. На основі цього рівняння проводились подальші розрахунки, які полягали в тому, щоб визначити 10 точок на однаковій відстані одна від одної.
7. Після визначення 10 точок проводилась побудова калібрувальної шкали за допомогою Photoshop, де в графі параметрів прописувались отримані розрахунками дані по кожній із 10 точок і контрольному зразку.
8. Також після отримання координатів 10 точок проводилось визначення векторів, які визначаються як різниця параметра наступної точки і параметра попередньої точки.
9. Після визначень координат векторів визначався модуль вектора. Його розрахунок здійснюється за формулою:

$$||V|| = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} \quad (1)$$

10. На основі розрахованого модулю вектору здійснюється побудова відповідної таблиці і графіку.

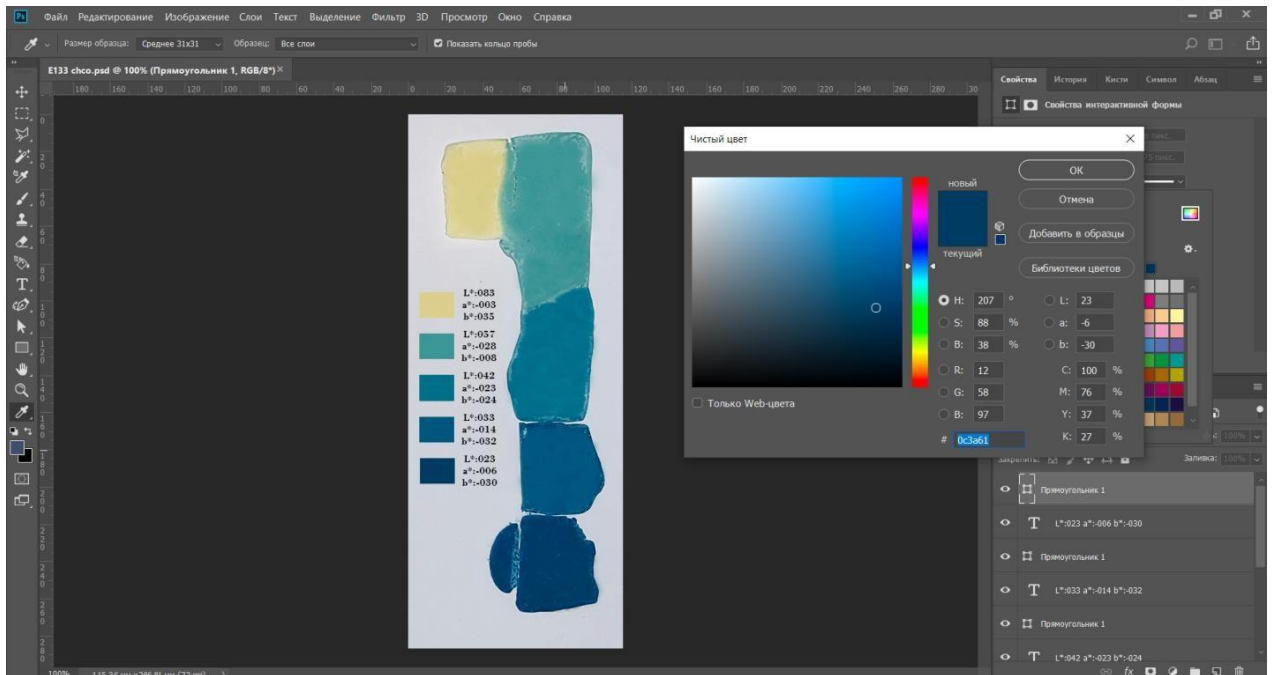


Рисунок 2.4 Інтерфейс Photoshop

2.5 Спектрофотометрія

Для спектрофотометрії використовувався спектрофотометр YS3060.

Перед проведенням дослідних визначень обладнання калібрувалось по чорному і по білому зразках, які входять в комплект, після чого проходить визначення.



а)



б)

Рисунок 2.5 Спектрофотометр YS 3060

а) вигляд зверху, б) вигляд знизу

2.6 Дослідження реології

Дослідження проводилось на НААКЕ Viscotester 3.

Принцип вимірювання: ротор, що обертається з постійною швидкістю, занурюється в тестовану рідину. Опір рідини обертанню вимірюється і перетворюється на вимір

в'язкості. Для дослідження були взяті зразки шоколаду з концентрацією барвника 10% до вмісту шоколаду. Дослідження проводилось в лабораторних мірних стаканах на 100 мл. При температурі 50 оС.



Рисунок 2.6 HAAKE Viscotester 3

2.7 Центрифугування

Жирозв'язуючу здатність визначають центрифугуванням з використанням центрифуги лабораторної ОПН-3.

Методи центрифугування заснований на виділенні за допомогою відцентрової сили із досліджуваного об'єкта рідкої фази (жиру), при тому, що об'єкт знаходиться в фіксованому положенні. Кількість виділеної рідкої фази залежить від жирозв'язуючої здатності досліджуваного зразка.

Наважку масою 2,5 г поміщають в зважену пробірку, додають 10 см³ рослинної олії, перемішують і залишають на 30 хв, періодично перемішуючи склад пробірки скляною паличкою. Після чого склад пробірки центрифугують протягом 15 хв при 800 об/хв.⁻¹. Неадсорбований жир зливають і пробірку зважують.

Жирозв'язуюча здатність (ЖЗЗ, г/г) вказує на те, скільки грам може зв'язати 1 грам досліджуваної речовини і визначається за формулою:

$$\text{ЖЗЗ} = (m_{\text{ж}} - m_{\text{в.ж.}}) / m_{\text{с}} \quad (2)$$

$m_{\text{ж}}$ - маса наважки жиру, г

$m_{\text{в.ж.}}$ - маса вільного жиру, після центрифугування, г

mбар - маса барвника, г



Рисунок 2.7 Центрифуга лабораторна ОПН-3

2.8 Висновки

1. Були розглянуті вимоги до досліджуваних об'єктів – шоколаду і цукерок.
2. Наведена методика дослідження мікроструктури за допомогою мікроскопа, з вказанням додаткового програмного забезпечення, що буде використовуватись для оцінки результатів.
3. Наведена методика використання колориметра, на якому буде проводитись дослідження властивостей барвників в водному середовищі.
4. Наведена методика проведення розрахунків для визначення динаміки зміни кольору за допомогою розрахунку модулю вектору, із даних отриманих за допомогою аналізу за вказаною методикою через графічний редактор Photoshop та спектрофотометром.
5. Наведена методика проведення дослідження реології на вказаному обладнанні.
6. Наведена методика проведення дослідження жироз'язуючої здатності за допомогою центрифуги

Розділ 3 Експериментальна частина

На першому етапі наших досліджень був проведений аналіз технологічних властивостей фарбуючих речовин різного походження. Було виявлено, що рівномірність кольору дуже залежить від дисперсності деяких фарбуючих речовин. Так як натуральні фарбуючі речовини не є жиророзчинними – їх частинки просто розподіляються в середовищі не розчиняючись. Так було відмічено, що розмір частинок спіруліни більший ніж кліторії.

3.1 Дослідження розміру частинок.

Відповідно до мети наших досліджень колір виробів має бути однорідним, тому було вирішено провести мікроскопіювання та визначити дисперсність деяких барвників.

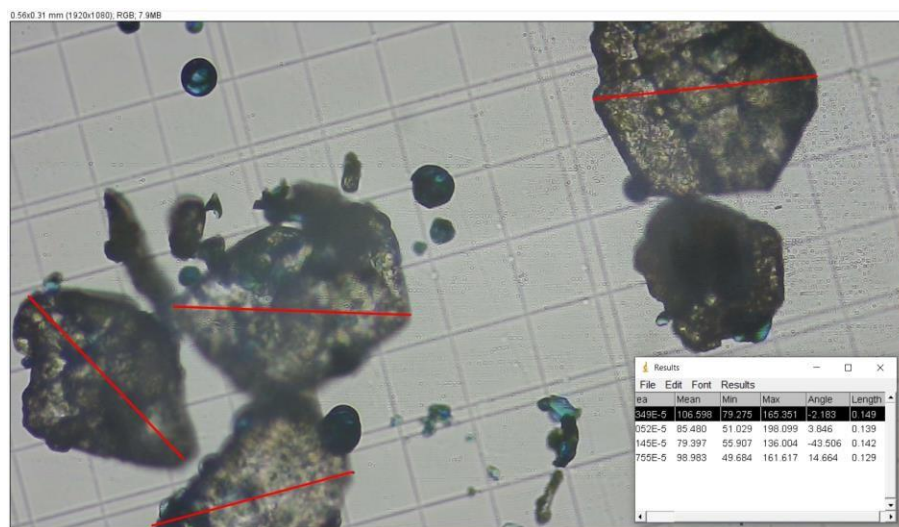


Рисунок 3.1 частинки спіруліни при зум 40.

Як можна побачити розмір частинок перевищує 100 і наближається до 150 мкм. З літератури відомо, що оптимальна дисперсність частинок складає 40-20 мкм.

Для того щоб довести зразок спіруліни до необхідної дисперсності його необхідно було подрібнити. Подрібнення проводилось в ступці протягом 5 хв для кожної порції барвлюючої речовини.

Після подрібнення було отримано задовільна ступінь дисперсності

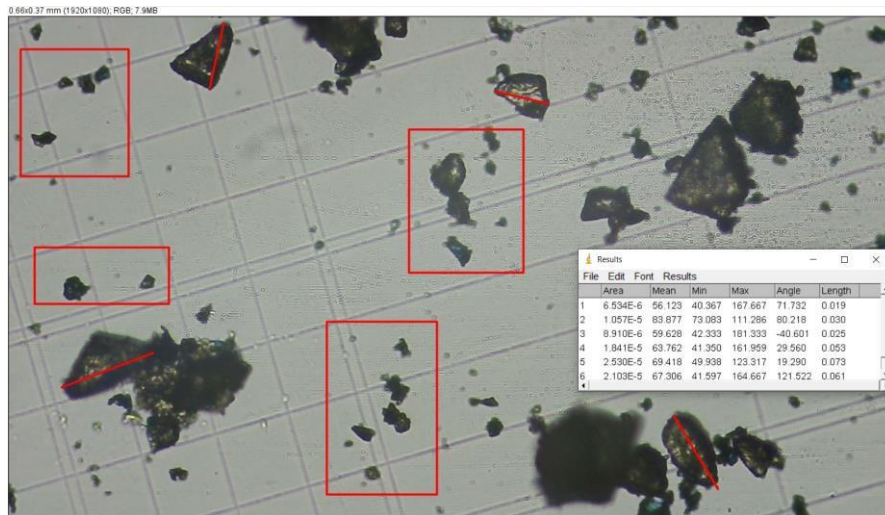


Рисунок 3.2 частинки спіруліни після подрібнення.



1)

2)

Рисунок 3.3 порівняння зразків глазурі з використанням неподрібненої спіруліни і подрібненої

1) зразок з неподрібненою спіруліною

2) зразок з подрібненою

Отже можна зробити висновок, що для надання стабільного однакового кольору по всій поверхні необхідно продумати шлях подрібнення спіруліни.

Також важливим є те, що не весь кристал має забарвлення, а лише невеликі крапління.

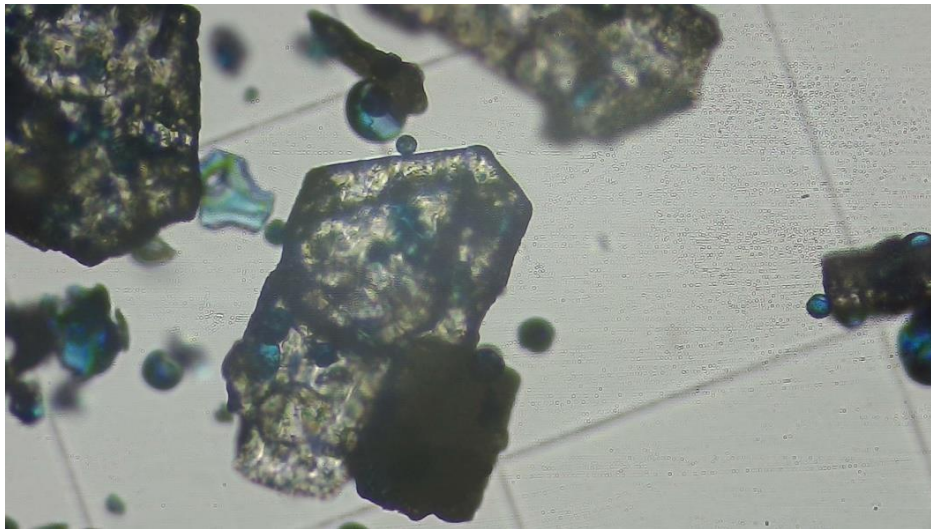


Рисунок 3.4 Кристал спіруліни при зум 40.

Бачимо, що забарвлена частина кристалу доволі невелика. Як і зазначалось в літоогляді фікобіліпротеніни входять в склад білкового комплексу – білісому.

3.2 Дослідження динаміки зміни оптичної густини в водному середовищі.

Відповідно до мети наших досліджень необхідно було оцінити ефект впливу барвника на водне середовище, що було виконано за допомогою колориметра.

Для дослідження використовувались барвники Е 131, синя спіруліна та порошок квітів кліторії трійчастої. Проводились дослідження на фотоелектричному колориметрі КФК-2.

Спочатку було проведено дослідження активності забарвлення при однаковій концентрації барвника в досліджуваному розчині - 0,01 г на 50 мл дистильованої води. (2‰)

Оптична густина досліджуваних зразків становила:

Для зразка з спіруліною - 0,01

Для зразка з кліторією - 0,065

Для зразка з Е 131 - 1,5

Для того, щоб визначити як відбувається зміна забарвлення проводилось розведення розчину барвника Е131

- Для зразка розведеного 1:2 , оптична густина становила 0,78
- Для зразка розведеного 1:8, оптична густина становила 0,2
- Для зразка розведеного 1:16, оптична густина становила 0,09

Далі проводилось збільшення концентрації натуральних барвників, щоб досягти подібних результатів оптичної густини до барвника Е 131.

Результати дослідження наведені в таблиці 3

Таблиця 3.1 Результати дослідження оптичної густини в розчинах з різними барвниками

№	Е 131		Порошок кліторії		Порошок спіруліни	
	Конц. ‰	Оп. густ.	Конц. ‰	Оп. густ.	Конц. ‰	Оп. густ.
1)	0,00125	0,06	0,02	0,065	0,02	0,01
2)	0,025	0,2	1	0,44	3,98	0,32
3)	0,01	0,78	1,99	0,8	7,94	0,68
4)	0,02	1,5	3,98	1,6	15,7	1,3

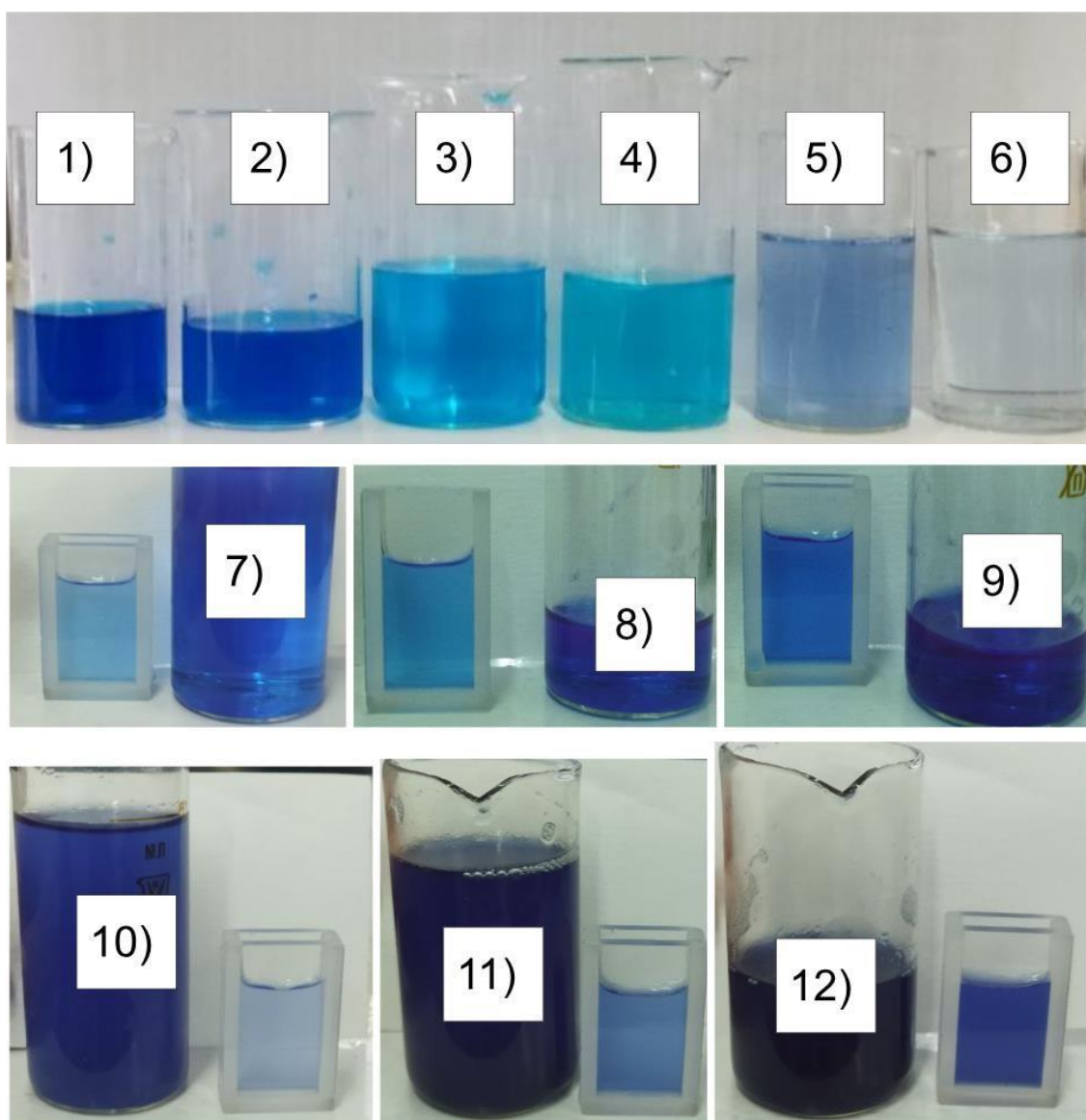


Рисунок 3.5 колір в розчинів в мірних стаканах

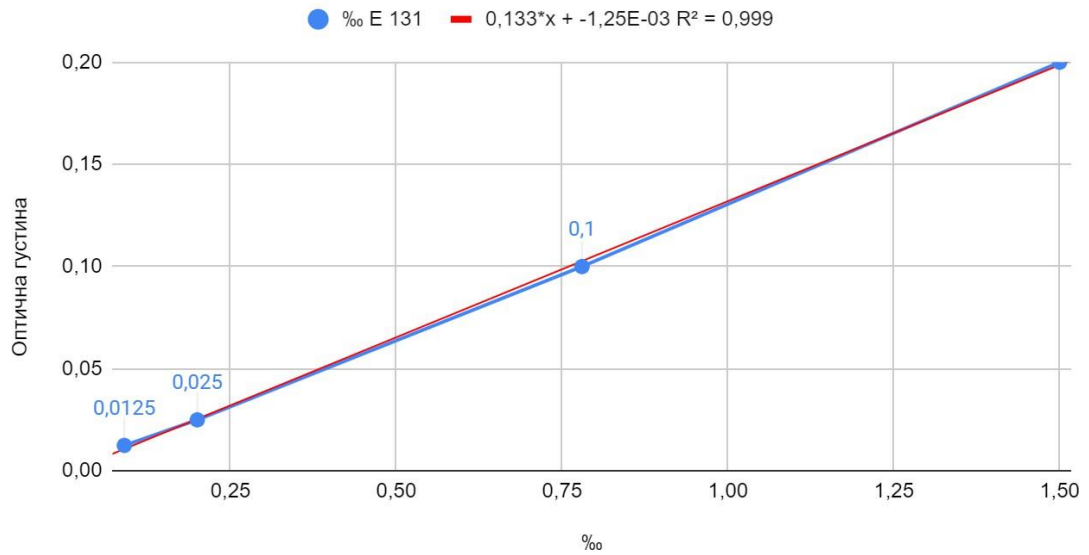
(1-4) зразки з концентрацією відповідно від 0,2‰ до 0,0125‰ з барвником Е 131; (5, 10-12) зразки з концентрацією відповідно 0,2‰ до 3,98‰ з барвником порошок кліторії;

(6-9) зразки з концентрацією відповідно від 0,2‰ до 15,7‰ з барвником порошок спіруліни.

На основі таблиці складаємо графіки для кожного із барвників

Графік 3.1 залежність оптичної густини від концентрації E 131

E131

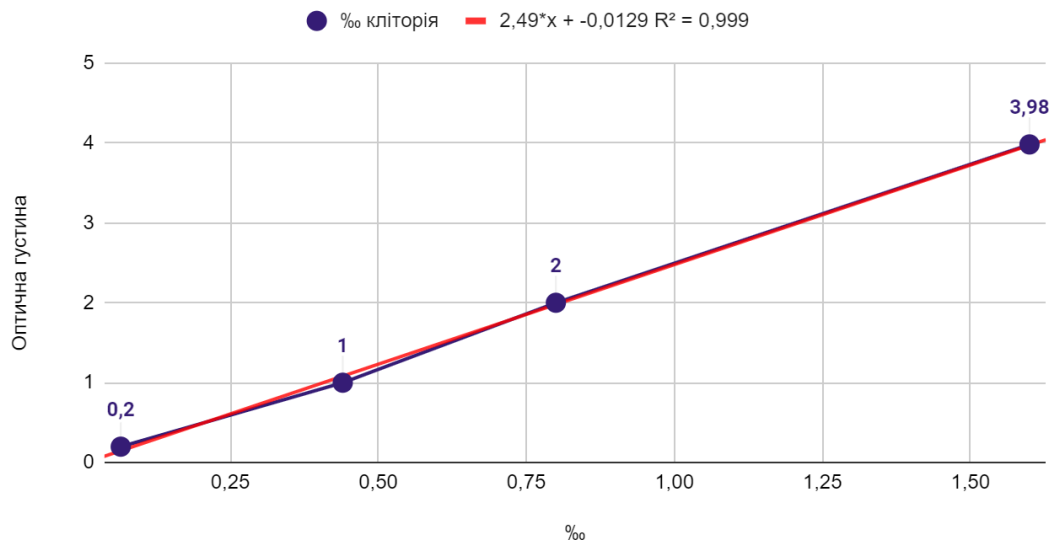


Для графіка визначено рівняння функції:

$Y = 0,133 \cdot x - 1,25E-03$; Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,999$

Графік 3.2 залежність оптичної густини від концентрації порошка кліторії

Порошок кліторії

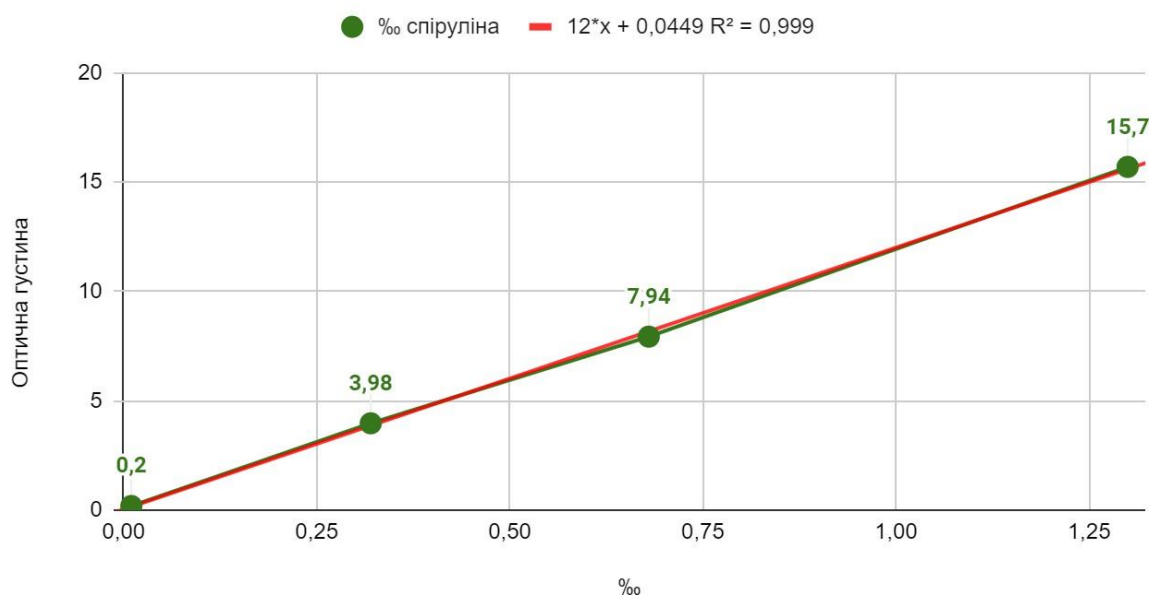


Для графіка визначено рівняння функції:

$Y = 2,49 \cdot x - 0,0129$; Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,999$

Графік 3.3 залежність оптичної густини від концентрації порошка спіруліни.

Спіруліна

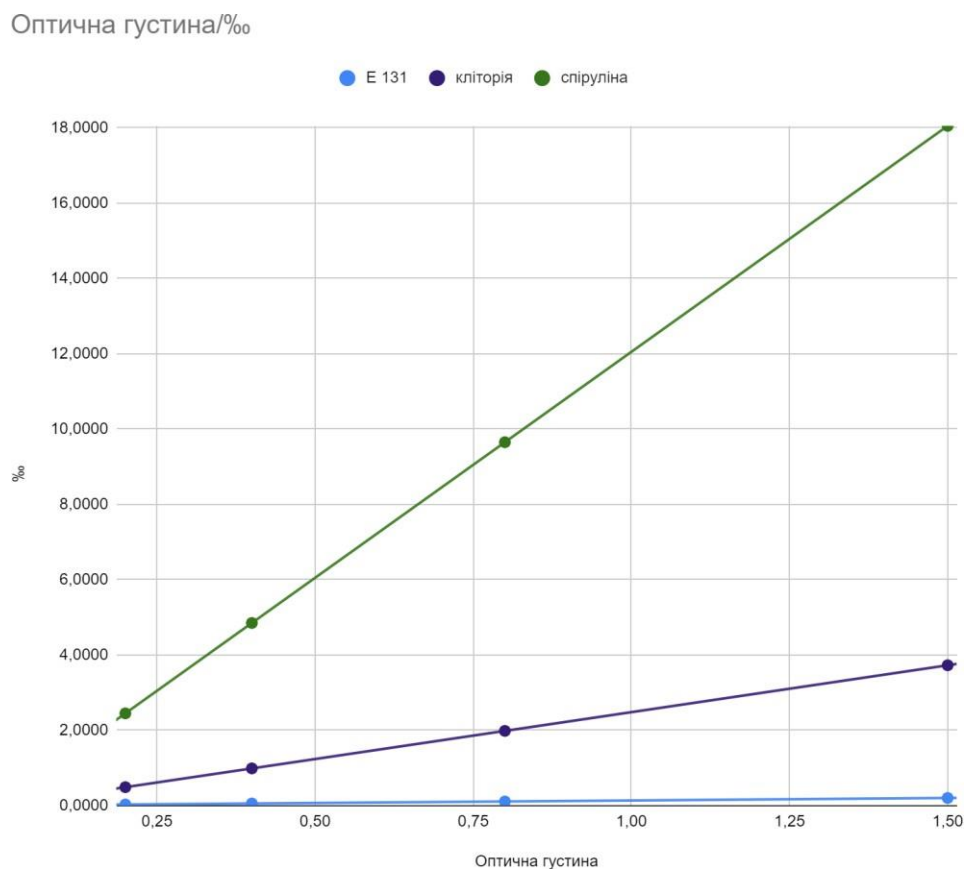


Для того щоб порівняти результати була складена таблиця 3.2 де за допомогою функцій графіків було нормалізовано дані і на основі неї побудований графік 3.4

Таблиця 3.2 Нормалізовані данні оптичної густини.

	Точка №1	Точка №2	Точка №3	Точка №4	Середня точка
Оптична густина	1,50	0,80	0,40	0,20	0,73
E 131, ‰	0,198	0,105	0,052	0,025	0,095
Кліторія, ‰	3,722	1,979	0,983	0,485	1,792
Спіруліна, ‰	18,0	9,6	4,8	2,4	8,7
Спіруліна/E 131	91,0	91,7	93,3	96,4	91,9
Кліторія/E131	18,8	18,8	18,9	19,1	18,8
Спіруліна/кліторія	4,8	4,9	4,9	5,0	4,9

Графік 3.4 Порівняння динаміки росту оптичної густини по відношенню до концентрації забарвлюючих речовин



Для того, щоб оцінити різницю в активності барвників було обрано порівняти прямі за показником концентрації в середній точці прямої.

Для цього за формулою визначаються координати середньої точки:

$$X=(x_1+x_2+x_3+x_4)/4$$

$$X=(1.5+0.8+0.4+0.2)/4=0.73$$

підставивши цю точку в формули визначені попередньо отримаємо показник Y середньої точки для кожної прямої.

Після чого необхідно порівняти результати:

так $8.745/0,095 = 91.9$, тобто спіруліна менш активна в 92 раз ніж Е 131

$1.792/0,095=18.8$, тобто кліторія менш активна в 19 рази ніж Е 131

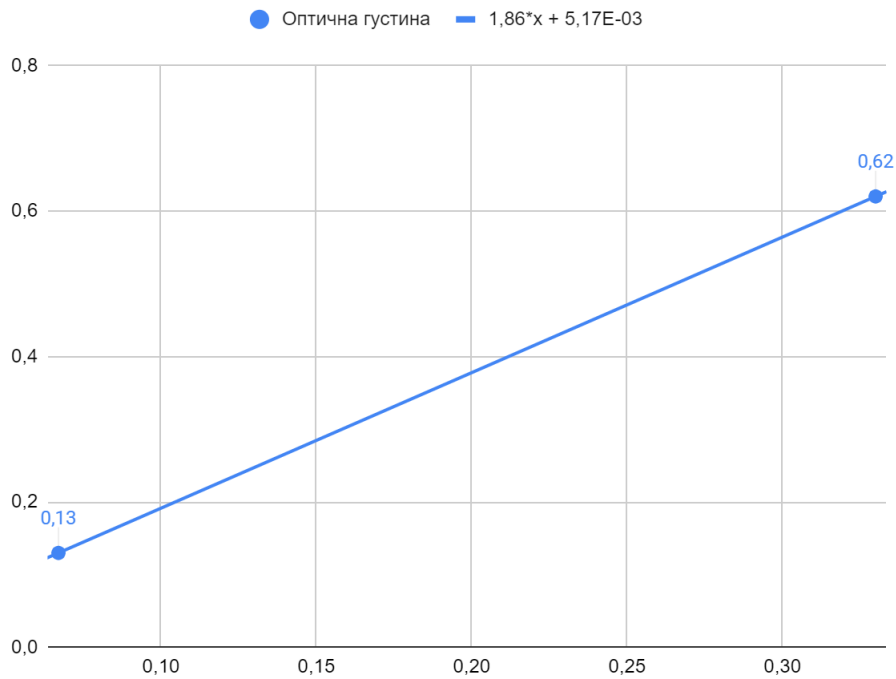
$8.745/1.792 = 4.9$, тобто спіруліна менш активна в 5 раз ніж кліторія.

Також проводили дослідження на колориметрі і жиророзчинного барвника.

Для дослідження було взято натуральна олія авокадо. В 30 г олії розводили барвник з такими концентраціями 0,067‰ і 0,33‰

Графік 3.5 динаміка росту оптичної густини від концентрації барвника Е 133

Е 133



Так як залежність і в попередніх зразках була лінійна і оптична густина збільшилась прямо пропорційно концентрації, то обмежились лише двома точками.

На основі побудованого графіку вивели формулу

$$Y = 1,86 * x + 5,17E-03$$

Підставивши середнє значення з попереднього дослідження (0,73) в формулу отримали, що при такій концентрації оптична густина буде 1,36.

Розділ 3.3 Аналіз динаміки зміни кольору

3.3.1 Аналіз динаміки зміни кольору в глазурі барвником Е 131

Таблиця 3.3 результати аналізу кольору в зразках глазурі з барвником Е131 через Photoshop

	Концентрація барвника	Повторність	L*	a*	b*
Біла глазур	0‰	1	71	-2	17
		2	69	-2	17
		3	69	-3	16
Середнє			69,67	-2,33	16,67
Перше додавання	0.175‰	1	73	-2	10
		2	73	-3	10
		3	72	-2	10
Середнє			72,67	-2,33	10,00
Друге додавання	0.75‰	1	61	-6	3
		2	63	-5	3
		3	63	-5	3
Середнє			62,33	-5,33	3,00
Третє додавання	2.5‰	1	49	-6	-3
		2	51	-5	-4
		3	52	-6	-4
Середнє			50,67	-5,67	-3,67
Четверте додавання	7.5‰	1	32	-7	-14
		2	31	-7	-15
		3	31	-8	-14
Середнє			31,33	-7,33	-14,33
П'яте додавання	15‰	1	23	-6	-19
		2	23	-6	-20
		3	25	-6	-19
Середнє			23,67	-6,00	-19,33

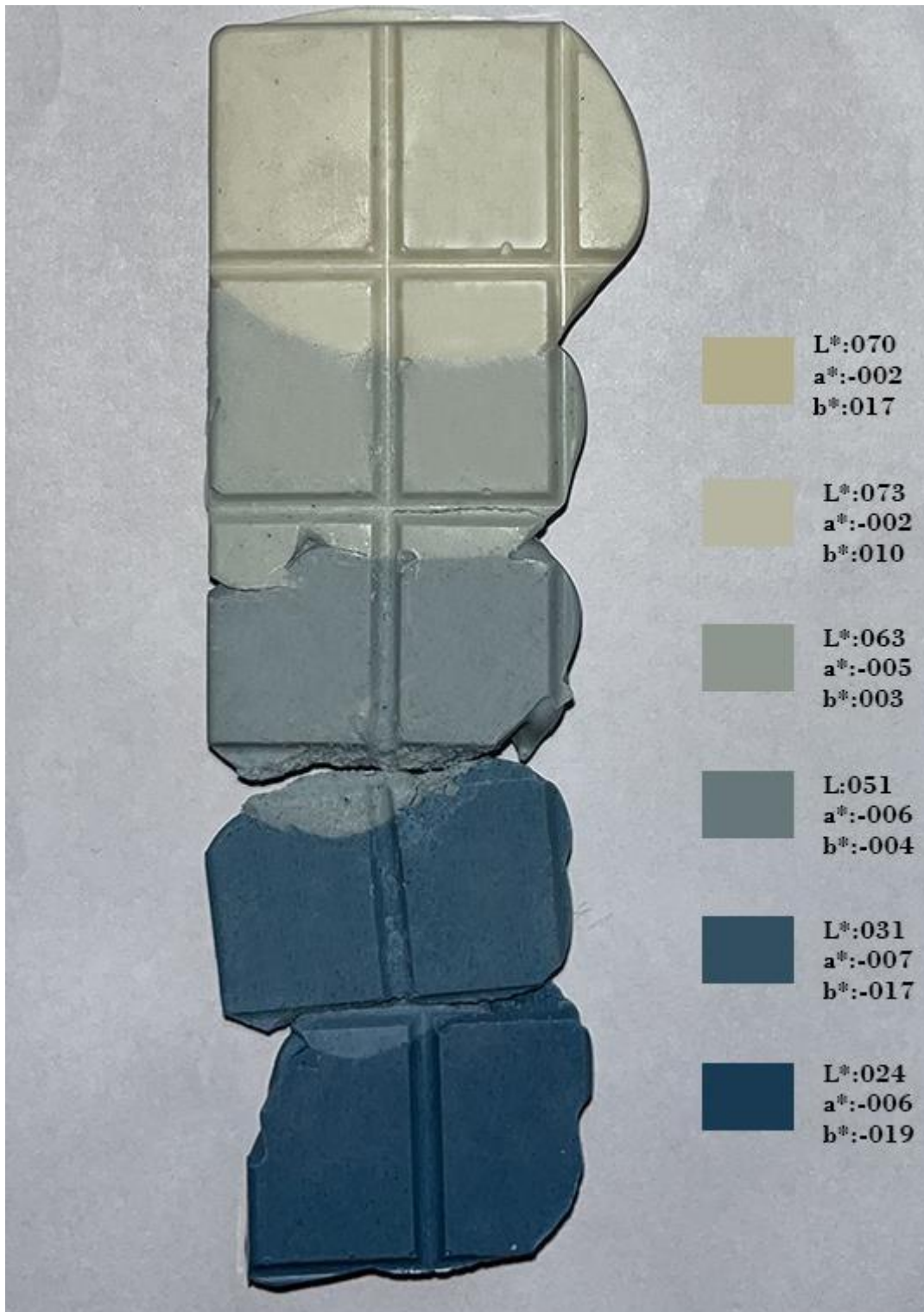
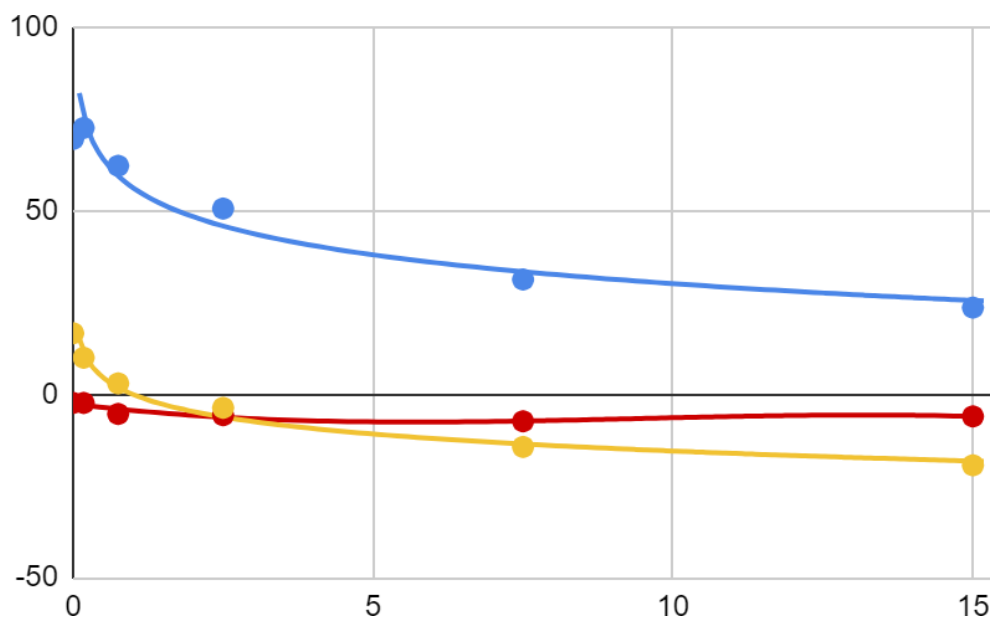


Рисунок 3.6 Зразки з даними по кольору з барвником Е 131 в глазури

На основі середніх даних по кожному зразку будуємо графік 6 на якому показано динаміку зміни параметрів кольору

Графік 3.6 Динаміка зміни параметрів кольору в глазури барвником Е 131



— L*; — a*; — b*;

Визначаємо рівняння функції по кожному із параметрів

$$Y(L^*) = 56,2 - 11,5 * \ln(X)$$

$$Y(a^*) = -2,67 - 1,83 * X + 0,21 * X^2 - 0,00684 * X^3$$

$$Y(b^*) = -0,08 - 6,75 * \ln(X)$$

Маючи рівняння графіку функції можна побудувати калібрувальну шкалу

Для цього необхідно розрахувати параметри кольору для зразків, де б крок додавання барвника дорівнював 10% від максимального додавання – так ми отримаємо 10 кроків на калібрувальній шкалі

Таблиця 3.4 Параметри кольору для побудови калібрувальної шкали

Концентрація	L*	a*	b*
0,000	70,000	-2,670	16,5
1,500	51,537	-4,966	-0,080
3,000	43,566	-6,455	-4,759
4,500	38,903	-7,276	-7,496
6,000	35,595	-7,567	-9,437
7,500	33,029	-7,468	-10,944
9,000	30,932	-7,116	-12,174
10,500	29,159	-6,651	-13,215

продовження табл.3.4

Концентрація	L*	a*	b*
12,000	27,624	-6,210	-14,116
13,500	26,269	-5,931	-14,911
15,000	25,057	-5,955	-15,622



Рисунок 3.7 – калібрувальна шкала для барвника E 131 в глазурі

Далі для визначення динаміки зміни кольору необхідно розрахувати координати векторів. Координати векторів будуть визначатись як різниця в параметрах кольору між якими будується вектор

Тобто для першого відрізка між 0-вим вкладенням барвника і вкладенням 1г на 100 гр.

Отримаємо:

$$L^* = 70 - 51,53 = 18,46$$

$$a^* = -2,67 - (-4,96) = 5$$

$$b^* = 21 - 10 = 11$$

Таблиця 3.5 Координати векторів для кожного із 10 кроків.

Номер вектору	Координати вектору		
	L*	a*	b*
1	-18,463	-2,296	-16,58
2	-7,971	-1,489	-4,679
3	-4,663	-0,821	-2,737
4	-3,308	-0,292	-1,942
5	-2,566	0,099	-1,506
6	-2,097	0,352	-1,231
7	-1,773	0,466	-1,041
8	-1,536	0,441	-0,901
9	-1,355	0,278	-0,795
10	-1,212	-0,024	-0,711

Модуль вектору розраховується за формулою:

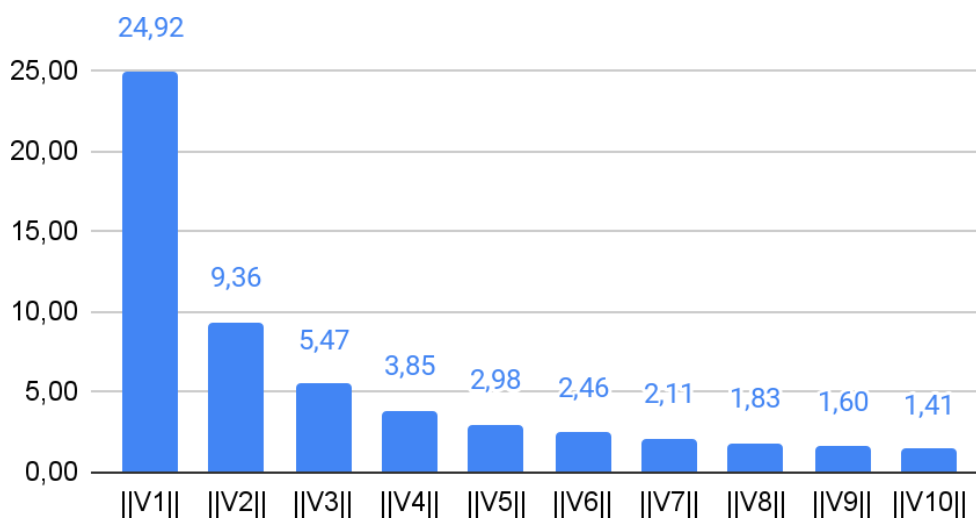
$$\|V\| = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$$

Результати розрахунків заносять в таблицю 3.6

Таблиця 3.6 Модуль вектору

Номер вектору	Модуль вектору
$\ V1\ $	24,92
$\ V2\ $	9,36
$\ V3\ $	5,47
$\ V4\ $	3,85
$\ V5\ $	2,98
$\ V6\ $	2,46
$\ V7\ $	2,11
$\ V8\ $	1,83
$\ V9\ $	1,60
$\ V10\ $	1,41

Графік 3.7 Залежність динаміки зміни кольору з кожним наступним кроком додаванням барвника



3.3.2 Аналіз динаміки зміни кольору в глазурі барвником Е 132

Таблиця 3.7 результати аналізу кольору зразків глазурі з барвником Е132 через Photoshop

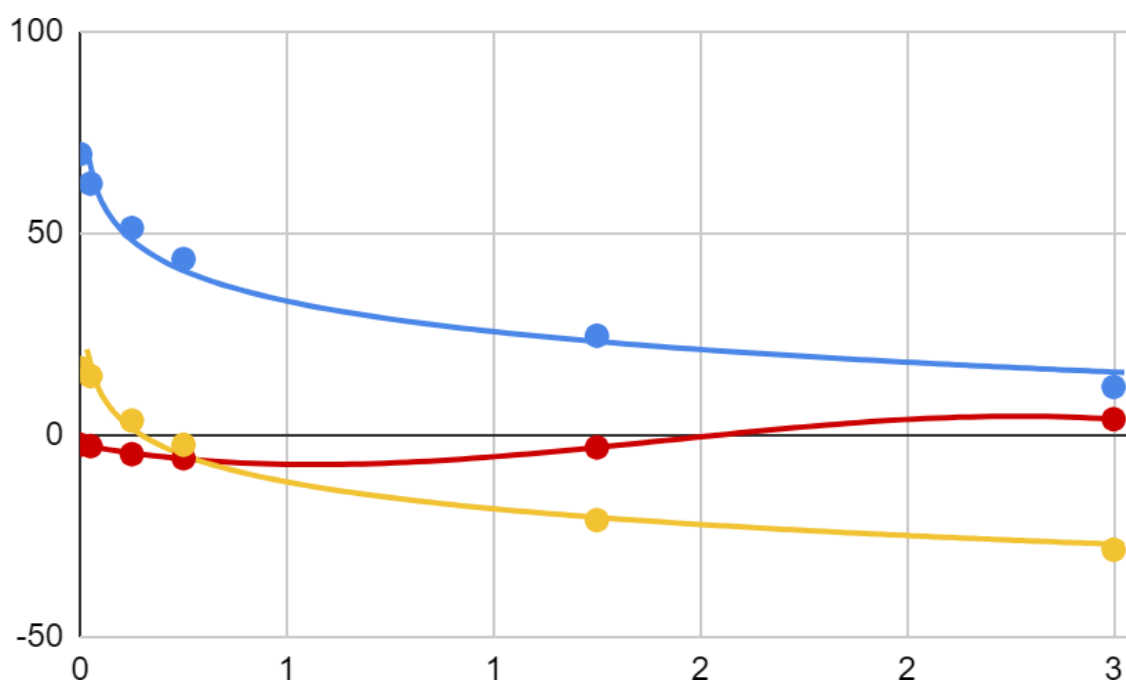
	Концентрація барвника	Повторність	L*	a*	b*
Біла глазур	0%	1	71	-2	17
		2	69	-2	17
		3	69	-3	16
Середнє			69,67	-2,33	16,67
Перше додавання		1	62	-3	15
		2	61	-2	15
		3	64	-3	14
Середнє			62,33	-2,67	14,67
Друге додавання		1	52	-4	3
		2	51	-5	4
		3	51	-5	4
Середнє			51,33	-4,67	3,67
Третє додавання		1	44	-6	-3
		2	44	-6	-2
		3	43	-5	-2
Середнє			43,67	-5,67	-2,33
Четверте додавання		1	25	-3	-21
		2	25	-3	-21
		3	24	-3	-21
Середнє			24,67	-3,00	-21,00
П'яте додавання		1	12	4	-28
		2	12	4	-29
		3	12	4	-28
Середнє			12,00	4,00	-28,33



Рисунок 3.8 Зразки з даними по кольору з барвником Е 132 в глазурі

На основі середніх даних по кожному зразку будемо графік 3.8 на якому показано динаміку зміни параметрів кольору

Графік 3.8 Динаміка зміни параметрів кольору



— L*; — a*; — b*;

Визначаємо рівняння функції по кожному із параметрів

$$Y(L^*)=25,6 - 11 * \text{LN}(X)$$

$$Y(a^*)=-2,71 - 13*X + 13,3*X^2 - 2,83*X^3$$

$$Y(b^*)=-18,3 - 9,61 * \text{LN}(X)$$

Маючи рівняння графіку функції можна побудувати калібрувальну шкалу

Таблиця 3.8 Параметри кольору для побудови калібрувальної шкали

Концентрація	L*	a*	b*
0,000	70,000	-2,710	16,500
0,250	40,849	-5,173	-4,978
0,500	33,225	-6,239	-11,639
0,750	28,765	-6,173	-15,535
1,000	25,600	-5,240	-18,300

продовження табл.3.8

Концентрація	L*	a*	b*
1,250	23,145	-3,706	-20,444
1,500	21,140	-1,836	-22,197
1,750	19,444	0,104	-23,678
2,000	17,975	1,850	-24,961
2,250	16,680	3,136	-26,093
2,500	15,521	3,696	-27,106

Рисунок 3.9 – калібрувальна шкала для барвника E 132 в глазури



Розрахунки проводяться аналогічно попереднім

Таблиця 3.9 Координати векторів для кожного із 10 кроків.

Номер вектору	Координати вектору		
	L*	a*	b*
1	-29,151	-2,463	-21,478
2	-7,625	-1,066	-6,661
3	-4,460	0,066	-3,897
4	-3,165	0,933	-2,765
5	-2,455	1,534	-2,144
6	-2,006	1,870	-1,752
7	-1,696	1,940	-1,481
8	-1,469	1,746	-1,283
9	-1,296	1,286	-1,132
10	-1,159	0,560	-1,013

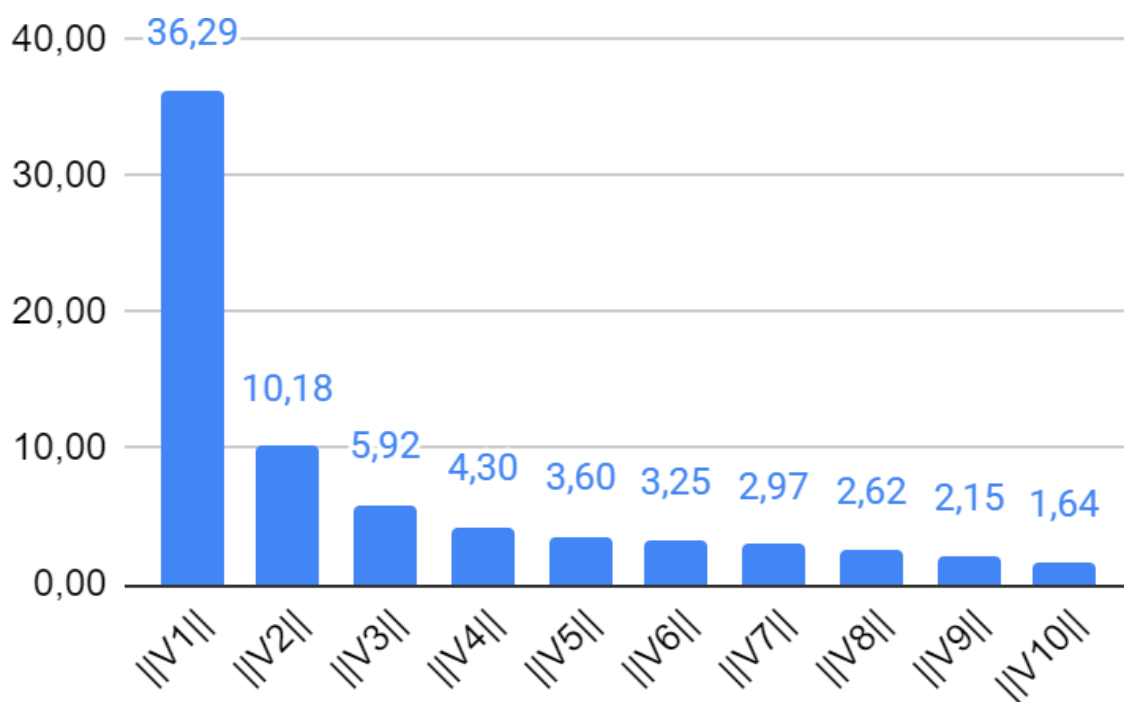
Розраховуємо модуль вектору

Результати розрахунків заносять в таблицю 3.10

Таблиця 3.10 Модуль вектору

Номер вектору	Модуль вектору
$\ V1\ $	36,29
$\ V2\ $	10,18
$\ V3\ $	5,92
$\ V4\ $	4,30
$\ V5\ $	3,60
$\ V6\ $	3,25
$\ V7\ $	2,97
$\ V8\ $	2,62
$\ V9\ $	2,15
$\ V10\ $	1,64

Графік 3.9 Залежність динаміки зміни кольору з кожним наступним кроком додаванням барвника



3.3.3 Аналіз динаміки зміни кольору в глазурі барвником Е 133

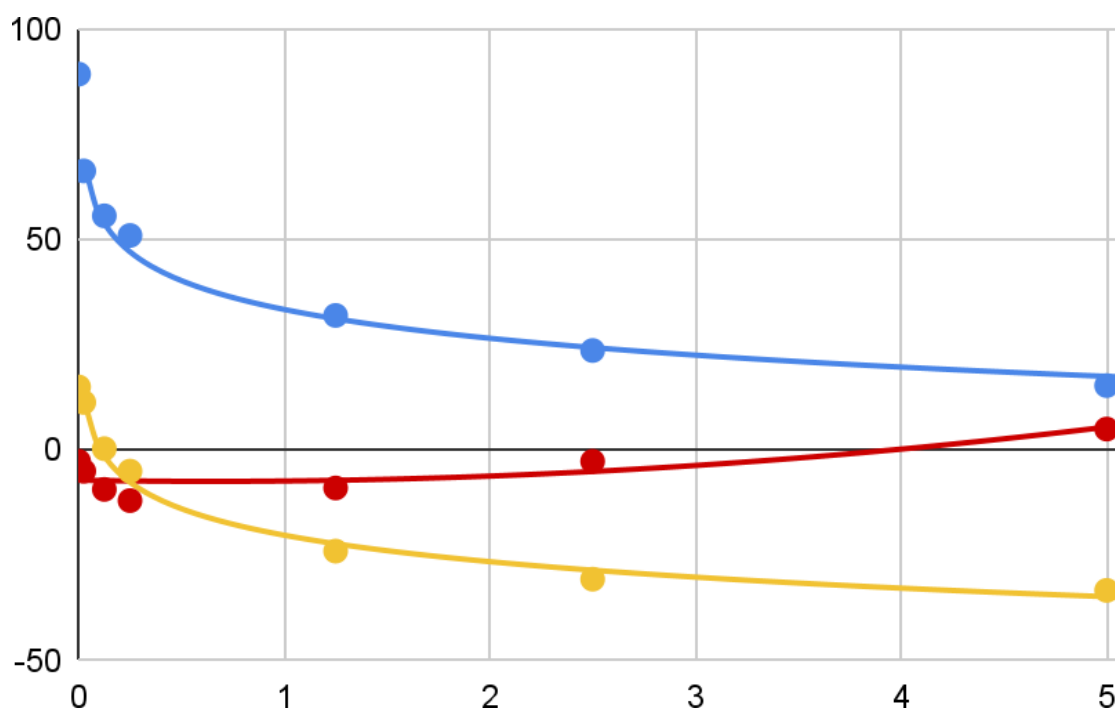
Таблиця 3.11 результати аналізу кольору зразків глазурі з барвником Е133 через Photoshop

	Концентрація барвника	Повторність	L*	a*	b*
Біла глазур	0%	1	89	-3	15
		2	88	-3	16
		3	91	-2	14
Середнє			89,33	-2,67	15,00
Перше додавання		1	66	-5	11
		2	67	-5	11
		3	66	-5	12
Середнє			66,33	-5,00	11,33
Друге додавання		1	57	-9	0
		2	55	-10	0
		3	55	-9	1
Середнє			55,67	-9,33	0,33
Третє додавання		1	51	-12	-5
		2	53	-12	-5
		3	49	-12	-5
Середнє			51,00	-12,00	-5,00
Четверте додавання		1	31	-9	-23
		2	33	-9	-24
		3	32	-9	-25
Середнє			32,00	-9,00	-24,00

продовження табл 3.11

	Концентрація барвника	Повторність	L*	a*	b*
П'яте додавання		1	23	-1	-32
		2	23	-3	-30
		3	25	-4	-30
Середнє			23,67	-2,67	-30,67
Шосте додавання		1	15	5	-33
		2	16	5	-34
	3	15	5	-33	
Середнє		15,33	5,00	-33,33	

Графік 3.10 Динаміка зміни параметрів кольору



— L*; — a*; — b*;

Визначаємо рівняння функції по кожному із параметрів

$$Y(L^*) = 33,4 - 9,88 * \text{LN}(X)$$

$$Y(a^*) = -7,15 - 0,874 * X + 0,68 * X^2$$

$$Y(b^*) = -20,2 - 9,08 * \text{LN}(X)$$

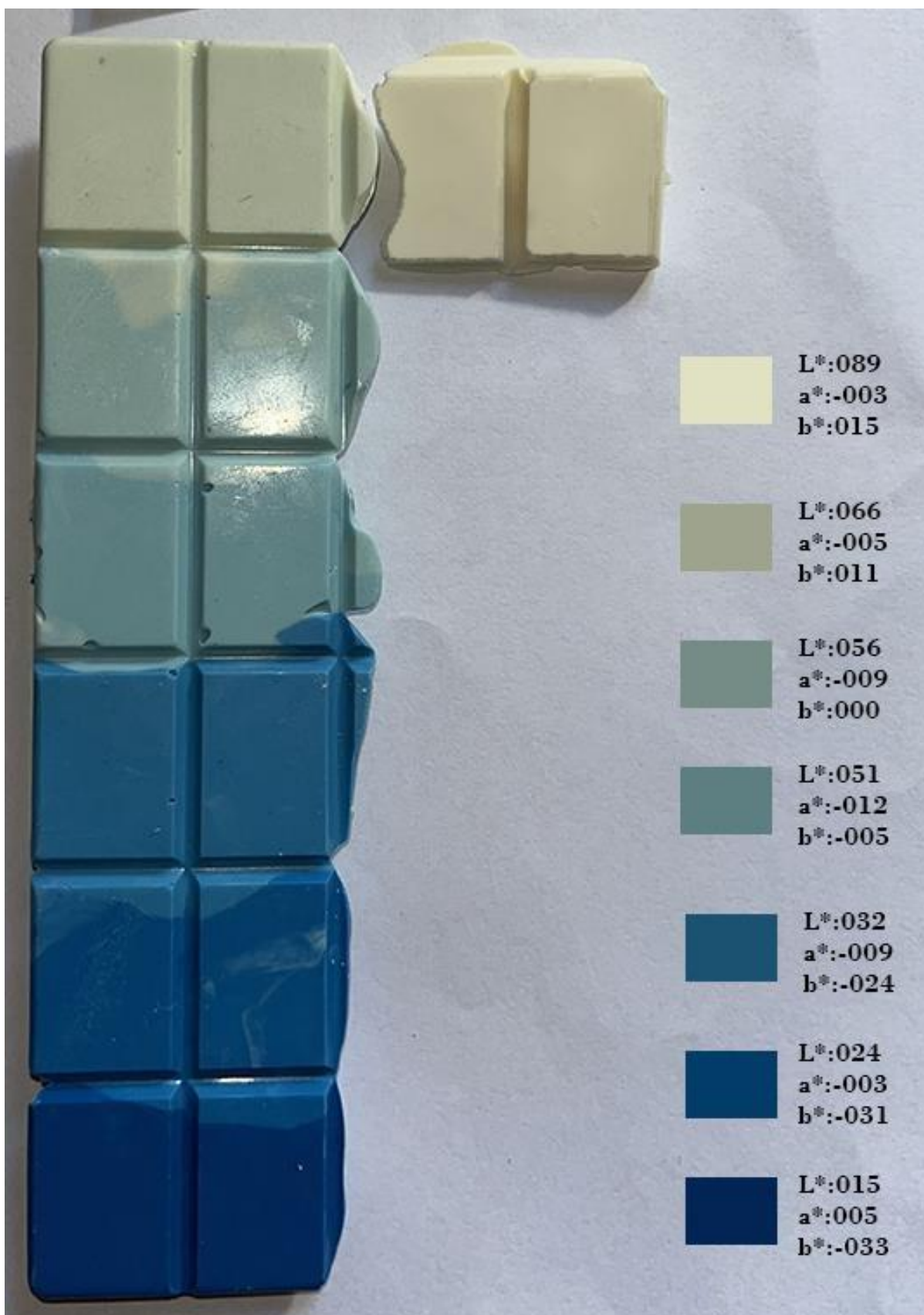


Рисунок 3.10 Зразки з даними по кольору з барвником Е 133 в глазурі

Таблиця 3.12 Параметри кольору для побудови калібрувальної шкали

Концентрація	L*	a*	b*
0,000	89,00	-7,15	15,00
0,500	40,24	-7,41	-13,90
1,000	33,40	-7,34	-20,20
1,500	29,39	-6,93	-23,88
2,000	26,55	-6,17	-26,49
2,500	24,35	-5,09	-28,52
3,000	22,55	-3,65	-30,18
3,500	21,02	-1,88	-31,58
4,000	19,70	0,23	-32,79
4,500	18,54	2,69	-33,86
5,000	17,50	5,48	-34,81



Рисунок 3.11 – калібрувальна шкала для барвника E 133 в глазурі

Розрахунки проводяться аналогічно попереднім

Таблиця 3.13 Координати векторів для кожного із 10 кроків.

Номер вектору	Координати вектору		
	L*	a*	b*
1	-48,75	-0,27	-28,91
2	-6,85	0,07	-6,29
3	-4,01	0,41	-3,68
4	-2,84	0,75	-2,61
5	-2,20	1,09	-2,03
6	-1,80	1,43	-1,66
7	-1,52	1,77	-1,40
8	-1,32	2,11	-1,21
9	-1,16	2,45	-1,07
10	-1,04	2,79	-0,96

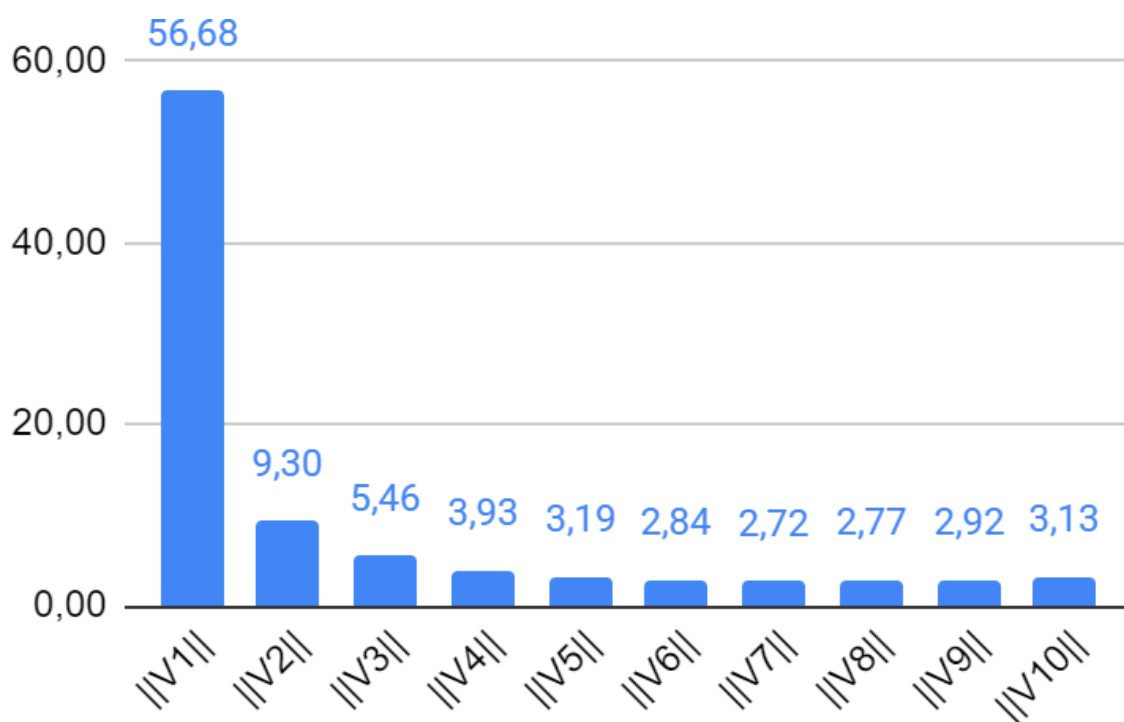
Розраховуємо модуль вектору

Результати розрахунків заносять в таблицю 3.14

Таблиця 3.14 Модуль вектору

Номер вектору	Модуль вектору
$\ V1\ $	56,68
$\ V2\ $	9,30
$\ V3\ $	5,46
$\ V4\ $	3,93
$\ V5\ $	3,19
$\ V6\ $	2,84
$\ V7\ $	2,72
$\ V8\ $	2,77
$\ V9\ $	2,92
$\ V10\ $	3,13

Графік 3.11 Залежність динаміки зміни кольору з кожним наступним кроком додаванням барвника



3.3.4 Аналіз динаміки зміни кольору в глазурі сумішшю барвників

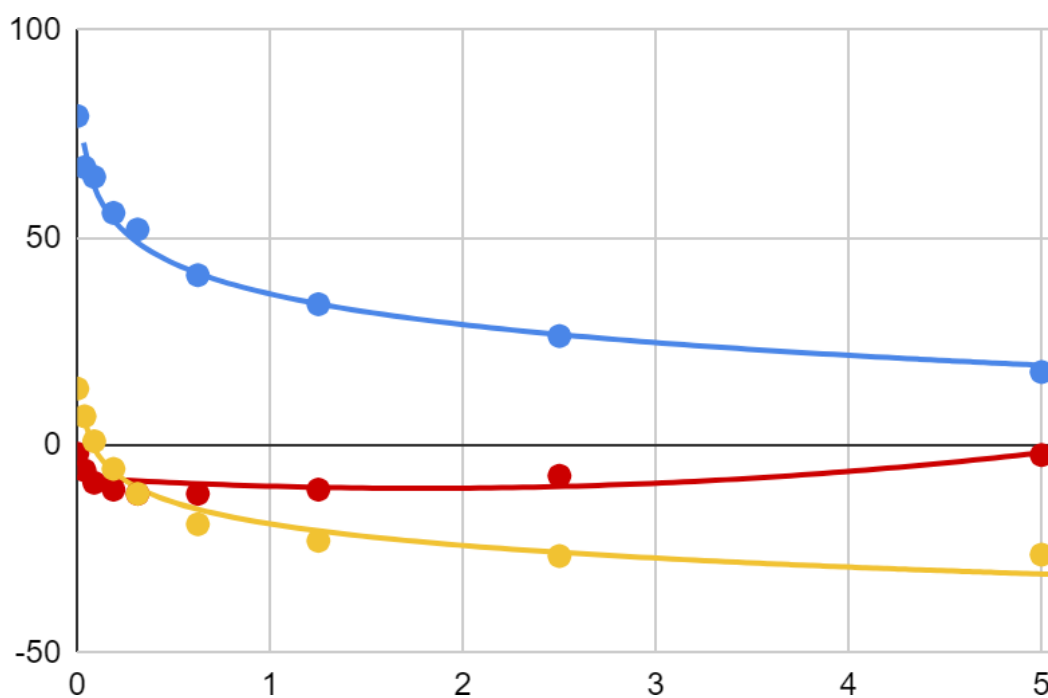
Таблиця 3.15 результати аналізу кольору зразків глазурі з сумішшю барвників через Photoshop

	Концентрація барвника	Повторність	L*	a*	b*
Біла глазур	0%	1	80	-2	14
		2	78	-2	14
		3	80	-2	13
Середнє			79,33	-2,00	13,67
Перше додавання		1	67	-6	7
		2	66	-6	7
		3	68	-6	7
Середнє			67,00	-6,00	7,00
Друге додавання		1	67	-9	1
		2	63	-9	1
		3	64	-9	1
Середнє			64,67	-9,00	1,00
Третє додавання		1	56	-11	-6
		2	55	-11	-5
		3	57	-10	-6
Середнє			56,00	-10,67	-5,67
Четверте додавання		1	51	-12	-11
		2	52	-11	-12
		3	53	-12	-12
Середнє			52,00	-11,67	-11,67
П'яте додавання		1	41	-12	-19
		2	41	-11	-19
		3	41	-12	-19
Середнє			41,00	-11,67	-19,00

продовження табл.3.15

	Концентрація барвника	Повторність	L*	a*	b*
Шосте додавання		1	34	-10	-23
		2	34	-11	-23
		3	34	-11	-23
Середнє			34,00	-10,67	-23,00
Сьоме додавання		1	26	-7	-27
		2	26	-7	-27
		3	27	-8	-26
Середнє			26,33	-7,33	-26,67
Восьме додавання		1	17	-2	-26
		2	18	-3	-26
		3	18	-2	-27
Середнє			17,67	-2,33	-26,33

Графік 3.12 Динаміка зміни параметрів кольору



— L*; — a*; — b*;

Визначаємо рівняння функції по кожному із параметрів

$$Y(L^*)=36,5 - 10,7 * \ln(X)$$

$$Y(a^*)=-7,72 - 2,95 * X + 0,827 * X^2$$

$$Y(b^*)=-18,9 - 7,5 * \ln(X)$$

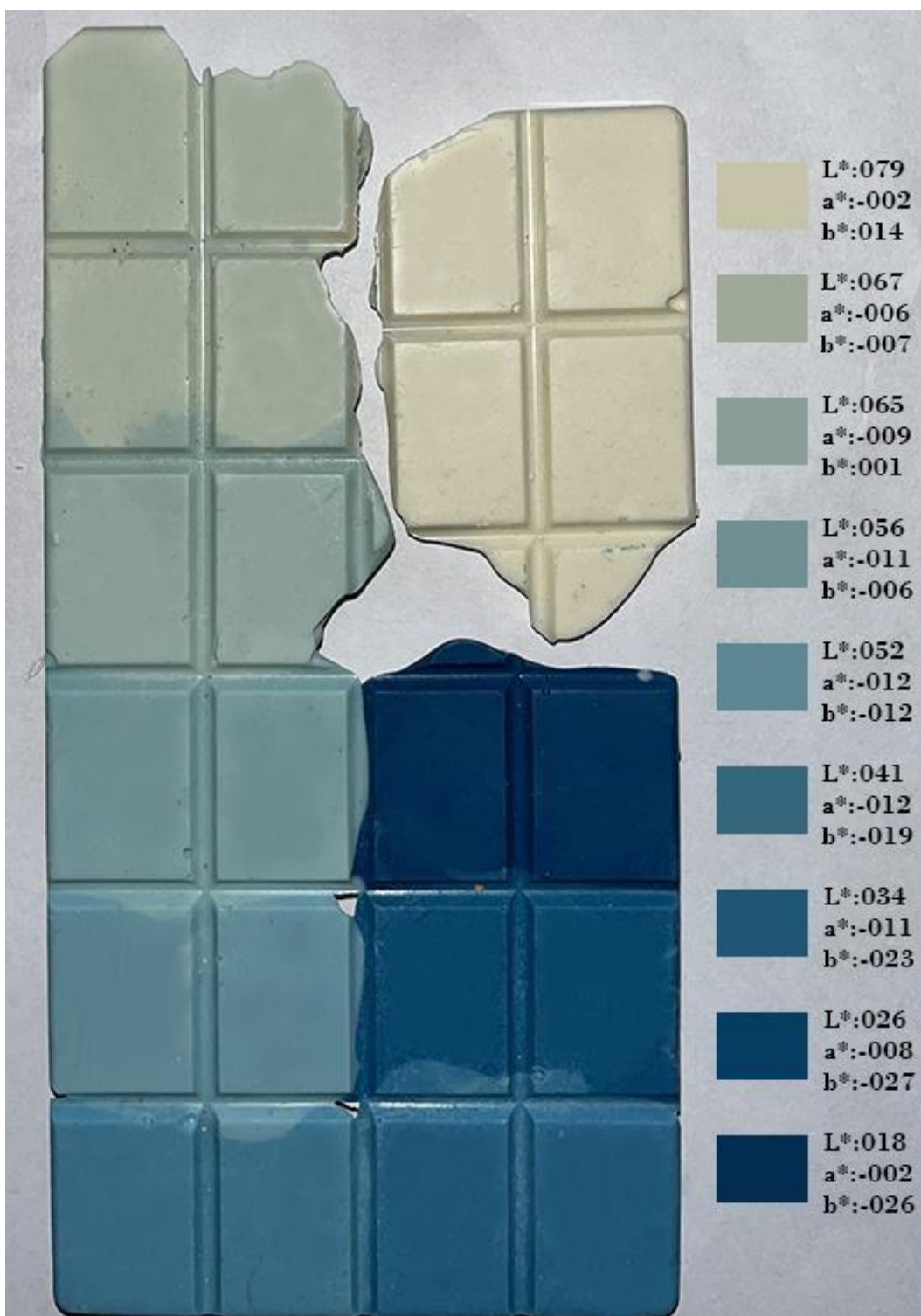


Рисунок 3.12 Зразки з даними по кольору з кондитерською сумішшю барвників в глазури

Таблиця 3.16 Параметри кольору для побудови калібрувальної шкали

Концентрація, ‰	L*	a*	b*
0,000	79,00	-7,72	13,50
0,500	43,92	-8,99	-13,70
1,000	36,50	-9,84	-18,90
1,500	32,16	-10,28	-21,94
2,000	29,08	-10,31	-24,10
2,500	26,70	-9,93	-25,77
3,000	24,74	-9,13	-27,14
3,500	23,10	-7,91	-28,30
4,000	21,67	-6,29	-29,30
4,500	20,41	-4,25	-30,18
5,000	19,28	-1,80	-30,97



Рисунок 3.13 – калібрувальна шкала для кондитерської суміші барвинків в глазури

Розрахунки проводяться аналогічно попереднім

Таблиця 3.17 Координати векторів для кожного із 10 кроків.

Номер вектору	Координати вектору		
	L*	a*	b*
1	-35,08	-1,27	-27,20
2	-7,42	-0,85	-5,20
3	-4,34	-0,44	-3,04
4	-3,08	-0,03	-2,16
5	-2,39	0,39	-1,67
6	-1,95	0,80	-1,37
7	-1,65	1,21	-1,16
8	-1,43	1,63	-1,00
9	-1,26	2,04	-0,88
10	-1,13	2,45	-0,79

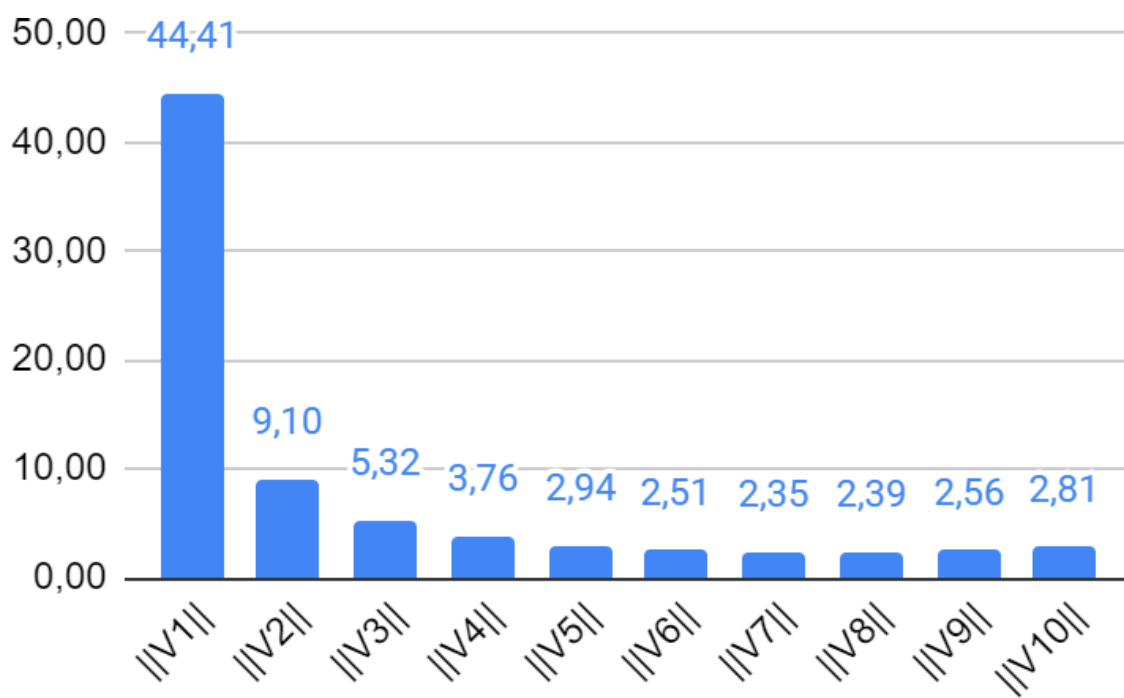
Розраховуємо модуль вектору

Результати розрахунків заносять в таблицю 18

Таблиця 3.18 Модуль вектору

Номер вектору	Модуль вектору
$\ V1\ $	44,41
$\ V2\ $	9,10
$\ V3\ $	5,32
$\ V4\ $	3,76
$\ V5\ $	2,94
$\ V6\ $	2,51
$\ V7\ $	2,35
$\ V8\ $	2,39
$\ V9\ $	2,56
$\ V10\ $	2,81

Графік 3.13 Залежність динаміки зміни кольору з кожним наступним кроком додаванням барвника



3.3.5 Аналіз динаміки зміни кольору в глазурі спіруліною

Таблиця 3.19 результати аналізу кольору зразків глазурі з синьою спіруліною через Photoshop

	Концентрація барвника	Повторність	L*	a*	b*
Біла глазур	0%	1	89	-1	13
		2	88	0	13
		3	89	0	13
Середнє			88,67	-0,33	13,00
Перше додавання		1	72	-7	-6
		2	75	-7	-6
		3	74	-7	-6
Середнє			73,67	-7,00	-6,00
Друге додавання		1	67	-10	-14
		2	67	-9	-13
		3	66	-9	-13
Середнє			66,67	-9,33	-13,33
Третє додавання		1	59	-12	-26
		2	58	-12	-26
		3	53	-12	-26
Середнє			56,67	-12,00	-26,00
Четверте додавання		1	43	-10	-44
		2	41	-9	-45
		3	45	-11	-44
Середнє			43,00	-10,00	-44,33

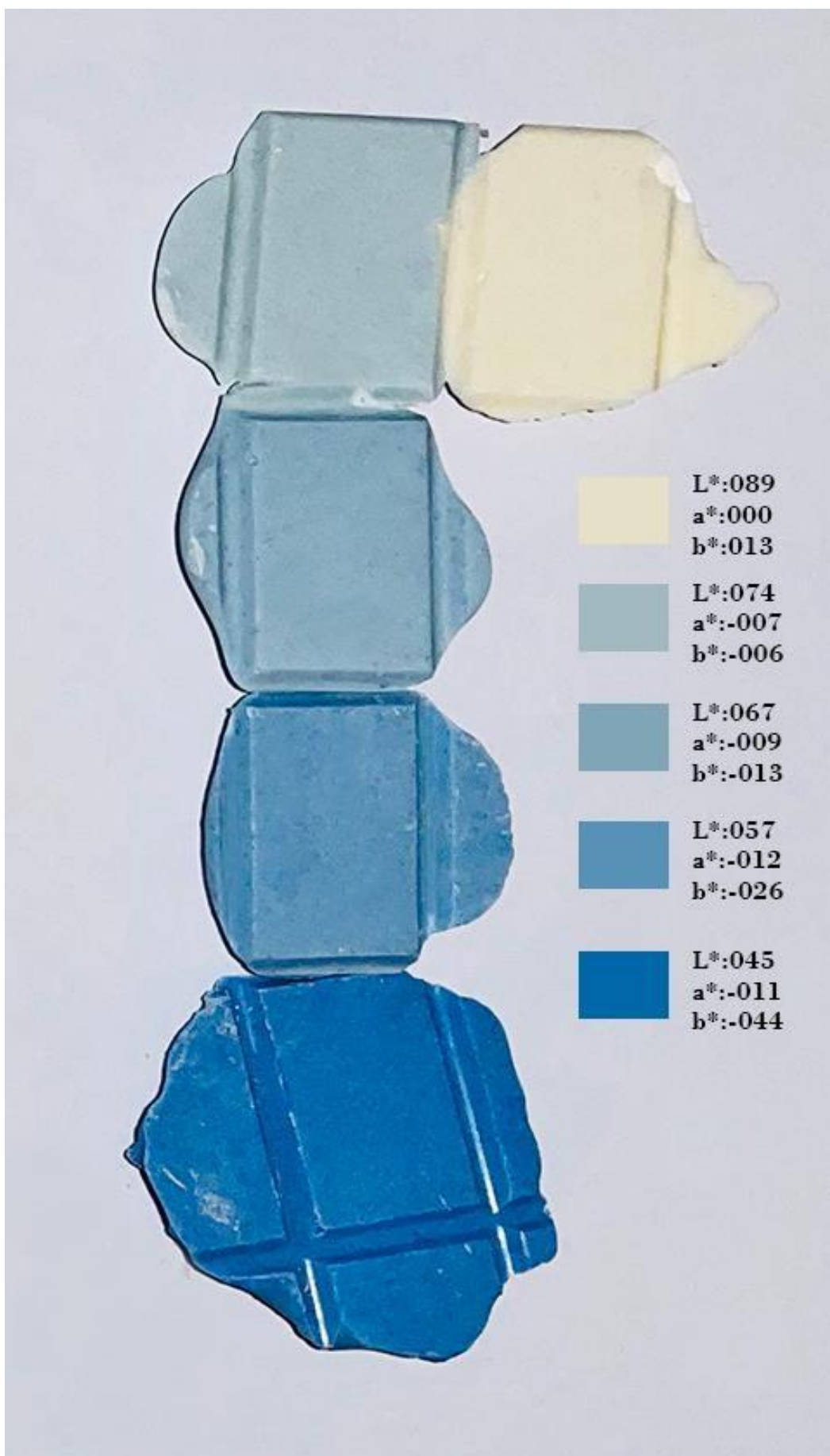
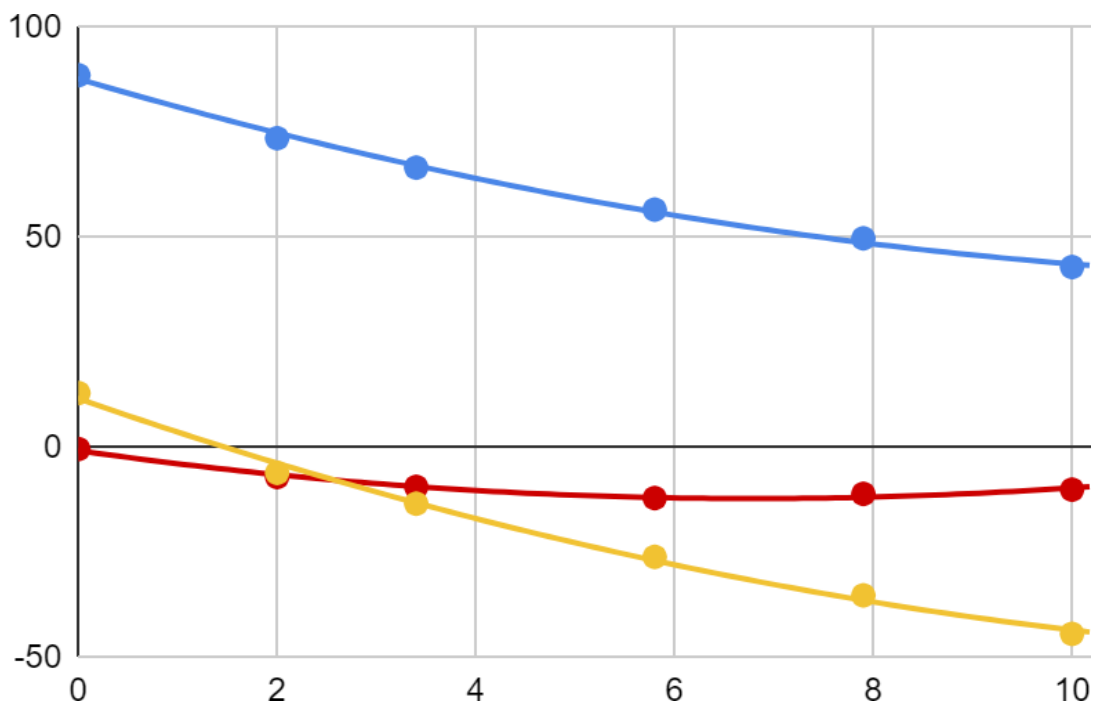


Рисунок 3.14 Зразки з даними по кольору з синьою спіруліною в глазури

Графік 3.14 Динаміка зміни параметрів кольору



— L*; — a*; — b*;

Визначаємо рівняння функції по кожному із параметрів

$$Y(L^*) = 87,8 - 6,93 \cdot X + 0,252 \cdot X^2$$

$$Y(a^*) = -0,706 - 3,36 \cdot X + 0,247 \cdot X^2$$

$$Y(b^*) = 11,7 - 8,21 \cdot X + 0,271 \cdot X^2$$

Маючи рівняння графіку функції можна побудувати калібрувальну шкалу

Таблиця 3.20 Параметри кольору для побудови калібрувальної шкали

Концентрація, %	L*	a*	b*
0,00	87,80	-0,71	11,70
1,00	81,12	-3,82	3,76
2,00	74,95	-6,44	-3,64
3,00	69,28	-8,56	-10,49
4,00	64,11	-10,19	-16,80

продовження табл.3.20

Концентрація, %	L*	a*	b*
5,00	59,45	-11,33	-22,58
6,00	55,29	-11,97	-27,80
7,00	51,64	-12,12	-32,49
8,00	48,49	-11,78	-36,64
9,00	45,84	-10,94	-40,24
10,00	43,70	-9,61	-43,30



Рисунок 3.15 – калібрувальна шкала для спіруліни в глазури

Розрахунки проводяться аналогічно попереднім

Таблиця 3.21 Координати векторів для кожного із 10 кроків.

Номер вектору	Координати вектору		
	L*	a*	b*
1	-6,68	-3,11	-7,94
2	-6,17	-2,62	-7,40
3	-5,67	-2,13	-6,86
4	-5,17	-1,63	-6,31
5	-4,66	-1,14	-5,77
6	-4,16	-0,64	-5,23
7	-3,65	-0,15	-4,69
8	-3,15	0,35	-4,15
9	-2,65	0,84	-3,60
10	-2,14	1,33	-3,06

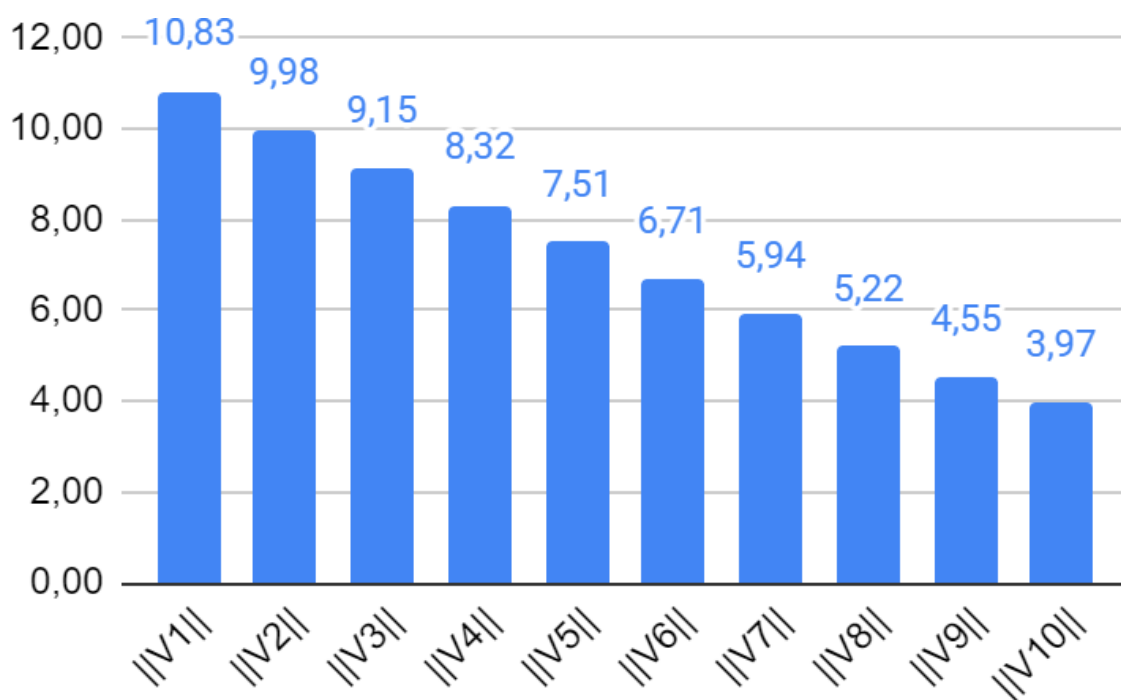
Розраховуємо модуль вектору

Результати розрахунків заносять в таблицю 3.22

Таблиця 3.22 Модуль вектору

Номер вектору	Модуль вектору
$\ V1\ $	10,83
$\ V2\ $	9,98
$\ V3\ $	9,15
$\ V4\ $	8,32
$\ V5\ $	7,51
$\ V6\ $	6,71
$\ V7\ $	5,94
$\ V8\ $	5,22
$\ V9\ $	4,55
$\ V10\ $	3,97

Графік 3.15 Залежність динаміки зміни кольору з кожним наступним кроком додаванням барвника



3.3.6 Аналіз динаміки зміни кольору в глазурі порошком квітів кліторії

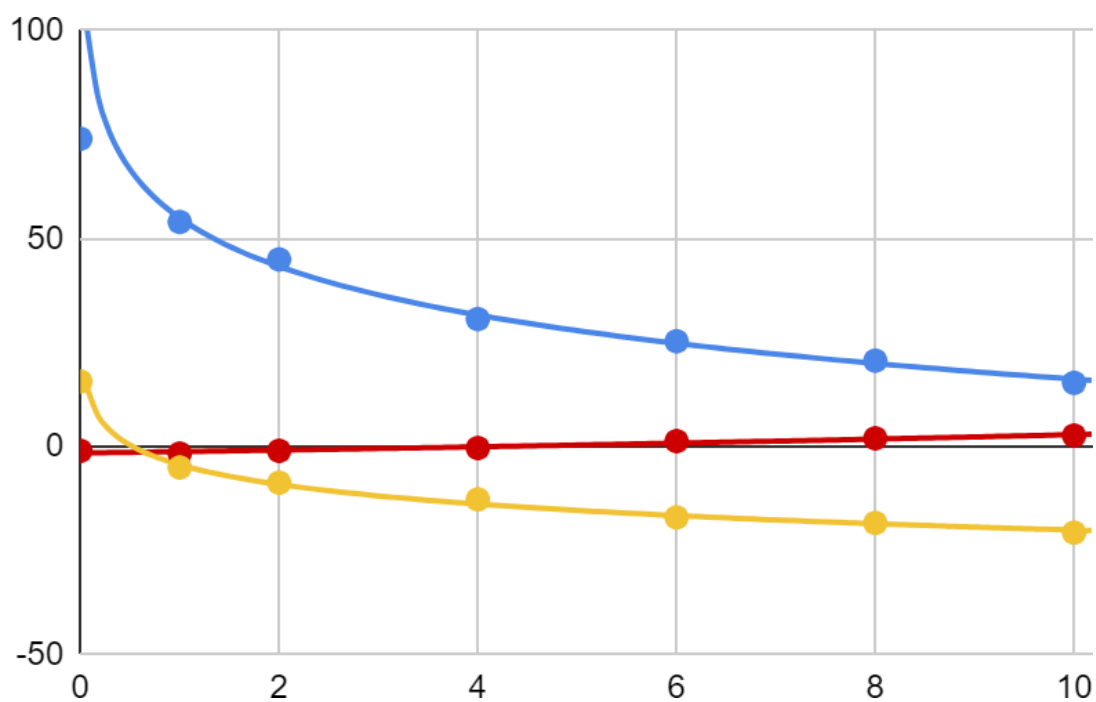
Таблиця 3.23 результати аналізу кольору зразків глазурі з порошком квітів кліторії через Photoshop

	Концентрація барвника	Повторність	Без дії світла			Після дії світла		
			L*	a*	b*	L*	a*	b*
Біла глазур	0%	1	75	-1	15	75	-1	15
		2	72	-1	15	72	-1	15
		3	75	-1	17	75	-1	17
Середнє			74,00	-1,00	15,67	74,00	-1,00	15,67
Перше додавання	1%	1	56	-2	-5	54	-1	-8
		2	54	-2	-5	50	-1	-8
		3	52	-1	-5	54	-1	-9
Середнє			54,00	-1,67	-5,00	52,67	-1,00	-8,33
Друге додавання	2%	1	45	-1	-9	48	0	-11
		2	47	-2	-7	48	0	-10
		3	43	0	-10	46	-1	-13
Середнє			45,00	-1,00	-8,67	47,33	-0,33	-11,33
Третє додавання	4%	1	32	0	-12	35	0	-14
		2	31	-1	-13	33	0	-14
		3	29	0	-13	33	1	-18
Середнє			30,67	-0,33	-12,67	33,67	0,33	-15,33
Четверте додавання	6%	1	23	2	-17	30	1	-18
		2	26	1	-17	29	2	-18
		3	27	1	-17	27	1	-18
Середнє			25,33	1,33	-17,00	28,67	1,33	-18,00

Продовження табл.3.23

	Концентрація барвника	Повторність	Без дії світла			Після дії світла		
			L*	a*	b*	L*	a*	b*
П'яте додавання	8%	1	20	2	-18	18	4	-23
		2	20	2	-19	20	3	-23
		3	22	2	-18	22	3	-21
Середнє			20,67	2,00	-18,33	20,00	3,33	-22,33
Шосте додавання	10%	1	16	2	-20	18	3	-23
		2	14	4	-22	19	4	-23
		3	16	2	-20	17	2	-24
Середнє			15,33	2,67	-20,67	18,00	3,00	-23,33

Графік 3.16 Динаміка зміни параметрів кольору (без світла)



— L*; — a*; — b*;

Визначаємо рівняння функції по кожному із параметрів

$$Y(L^*) = 55 - 16,8 * \ln(X)$$

$$Y(a^*) = -1,53 + 0,328 * Q40 + 0,0114 * X^2$$

$$Y(b^*) = -4,35 - 6,82 * \ln(X)$$



Рисунок 3.16 Зразки з даними по кольору з кліторією в глазури

Таблиця 3.24 Параметри кольору для побудови калібрувальної шкали

Концентрація, %	Без дії світла			Після дії світла		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
0,00	74,00	-1,53	15,50	74,00	-1,27	15,50
1,00	55,00	-1,19	-4,35	55,20	-0,80	-7,31
2,00	43,36	-0,83	-9,08	44,18	-0,33	-11,91
3,00	36,54	-0,44	-11,84	37,73	0,14	-14,60
4,00	31,71	-0,04	-13,80	33,16	0,61	-16,51
5,00	27,96	0,40	-15,33	29,61	1,08	-18,00
6,00	24,90	0,85	-16,57	26,71	1,54	-19,21
7,00	22,31	1,32	-17,62	24,26	2,01	-20,23
8,00	20,07	1,82	-18,53	22,14	2,48	-21,12
9,00	18,09	2,35	-19,34	20,26	2,95	-21,90
10,00	16,32	2,89	-20,05	18,59	3,42	-22,60

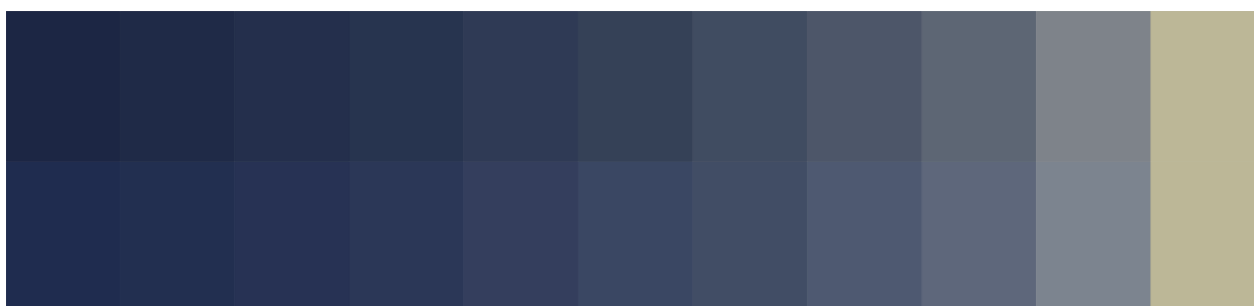


Рисунок 3.17 – калібрувальна шкала для кліторії в глазури

Розрахунки проводяться аналогічно попереднім

Таблиця 3.24 Координати векторів для кожного із 10 кроків.

Номер вектору	Координати вектору					
	Без дії світла			Після дії світла		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	-19,00	0,34	-19,85	-18,80	0,47	-22,81
2	-11,64	0,36	-4,73	-11,02	0,47	-4,60
3	-6,81	0,39	-2,77	-6,45	0,47	-2,69
4	-4,83	0,41	-1,96	-4,57	0,47	-1,91
5	-3,75	0,43	-1,52	-3,55	0,47	-1,48
6	-3,06	0,45	-1,24	-2,90	0,47	-1,21
7	-2,59	0,48	-1,05	-2,45	0,47	-1,02
8	-2,24	0,50	-0,91	-2,12	0,47	-0,89
9	-1,98	0,52	-0,80	-1,87	0,47	-0,78
10	-1,77	0,54	-0,72	-1,68	0,47	-0,70

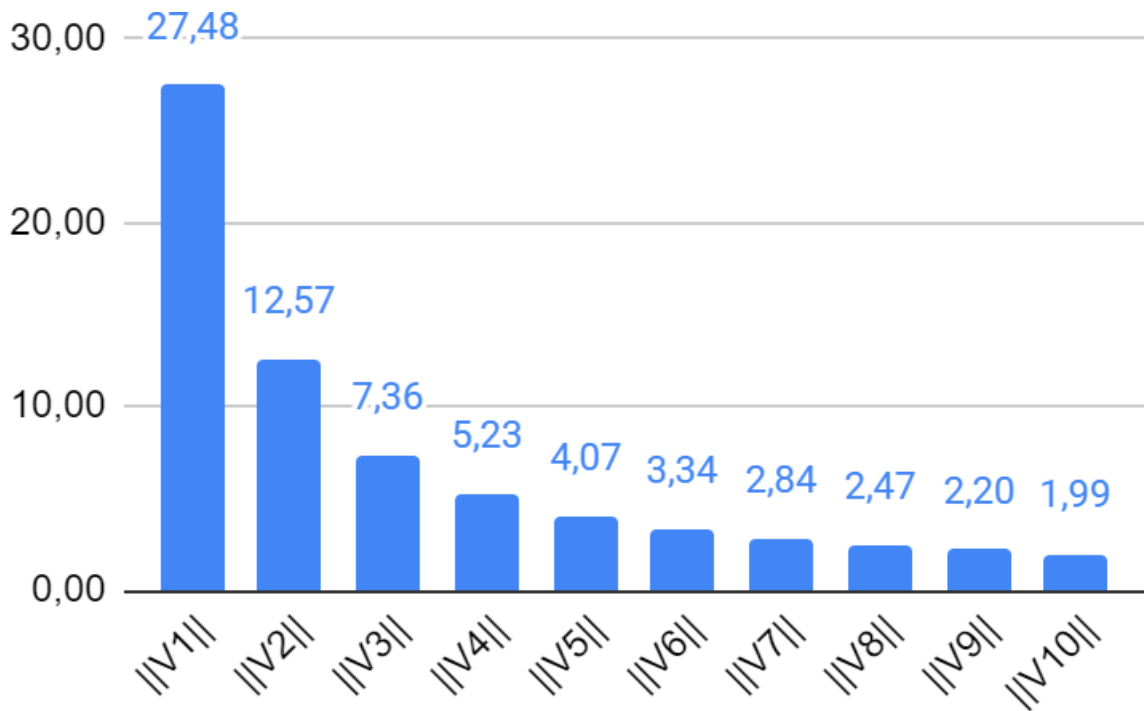
Розраховуємо модуль вектору

Результати розрахунків заносять в таблицю 3.25

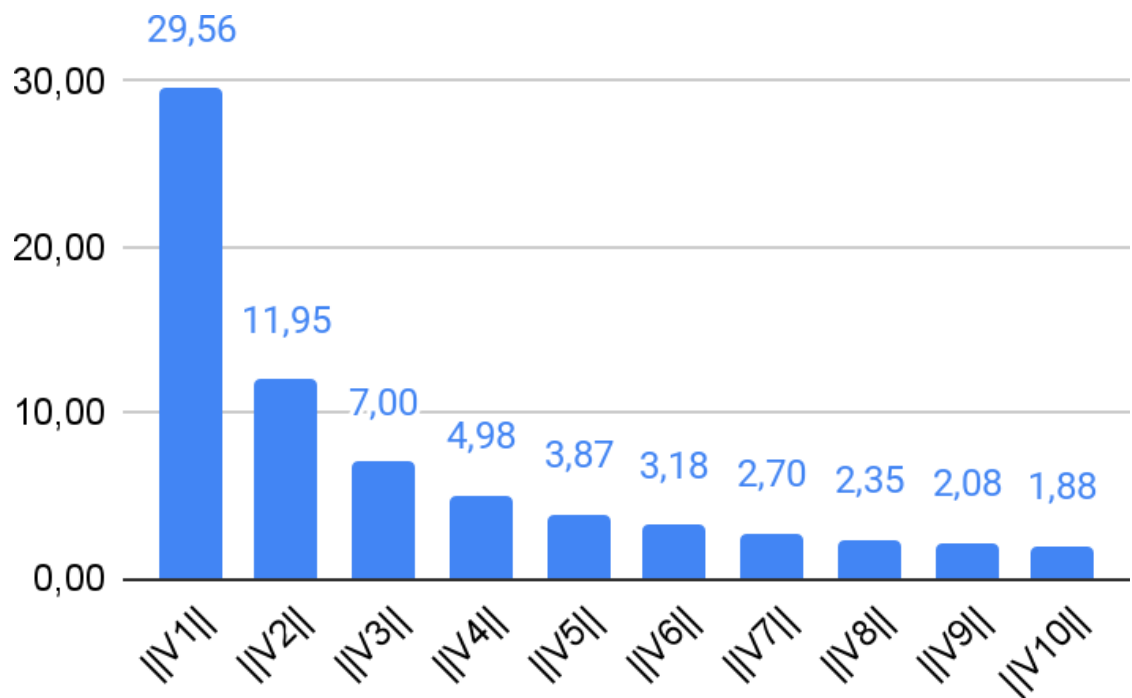
Таблиця 3.25 Модуль вектору

Номер вектору	Модуль вектору	
	Без дії світла	Після дії світла
$\ V1\ $	27,48	29,56
$\ V2\ $	12,57	11,95
$\ V3\ $	7,36	7,00
$\ V4\ $	5,23	4,98
$\ V5\ $	4,07	3,87
$\ V6\ $	3,34	3,18
$\ V7\ $	2,84	2,70
$\ V8\ $	2,47	2,35
$\ V9\ $	2,20	2,08
$\ V10\ $	1,99	1,88

Графік 3.18 Залежність динаміки зміни кольору з кожним наступним кроком додаванням барвника кліторії до впливу світла



Графік 3.19 Залежність динаміки зміни кольору з кожним наступним кроком додаванням барвника кліторії після впливу світла.

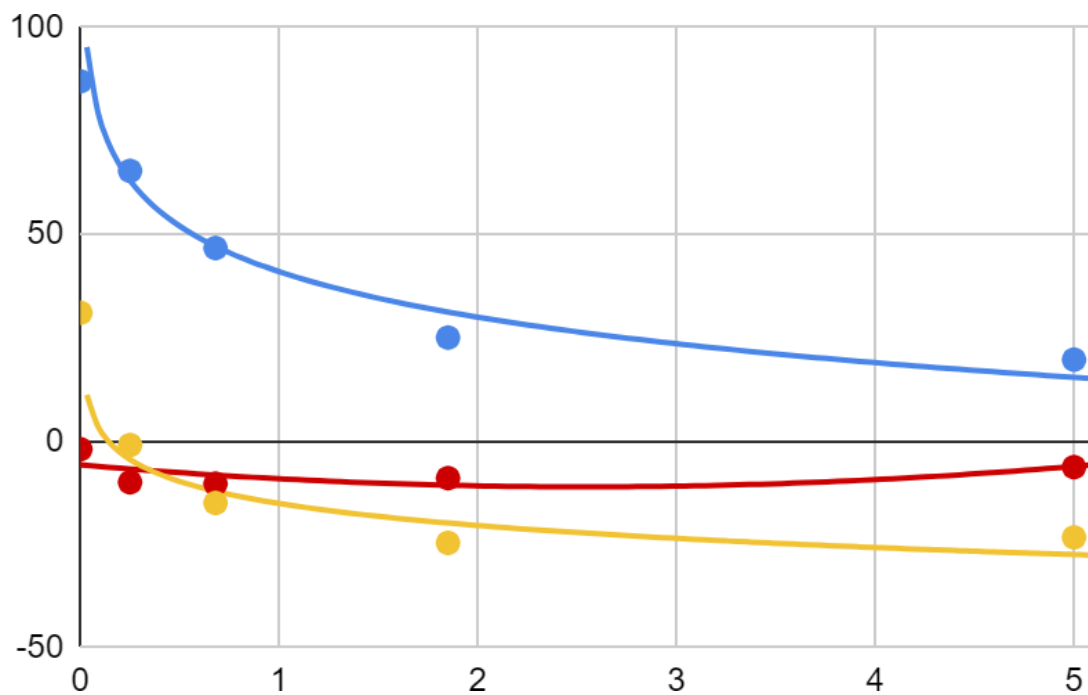


3.3.7 Аналіз динаміки зміни кольору в шоколаді барвником Е 132

Таблиця 3.26 результати аналізу кольору зразків глазури з порошком квітів кліторії через Photoshop

	Концентрація барвника	Повторність	L*	a*	b*
Білий шоколад	0%	1	86	-2	30
		2	87	-2	30
		3	88	-2	33
Середнє			87,00	-2,00	31,00
Перше додавання	1	66	-10	-1	
	2	65	-10	-1	
	3	65	-10	-1	
Середнє		65,33	-10,00	-1,00	
Друге додавання	1	47	-10	-15	
	2	47	-10	-15	
	3	46	-11	-15	
Середнє		46,67	-10,33	-15,00	
Третє додавання	1	26	-9	-24	
	2	24	-9	-26	
	3	25	-9	-24	
Середнє		25,00	-9,00	-24,67	
Четверте додавання	1	18	-6	-23	
	2	22	-7	-23	
	3	19	-6	-24	
Середнє		19,67	-6,33	-23,33	

Графік 3.20 Динаміка зміни параметрів кольору



— L*; — a*; — b*;

Визначаємо рівняння функції по кожному із параметрів

$$Y(L^*) = 41,1 - 15,8 * \ln(X)$$

$$Y(a^*) = -6,23 - 2,9 * X + 0,603 * X^2$$

$$Y(b^*) = -15 - 7,59 * \ln(X)$$

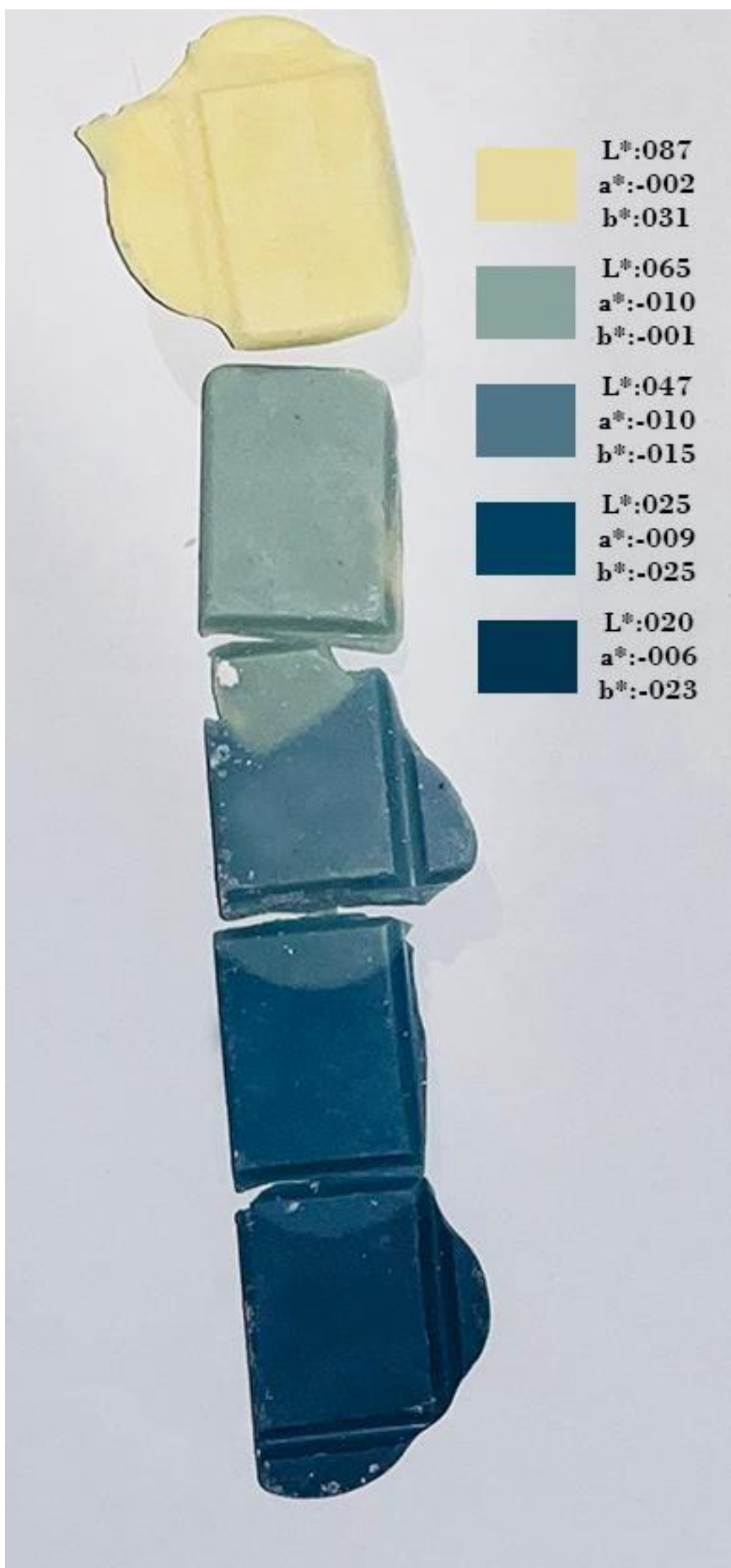


Рисунок 3.18 Зразки з даними по кольору з барвником E 132 в шоколаді

Таблиця 3.27 Параметри кольору для побудови калібрувальної шкали

Концентрація, ‰	L*	a*	b*
0,00	87,00	-6,23	31,00
0,50	52,05	-7,53	-9,74
1,00	41,10	-8,53	-15,00
1,50	34,69	-9,22	-18,08
2,00	30,15	-9,62	-20,26
2,50	26,62	-9,71	-21,95
3,00	23,74	-9,50	-23,34
3,50	21,31	-8,99	-24,51
4,00	19,20	-8,18	-25,52
4,50	17,34	-7,07	-26,42
5,00	15,67	-5,66	-27,22



Рисунок 3.19 – калібрувальна шкала для барвника E132 в шоколаді

Розрахунки проводяться аналогічно попереднім

Таблиця 3.28 Координати векторів для кожного із 10 кроків.

Номер вектору	Координати вектору		
	L*	a*	b*
1	-34,95	-1,30	-40,74
2	-10,95	-1,00	-5,26
3	-6,41	-0,70	-3,08
4	-4,55	-0,39	-2,18
5	-3,53	-0,09	-1,69
6	-2,88	0,21	-1,38
7	-2,44	0,51	-1,17
8	-2,11	0,81	-1,01
9	-1,86	1,11	-0,89
10	-1,66	1,41	-0,80

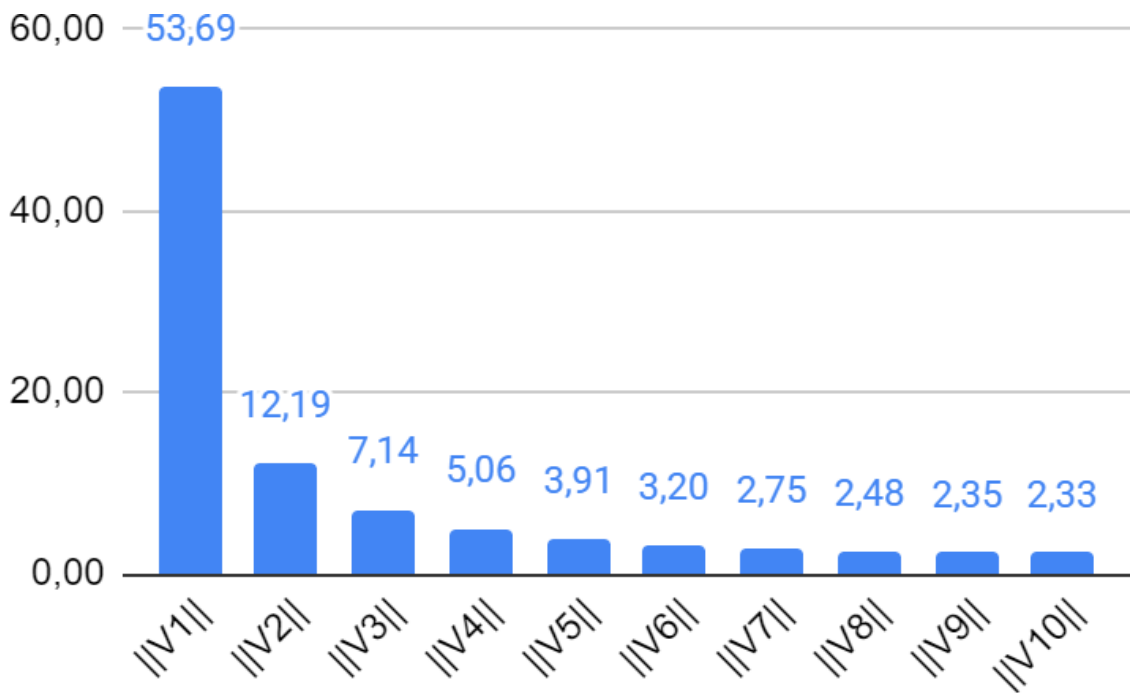
Розраховуємо модуль вектору

Результати розрахунків заносять в таблицю 3.29

Таблиця 3.29 Модуль вектору

Номер вектору	Модуль вектору
$\ V1\ $	53,69
$\ V2\ $	12,19
$\ V3\ $	7,14
$\ V4\ $	5,06
$\ V5\ $	3,91
$\ V6\ $	3,20
$\ V7\ $	2,75
$\ V8\ $	2,48
$\ V9\ $	2,35
$\ V10\ $	2,33

Графік 3.21 Залежність динаміки зміни кольору з кожним наступним кроком додаванням барвника

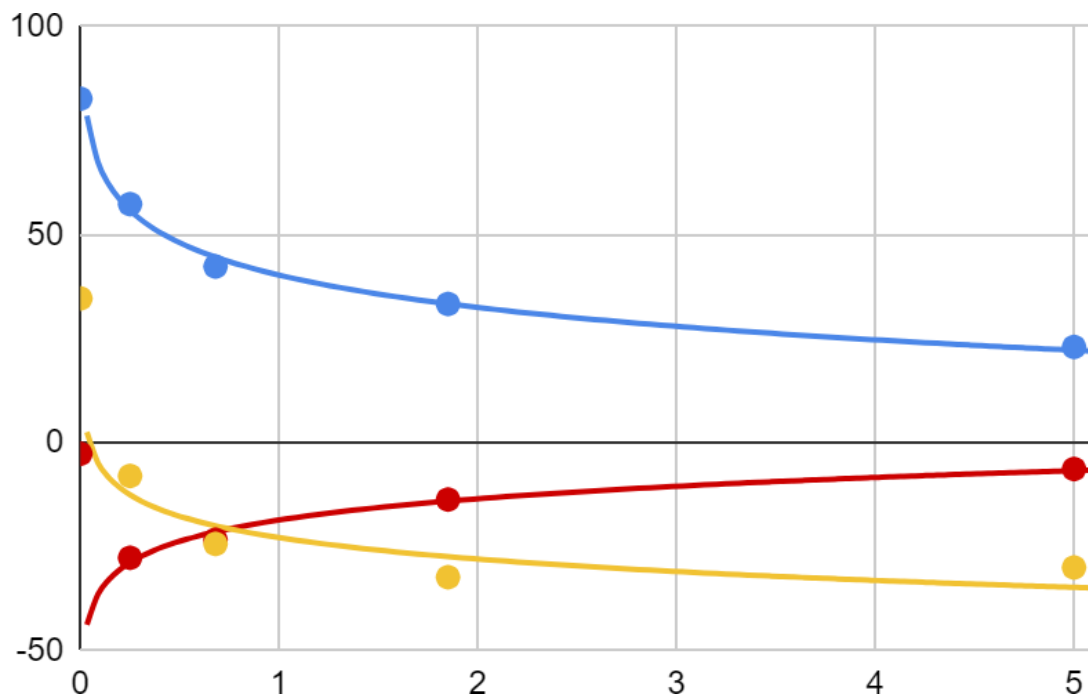


3.3.8 Аналіз динаміки зміни кольору в шоколаді барвником E 133

Таблиця 3.30 результати аналізу кольору зразків глазури з порошком квітів кліторії через Photoshop

	Концентрація барвника	Повторність	L*	a*	b*
Білий шоколад	0%	1	83	-2	34
		2	83	-3	35
		3	82	-3	35
		Середнє		82,67	-2,67
Перше додавання		1	56	-29	-7
		2	57	-27	-9
		3	59	-27	-8
		Середнє		57,33	-27,67
Друге додавання		1	42	-23	-25
		2	42	-23	-24
		3	43	-24	-24
		Середнє		42,33	-23,33
Третє додавання		1	35	-15	-32
		2	32	-13	-32
		3	33	-13	-33
		Середнє		33,33	-13,67
Четверте додавання		1	22	-5	-31
		2	23	-7	-29
		3	24	-7	-30
		Середнє		23,00	-6,33

Графік 3.22 Динаміка зміни параметрів кольору



— L*; — a*; — b*;

Визначаємо рівняння функції по кожному із параметрів

$$Y(L^*) = 40,5 - 11 * \text{LN}(X)$$

$$Y(a^*) = -18,7 + 7,3 * \text{LN}(X)$$

$$Y(b^*) = -22,7 - 7,3 * \text{LN}(X)$$

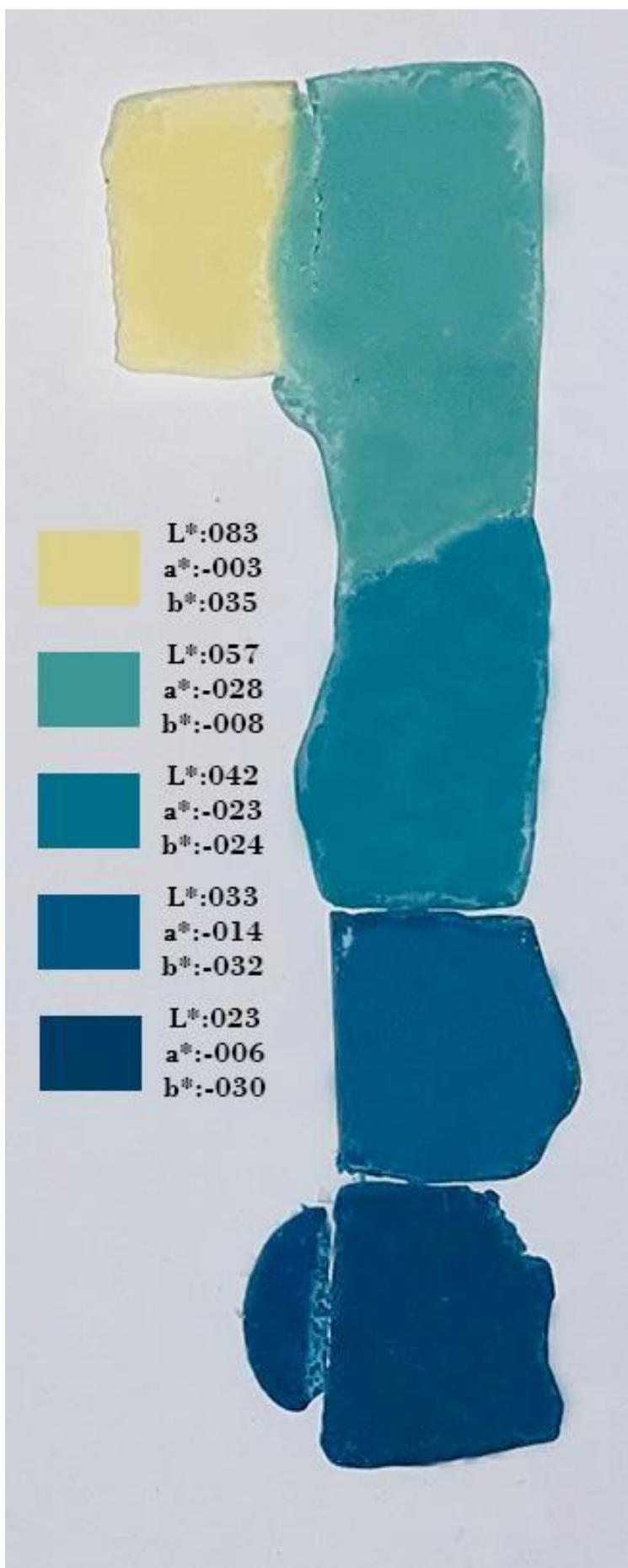


Рисунок 3.19 Зразки з даними по кольору з барвником E 133 в шоколаді

Таблиця 3.31 Параметри кольору для побудови калібрувальної шкали

Концентрація, ‰	L*	a*	b*
0,00	82,70	-2,50	34,50
0,50	48,12	-23,76	-17,64
1,00	40,50	-18,70	-22,70
1,50	36,04	-15,74	-25,66
2,00	32,88	-13,64	-27,76
2,50	30,42	-12,01	-29,39
3,00	28,42	-10,68	-30,72
3,50	26,72	-9,55	-31,85
4,00	25,25	-8,58	-32,82
4,50	23,96	-7,72	-33,68
5,00	22,80	-6,95	-34,45



Рисунок 3.20 – калібрувальна шкала для барвника E133 в шоколаді

Розрахунки проводяться аналогічно попереднім

Таблиця 3.32 Координати векторів для кожного із 10 кроків.

Номер вектору	Координати вектору		
	L*	a*	b*
1	-34,58	-21,26	-52,14
2	-7,62	5,06	-5,06
3	-4,46	2,96	-2,96
4	-3,16	2,10	-2,10
5	-2,45	1,63	-1,63
6	-2,01	1,33	-1,33
7	-1,70	1,13	-1,13
8	-1,47	0,97	-0,97
9	-1,30	0,86	-0,86
10	-1,16	0,77	-0,77

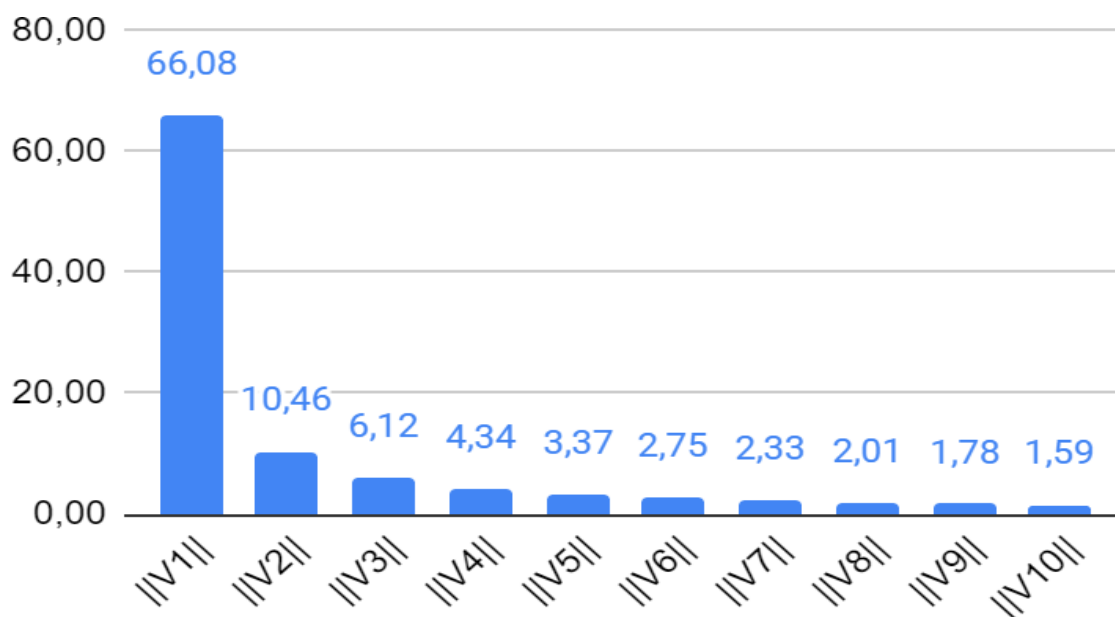
Розраховуємо модуль вектору

Результати розрахунків заносять в таблицю 3.33

Таблиця 3.33 Модуль вектору

Номер вектору	Модуль вектору
$\ V1\ $	66,08
$\ V2\ $	10,46
$\ V3\ $	6,12
$\ V4\ $	4,34
$\ V5\ $	3,37
$\ V6\ $	2,75
$\ V7\ $	2,33
$\ V8\ $	2,01
$\ V9\ $	1,78
$\ V10\ $	1,59

Графік 3.23 Залежність динаміки зміни кольору з кожним наступним кроком додаванням барвника

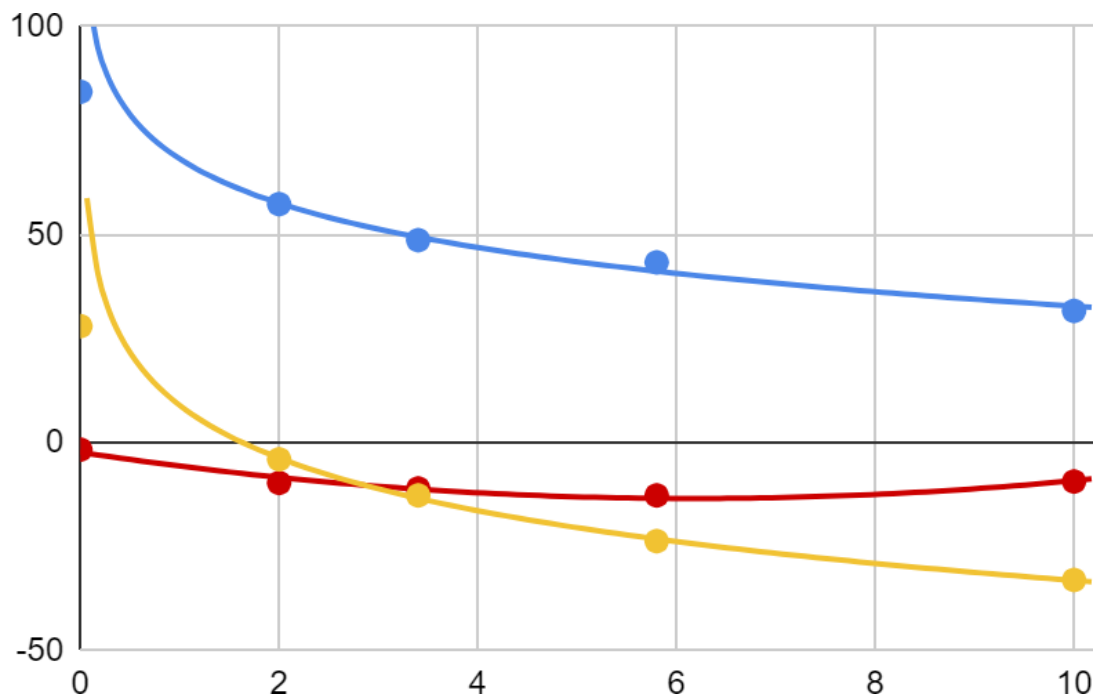


3.3.9 Аналіз динаміки зміни кольору в шоколаді спіруліною

Таблиця 3.34 результати аналізу кольору зразків глазури з порошком квітів кліторії через Photoshop

	Концентрація барвника	Повторність	L*	a*	b*
Білий шоколад	0%	1	84	-2	29
		2	84	-2	27
		3	85	-1	28
		Середнє		84,33	-1,67
Перше додавання		1	57	-9	-4
		2	57	-11	-4
		3	58	-9	-4
		Середнє		57,33	-9,67
Друге додавання		1	50	-11	-12
		2	46	-11	-13
		3	50	-11	-13
		Середнє		48,67	-11,00
Третє додавання		1	44	-12	-24
		2	44	-13	-23
		3	42	-13	-24
		Середнє		43,33	-12,67
Четверте додавання		1	31	-9	-33
		2	32	-9	-33
		3	32	-10	-33
		Середнє		31,67	-9,33

Графік 3.24 Динаміка зміни параметрів кольору



— L*; — a*; — b*;

Визначаємо рівняння функції по кожному із параметрів

$$Y(L^*)=68 - 15,1 * \text{LN}(X)$$

$$Y(a^*)=-2,51 - 3,44*X + 0,282*X^2$$

$$Y(b^*)=8,87 - 18,2 * \text{LN}(X)$$

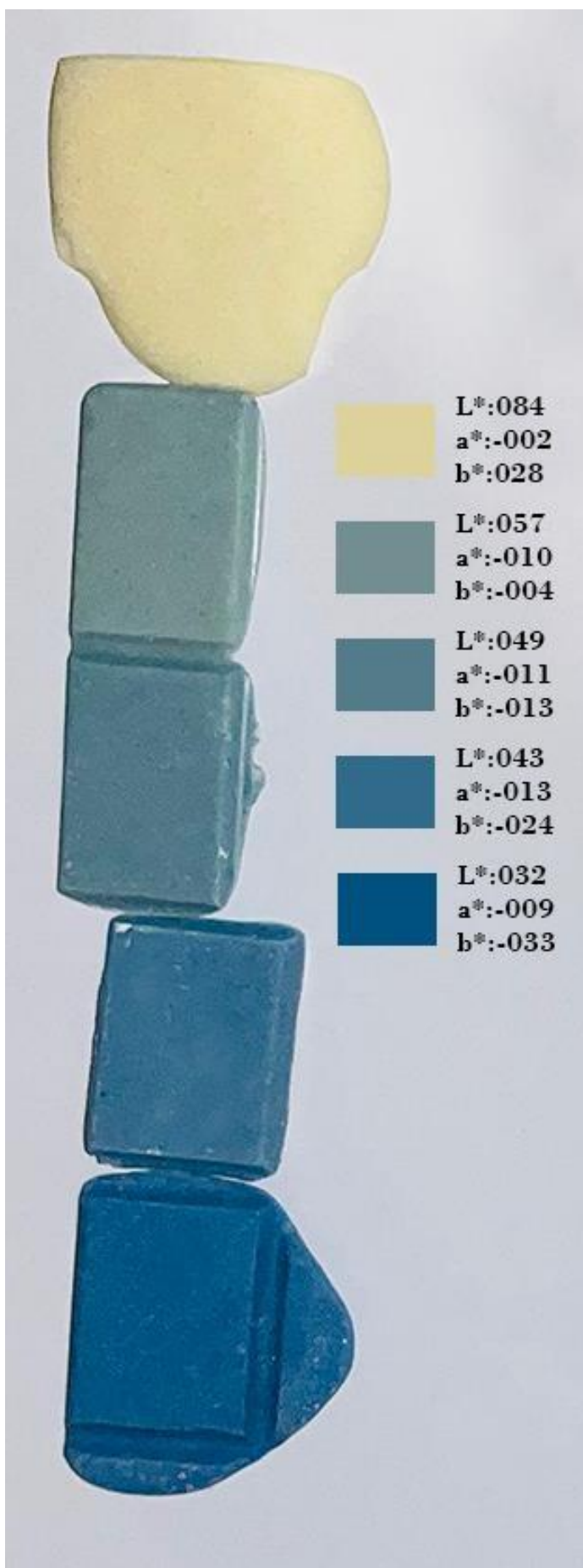


Рисунок 3.21 Зразки з даними по кольору з спіруліною в шоколаді

Таблиця 3.35 Параметри кольору для побудови калібрувальної шкали

Концентрація	L*	a*	b*
0,00	84,30	-2,51	28,00
1,00	68,00	-5,67	8,87
2,00	57,53	-8,26	-3,75
3,00	51,41	-10,29	-11,12
4,00	47,07	-11,76	-16,36
5,00	43,70	-12,66	-20,42
6,00	40,94	-13,00	-23,74
7,00	38,62	-12,77	-26,55
8,00	36,60	-11,98	-28,98
9,00	34,82	-10,63	-31,12
10,00	33,23	-8,71	-33,04



Рисунок 3.22 – калібрувальна шкала для спіруліни в шоколаді

Розрахунки проводяться аналогічно попереднім

Таблиця 3.36 Координати векторів для кожного із 10 кроків.

Номер вектору	Координати вектору		
	L*	a*	b*
1	-16,30	-3,16	-19,13
2	-10,47	-2,59	-12,62
3	-6,12	-2,03	-7,38
4	-4,34	-1,47	-5,24
5	-3,37	-0,90	-4,06
6	-2,75	-0,34	-3,32
7	-2,33	0,23	-2,81
8	-2,02	0,79	-2,43
9	-1,78	1,35	-2,14
10	-1,59	1,92	-1,92

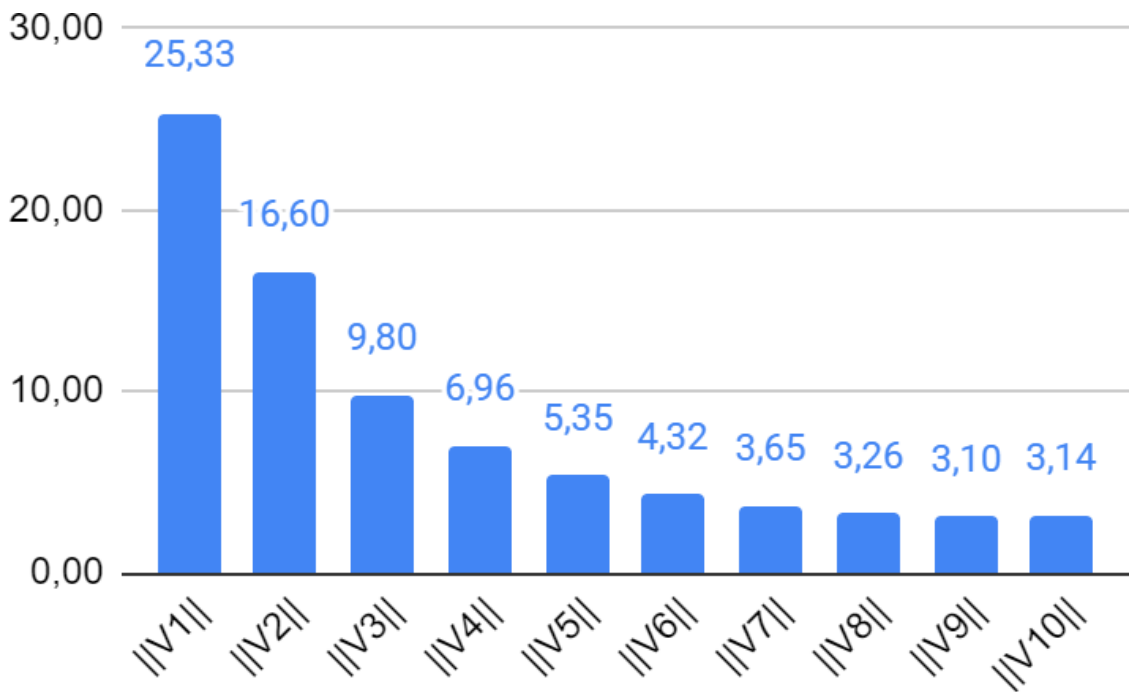
Розраховуємо модуль вектору

Результати розрахунків заносять в таблицю 3.37

Таблиця 3.37 Модуль вектору

Номер вектору	Модуль вектору
$\ V1\ $	25,33
$\ V2\ $	16,60
$\ V3\ $	9,80
$\ V4\ $	6,96
$\ V5\ $	5,35
$\ V6\ $	4,32
$\ V7\ $	3,65
$\ V8\ $	3,26
$\ V9\ $	3,10
$\ V10\ $	3,14

Графік 3.24 Залежність динаміки зміни кольору з кожним наступним кроком додаванням барвника

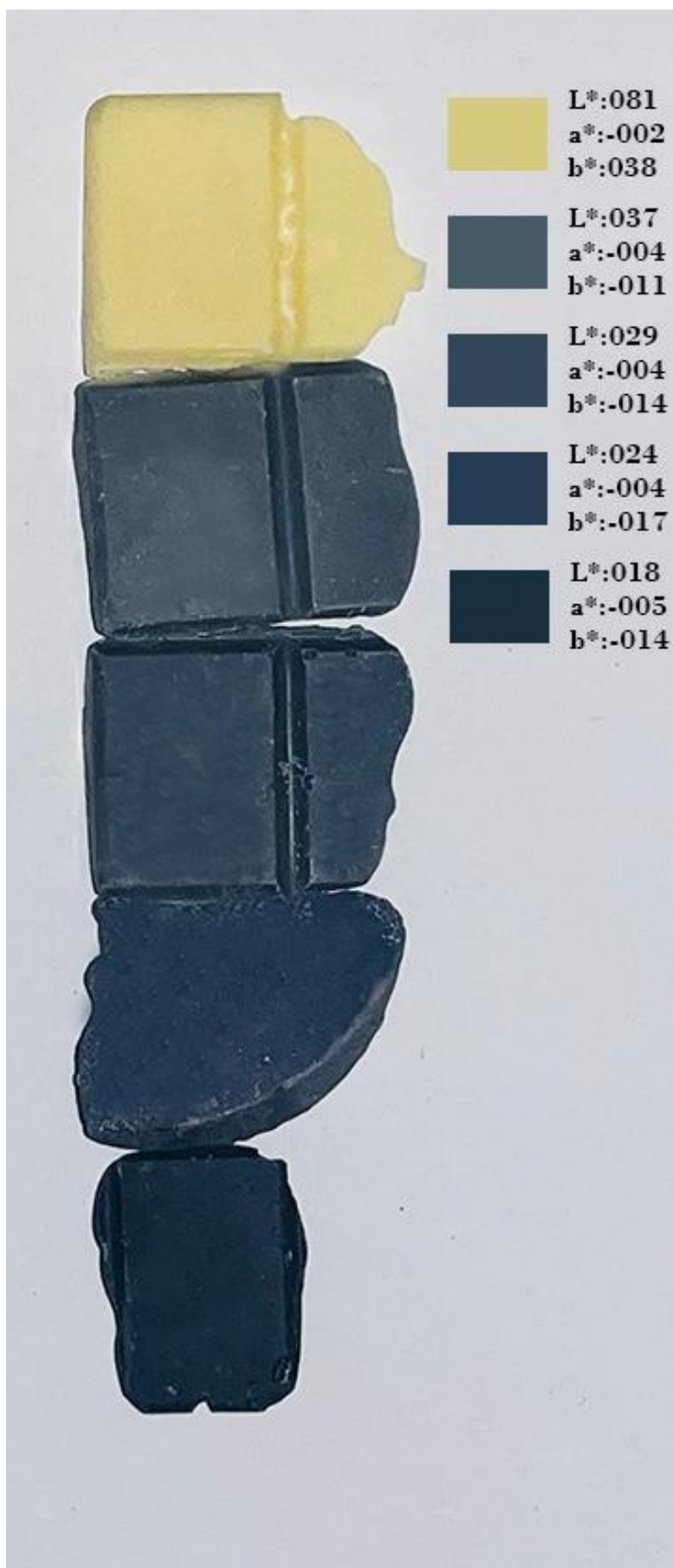


3.3.10 Аналіз динаміки зміни кольору в шоколаді кліторією

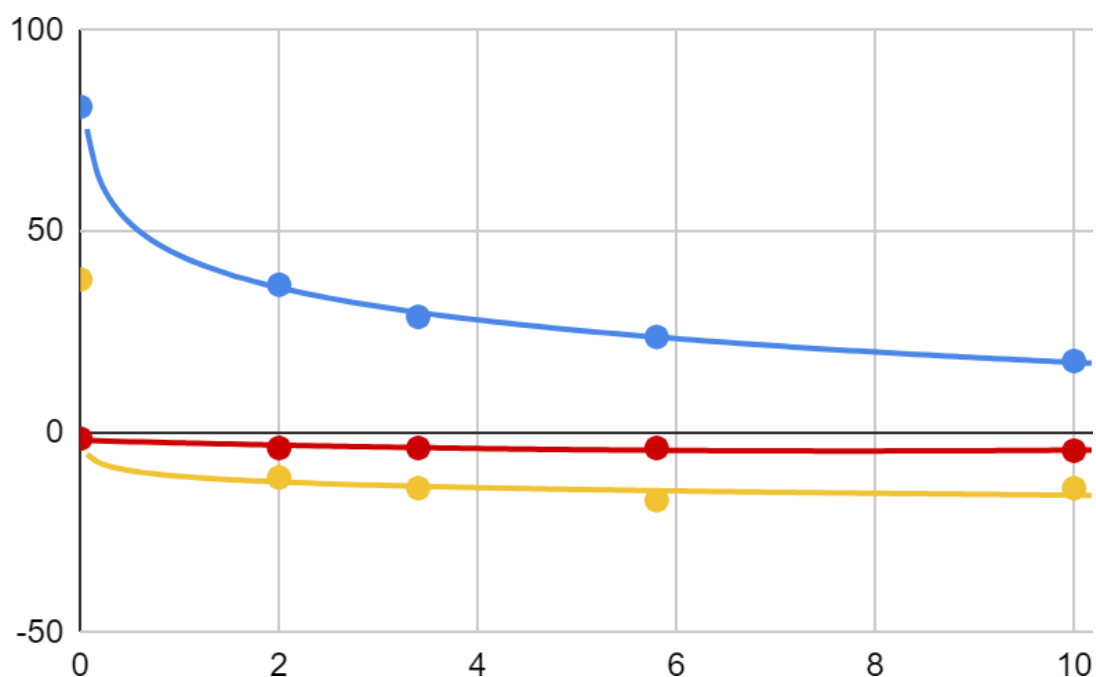
Таблиця 3.38 результати аналізу кольору зразків глазури з порошком квітів кліторії через Photoshop

	Концентрація барвника	Повторність	L*	a*	b*
Білий шоколад	0%	1	80	-1	38
		2	82	-1	38
		3	81	-3	38
		Середнє		81,00	-1,67
Перше додавання		1	35	-4	-10
		2	37	-4	-9
		3	38	-4	-15
		Середнє		36,67	-4,00
Друге додавання		1	30	-4	-13
		2	29	-5	-14
		3	27	-3	-15
		Середнє		28,67	-4,00
Третє додавання		1	23	-4	-17
		2	24	-4	-17
		3	24	-4	-17
		Середнє		23,67	-4,00
Четверте додавання		1	16	-5	-14
		2	18	-4	-14
		3	19	-5	-14
		Середнє		17,67	-4,67

Рисунок 3.23 Зразки з даними по кольору з кліторією в шоколаді



Графік 3.25 Динаміка зміни параметрів кольору



— L*; — a*; — b*;

Визначаємо рівняння функції по кожному із параметрів

$$Y(L^*)=43,8 - 11,4 * \text{LN}(X)$$

$$Y(a^*)=-2,13 - 0,645*X + 0,0418*X^2$$

$$Y(b^*)=-11 - 2,1 * \text{LN}(X)$$

Таблиця 3.39 Параметри кольору для побудови калібрувальної шкали

Концентрація	L*	a*	b*
0,00	81,00	-2,13	38,00
1,00	43,80	-2,73	-11,00
2,00	35,90	-3,25	-12,46
3,00	31,28	-3,69	-13,31
4,00	28,00	-4,04	-13,91
5,00	25,45	-4,31	-14,38
6,00	23,37	-4,50	-14,76
7,00	21,62	-4,60	-15,09
8,00	20,09	-4,61	-15,37
9,00	18,75	-4,55	-15,61
10,00	17,55	-4,40	-15,84



Рисунок 3.24 – калібрувальна шкала для кліторії в шоколаді

Розрахунки проводяться аналогічно попереднім

Таблиця 3.40 Координати векторів для кожного із 10 кроків.

Номер вектору	Координати вектору		
	L*	a*	b*
1	-37,20	-0,60	-49,00
2	-7,90	-0,52	-1,46
3	-4,62	-0,44	-0,85
4	-3,28	-0,35	-0,60
5	-2,54	-0,27	-0,47
6	-2,08	-0,19	-0,38
7	-1,76	-0,10	-0,32
8	-1,52	-0,02	-0,28
9	-1,34	0,07	-0,25
10	-1,20	0,15	-0,22

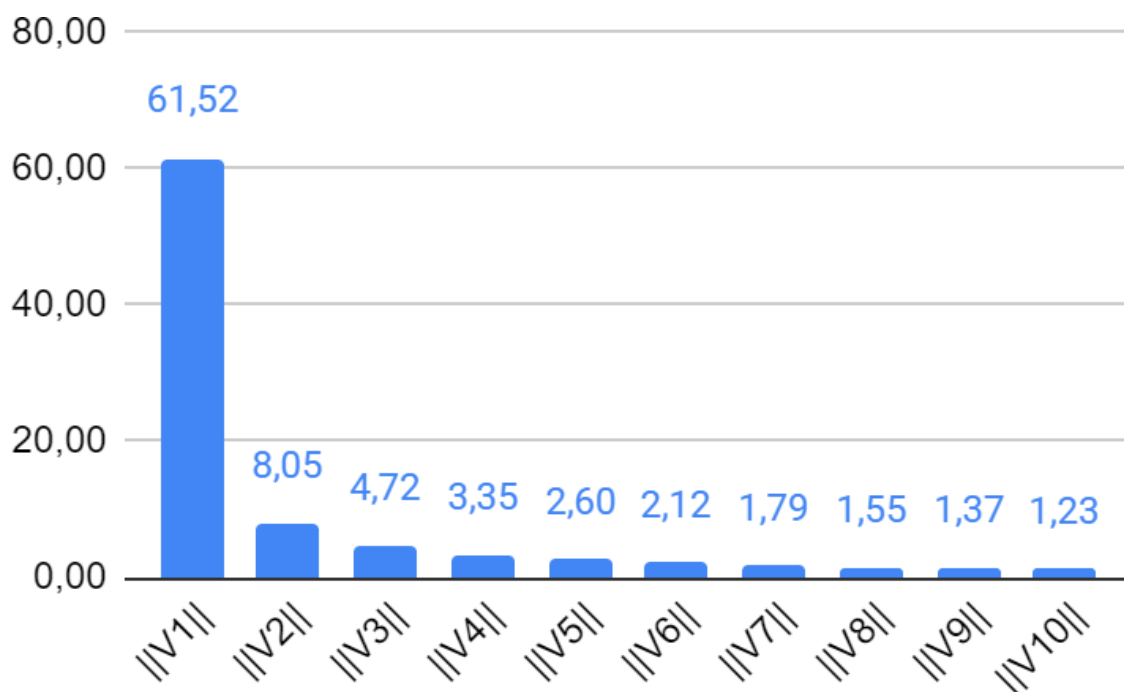
Розраховуємо модуль вектору

Результати розрахунків заносять в таблицю 3.41

Таблиця 3.41 Модуль вектору

Номер вектору	Модуль вектору
$\ V1\ $	61,52
$\ V2\ $	8,05
$\ V3\ $	4,72
$\ V4\ $	3,35
$\ V5\ $	2,60
$\ V6\ $	2,12
$\ V7\ $	1,79
$\ V8\ $	1,55
$\ V9\ $	1,37
$\ V10\ $	1,23

Графік 3.26 Залежність динаміки зміни кольору з кожним наступним кроком додаванням барвника



3.2.11 Висновки до підрозділу

Порівняння базових зразків

На зображенні 3.25 показані кольори згідно параметрам взятим із зразків без барвників з різних фото.

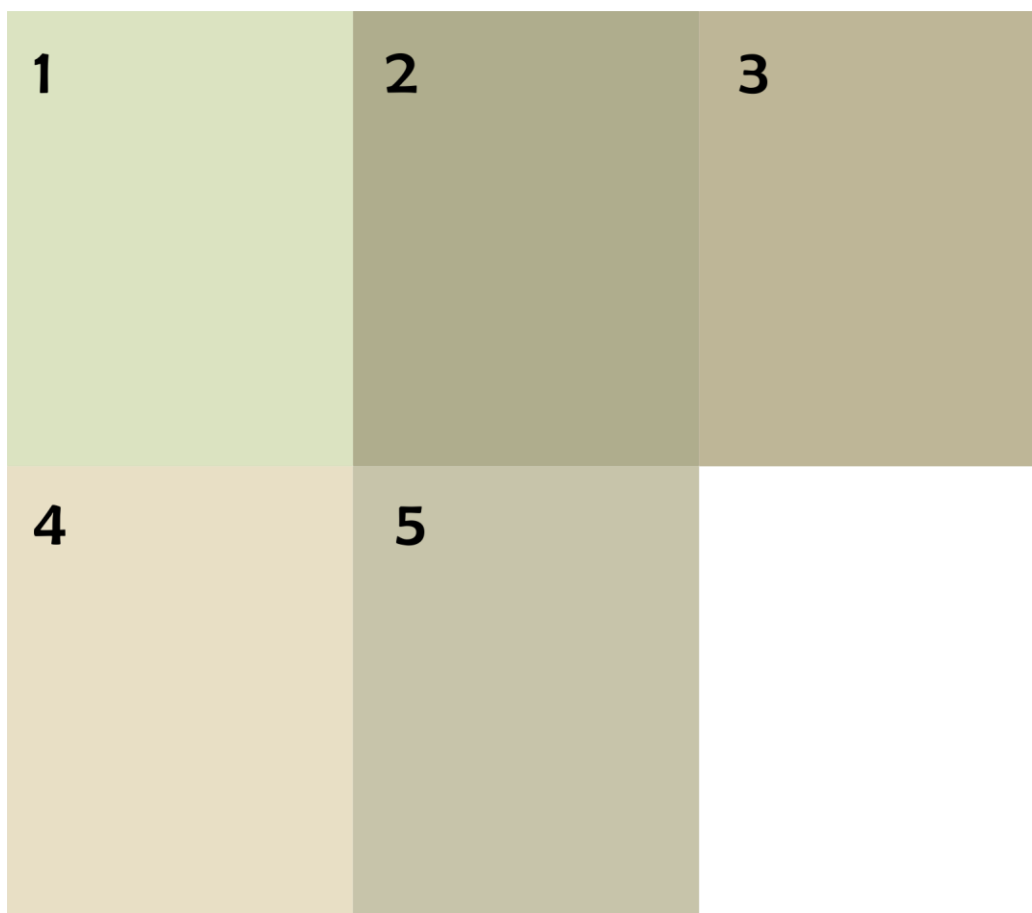


Рисунок 3.25 зображення згідно отриманих параметрів білих зразків глазури.

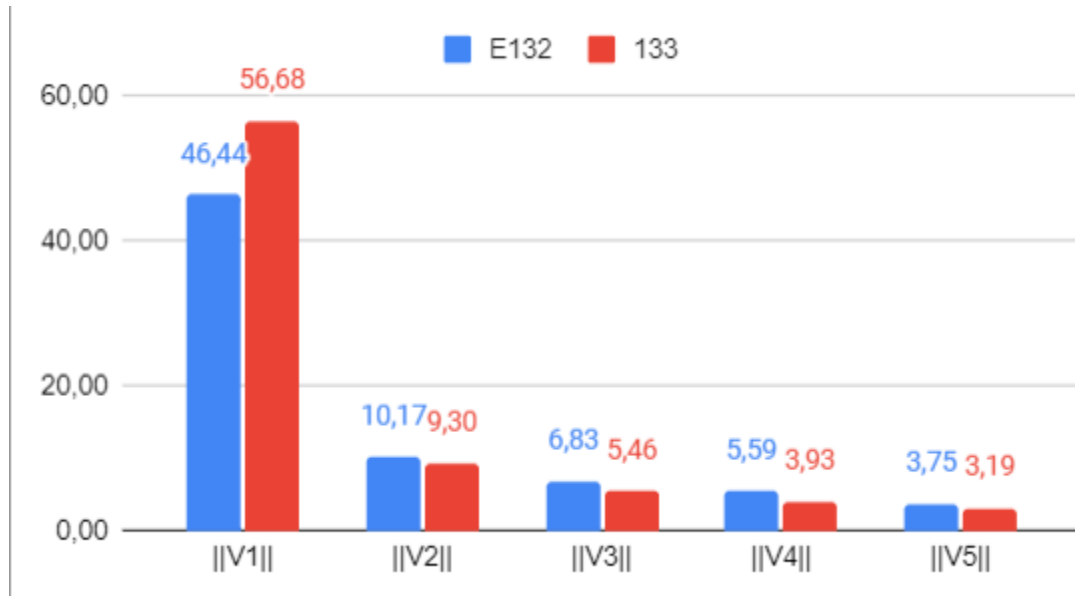
- 1- фото з зразками з барвником E 133 ($L^*(89); a^*(-3); b^*(15)$)
- 2- фото з зразками з барвником E 132 ($L^*(70); a^*(-2); b^*(17)$)
- 3- фото з зразками з кліторією ($L^*(74); a^*(-1); b^*(16)$)
- 4- фото з зразками з спіруліною ($L^*(88); a^*(0); b^*(13)$)
- 5- фото з зразками з сумішшю барвників ($L^*(80); a^*(-2); b^*(14)$)

Слід відмітити, що найбільші відмінності в показнику L^* , в той час як показники a^* і b^* мають не таке значне відхилення.

Порівняння E 132 і E133

Порівнюючи зразки глазури слід зазначити, що зразок глазури з додаванням E 132 був недоведений до такої ж концентрації барвника. Тож є сенс порівняти динаміку зміни кольору до 2,5 %.

Графік 3.27 порівняння перших 5 модулів векторів



Отже із графіку, що барвник E 133 має початково більш сильний вплив на колір. Перш за все за рахунок показника L^* . Тобто E 132 змінює колір в більш темну сторону активніше ніж E 133. Це видно по кінцевим параметрам кольору в точці з концентрацією 2,5 %. Для зразка з E132 це ($L^*-(15,5); a^* - (-3,7); b^*(-27)$) для зразка з E 133 це ($L^*-(24,3); a^* - (-5,1); b^*(-28,5)$). Так видно, що E 132 має більш темний колір, бо його показник L – нижчий. При цьому в E133 нижчий показник b - що говорить про більш насичений синій колір. Також слід відмітити те, що подальший вплив барвника E 132 є трохи сильнішим ніж E133. Також значний вплив має те, що початкові параметри однієї і тієї самої білої глазурі сильно відрізняються

Порівняння зразків з додаванням кліторії які не піддавались дії світла з тими, що піддавались цій дії.

Органолептично було виявлено, що зразки, що піддавались дії світла мають більш виражений колір, є менш сірими і зеленуватими, водночас мають більш глибокий вітгінюк синього.

Для того, щоб порівняти вищевказані зразки було вирішено розрахувати параметри вектору між точками з однаковою концентрацією. Тим самим ми зможемо побачити в якому показнику спостерігається найбільші відмінності і наскільки ця відмінність значима.

Таблиця 3.42 Координати вектора зміни кольору між зразками з однаковою концентрацією.

Концентрація, %	Координати вектора		
	L*	a*	b*
1	0,00	-0,26	0,00
2	-0,20	-0,39	2,96
3	-0,82	-0,50	2,84
4	-1,19	-0,58	2,76
5	-1,45	-0,64	2,71
6	-1,65	-0,68	2,67
7	-1,81	-0,70	2,64
8	-1,95	-0,69	2,61
9	-2,07	-0,66	2,59
10	-2,18	-0,61	2,56

З таблиці бачимо, що найпомітніші зміни відбуваються в параметрах L* і b*. Так зміни в параметрі L* вказують, на те, що зразок, що не піддавався дії світла має темніше забарвлення. Що підтверджує органолептичне визначення, і вказує на те, що зразок, що піддавався дії світла є менш темним. Зміни ж в параметрі b* вказують на те, що колір є ближчим до синього у зразка, що піддавався дії світла. Отже векторний аналіз підтвердив органолептичні визначення, крім того дав можливість визначити цю відмінність в числових значеннях.

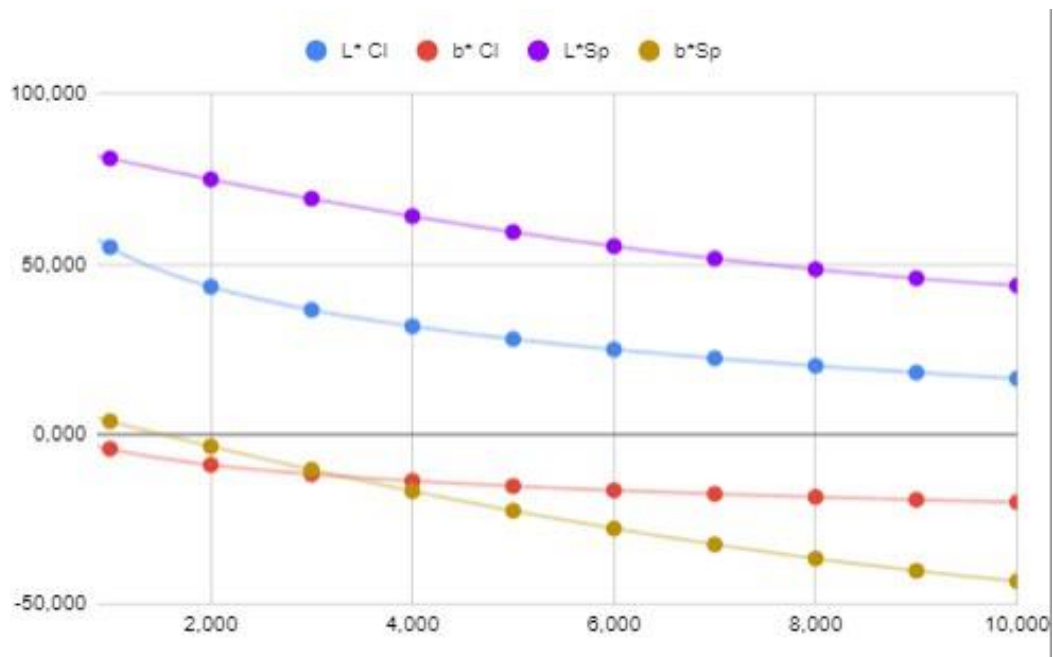
Таблиця 3.43 Модуль вектору між зразками, що не піддавались дії світла і піддавались цій дії

Номер вектору	Модуль вектору
$\ V1\ $	0,0
$\ V2\ $	2,99
$\ V3\ $	2,99
$\ V4\ $	3,06
$\ V5\ $	3,13
$\ V6\ $	3,21
$\ V7\ $	3,27
$\ V8\ $	3,33
$\ V9\ $	3,37
$\ V10\ $	3,41

Тут можна спостерігати пряму залежність, що чим більше барвника в зразку тим більша динаміка.

Порівняння кліторії і спіруліни

Графік 3.28 Порівняння динаміки зразків з спіруліною і кліторією



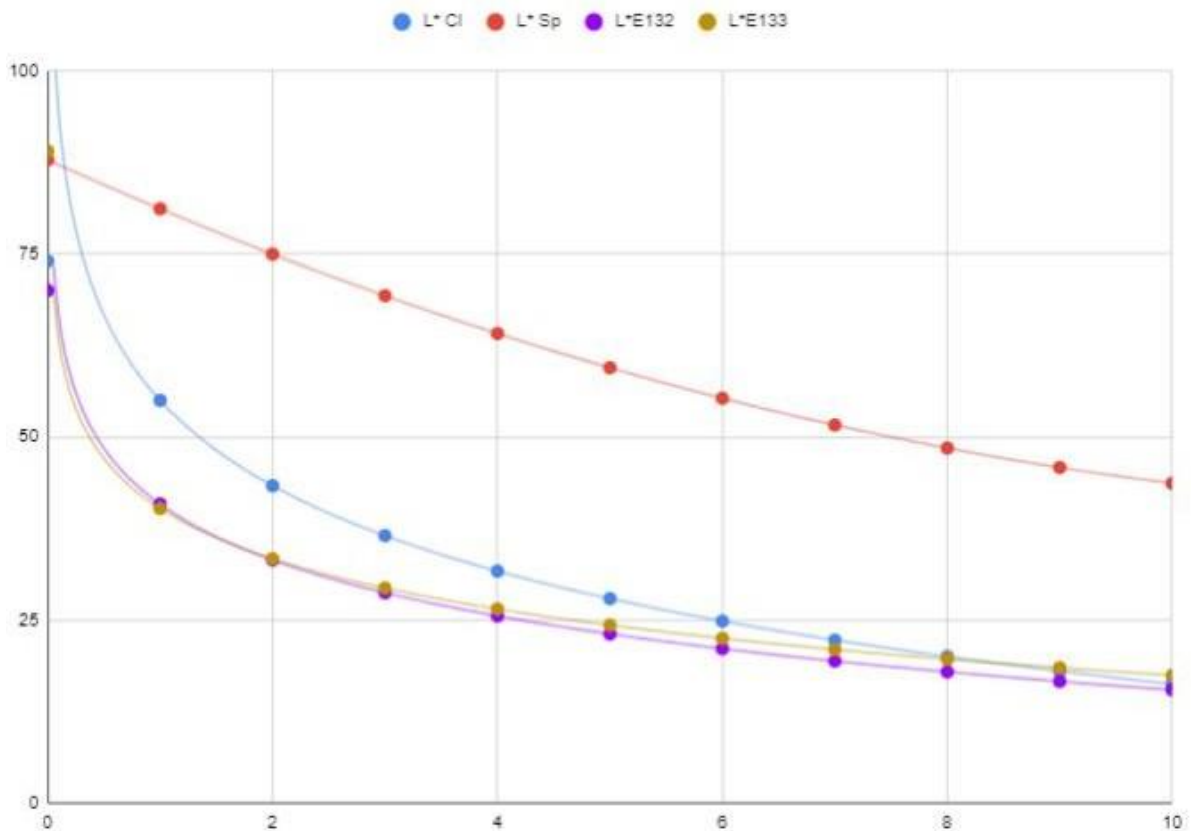
Згідно графіку можна побачити, що динаміка зміна параметрів зразків з кліторією має логарифмічний характер – тобто більш різкий старт, і менше відмінностей в кінці графіку.

При цьому зміна параметрів зразків з спіруліною не має такої залежності. Зміна параметрів в зразках з спіруліною є більш пологою. Також важливо відмітити, що в зразках зі спіруліною дуже активно змінюється показник b^* який вказує на більш синє забарвлення. При цьому показник L^* змінюється не так активно, що вказує на більш світлий колір. В той час як зразки з кліторією мають більш темне і менш синє забарвлення згідно графіку. Всі ці висновки корелюють з органолептичним визначенням.

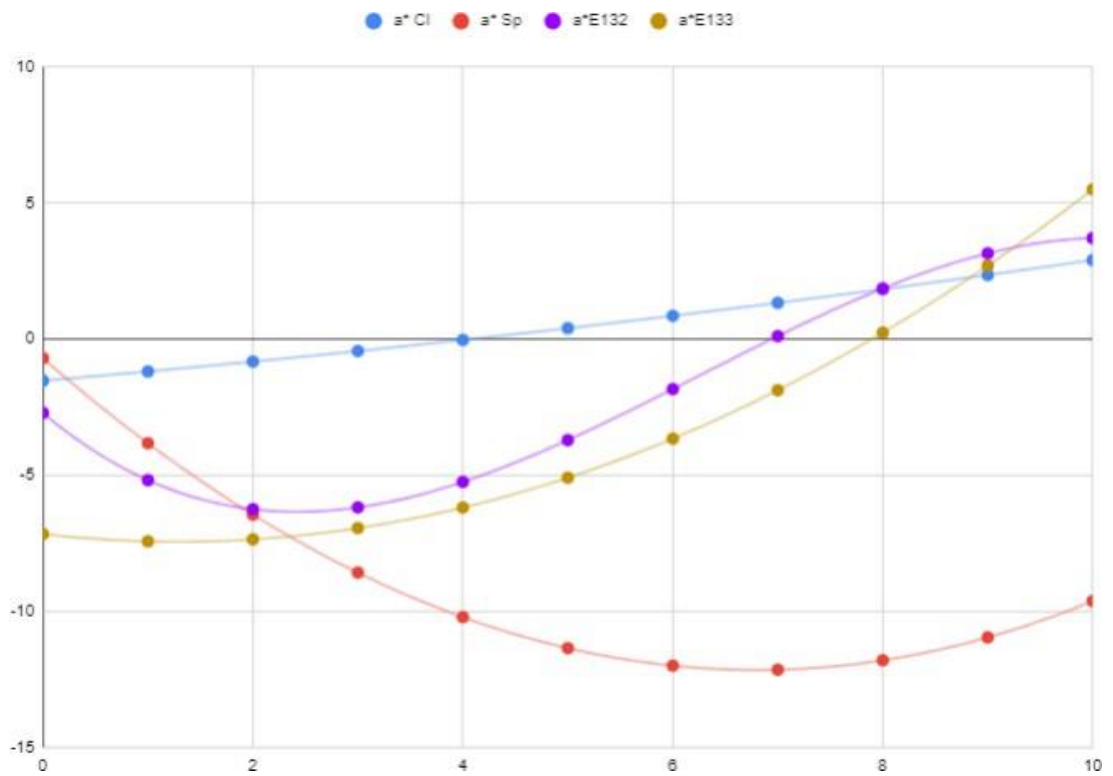
Потенційно цікавим є поєднання двох барвників для дослідження їх взаємодії для надання кольору в різних співвідношеннях, так як спіруліна здатна надавати більш синього забарвлення, а кліторія – більш темного, що можна успішно поєднувати для розширення палітри можливих кольорів.

Порівняння всіх 4 основних барвників у шоколаді

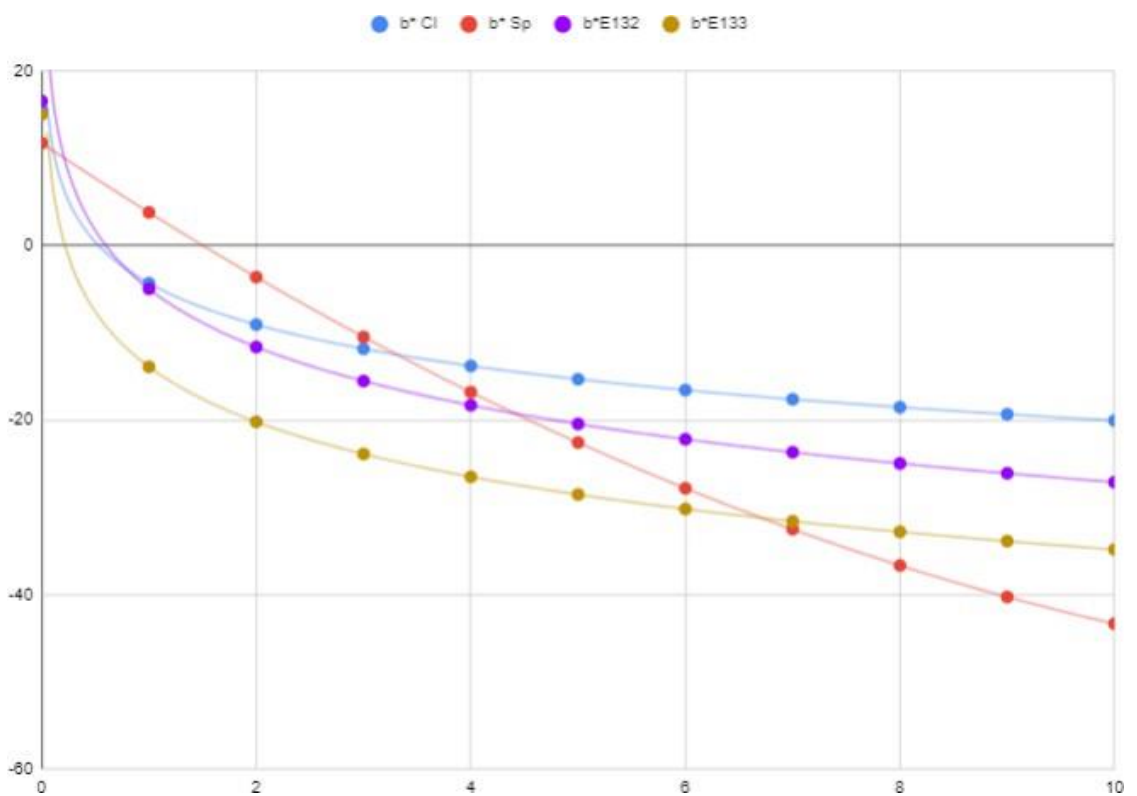
Графік 3.29 порівня динаміки змін параметру L^* у всіх 4 групах зразків



Графік 3.30 порівня динаміки змін параметру a^* у всіх 4 групах зразків



Графік 3.31 порівняння динаміки змін параметру b^* у всіх 4 групах зразків



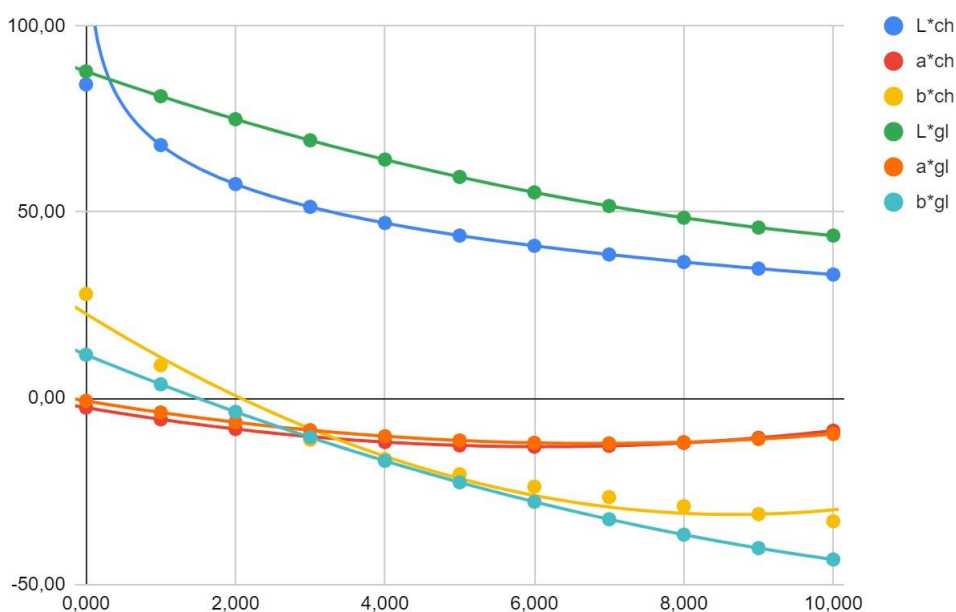
За результатами порівняння можна судити, що кліторія має дуже поїдбну динаміку зміни в усіх 3 параметрах до барвників E132 і E133. Також слід відмітити те, як сильно відрізняється динаміка зміни в зразках з спіруліною.

Тож виходячи з того, що графіки динаміки зміни кольору дуже подібні можна розрахувати на скільки синтетичні барвники є більш активними ніж порошок кліторії. Цей коефіцієнт становить 20. Тобто для надання подібного відтінку знадобиться в 20 разів більше кліторії в порівнні до синтетичних бавринків.

Порівняння динаміки зміни кольору спіруліною в шоколаді і глазури

Порівнюючи динаміку зміни кольору можна сказати, що зразки глазури мають більш яскраво виражений блакитний колір, в той час як зразки на основі шоколаду мають більш темний відтінок – це перш за все пов'язано з відмінністю в базовому кольорі основи. Також цікавим є графіки параметрів a^* , які майже накладаються один на одній.

Графік 3.32 Порівняння динаміки змін всіх трьох параметрів в зразках з додаванням спіруліни в глазури і шоколад



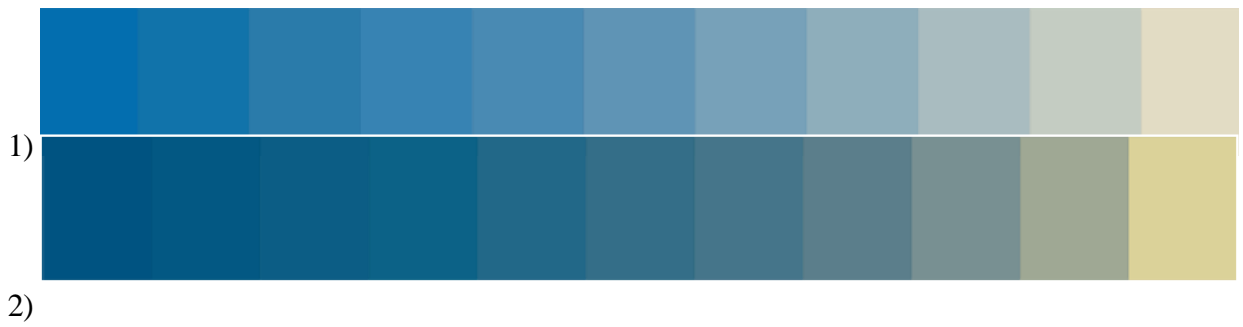


Рисунок 3.26 Порівняння динаміки зміни кольору глазурі і шоколаду спіруліною

1) зразки з додаванням спіруліни в глазур; 2) зразки з додаванням спіруліни в шоколад.

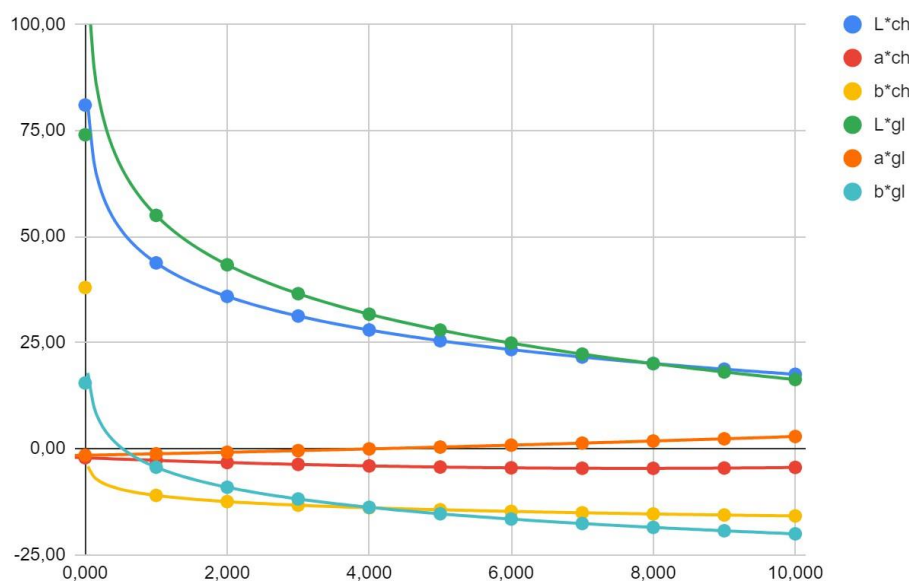
Порівняння динаміки зміни кольору кліторією в шоколаді і глазурі



Рисунок 3.27 Порівняння динаміки зміни кольору глазурі і шоколаду кліторією

1) зразки з додаванням кліторії в глазур; 2) зразки з додаванням кліторії в шоколад.

Графік 3.33 Порівняння динаміки змін всіх трьох параметрів в зразках з додаванням кліторії в глазур і шоколад



Згідно графіку видно, що динаміка майже однакова, єдине що відрізняється це початкова точка. Крім початкової точки є ще незначене відхилення графіку параметра a^* для зразків глазури, однак це не суттєве відхилення, яке однак характеризує те, що базовий колір шоколаду має подальший вплив на динаміку зміни кольору.

Порівняння динаміки зміни кольору барвником E132 в шоколаді і глазури

Графік 3.34 Порівняння динаміки змін всіх трьох параметрів в зразках з додаванням барвника E132 в глазури і шоколад

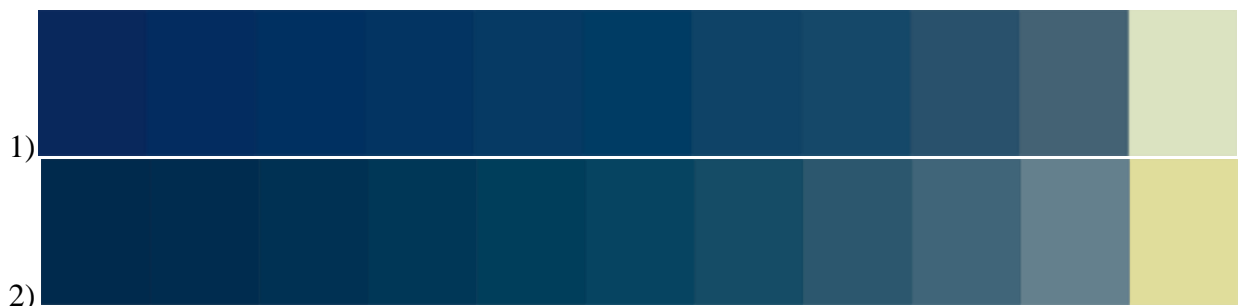
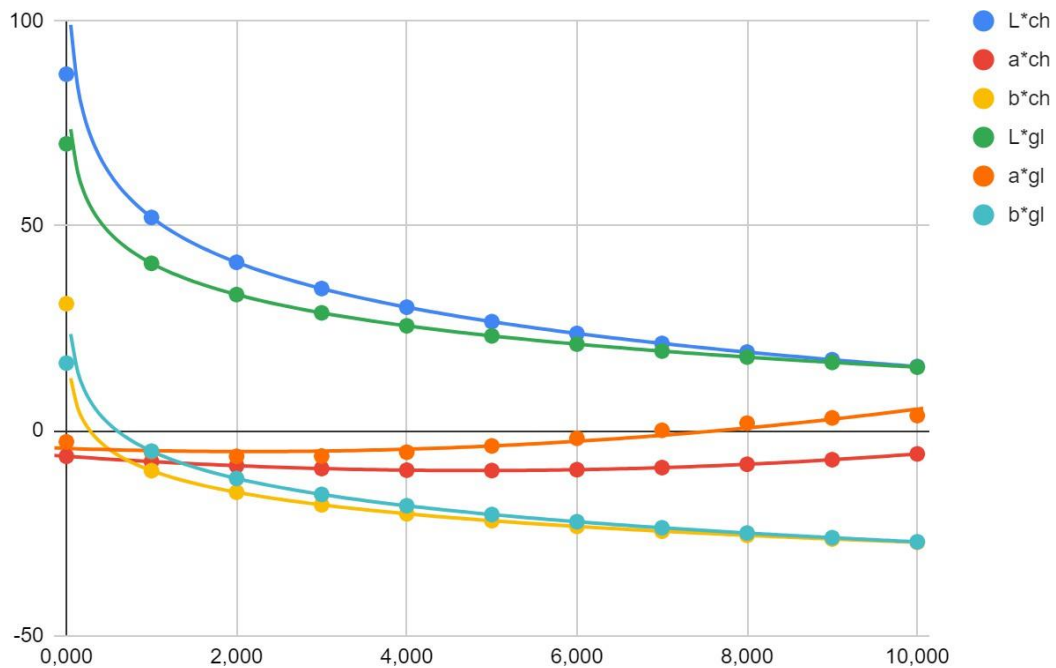


Рисунок 3.28 Порівняння динаміки зміни кольору глазури і шоколаду кліторією

- 1) зразки з додаванням барвника E132 в глазури;
- 2) зразки з додаванням барвника E 132 в шоколад.

На основі графіка видно, що відхилення в параметрах дуже не значне. Особливо подібним є динаміка параметру b^* . Параметр L^* в глазури має більш різкий старт, однак потім графіки майже поєднуються, це пов'язано з відмінністю базового кольору зразків шоколаду і глазури. Так як забарвлення шоколаду є більш темним в порівнянні з глазури, то і динаміка зміни параметра L^* є менш різкою.

Особливу увагу тут слід звернути на параметр a^* який починається майже в одній точці, однак потім графіки розходяться. Це характеризується тим, що зразки з глазур'ю мають забарвлення більш наближене до фіолетового. В той час як зразки шоколаду мають більш виражене синє забарвлення. Як підмічаслось раніше, сокріш за все це пов'язано, з тим, як базовий колір шоколаду взаємодіє з барвником.

Підводячи підсумки слід відмітити, що динаміка зміни кольору кліторії дуже подібна до синтетичних барвників, в той час як динаміка зміни кольору спіруліни відрізняється від них. Загало це підтверджується органолептичним аналізом, де зразки з спіруліною не набувають такого темного кольору як інші зразки.

Шоколад як основа не дає відчутних змін в параметр b^* , дає незначні відмінності на початку для параметру L^* , а для параметру a^* хоч початкова точка однакова, однак динаміка для зразку шоколаду менш сильна. В глазурі цей параметр піднімається більш активно, надаючи більш фіолетовий відтінок.

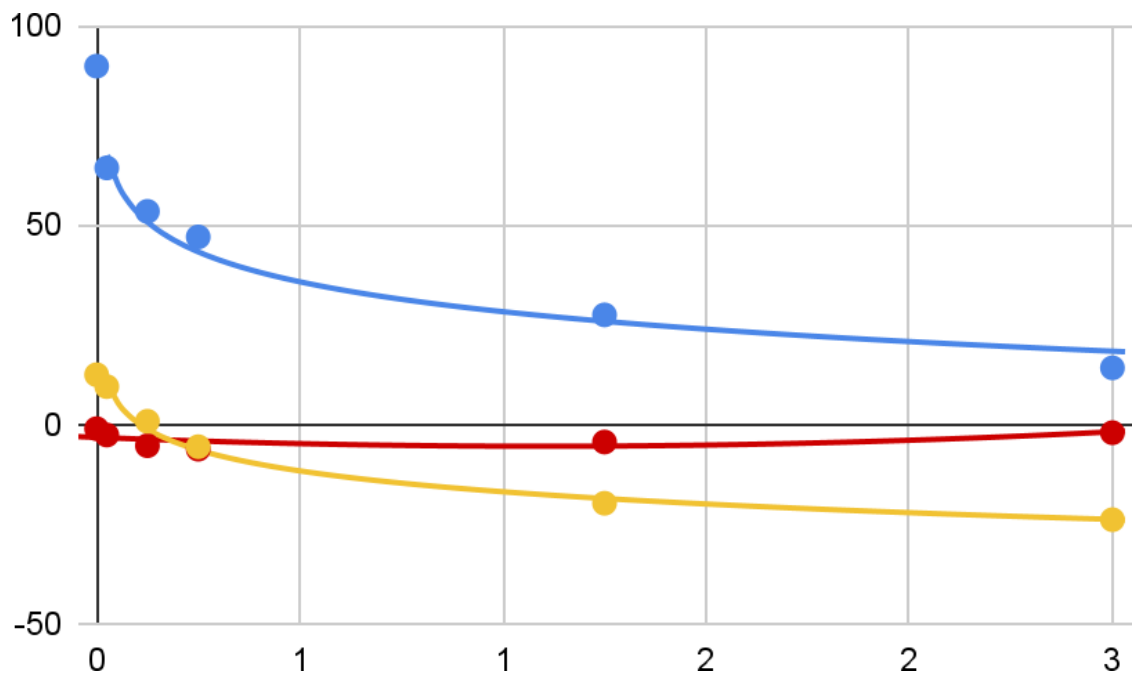
Розділ 3.4. Аналіз динаміки зміни кольору за допомогою спектофотометра

3.4.1 Аналіз динаміки зміни кольору в глазурі барвником Е 132

Таблиця 3.44 результати аналізу кольору в зразках глазурі з барвником Е13

	Концентрація барвника	Повторність	L*	a*	b*
Біла глазур	0‰	1	89,26	-1,06	11,68
		2	90,48	-1,16	13,03
		3	89,69	-1,12	12,55
		Середнє		89,81	-1,11
Перше додавання	0.025‰	1	64,12	-2,72	9,7
		2	64,23	-2,66	9,54
		3	64,51	-2,72	9,08
		Середнє		64,29	-2,70
Друге додавання	0.125‰	1	53,4	-5,38	0,83
		2	53,15	-5,33	0,72
		3	53,61	-5,43	0,66
		Середнє		53,39	-5,38
Третє додавання	0,25‰	1	47,14	-6,37	-5,74
		2	46,89	-6,05	-5,36
		3	46,91	-6,34	-5,81
		Середнє		46,98	-6,25
Четверте додавання	1,25‰	1	27,41	-4,55	-19,72
		2	27,56	-4,37	-20,01
		3	27,31	-4,45	-19,73
		Середнє		27,43	-4,46
П'яте додавання	2,5‰	1	14,13	-2,1	-23,9
		2	13,96	-2,08	-23,93
		3	14,34	-2,18	-23,99
		Середнє		14,14	-2,12

Графік 3.35 Динаміка зміни параметрів кольору в глазури барвником Е 132



— L*; — a*; — b*;

Визначаємо рівняння функції по кожному із параметрів

$$Y(L^*) = 28,1 - 10,9 * \text{LN}(X)$$

$$Y(a^*) = -3,38 - 3,31 * X + 1,6 * X^2$$

$$Y(b^*) = -17 - 7,58 * \text{LN}(X)$$

Маючи рівняння графіку функції можна побудувати калібрувальну шкалу

Для цього необхідно розрахувати параметри кольору для зразків, де б крок додавання барвника дорівнював 10% від максимального додавання – так ми отримаємо 10 кроків на калібрувальній шкалі

Таблиця 3.45 Параметри кольору для побудови калібрувальної шкали

Концентрація, ‰	L*	a*	b*
0,000	89,90	-3,38	12,40
0,250	43,21	-4,11	-6,49
0,500	35,66	-4,64	-11,75
0,750	31,24	-4,96	-14,82
1,000	28,10	-5,09	-17,00
1,250	25,67	-5,02	-18,69
1,500	23,68	-4,75	-20,07
1,750	22,00	-4,27	-21,24
2,000	20,54	-3,60	-22,25
2,250	19,26	-2,73	-23,15
2,500	18,11	-1,66	-23,95



Рисунок 3.29 – калібрувальна шкала для барвника Е 132 в глазурі

Далі для визначення динаміки зміни кольору необхідно розрахувати координати векторів.

Таблиця 3.46 Координати векторів для кожного із 10 кроків.

Номер вектору	Координати вектору		
	L*	a*	b*
1	-46,69	-0,73	-18,89
2	-7,56	-0,53	-5,25
3	-4,42	-0,33	-3,07
4	-3,14	-0,13	-2,18
5	-2,43	0,07	-1,69
6	-1,99	0,27	-1,38
7	-1,68	0,47	-1,17
8	-1,46	0,67	-1,01
9	-1,28	0,87	-0,89
10	-1,15	1,07	-0,80

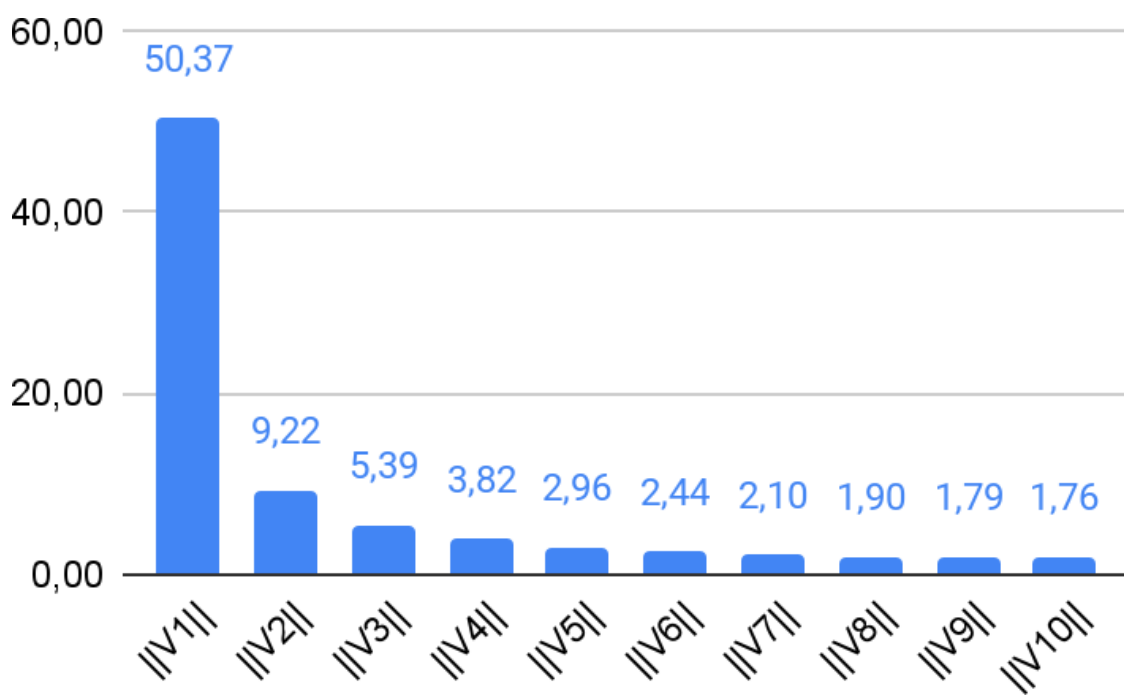
Модуль вектору розраховується за формулою (1)

Результати розрахунків заносять в таблицю 3.47

Таблиця 3.47 Модуль вектору

Номер вектору	Модуль вектору
$\ V1\ $	50,37
$\ V2\ $	9,22
$\ V3\ $	5,39
$\ V4\ $	3,82
$\ V5\ $	2,96
$\ V6\ $	2,44
$\ V7\ $	2,10
$\ V8\ $	1,90
$\ V9\ $	1,79
$\ V10\ $	1,76

Графік 3.36 Залежність динаміки зміни кольору з кожним наступним кроком додаванням барвника

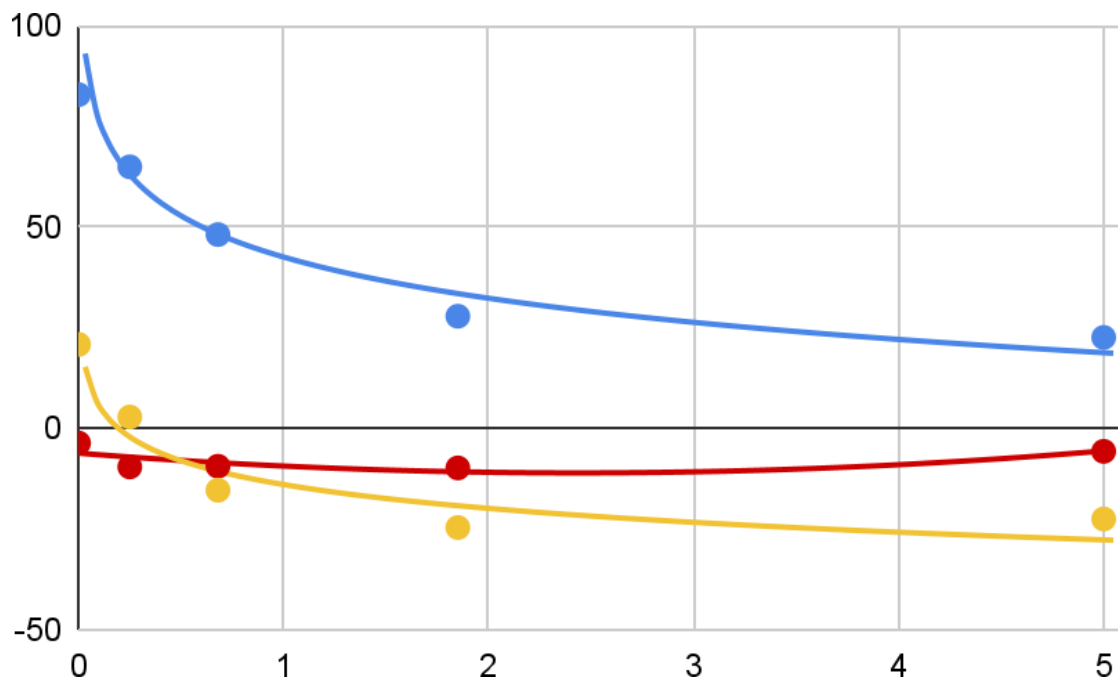


3.4.2 Аналіз динаміки зміни кольору в шоколаді барвником E 132

Таблиця 3.48 результати аналізу кольору в зразках шоколаді з барвником E132

	Концентрація барвника	Повторність	L*	a*	b*
Біла глазур	0	1	81,76	-3,64	21,23
		2	84,00	-3,97	22,03
		3	82,77	-3,38	19,20
Середнє			82,84	-3,66	20,82
Перше додавання	0,25	1	64,94	-9,48	2,65
		2	64,82	-9,63	2,82
		3	64,98	-9,65	2,89
Середнє			64,91	-9,59	2,79
Друге додавання	0,68	1	48,77	-9,48	-15,41
		2	47,84	-9,43	-15,52
		3	47,68	-9,37	-15,19
Середнє			48,10	-9,43	-15,37
Третє додавання	1,85	1	27,87	-9,81	-24,60
		2	27,92	-9,85	-24,70
		3	27,68	-9,87	-24,63
Середнє			27,82	-9,84	-24,64
Четверте додавання	5	1	22,73	-5,73	-22,50
		2	22,20	-5,72	-22,35
		3	22,74	-5,73	-22,70
Середнє			22,56	-5,73	-22,52

Графік 3.37 Динаміка зміни параметрів кольору в шоколаді барвником Е 132



— L*; — a*; — b*;

Визначаємо рівняння функції по кожному із параметрів

$$Y(L^*) = 42,6 - 14,6 * \ln(X)$$

$$Y(a^*) = -6,57 - 2,9 * X + 0,635 * X^2$$

$$Y(b^*) = -13,8 - 8,4 * \ln(X)$$

Маючи рівняння графіку функції можна побудувати калібрувальну шкалу

Для цього необхідно розрахувати параметри кольору для зразків, де б крок додавання барвника дорівнював 10% від максимального додавання – так ми отримаємо 10 кроків на калібрувальній шкалі

Таблиця 3.49 Параметри кольору для побудови калібрувальної шкали

Концентрація, ‰	L*	a*	b*
0,000	82,80	-6,57	20,80
0,500	52,72	-7,86	-7,98
1,000	42,60	-8,84	-13,80
1,500	36,68	-9,49	-17,21
2,000	32,48	-9,83	-19,62
2,500	29,22	-9,85	-21,50
3,000	26,56	-9,56	-23,03
3,500	24,31	-8,94	-24,32
4,000	22,36	-8,01	-25,44
4,500	20,64	-6,76	-26,43
5,000	19,10	-5,20	-27,32



Рисунок 3.30 – калібрувальна шкала для барвника Е 132 в шоколаді

Далі для визначення динаміки зміни кольору необхідно розрахувати координати векторів.

Таблиця 3.50 Координати векторів для кожного із 10 кроків.

Номер вектору	Координати вектору		
	L*	a*	b*
1	-32,81	-1,77	-38,77
2	-7,69	-1,28	-5,43
3	-4,50	-0,78	-3,18
4	-3,19	-0,29	-2,26
5	-2,48	0,20	-1,75
6	-2,02	0,69	-1,43
7	-1,71	1,18	-1,21
8	-1,48	1,68	-1,05
9	-1,31	2,17	-0,92
10	-1,17	2,66	-0,83

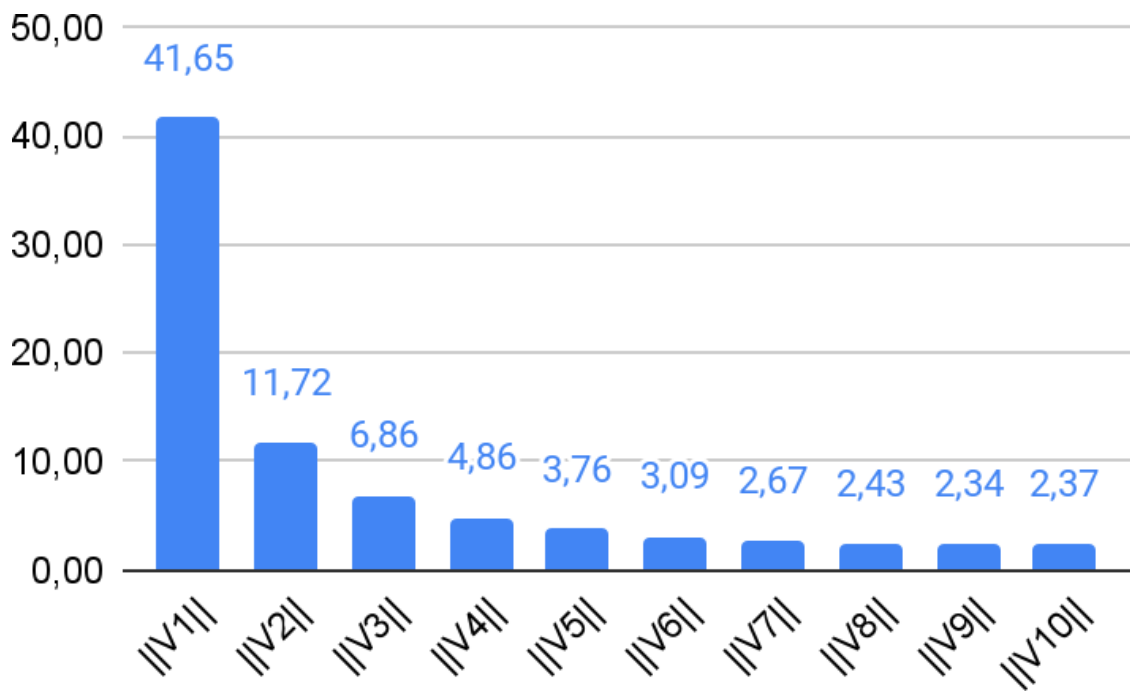
Модуль вектору розраховується за формулою (1)

Результати розрахунків заносять в таблицю 51

Таблиця 3.51 Модуль вектору

Номер вектору	Модуль вектору
$\ V1\ $	50,81
$\ V2\ $	9,51
$\ V3\ $	5,57
$\ V4\ $	3,92
$\ V5\ $	3,04
$\ V6\ $	2,57
$\ V7\ $	2,41
$\ V8\ $	2,47
$\ V9\ $	2,69
$\ V10\ $	3,02

Графік 3.38 Залежність динаміки зміни кольору з кожним наступним кроком додаванням барвника

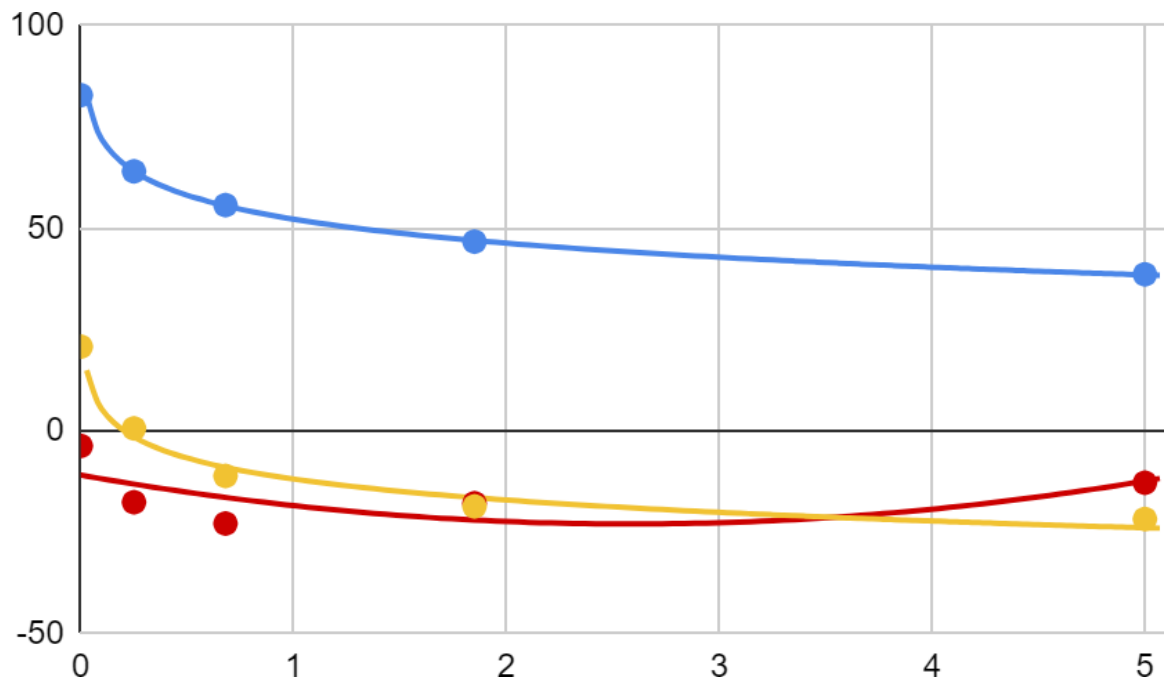


3.4.3 Аналіз динаміки зміни кольору в шоколаді барвником E 133

Таблиця 3.52 результати аналізу кольору в зразках шоколаді з барвником E133

	Концентрація барвника	Повторність	L*	a*	b*
Біла глазур	0‰	1	81,76	-3,64	21,23
		2	84	-3,97	22,03
		3	82,77	-3,38	19,2
		Середнє	82,84	-3,66	20,82
Перше додавання	0,25‰	1	59,31	-27,15	-8,4
		2	59,41	-27,61	-8,31
		3	59,64	-27,34	-8,61
		Середнє	59,45	-27,37	-8,44
Друге додавання	0,68‰	1	43,63	-22,97	-24,36
		2	43,91	-22,01	-24,64
		3	43,84	-23,42	-24,37
		Середнє	43,79	-22,80	-24,46
Третє додавання	1,85‰	1	35,15	-17,43	-32,15
		2	35,32	-18,05	-32,64
		3	35,63	-17,92	-32,37
		Середнє	35,37	-17,80	-32,39
Четверте додавання	5,0‰	1	24,13	-12,45	-32,15
		2	24,52	-12,64	-32,34
		3	24,34	-13,14	-32,61
		Середнє	24,33	-12,74	-32,37

Графік 3.38 Динаміка зміни параметрів кольору в шоколаді барвником Е 133



— L*; — a*; — b*;

Визначаємо рівняння функції по кожному із параметрів

$$Y(L^*) = 42,3 - 11,1 * \ln(X)$$

$$Y(a^*) = -15,8 - 4,03 * X + 0,984 * X^2$$

$$Y(b^*) = -23,4 - 7,84 * \ln(X)$$

Маючи рівняння графіку функції можна побудувати калібрувальну шкалу

Для цього необхідно розрахувати параметри кольору для зразків, де б крок додавання барвника дорівнював 10% від максимального додавання – так ми отримаємо 10 кроків на калібрувальній шкалі

Таблиця 3.53 Параметри кольору для побудови калібрувальної шкали

Концентрація, ‰	L*	a*	b*
0,00	82,80	-5,80	20,80
0,50	49,99	-17,57	-17,97
1,00	42,30	-18,85	-23,40
1,50	37,80	-19,63	-26,58
2,00	34,61	-19,92	-28,83
2,50	32,13	-19,73	-30,58
3,00	30,11	-19,03	-32,01
3,50	28,39	-17,85	-33,22
4,00	26,91	-16,18	-34,27
4,50	25,60	-14,01	-35,19
5,00	24,44	-11,35	-36,02

Рисунок 3.31 – калібрувальна шкала для барвника Е 133 в шоколаді



Далі для визначення динаміки зміни кольору необхідно розрахувати координати векторів.

Таблиця 3.54 Координати векторів для кожного із 10 кроків.

Номер вектору	Координати вектору		
	L*	a*	b*
1	-32,81	-12,57	-38,77
2	-7,69	-1,28	-5,43
3	-4,50	-0,78	-3,18
4	-3,19	-0,29	-2,26
5	-2,48	0,20	-1,75
6	-2,02	0,69	-1,43
7	-1,71	1,18	-1,21
8	-1,48	1,68	-1,05
9	-1,31	2,17	-0,92
10	-1,17	2,66	-0,83

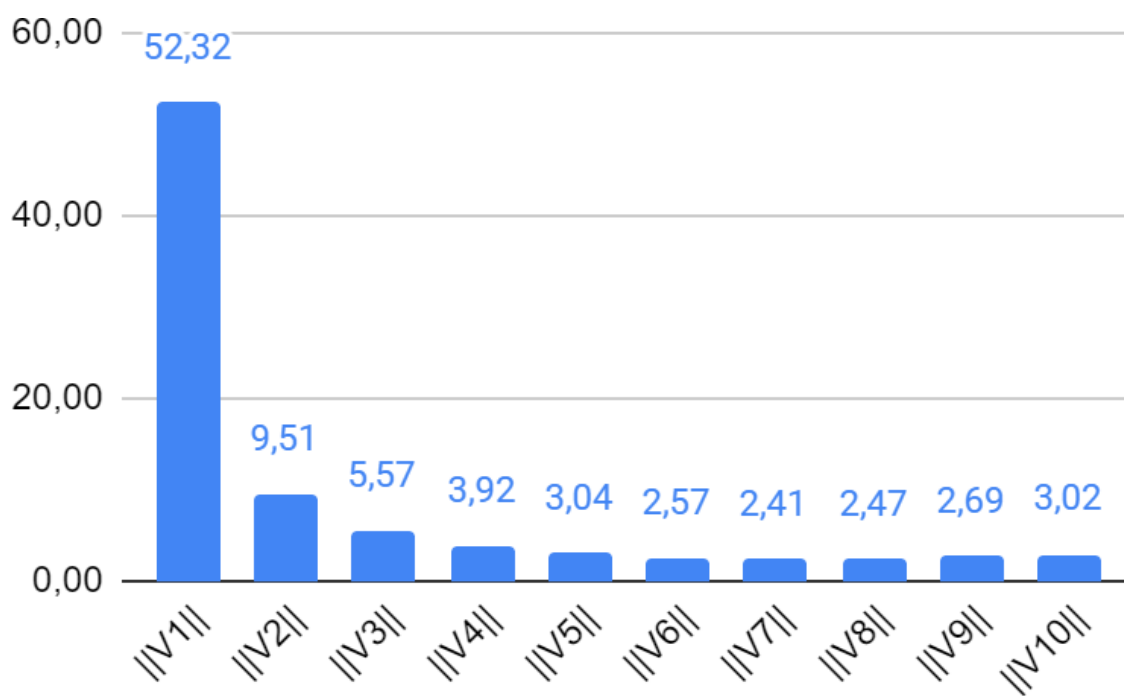
Модуль вектору розраховується за формулою (1)

Результати розрахунків заносять в таблицю 55

Таблиця 3.55 Модуль вектору

Номер вектору	Модуль вектору
$\ V1\ $	52,32
$\ V2\ $	9,51
$\ V3\ $	5,57
$\ V4\ $	3,92
$\ V5\ $	3,04
$\ V6\ $	2,57
$\ V7\ $	2,41
$\ V8\ $	2,47
$\ V9\ $	2,69
$\ V10\ $	3,02

Графік 39 Залежність динаміки зміни кольору з кожним наступним кроком додаванням барвника

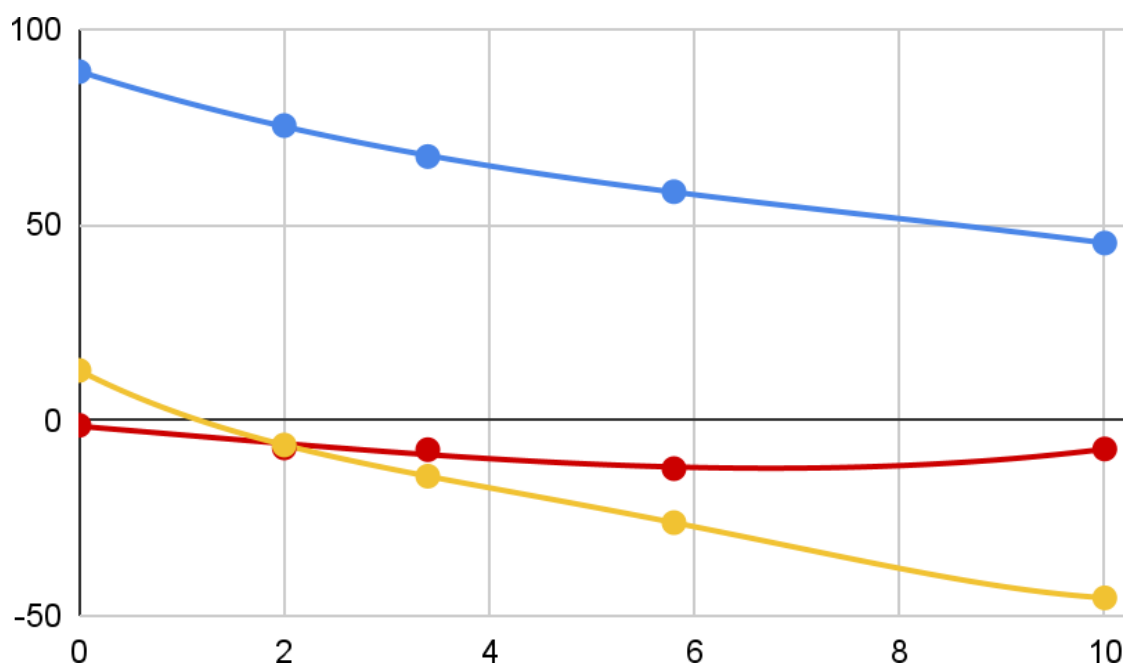


3.4.4 Аналіз динаміки зміни кольору в глазурі спіруліною

Таблиця 3.56 результати аналізу кольору в зразках глазурі з спіруліною

	Концентрація барвника	Повторність	L*	a*	b*
Біла глазур	0%	1	89,09	-1,29	12,83
		2	89,17	-1,24	12,72
		3	89,11	-1,23	12,78
Середнє			89,12	-1,25	12,78
Перше додавання	2,0%	1	75,14	-7,07	-6,17
		2	75,28	-6,93	-6,41
		3	75,61	-7,08	-6,25
Середнє			75,34	-7,03	-6,28
Друге додавання	3,4	1	67,49	-7,52	-14,21
		2	67,38	-7,46	-14,31
		3	67,42	-7,44	-14,24
Середнє			67,43	-7,47	-14,25
Третє додавання	5,8	1	58,4	-12,21	-26,11
		2	58,31	-12,34	-26,51
		3	58,61	-12,41	-25,74
Середнє			58,44	-12,32	-26,12
Четверте додавання	10,0%	1	45,31	-10,25	-45,27
		2	45,14	-10,39	-45,36
		3	45,53	-1,24	-45,39
Середнє			45,33	-7,29	-45,34

Графік 3.40 Динаміка зміни параметрів кольору в шоколаді барвником Е 133



— L*; — a*; — b*;

Визначаємо рівняння функції по кожному із параметрів

$$Y(L^*) = 89,2 - 8,3 \cdot X + 0,683 \cdot X^2 - 0,0292 \cdot X^3$$

$$Y(a^*) = -1,35 - 2,78 \cdot X + 0,146 \cdot X^2 + 7,4E-03 \cdot X^3$$

$$Y(b^*) = 12,7 - 12,5 \cdot X + 1,91 \cdot X^2 - 0,2 \cdot X^3 + 7,61E-03 \cdot X^4$$

Маючи рівняння графіку функції можна побудувати калібрувальну шкалу

Для цього необхідно розрахувати параметри кольору для зразків, де б крок додавання барвника дорівнював 10% від максимального додавання – так ми отримаємо 10 кроків на калібрувальній шкалі

Таблиця 3.57 Параметри кольору для побудови калібрувальної шкали

Концентрація, %	L*	a*	b*
0,00	89,20	-1,35	12,70
1,00	81,55	-3,98	1,92
2,00	75,10	-6,27	-6,14
3,00	69,66	-8,18	-12,39
4,00	65,06	-9,66	-17,59
5,00	61,13	-10,68	-22,29

продовження табл.3.57

Концентрація, ‰	L*	a*	b*
6,00	57,68	-11,18	-26,88
7,00	54,55	-11,12	-31,54
8,00	51,56	-10,46	-36,29
9,00	48,54	-9,15	-40,96
10,00	45,30	-7,15	-45,20

Рисунок 3.32 – калібрувальна шкала для барвника Е 132 в шоколаді



Далі для визначення динаміки зміни кольору необхідно розрахувати координати векторів.

Таблиця 3.58 Координати векторів для кожного із 10 кроків.

Номер вектору	Координати вектору		
	L*	a*	b*
1	-7,65	-2,63	-10,78
2	-6,46	-2,29	-8,06
3	-5,44	-1,91	-6,26
4	-4,60	-1,48	-5,20
5	-3,93	-1,01	-4,70
6	-3,44	-0,50	-4,58
7	-3,13	0,06	-4,66
8	-2,99	0,66	-4,75
9	-3,03	1,31	-4,67
10	-3,24	2,00	-4,24

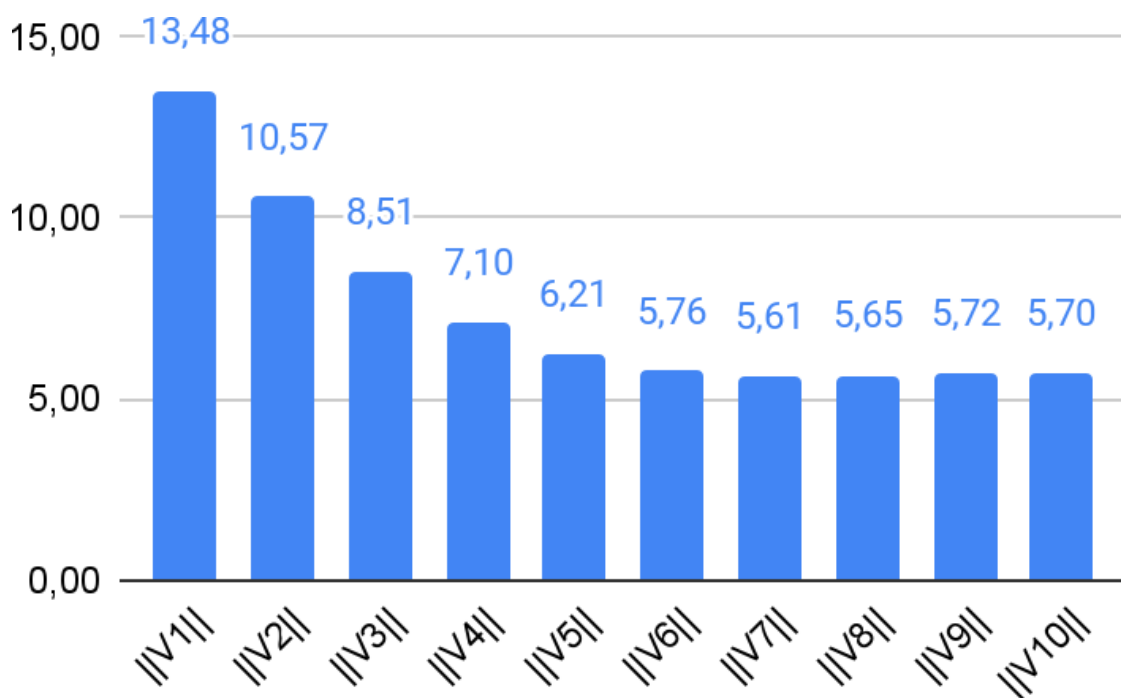
Модуль вектору розраховується за формулою (1)

Результати розрахунків заносять в таблицю 59

Таблиця 3.59 Модуль вектору

Номер вектору	Модуль вектору
$\ V1\ $	13,48
$\ V2\ $	10,57
$\ V3\ $	8,51
$\ V4\ $	7,10
$\ V5\ $	6,21
$\ V6\ $	5,76
$\ V7\ $	5,61
$\ V8\ $	5,65
$\ V9\ $	5,72
$\ V10\ $	5,70

Графік 41 Залежність динаміки зміни кольору з кожним наступним кроком додаванням барвника

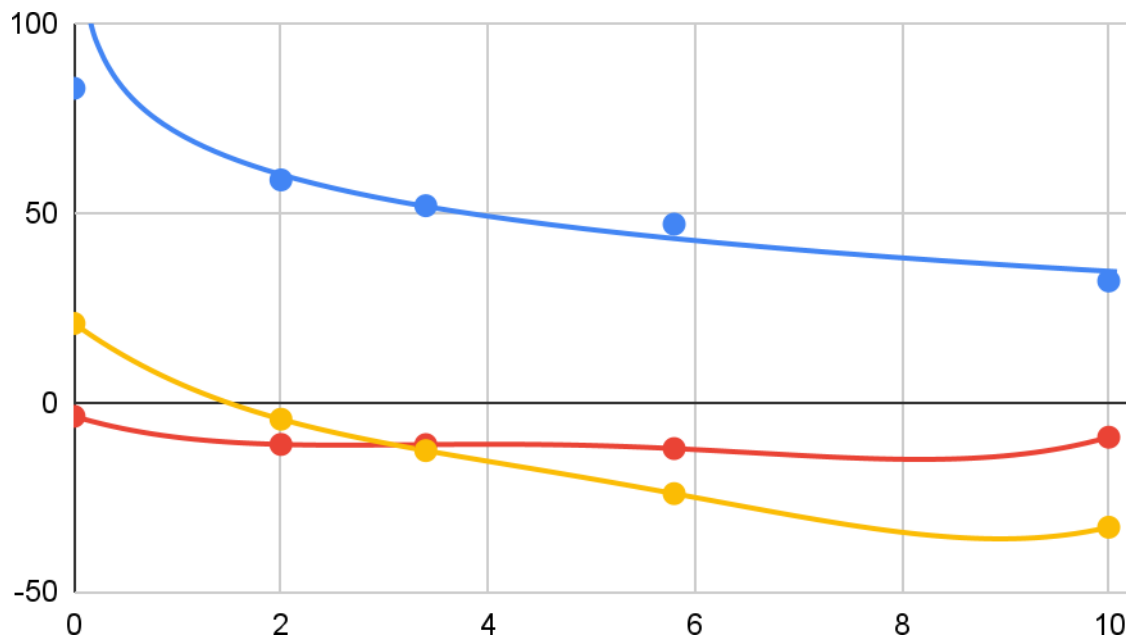


3.3.5 Аналіз динаміки зміни кольору в шоколаді спіруліною

Таблиця 3.60 результати аналізу кольору в зразках шоколаду з спіруліною

	Концентрація барвника	Повторність	L*	a*	b*
Біла глазур	0%	1	81,76	-3,64	21,23
		2	84	-3,97	22,03
		3	82,77	-3,38	19,2
		Середнє		82,84	-3,66
Перше додавання	2,0%	1	58,45	-11,12	-4,12
		2	58,69	-11,07	-4,54
		3	58,9	-11,07	-4,64
		Середнє		58,68	-11,09
Друге додавання	3,4	1	51,98	-11,18	-12,85
		2	51,82	-11,1	-12,87
		3	51,83	-11,11	-12,43
		Середнє		51,88	-11,13
Третє додавання	5,8	1	46,93	-11,8	-23,9
		2	46,92	-12,79	-24,3
		3	47,19	-11,94	-23,96
		Середнє		47,01	-12,18
Четверте додавання	10,0%	1	31,23	-9,47	-32,57
		2	32,69	-9,05	-33,12
		3	32,14	-9,03	-33,08
		Середнє		32,02	-9,18

Графік 3.42 Динаміка зміни параметрів кольору в шоколаді барвником Е 133



— L*; — a*; — b*;

Визначаємо рівняння функції по кожному із параметрів

$$Y(L^*) = 70,8 - 15,5 * \ln(X)$$

$$Y(a^*) = -3,74 - 5,69 * X + 1,41 * X^2 - 0,148 * X^3 + 5,87E-03 * X^4$$

$$Y(b^*) = 20,7 - 16,5 * X + 2,5 * X^2 - 0,205 * X^3 + 6,65E-03 * X^4$$

Маючи рівняння графіку функції можна побудувати калібрувальну шкалу

Для цього необхідно розрахувати параметри кольору для зразків, де б крок додавання барвника дорівнював 10% від максимального додавання – так ми отримаємо 10 кроків на калібрувальній шкалі

Таблиця 3.61 Параметри кольору для побудови калібрувальної шкали

Концентрація, ‰	L*	a*	b*
0,00	83,00	-3,74	20,70
1,00	70,80	-8,16	6,50
2,00	60,06	-10,57	-3,83
3,00	53,77	-11,64	-11,30
4,00	49,31	-11,91	-16,72
5,00	45,85	-11,77	-20,77
6,00	43,03	-11,48	-23,96
7,00	40,64	-11,15	-26,65
8,00	38,57	-10,75	-29,02
9,00	36,74	-10,12	-31,11
10,00	35,11	-8,94	-32,80

Рисунок 3.33 – калібрувальна шкала для барвника Е 132 в шоколаді



Далі для визначення динаміки зміни кольору необхідно розрахувати координати векторів.

Таблиця 3.62 Координати векторів для кожного із 10 кроків.

Номер вектору	Координати вектору		
	L*	a*	b*
1	-12,20	-4,42	-14,20
2	-10,74	-2,41	-10,34
3	-6,28	-1,07	-7,46
4	-4,46	-0,27	-5,42
5	-3,46	0,14	-4,05
6	-2,83	0,29	-3,19
7	-2,39	0,33	-2,69
8	-2,07	0,40	-2,37
9	-1,83	0,63	-2,09
10	-1,63	1,18	-1,69

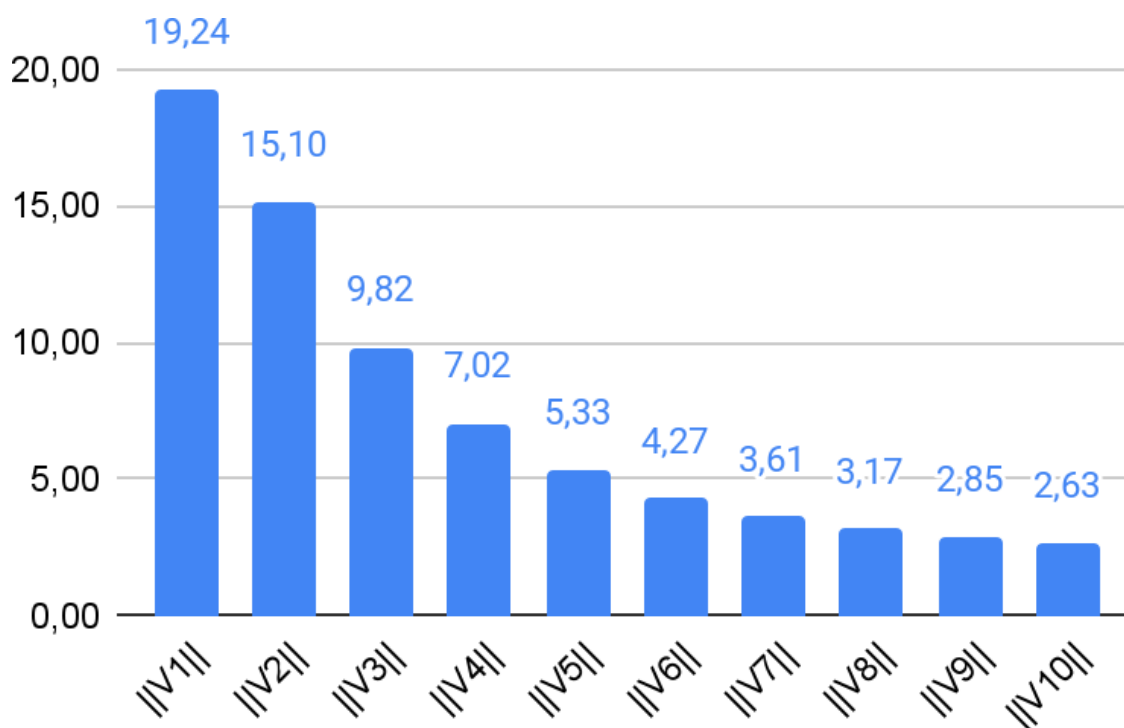
Модуль вектору розраховується за формулою (1)

Результати розрахунків заносять в таблицю 3.63

Таблиця 3.63 Модуль вектору

Номер вектору	Модуль вектору
$\ V1\ $	19,24
$\ V2\ $	15,10
$\ V3\ $	9,82
$\ V4\ $	7,02
$\ V5\ $	5,33
$\ V6\ $	4,27
$\ V7\ $	3,61
$\ V8\ $	3,17
$\ V9\ $	2,85
$\ V10\ $	2,63

Графік 43 Залежність динаміки зміни кольору з кожним наступним кроком додаванням барвника

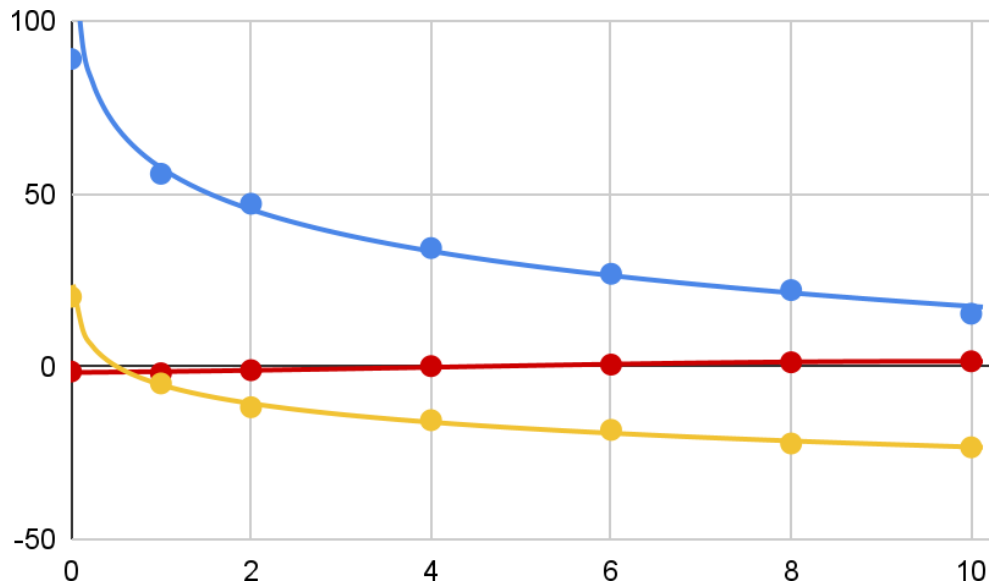


3.4.6 Аналіз динаміки зміни кольору в глазурі кліторією

Таблиця 3.64 результати аналізу кольору в зразках шоколаду з спіруліною

	Концентрація барвника	Повт.	Без дії світла			Після дії світла		
			L*	a*	b*	L*	a*	b*
Біла глазур	0%	1	89,1	-1,45	20,12	89,1	-1,45	12,38
		2	89,05	-1,42	20,24	89,05	-1,42	12,58
		3	89,13	-1,33	20,34	89,13	-1,33	12,35
Середнє			89,09	-1,40	20,23	89,09	-1,40	12,44
Перше додавання	1,0%	1	55,81	-2,1	-4,37	54,15	-0,59	-5,78
		2	55,61	-1,81	-5,02	54,37	-0,48	-5,94
		3	56,17	-1,74	-5,12	54,61	-0,39	-6,22
Середнє			55,86	-1,88	-4,84	54,38	-0,49	-5,98
Друге додавання	2,0%	1	47,15	-0,92	-11,4	45,12	0,12	-12,4
		2	47,18	-0,97	-12,1	45,34	0,26	-12,38
		3	47,24	-1,13	-11,67	45,81	0,26	-12,14
Середнє			47,19	-1,01	-11,72	45,42	0,21	-12,31
Третє додавання	4,0%	1	34,14	0,19	-15,41	32,1	1,4	-16,41
		2	34,56	0,19	-15,32	32,4	1,53	-16,14
		3	34,37	0,12	-15,71	32,61	1,51	-16,51
Середнє			34,36	0,17	-15,48	32,37	1,48	-16,35
Четверте додавання	6,0%	1	26,7	0,56	-18,42	25,1	2,02	-20,1
		2	27,12	0,64	-18,34	24,98	1,93	-20,41
		3	26,89	0,65	-18,1	24,87	1,97	-20,38
Середнє			26,90	0,62	-18,29	24,98	1,97	-20,30
Третє додавання	8,0%	1	22,43	1,21	-22,1	19,87	2,62	-23,48
		2	21,89	1,3	-22,4	20,43	2,5	-23,53
		3	22,23	1,35	-22,18	20,31	2,51	-23,58
Середнє			22,18	1,29	-22,23	20,20	2,54	-23,53
Четверте додавання	10,0%	1	15,1	1,58	-23,4	18,34	2,74	-24,7
		2	15,26	1,68	-23,5	18,56	2,83	-24,61
		3	15,7	1,45	-23,1	18,41	2,79	-24,8
Середнє			15,35	1,57	-23,33	18,44	2,79	-24,70

Графік 3.44 Динаміка зміни параметрів кольору в глазури з додаванням кліторії до дії світла



— L*; — a*; — b*;

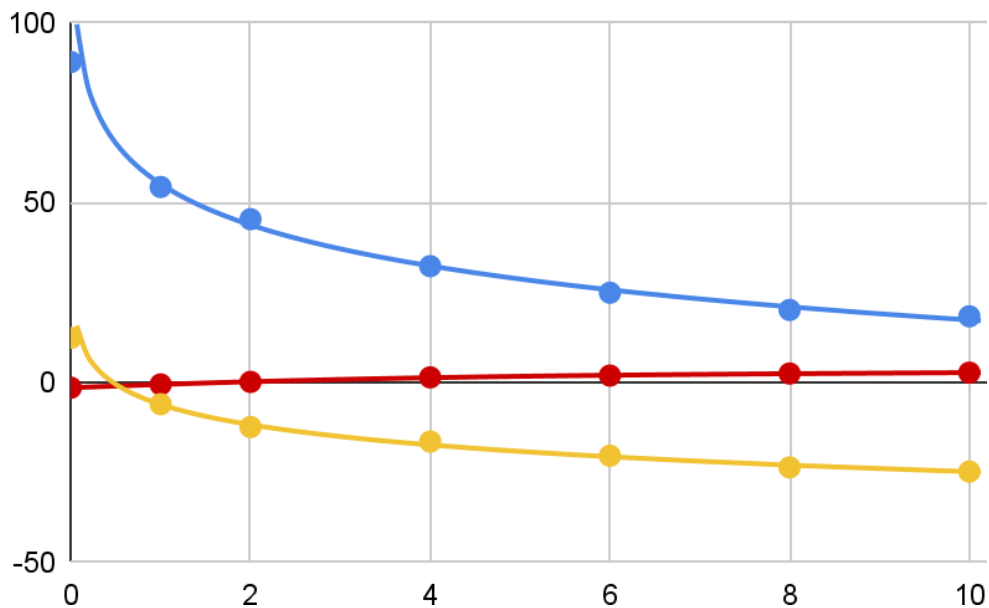
Визначаємо рівняння функції по кожному із параметрів

$$Y(L^*) = 57,6 + -17,4 * \text{LN}(X)$$

$$Y(a^*) = -1,66 + 0,197 * X + 0,0662 * X^2 - 5,41E-03 * X^3$$

$$Y(b^*) = -5,22 - 7,82 * \text{LN}(X)$$

Графік 45 Динаміка зміни параметрів кольору в глазури з додаванням кліторії після дії світла



— L*; — a*; — b*;

Визначаємо рівняння функції по кожному із параметрів

$$Y(L^*)=55,2 - 16,4 * LN(X)$$

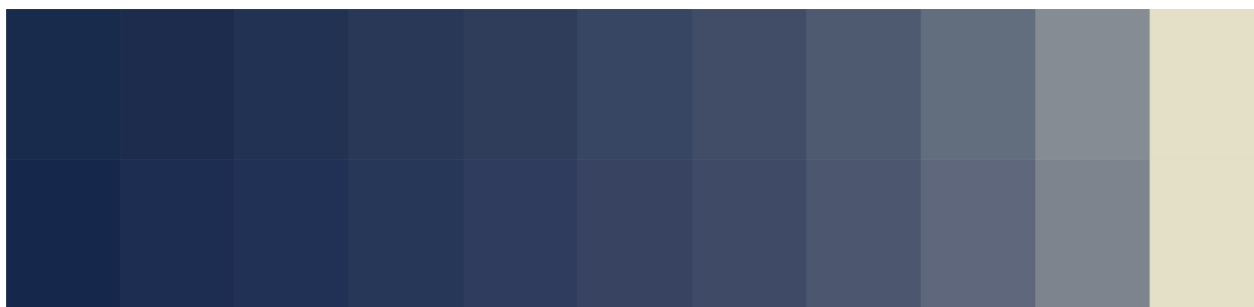
$$Y(a^*)=-1,41 + X - 0,0892*X^2 + 3,08E-03*X^3$$

$$Y(b^*)=-6,06 - 8,1 * LN(X)$$

Таблиця 3.65 Параметри кольору для побудови калібрувальної шкали

Концентрація, %	Без дії світла			Після дії світла		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
0,00	89,00	-1,66	12,40	89,00	-1,41	12,50
1,00	57,60	-1,40	-5,22	55,20	-0,50	-6,06
2,00	45,54	-1,04	-10,64	43,83	0,26	-11,67
3,00	38,48	-0,62	-13,81	37,18	0,87	-14,96
4,00	33,48	-0,16	-16,06	32,46	1,36	-17,29
5,00	29,60	0,30	-17,81	28,81	1,75	-19,10
6,00	26,42	0,74	-19,23	25,82	2,04	-20,57
7,00	23,74	1,11	-20,44	23,29	2,28	-21,82
8,00	21,42	1,38	-21,48	21,10	2,46	-22,90
9,00	19,37	1,53	-22,40	19,17	2,61	-23,86
10,00	17,54	1,52	-23,23	17,44	2,75	-24,71

Рисунок 3.34 – калібрувальна шкала для кліторії в глазури



Далі для визначення динаміки зміни кольору необхідно розрахувати координати векторів.

Таблиця 3.66 Координати векторів для кожного із 10 кроків.

Номер вектору	Координати вектору					
	Без дії світла			Після дії світла		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	-31,40	0,26	-17,62	-33,80	0,91	-18,56
2	-12,06	0,36	-5,42	-11,37	0,75	-5,61
3	-7,06	0,43	-3,17	-6,65	0,61	-3,28
4	-5,01	0,46	-2,25	-4,72	0,49	-2,33
5	-3,88	0,46	-1,74	-3,66	0,39	-1,81
6	-3,17	0,43	-1,43	-2,99	0,30	-1,48
7	-2,68	0,37	-1,21	-2,53	0,23	-1,25
8	-2,32	0,28	-1,04	-2,19	0,18	-1,08
9	-2,05	0,15	-0,92	-1,93	0,15	-0,95
10	-1,83	-0,01	-0,82	-1,73	0,14	-0,85

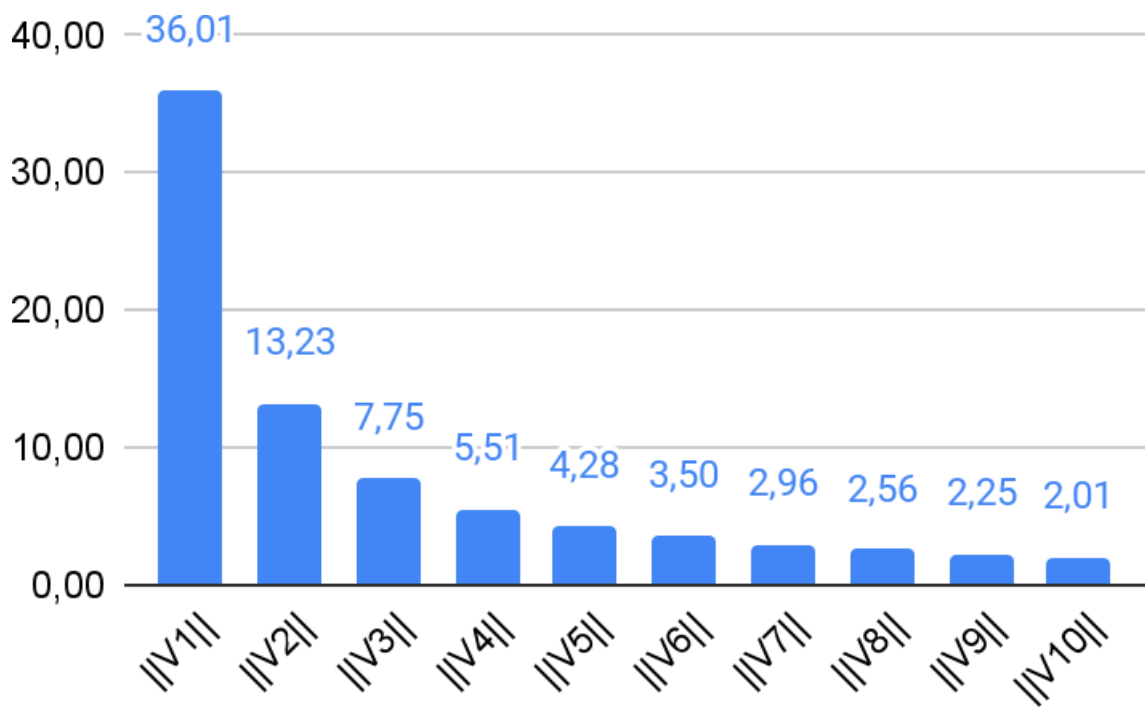
Модуль вектору розраховується за формулою (1)

Результати розрахунків заносять в таблицю 67

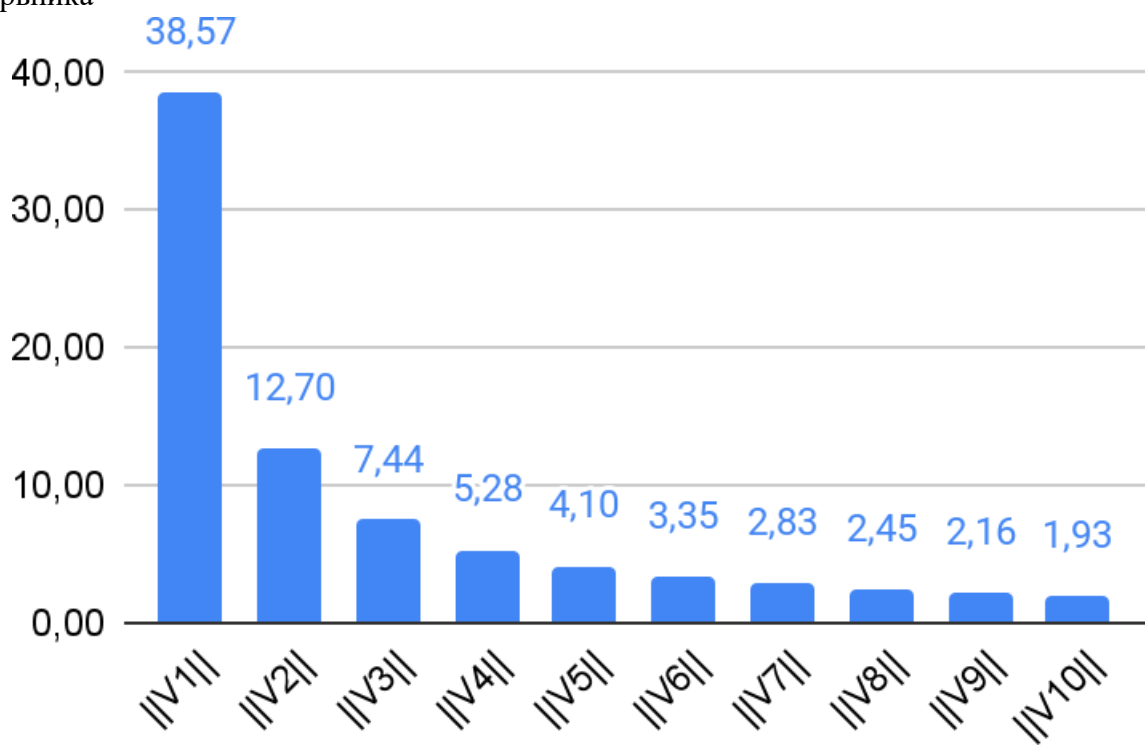
Таблиця 3.67 Модуль вектору

Номер вектору	Модуль вектору	
	Без дії світла	Після дії світла
$\ V1\ $	36,01	38,57
$\ V2\ $	13,23	12,70
$\ V3\ $	7,75	7,44
$\ V4\ $	5,51	5,28
$\ V5\ $	4,28	4,10
$\ V6\ $	3,50	3,35
$\ V7\ $	2,96	2,83
$\ V8\ $	2,56	2,45
$\ V9\ $	2,25	2,16
$\ V10\ $	2,01	1,93

Графік 3.46 Залежність динаміки зміни кольору з кожним наступним кроком додаванням барвника



Графік 3.47 Залежність динаміки зміни кольору з кожним наступним кроком додаванням барвника

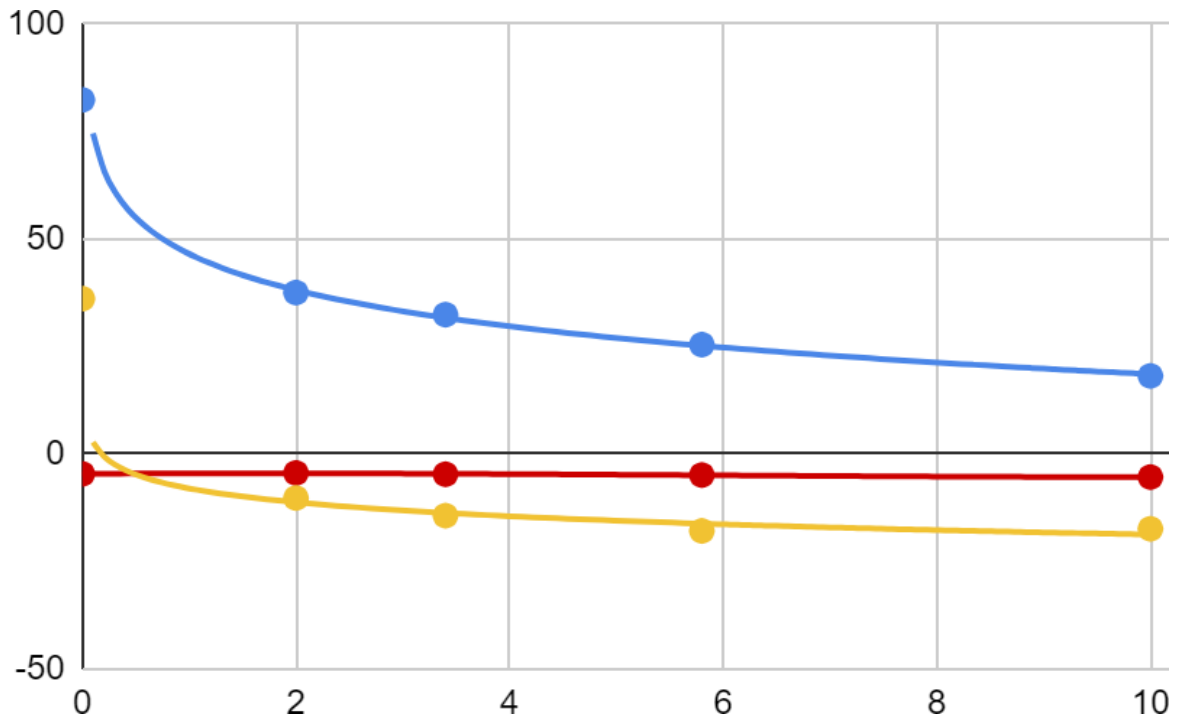


3.3.7 Аналіз динаміки зміни кольору в шоколаді кліторією

Таблиця 3.68 результати аналізу кольору в зразках шоколаду з спіруліною

	Концентрація барвника	Повторність	L*	a*	b*
Білий шоколад	0%	1	81,76	-4,64	35,95
		2	82,31	-4,97	36,03
		3	82,77	-4,38	36,21
		Середнє	82,28	-4,66	36,06
Перше додавання	2,0%	1	37,46	-4,26	-10,1
		2	37,6	-4,71	-10,4
		3	37,4	-4,36	-10,3
		Середнє	37,49	-4,44	-10,27
Друге додавання	3,4	1	32,4	-4,16	-14,2
		2	32,53	-4,97	-14,56
		3	32,13	-5,1	-14,36
		Середнє	32,35	-4,74	-14,37
Третє додавання	5,8	1	25,12	-4,98	-17,94
		2	25,63	-4,71	-18,15
		3	25,42	-5,1	-17,65
		Середнє	25,39	-4,93	-17,91
Четверте додавання	10,0%	1	18,41	-5,2	-17,46
		2	17,56	-5,4	-17,51
		3	18,37	-5,6	-17,32
		Середнє	18,11	-5,40	-17,43

Графік 3.48 Динаміка зміни параметрів кольору в шоколаді барвником Е 133



— L*; — a*; — b*;

Визначаємо рівняння функції по кожному із параметрів

$$Y(L^*) = 43,8 - 11,4 * \ln(X)$$

$$Y(a^*) = -2,13 - 0,645 * X + 0,0418 * X^2$$

$$Y(b^*) = -11 - 2,1 * \ln(X)$$

Маючи рівняння графіку функції можна побудувати калібрувальну шкалу

Для цього необхідно розрахувати параметри кольору для зразків, де б крок додавання барвника дорівнював 10% від максимального додавання – так ми отримаємо 10 кроків на калібрувальній шкалі

Таблиця 3.69 Параметри кольору для побудови калібрувальної шкали

Концентрація, ‰	L*	a*	b*
0,00	82,00	-4,63	36,00
1,00	46,40	-4,56	-8,04
2,00	38,08	-4,55	-11,27
3,00	33,22	-4,60	-13,16
4,00	29,76	-4,69	-14,50
5,00	27,09	-4,81	-15,54
6,00	24,90	-4,95	-16,39
7,00	23,05	-5,08	-17,11
8,00	21,45	-5,21	-17,73
9,00	20,03	-5,31	-18,28
10,00	18,77	-5,38	-18,77

Рисунок 3.35 – калібрувальна шкала для кліторії в шоколаді



Далі для визначення динаміки зміни кольору необхідно розрахувати координати векторів.

Таблиця 3.70 Координати векторів для кожного із 10 кроків.

Номер вектору	Координати вектору		
	L*	a*	b*
1	-35,60	0,07	-44,04
2	-8,32	0,00	-3,23
3	-4,87	-0,05	-1,89
4	-3,45	-0,09	-1,34
5	-2,68	-0,12	-1,04
6	-2,19	-0,13	-0,85
7	-1,85	-0,14	-0,72
8	-1,60	-0,13	-0,62
9	-1,41	-0,10	-0,55
10	-1,26	-0,07	-0,49

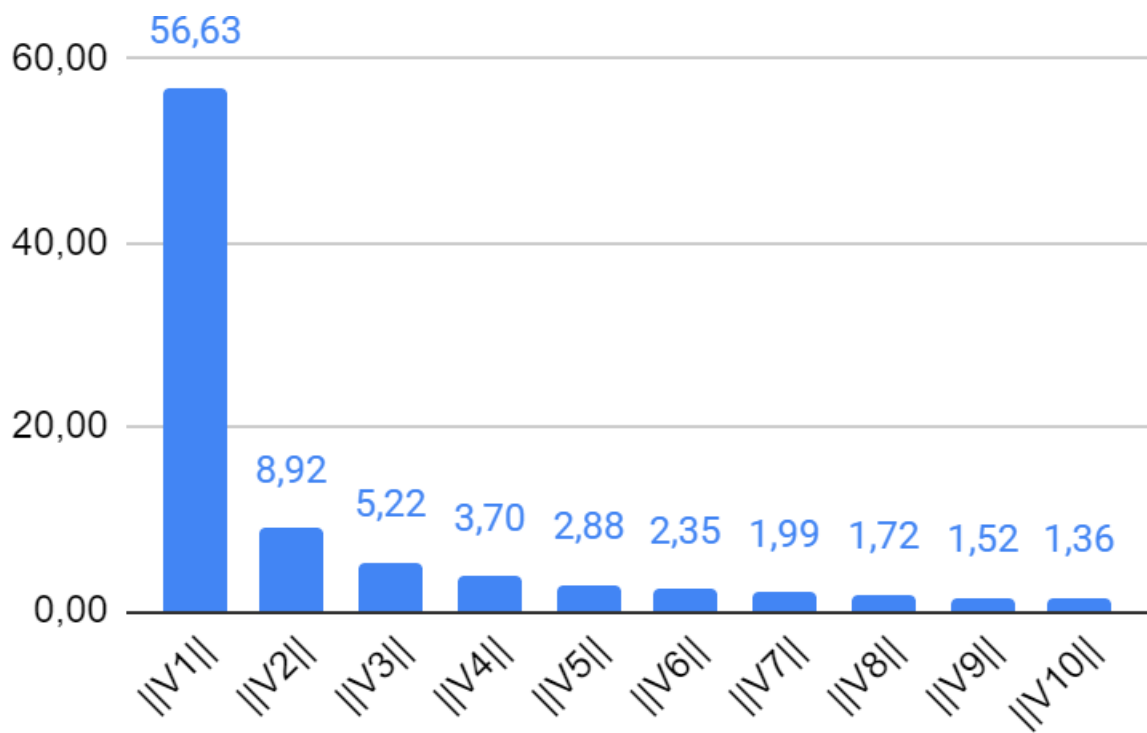
Модуль вектору розраховується за формулою (1)

Результати розрахунків заносять в таблицю 71

Таблиця 3.71 Модуль вектору

Номер вектору	Модуль вектору
$\ V1\ $	56,63
$\ V2\ $	8,92
$\ V3\ $	5,22
$\ V4\ $	3,70
$\ V5\ $	2,88
$\ V6\ $	2,35
$\ V7\ $	1,99
$\ V8\ $	1,72
$\ V9\ $	1,52
$\ V10\ $	1,36

Графік 3.49 Залежність динаміки зміни кольору з кожним наступним кроком додаванням барвника



Спершу порівняємо базові зразки між собою, для того, щоб визначити наскільки результат є достовірним.



Рисунок 3.36 порівняння базових кольорів зразків глазури

- 1) базовий колір зразку з барвником E 132
- 2) базовий колір зразку з спіруліною
- 3) базовий колір зразку з кліторією

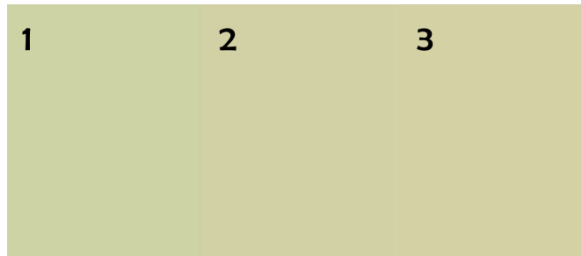


Рисунок 3.37 порівняння базових кольорів зразків шоколаду

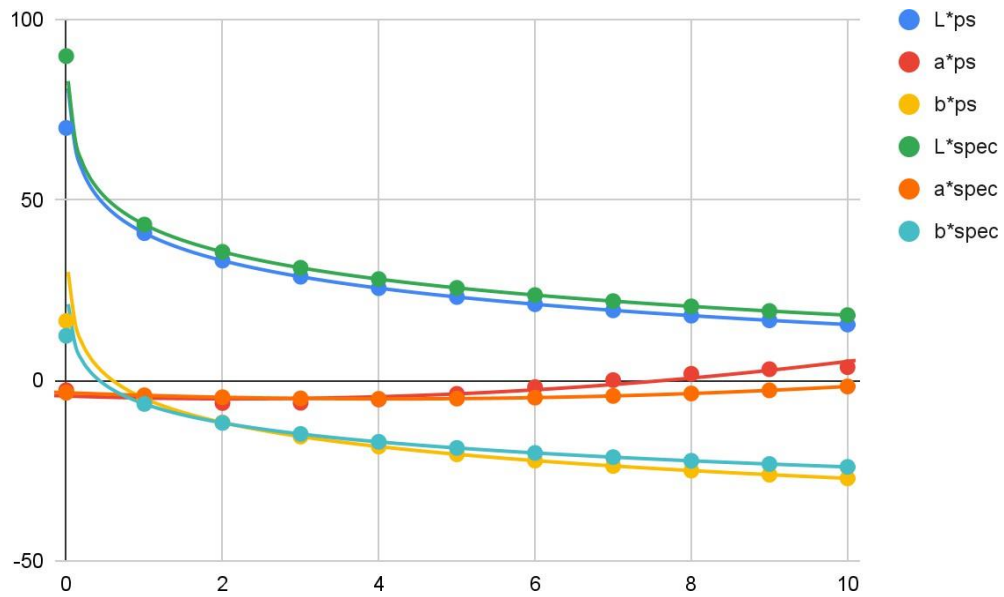
- 1) базовий колір зразку з барвником E 132
- 2) базовий колір зразку з барвником E 133
- 2) базовий колір зразку з спіруліною

На основі наведених зображень можна судити про набагато кращу точність досліджень кольорових параметрів як таких, однак чи є вплив і на динаміку зміни кольору необхідно визначити далі.

Необхідно порівняти результати отримані через Photoshop і за допомогою спектрофотометра.

Порівняння зразків глазури з барвником E 132

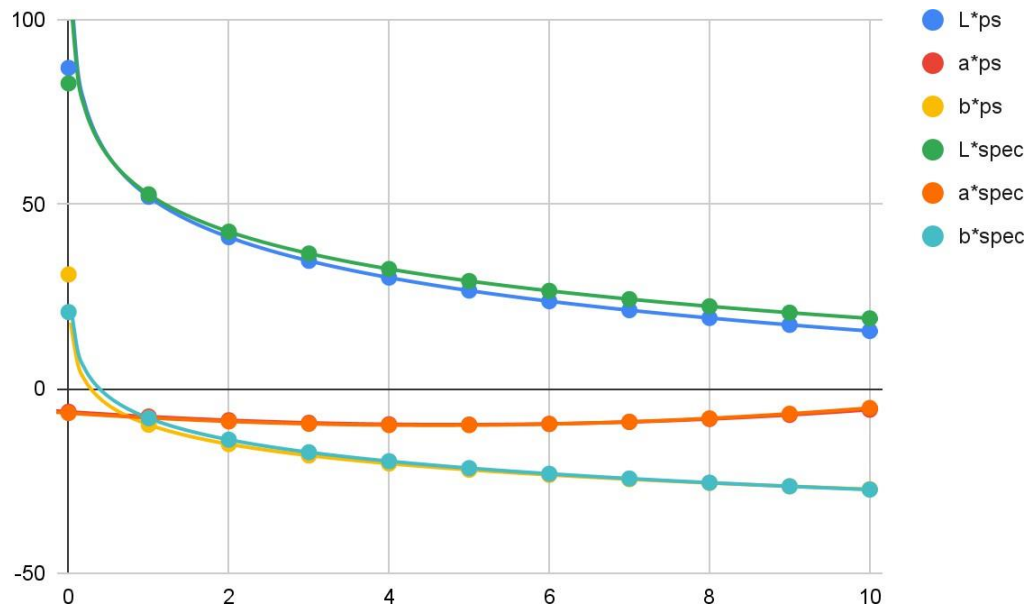
Графік 3.49 Порівняння динаміки зміни ключових параметрів визначених за допомогою Photoshop і спектрофотометром



На наведеному графіку бачимо, що відхилення мінімальне. Найбільш помітне відхилення – це в базовому кольорі зразку.

Порівняння зразків шоколаду з барвником E 132

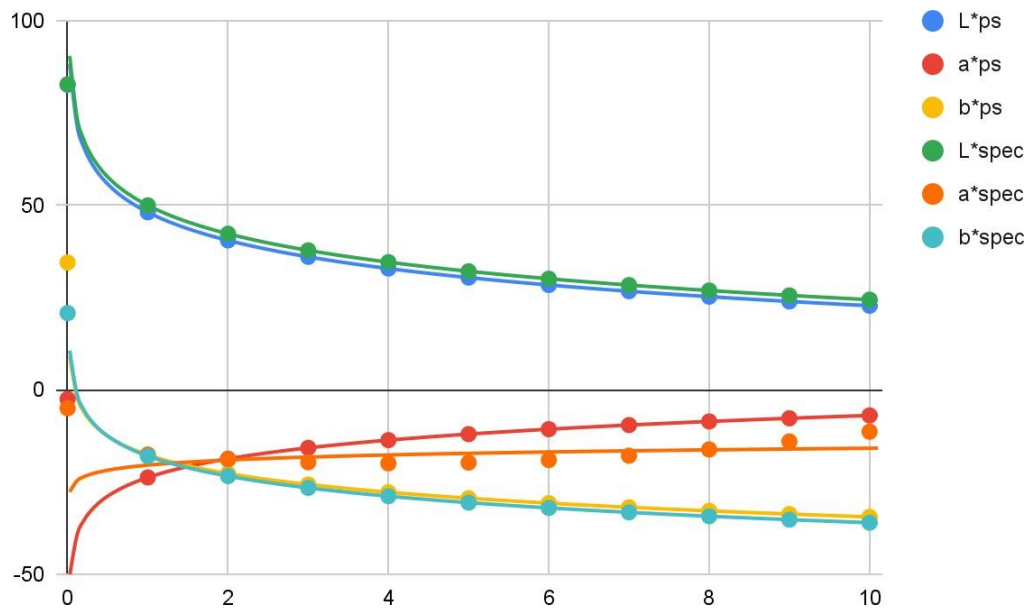
Графік 3.50 Порівняння динаміки зміни ключових параметрів визначених за допомогою Photoshop і спектрофотометром



Як і на попередньому графіку видно, що відхилення мінімальні.

Порівняння зразка шоколаду з барвником E 133

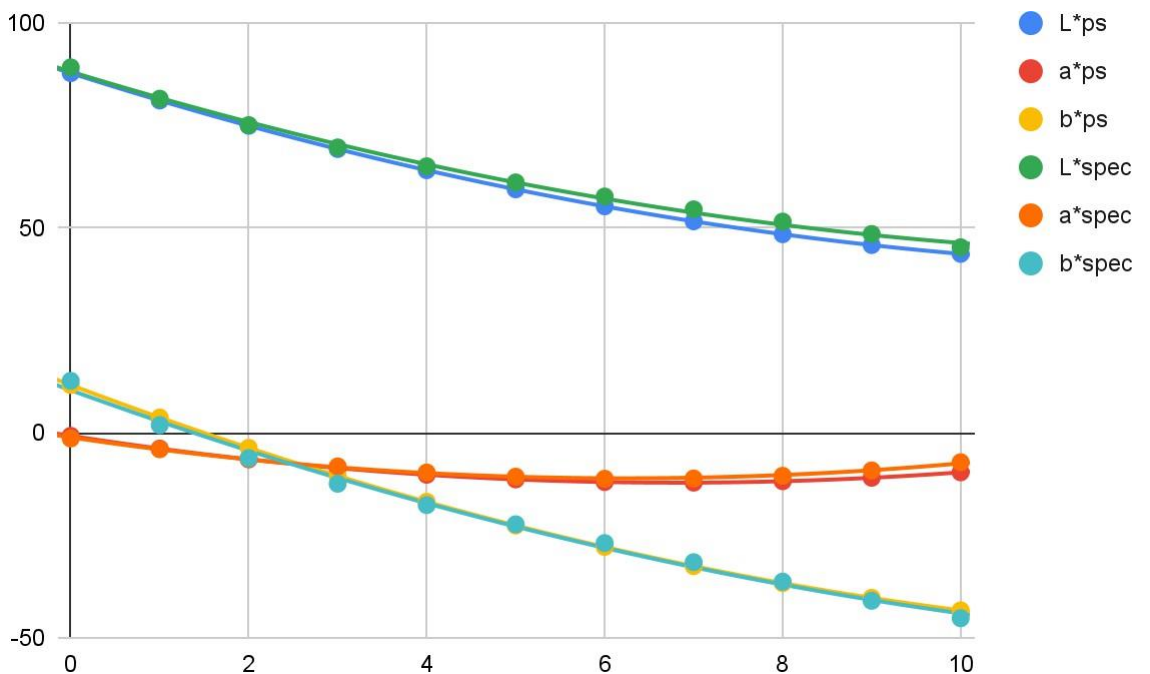
Графік 3.51 Порівняння динаміки зміни ключових параметрів визначених за допомогою Photoshop і спектрофотометром



Аналогічно до попереднього – суттєвих відмінностей в динаміці немає

Порівняння зразків глазури з спіруліною

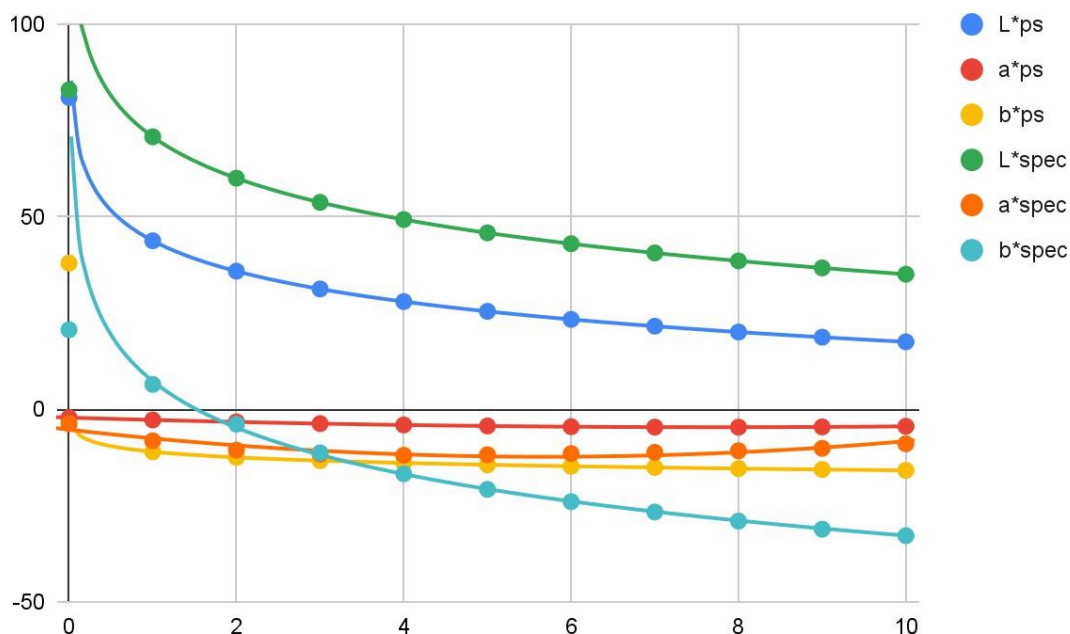
Графік 3.52 Порівняння динаміки зміни ключових параметрів визначених за допомогою Photoshop і спектрофотометром



Аналогічно до попереднього – суттєвих відмінностей в динаміці немає

Порівняння зразків шоколаду з спіруліною

Графік 3.53 Порівняння динаміки зміни ключових параметрів визначених за допомогою Photoshop і спектрофотометром



Бачимо суттєві відмінності як в самих показниках параметр L*, так і відмінності в динаміці - параметр b*. Так як базовий колір зразку визначеного спектрофотометрією є максимально наближеним до інших зразків визначених тим самим методом, то варто припустити, що хибним є саме результат визначений за допомогою Photoshop.

На зображенні 3.38 наведено порівняння калібрувальних шкал.



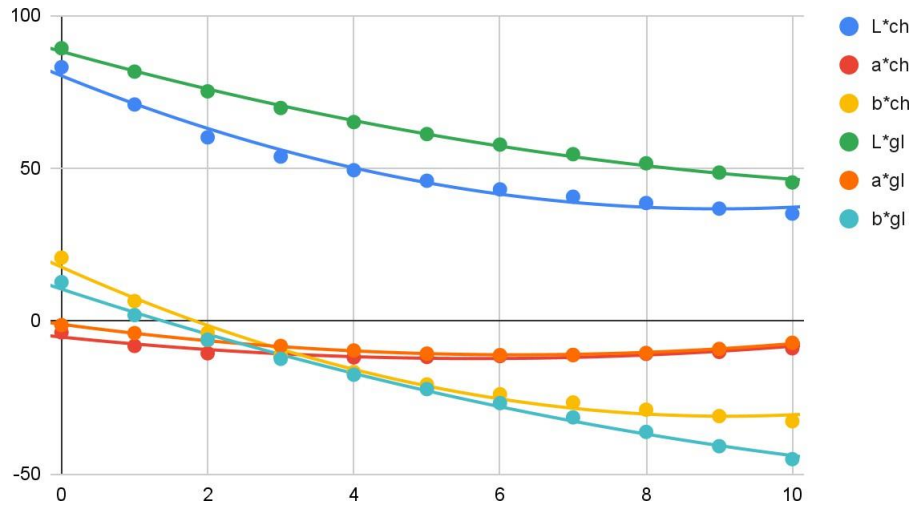
Зображення 3.38 порівняння калібрувальних шкал

- 1) калібрувальна шкала визначена за допомогою спектрофотометра
- 2) калібрувальна шкала визначена за допомогою Photoshop

Як бачимо, що зразки хоч і не суттєво, але відрізняються. Органолептично те, що визначення спектрофотометром є більш точне також підтверджується.

Тому необхідно повторно проаналізувати різницю динаміки між зразками на основі глазури і шоколаду з спіруліною однак визначені за допомогою спектрофотометра.

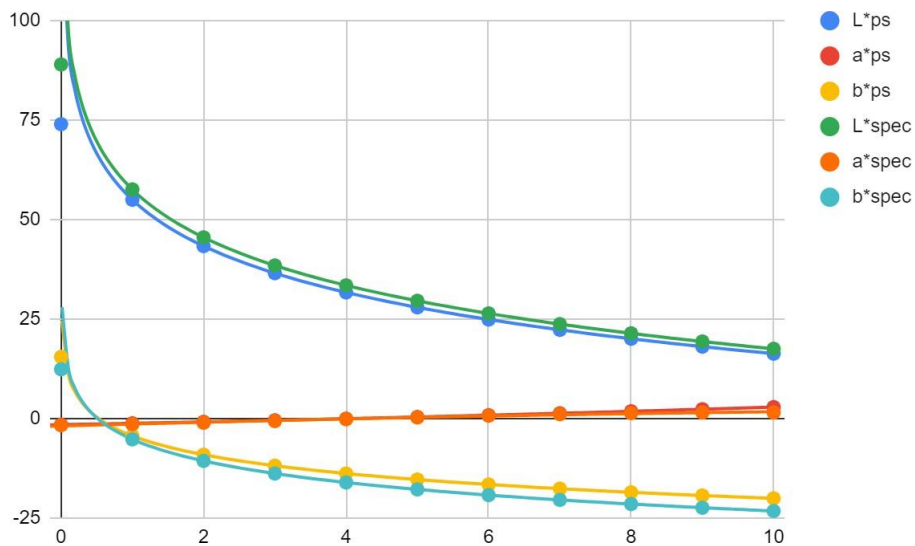
Графік 3.54 Порівняння динаміки змін всіх трьох параметрів в зразках з додаванням спіруліни в глазур і шоколад визначених за допомогою спектрофотометра



Бачимо, що динаміка змін в шоколаді стала більш подібною до динаміки в глазурі.

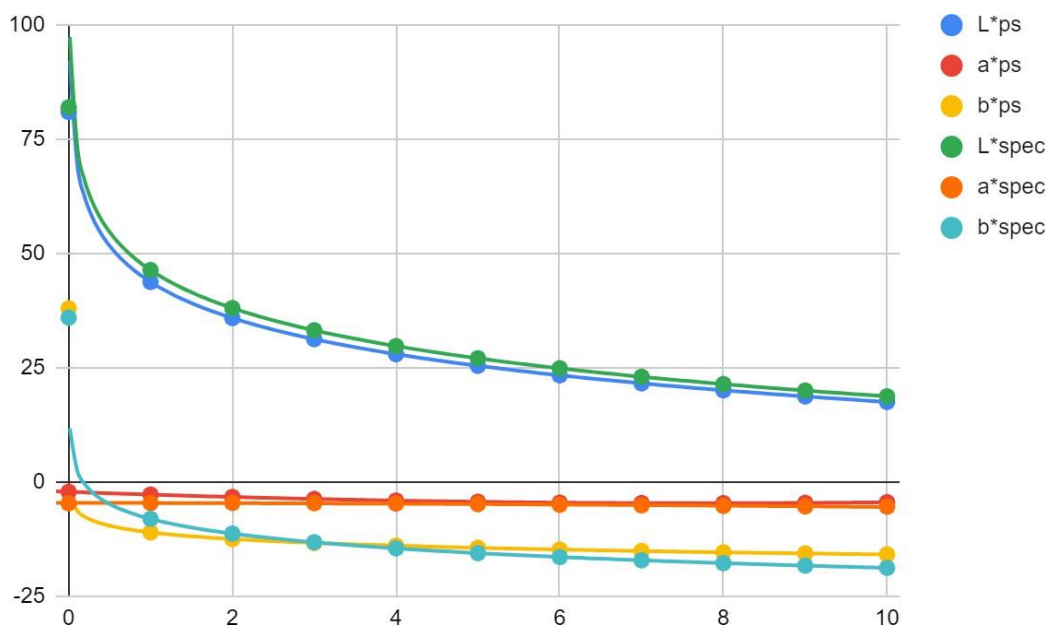
Порівняння зразків глазури з кліторією

Графік 3.55 Порівняння динаміки зміни ключових параметрів визначених за допомогою Photoshop і спектрофотометром



Відхилення в динаміці не спостерігається, відхилення в показниках параметрів незначне.

Графік 3.56 Порівняння зразків шоколаду з кліторією



Відхилення в динаміці не спостерігається, відхилення в показниках параметрів незначне.

Підсумовуючи варто зазначити, що з із 7 порівнянь тільки одне показало значне відхилення. Тобто можна зробити висновок, що Photoshop можна використовувати для подібних розрахунків і визначень динаміки зміни кольору, однак необхідно враховувати, що точність визначення кольору, як такого, буде меншою.

Розділ 3.4 Дослідження реології.

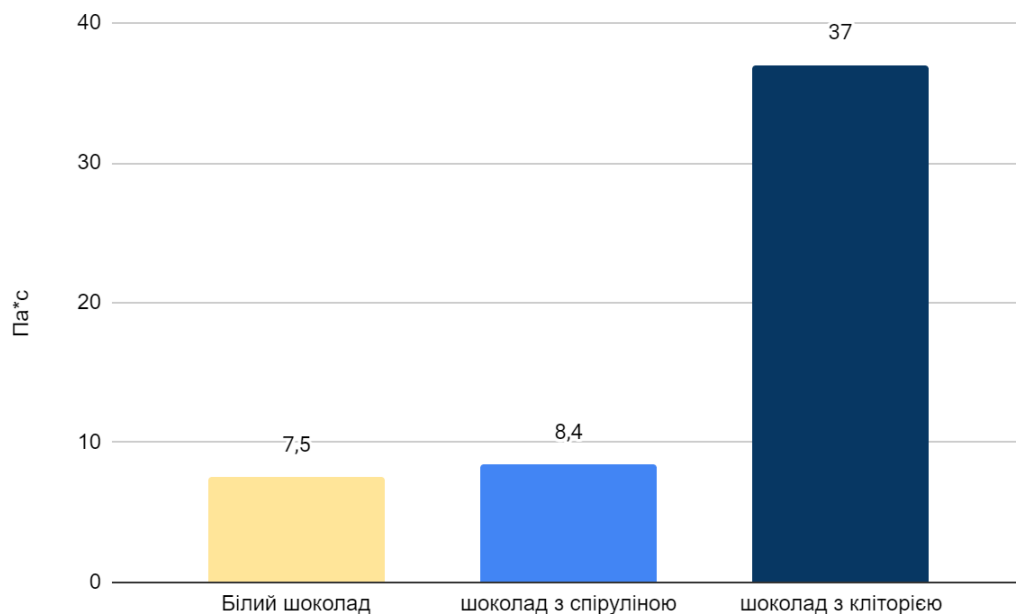
Під час виготовлення дослідних зразків було відмічено, що зразки з натуральними барвниками стають набагато густішими. Було вирішено провести дослідження реології виготовлених зразків з максимальним вкладанням фарбуючих речовин (10%), які при цьому були нормалізовані за м.ч. жиру.

Результати дослідження в'язкості дослідних зразків наведені в табл 72

Таблиця 3.72 Результати дослідження в'язкості зразків

Зразок	В'язкість Па*с
Білий шоколад	7,5
Шоколад з спіруліною	8,4
Шоколад з кліторією	37

Графік 3.57 порівняння показників наведених в табл.

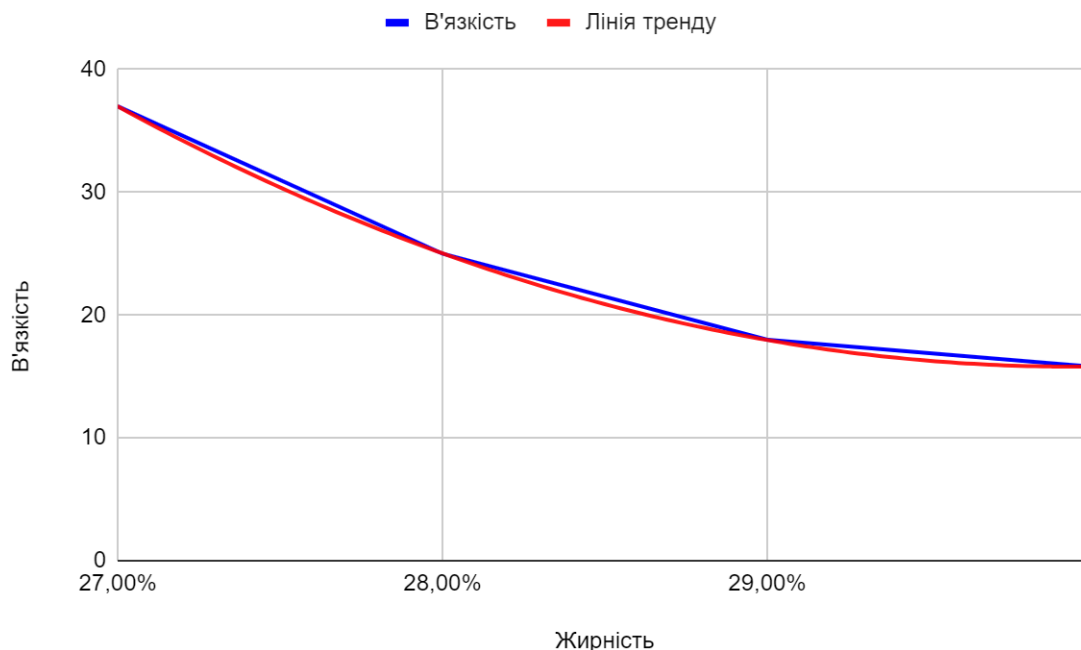


Так як в'язкість зразка з кліторією є незадовільною було вирішено дослідити вплив додавання жиру на зміну в'язкості. Тож було проведено визначення реології в зразках шоколаду з кліторією з вмістом какао масла: 27%, 28%, 29%, 30%. Результати наведені в таблиці__

Таблиця 3.73 результати визначення реології в зразках з різною жирністю

% вмісту какао масла	Pa*s
27%	37
28%	25
29%	18
30%	15,8

Графік 3.58 Динаміка зміни в'язкості від зміни м.ч. жиру в зразку



Згідно отриманих даних можна зробити висновок, що синя спіруліна має набагато менший вплив на в'язкість ніж порошок кліторії, так як в'язкість досліджуваних зразків білого шоколаду і зразку з спіруліною з відновленою м.ч. жиру незначне відхилення у в'язкості. Натомість зразок з порошком кліторії не вдалося довести до необхідної в'язкості додаванням жиру в вказаних кількостях. Тобто можна припустити, що жирозв'язуюча здатність порошка кліторії вища ніж порошка спіруліни.

Розділ 3.5 Дослідження жирозв'язуючої здатності

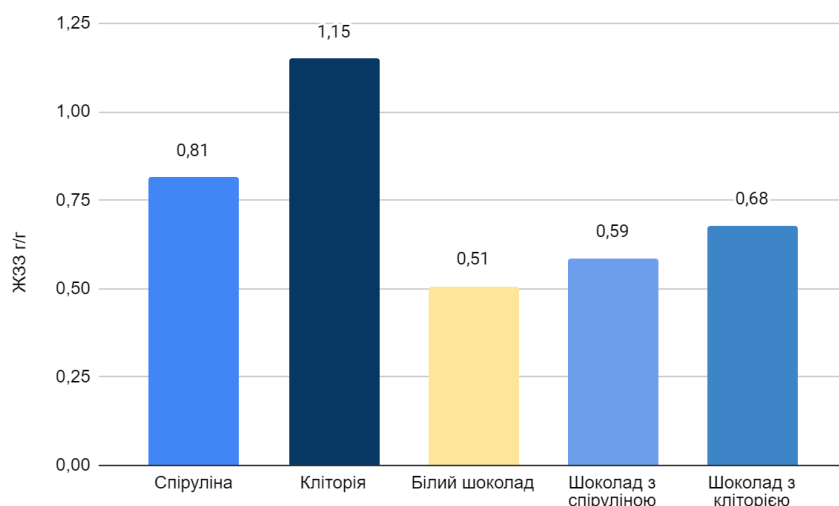
Для того, щоб дослідити жирозв'язуючу здатність було вирішено провести дослідження за вказаною методикою як з самими барвлючими речовинами так і зразками шоколаду з їх додаванням. Для цього проводився перерахунок, щоб нежирної частини в зразку було 2,5 гр, а жиру додавалось на відповідьну кількість менше.

Результати дослідів наведені в табл. 3.74

Таблиця 3.74 з результатами дослідів та розрахунків

Зразок	Повтор.	Результат	ЖЗЗ г/г	% відхилення між повторностями
Спіруліна	1	7,980	0,808	2,47%
	2	7,951	0,820	
Кліторія	1	7,122	1,13	0,8%
	2	7,116	1,17	
Білий шоколад	1	8,609	0,501	2,5%
	2	8,651	0,514	
Шоколад спіруліною	1	8,707	0,586	0,3%
	2	8,701	0,587	
Шоколад кліторією	1	8,641	0,677	0,2%
	2	8,714	0,678	

Графік 3.59 порівняння жирозв'язуючої здатності в дослідних зразках



1) 2)

Рисунок 3.39 Зразки шоколаду після центрифугування

1) шоколад з спіруліною; 2) шоколад з кліторією

Із рисунку видно, що зразок шоколаду з кліторією не розшаровувався, на відміну від зразку шоколаду з спіруліною

Також було помічено, що зразки з кліторією (що з чистою речовиною, що в шоколаді) змінюють колір жиру, що відшаровується.

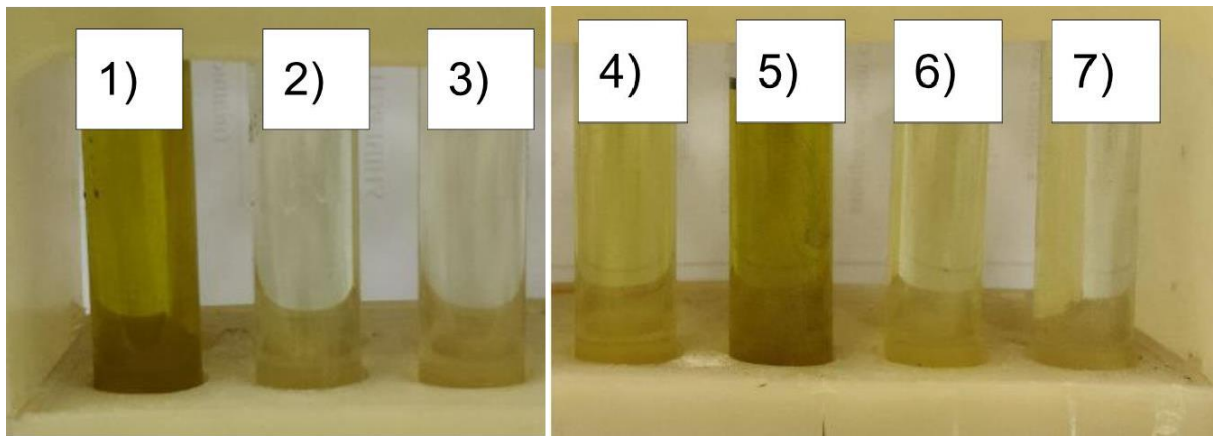
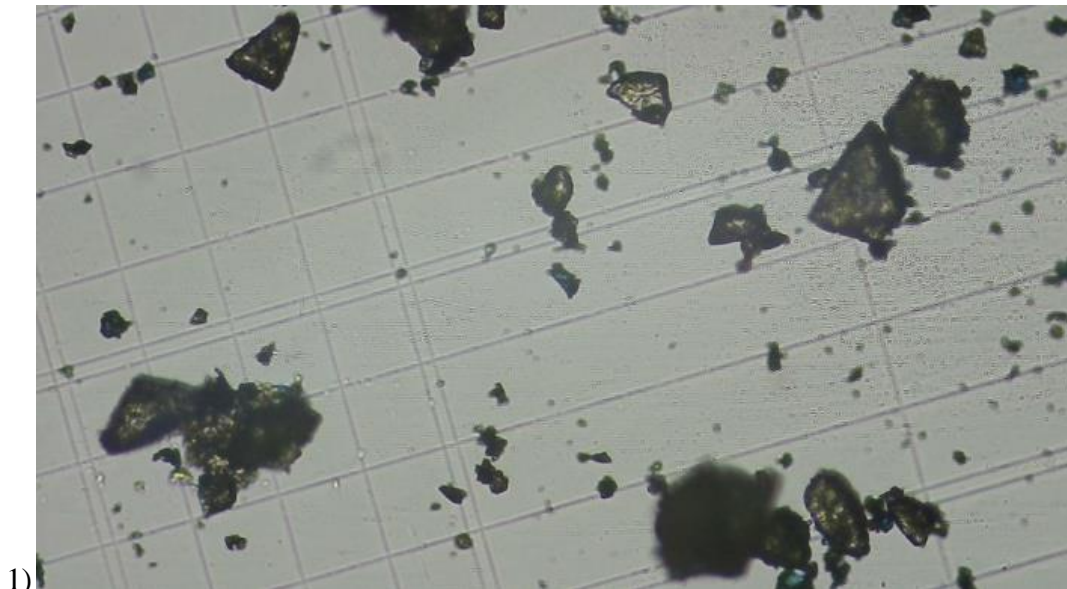


Рисунок 3.40 порівняння кольору жиру після відшарування

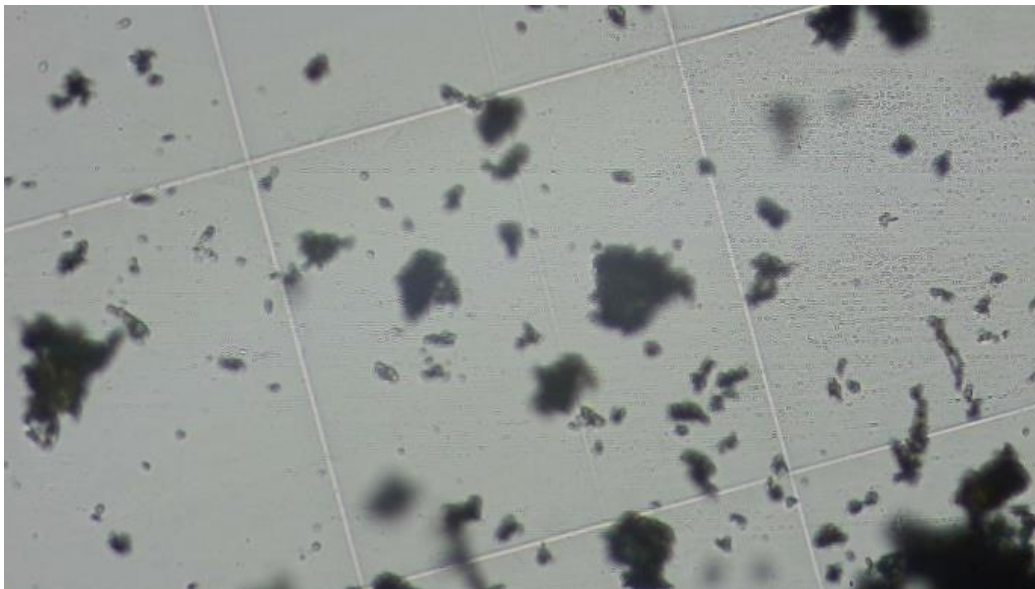
1. Зразок з чистою кліторією (1-ший)
2. зразок з чистою спіруліною (1-ший)
3. чиста соняшникова олія
4. зразок з шоколадом з кліторією
5. зразок з чистою кліторією (2-гий)
6. зразок з шоколадом з спіруліною
7. зразок з чистою спіруліною (2-гий)

Можна побачити, що чистий барвник активно змінює забарвленість жиру, зразок з шоколадом з кліторією має подібну дію, але в меншій степені. Спіруліна подібної дії не має. Також відмічено, що жирозв'язуюча здатність кліторії більша ніж спіруліни на 30% (по відношенню до зв'язуючої здатності кліторії). Також маємо, що жирозв'язуюча здатність шоколаду з спіруліною менша ніж шоколаду з кліторією на 13,5%. По відношенню до білого шоколаду жирозв'язуюча здатність шоколаду з спіруліною вища на 13,3%, а шоколаду з кліторією на 25%.

Можна припустити, що це може бути пов'язано з площею поверхні зразків, так як спіруліна хоч і після подрібнення однак має мати кристалічну структуру, в той час як кліторія може мати більшу площу поверхні.



1)



2)

Рисунок 3.40 порівняння спіруліни і кліторії при зум 40.

1) кристали спіруліни після подрібнення, 2) кристали кліторії

З зображення можна бачити, що кількість дрібнодисперсної фракції більша саме у зразку кліторії, також можна відмітити блискучу пласку форму поверхні кристалів спіруліни і нерівну поверхню для кристалів кліторії.

Крім прямої відмінності у властивостях було вирішено спробувати оцінити наскільки велику роль грають параметри про які не відомо. Розрахувавши жирозв'язуючу здатність знежиреного білого шоколаду і забарвлюючого компоненту можна розрахувати розрахункову жирозв'язуючу здатність суміші цих компонентів, щоб перевірити чи залежність лінійна, чи є додаткові фактори, які впливають на зв'язування жиру.

Так для шоколаду зі спіруліною хід розрахунку буде виглядати так:

3,5 г теоретичної наважки перераховуємо на знежирену частину = $3,5 \cdot 0,73 = 2,555\text{г}$

Визначаємо яка кількість спіруліни в цій теоретичній наважці - $3,5/11=0,318$.
Кількість жиру яку може зв'язати така кількість спіруліни - $0,318*0,814=0,259$ г

Визначаємо яка кількість білого знежиреного шоколаду = $2,555-0,318=2,237$ г

Кількість жиру яку може зв'язати така кількість знежиреного шоколаду = $1,136$ г

Сумарна кількість зв'язаного жиру $0,259+1,136=1,395$ г

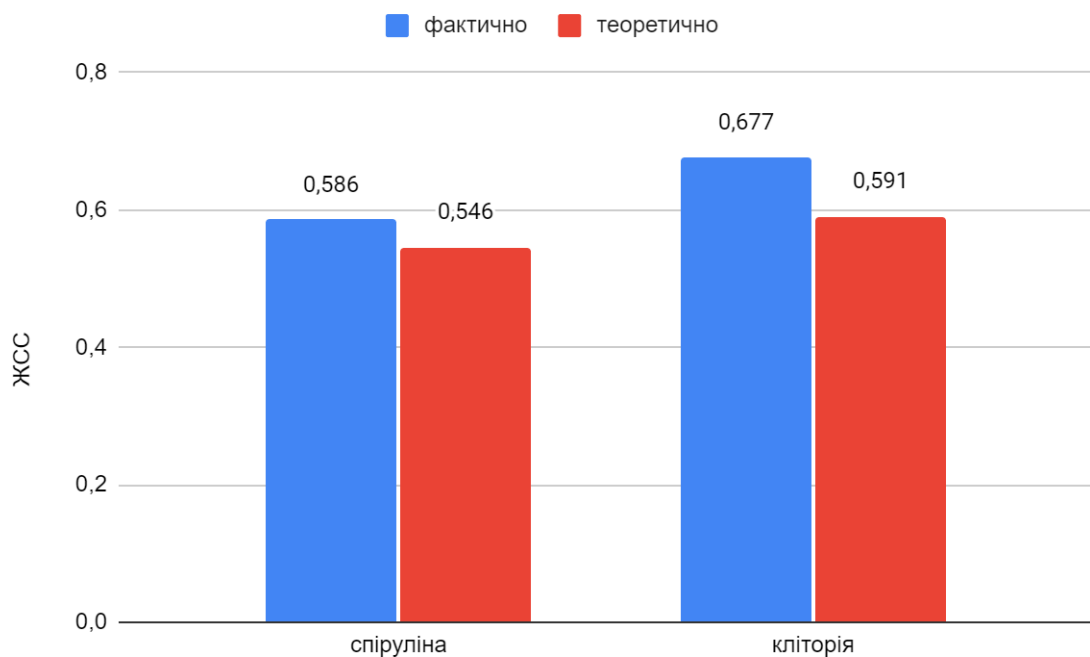
Жирозв'язуюча здатність = $1,395/2,555=0,546$ г/г.

Жирозв'язуюча здатність шоколаду зі спіруліною $0,586$ г/г відповідно можна вважати, що залежність не прямолінійна, а присутні додаткові фактори, які впливають на кількість зв'язаного жиру, так як в дослідному зразку кількість зв'язаного жиру більша, ніж в теоретично-змодельованому.

Провівши схожі розрахунки для шоколаду з кліторією маємо подібний результат, для теоретично розрахованої - $0,591$. Для дослідного $0,677$.

Порівняння отриманих результатів наведено на графіку.

Графік 3.60 Порівняння фактичних і теоретичних даних ЖЗЗ



Різниця в теоретичному і практичному досліді для шоколаду зі спіруліною складає $0,04$ г/г. тобто $7,3\%$. Для кліторії відхилення складає $0,086$, тобто $12,7\%$.

Відповідно можна вважати, що крім того, що кліторія має вищу жирозв'язуючу здатність, недосліджені процеси зв'язування жиру відбуваються більш активно.

3.6 Висновки до розділу

1. Порошок квітів кліторії має вдвічі більшу активність забарвлення водного розчину, згідно дослідження динамік зміни оптичної густини в залежності від концентрації.
2. Мікрокристалічна структура разуче відрізняється, що видно із аналізу мікроскопіюванням. В той час як кліторія має дрібний розмір кристалів, але при цьому нерівномірну форму їх поверхні, спіруліна має більш рівну площу поверхні, однак при цьому більший розмір самих початкових кристалів, що спричиняє необхідність проводити подрібнення цих кристалів до розмірів 20 мкм.
3. Динаміка зміни кольору кліторії доволі подібна до синтетичних барвників E 132 і E 133, однак спіруліна відрізняється динамікою зміни кольору.
4. Концентрація яка необхідна для досягнення схожого відтіку має бути в 20 разів більшою для кліторії в порівнянні з синтетичними барвниками.
5. Були розроблені калібрувальні шкали, за допомогою яких можна отримати інформацію про те, яку концентрацію барвника треба використати, щоб отримати той чи інший колір, або який колір можна отримати використовуючи ту чи іншу концентрацію.
6. Дані отримані за допомогою аналізу через Photoshop доволі подібні до даних отриманих за допомогою спектрометрії. Суттєві відмінності були помічені лише в одному із 8 визначень, що може дати розуміння, що визначення через Photoshop є більш волатильним.
7. Дослідження реологічних властивостей шоколаду з використанням натуральних барвників показало, що вплив кліторії є суттєвим і значно перевищує вплив спіруліни. Із чого було зроблене припущення, що кліторія має вищу жирозв'язуючу здатність.
8. Дослідження жирозв'язуючої здатності показало, що кліторія має більшу жирозв'язуючу здатність ніж спіруліна. Однак провівши дослідження жирозв'язуючої здатності зразків шоколаду з вказаними добавками і провівши теоретичний розрахунок було відзначено додатковий вплив на зв'язування жиру в шоколаді, якій прямо не корелюється з здатністю зв'язувати чистий жир.

Розділ 4 Технологічні розрахунки

На основі проведених досліджень запропоновано використовувати шоколад синього кольору при розробці цукерок на основі суміші подрібнених горіхів, сухофруктів та екструзійних продуктів, що формуються за один цикл на ротаційній машині у вигляді шматочків різної форми, без додаткового глазурування. Був проведений підбір інгредієнтів та їх співвідношення та, базаючись на органолептичному оцінюванні зразків групою дегустаторів, були розроблені дві уніфіковані рецептури цукерок і технологічні інструкції до них.

Уніфікована рецептура для цукерок «Метіда»

Шоколадна цукерка «Метіда»

Виготовлена на основі поєднання шоколаду синього кольору з сухими компонентами: кукурудзяними пластівцями, висушеними ягодами журавлини, подрібненими ядрами фундука та кокосовою стружкою. Вміст шоколаду - 64,5% (17,5% какао продуктів). Колір поверхні сірувато-синій. Цукерки загортаються в індивідуальну упаковку типу «Flow-pack» і фасуються в «пакети-подушки».

В 1 кг міститься не менше 140 шт. Вологість 3,0% (+0,5%)

Таблиця 4.1 уніфікована рецептура цукерок «Метіда»

Назва сировини та напівфабрикатів	м.ч. СР, %	Витрати сировини, кг			
		На 1 т напівфабрикату		На н/ф для 1 т незагорнутої готової продукції	
		В натурі	В СР	В натурі	В СР
Рецептура цукерок «Метіда»		На 1000,00кг			
Шоколадна маса W2731 «Metis»	98,70	649,25	640,81	649,25	640,81
Пластівці кукурудзяні	95,00	129,85	123,36	129,85	123,36
Сушена журавлина	80,00	77,91	62,33	77,91	62,33
Подрібнені ядра фундука	96,00	129,85	124,66	129,85	124,66
Кокосова стружка	98,20	38,95	38,25	38,95	38,25
Всього		1025,81	989,40	1025,81	989,40
Вихід	97,00	1000,00	970,00	1000,00	970,00

продовження табл.4.1

Назва сировини та напівфабрикатів	м.ч. СР, %	Витрати сировини, кг			
		На 1 т напівфабрикату		На н/ф для 1 т незагорнутої готової продукції	
		В натурі	В СР	В натурі	В СР
Рецептура шоколаду W2731 «Metis»		На 649,25 кг			
Цукор білий кристалічний	99,85	519,16	518,38	337,06	335,38
Какао масло	99,9	273,24	272,97	177,40	177,22
Молоко сухе незбиране	96,0	141,68	136,01	91,99	88,31
Поршок квітів кліторії	95,0	50,60	48,07	32,85	31,21
Молоко сухе знежирене	96,0	20,24	19,43	13,14	12,62
Лецитин соєвий	99,9	5,06	5,05	3,29	3,28
Сіль	96,50	1,01	0,99	0,66	0,64
Ванілін	-	0,30	-	0,20	-
Всього		1012,00	999,37	656,58	648,83
Вихід	98,7	1000,00	987,00	649,25	640,81

Таблиця 4.2 Зведена рецептура цукерок «Метіда»

Назва сировини та напівфабрикатів	м.ч. СР, %	Витрати сировини, кг			
		На 1 т напівфабрикату		На напівфабрикат для 1 т незагорнутої готової продукції	
		В натурі	В СР	В натурі	В СР
Зведена рецептура					
Цукор білий кристалічний	99,85	337,06	335,38	337,73	337,23
Какао масло	99,9	177,40	177,22	177,75	177,58
Пластівці кукурудзяні	95,00	129,85	123,36	130,11	123,60
Подрібнені ядра фундуку	96,00	129,85	124,66	130,11	124,90
Молоко сухе незбиране	96,0	91,99	88,31	92,17	88,48
Сушена журавлина	80,00	77,91	62,33	78,07	62,45
Кокосова стружка	98,20	38,95	38,25	39,03	38,33
Поршок квітів кліторії трійчастої	95,0	32,85	31,21	32,92	31,27
Молоко сухе знежирене	96,0	13,14	12,62	13,17	12,64
Лецитин	99,9	3,29	3,28	3,29	3,29
Сіль	96,50	0,66	0,64	0,66	0,64
Ванілін	-	0,20	-	0,20	
Всього		1033,14	997,43	1035,21	1000,42
Вихід	97,00	1000,00	970,00	1000	970

В 100г продукту міститься, г: білків – 7,7 г; жирів – 31,0 г; вуглеводів – 54,0 г, харчових волокон – 1,6 г.

Енергетична цінність – 520 ккал/100 г продукту

Уніфікована рецептура для цукерок «Галатея»

Шоколадна цукерка «Галатея»

Виготовлена на основі поєднання шоколаду синього кольору з сухими компонентами: кукурудзяними пластівцями, висушеними ягодами журавлини, подрібненими ядрами фундука та кокосовою стружкою. Вміст шоколаду - 64,5% (17,5% какао продуктів). Колір поверхні світло-балкитний. Цукерки загортаються в індивідуальну упаковку типу «Flow-pack» і фасуються в «пакети-подушки».

В 1 кг міститься не менше 140 шт. Вологість 3,0% (+0,5%)

Таблиця 4.3 уніфікована рецептура цукерок «Галатея»

Назва сировини та напівфабрикатів	м.ч. СР, %	Витрати сировини, кг			
		На 1 т напівфабрикату		На напівфабрикат для 1 т незагорнутої готової продукції	
		В натурі	В СР	В натурі	В СР
Рецептура цукерок «Галатея»		На 1000,00кг			
Шоколадна маса	98,70	649,25	640,81	649,25	640,81
Пластівці кукурудзяні	95,00	129,85	123,36	129,85	123,36
Сушена журавлина	80,00	77,91	62,33	77,91	62,33
Подрібнені ядра фундуку	96,00	129,85	124,66	129,85	124,66
Кокосова стружка	98,20	38,95	38,25	38,95	38,25
Всього		1025,81	989,40	1025,81	989,40
Вихід	97,00	1000,00	970,00	1000,00	970,00
Рецептура шоколаду W2731 «Galatea»		На 649,25 кг			
Цукор білий кристалічний	99,85	519,16	518,38	337,06	335,38
Какао масло	99,9	273,24	272,97	177,40	177,22
Молоко сухе незбиране	96,0	141,68	136,01	91,99	88,31
Синя спіруліна	95,0	50,60	48,07	32,85	31,21
Молоко сухе знежирене	96,0	20,24	19,43	13,14	12,62
Лецитин соєвий	99,9	5,06	5,05	3,29	3,28
Сіль	96,50	1,01	0,99	0,66	0,64
Ванілін	-	0,30	-	0,20	-
Всього		1012,00	999,37	656,58	648,83
Вихід	98,7	1000,00	987,00	649,25	640,81

Таблиця 4.4 зведена рецептура цукерок «Галатея»

Назва сировини та напівфабрикатів	м.ч. СР, %	Витрати сировини, кг			
		На 1 т напівфабрикату		На напівфабрикат для 1 т незагорнутої готової продукції	
		В натурі	В СР	В натурі	В СР
Зведена рецептура					
Цукор білий кристалічний	99,85	337,06	335,38	337,73	337,23
Какао масло	99,9	177,40	177,22	177,75	177,58
Пластівці кукурудзяні	95,00	129,85	123,36	130,11	123,60
Подрібнені ядра фундуку	96,00	129,85	124,66	130,11	124,90
Молоко сухе незбиране	96,0	91,99	88,31	92,17	88,48
Сушена журавлина	80,00	77,91	62,33	78,07	62,45
Кокосова стружка	98,20	38,95	38,25	39,03	38,33
Спіруліна синя	95,0	32,85	31,21	32,92	31,27
Молоко сухе знежирене	96,0	13,14	12,62	13,17	12,64
Лецитин	99,9	3,29	3,28	3,29	3,29
Сіль харчова	96,50	0,66	0,64	0,66	0,64
Ванілін	-	0,20	-	0,20	
Всього		1033,14	997,43	1035,21	1000,42
Вихід	97,00	1000,00	970,00	1000	970

В 100г продукту міститься, г: білків – 6,0; жирів – 30,8; вуглеводів –55,9,
харчових волокон – 1,9.

Енергетична цінність – 520 ккал/100 г продукту

Технологічна інструкція по виробництву шоколаду

W2731 «Galatea» та W2731 «Metis»

Технологічна схема виробництва шоколаду складається з таких технологічних фаз:

1. Підготовка сировини до виробництва
2. Приготування рецептурної суміші
3. Подрібнення
4. Коншування
 - 4.1 Контроль якості
5. Розлив, або перекачування на лінію цукеркових виробів.

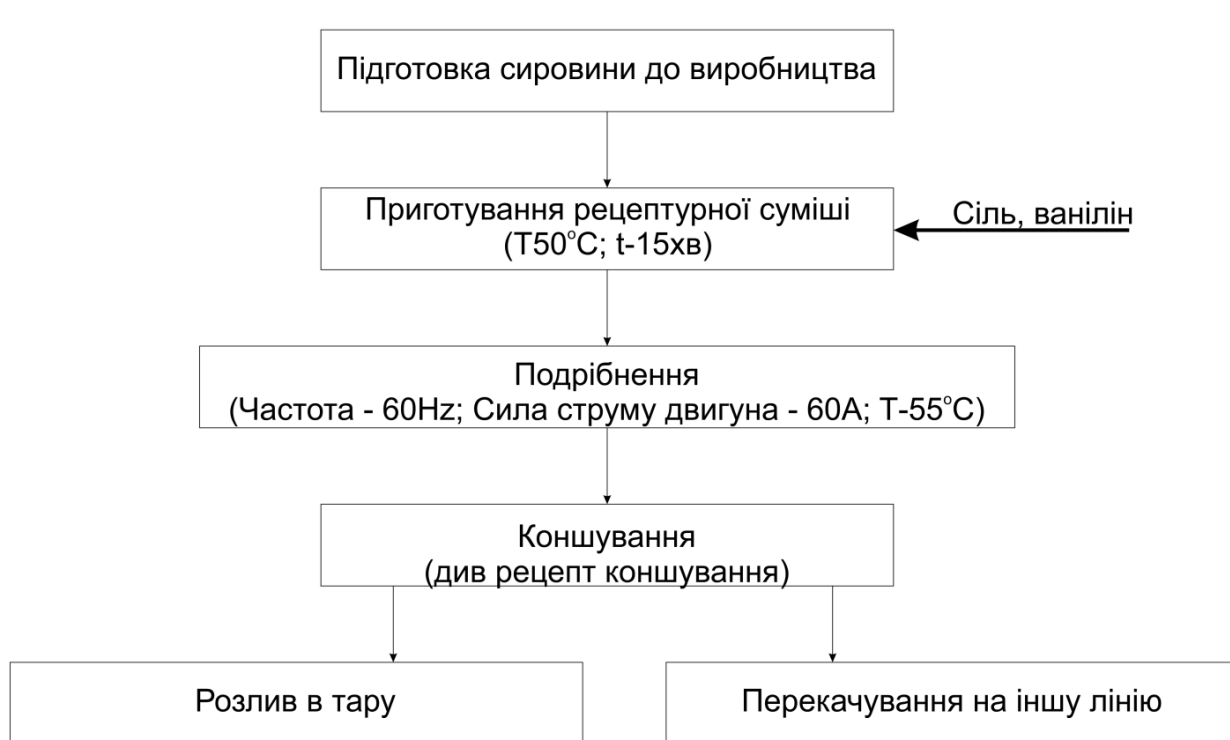


Рисунок 4.1 принципова схема виготовлення шоколаду

1. Підготовка сировини до виробництва.

Сировина, яка передбачена рецептурою для виробництва шоколаду, повинна відповідати вимогам діючих стандартів та технічних умов, а вся органічна сировина додатково має супроводжуватись органічними сертифікатами. Підготовка має здійснюватися згідно з «Технологічною інструкцією з підготування сировини та напівфабрикатів до виробництва» та «Інструкцією по попередженню попадання сторонніх домішок у продукцію» з дотриманням санітарних норм та правил.

2. Приготування рецептурної суміші

В міксерну ємкість подається сировина в такій послідовності:

1. Какао масло
2. Лецитин
3. Сухі молочні порошки та забарвлюючий інгредієнт
4. Цукор

Що є програмою для лінії.

Тривалість дозування складає 15 хв.

Після повного спустошення підміксерної ємкості порція продукту, що замішана в міксері спускається оператором за допомогою клапану в підміксерну ємкість, після чого насосом перекачується в перший кульковий млин.

3. Подрібнення

Подрібнення здійснюється автоматично на кульковому млині. Оператор контролює і регулює параметри за необхідності. Після подрібнення маса перекачується в конш-машину. Оператор контролює цілісність сита на виході із другого млина 2 рази на зміну.

4. Коншування

Коншування здійснюється за заданим рецептом. Рецепт на конш контролює технолог перед запуску коншування. Додаток 3

5.1. Розлив

Розлив здійснюється в гофроящики з пакетами по 25кг через ваги. Після розливу гофроящики з продуктом маркуються і укладаються на стелажі. Після чого транспортуються в холодильну камеру. Після 12 годин стелажі транспортуються в пакетувальне відділення де ящики укладаються на палети і обмотуються траспортною стрічкою. Далі транспортуються на склад.

5.2 Перекачування на лінію цукерок

Перекачування здійснюється за заданою програмою оператором.

Технологічна інструкція по виробництву цукерок «Метіда» та «Галатея»

Технологічна схема виробництва шоколаду складається з таких технологічних фаз:

1. Підготовка сировини до виробництва;
2. Темперування шоколадної маси;
3. Змішування рецептурної суміші;
4. Формування;
5. Охолодження;
6. Загортання;
7. Фасування;
8. Укладання.



Рисунок 4.2 принципова схема виготовлення цукерок

1. Підготовка сировини до виробництва;

Сировина, яка передбачена рецептурою для виробництва цукерок, повинна відповідати вимогам діючих стандартів та технічних умов, а вся органічна сировина додатково має супроводжуватись органічними сертифікатами. Підготовка має здійснюватися згідно з «Технологічною інструкцією з підготування сировини та напівфабрикатів до виробництва» та «Інструкцією по попередженню попадання сторонніх домішок у продукцію» з дотриманням санітарних норм та правил.

2. Темперування шоколадної маси:

Темперування здійснюється в спеціалізованому обладнанні автоматично. Контроль температуру здійснюється раз на зміну технологом за допомогою термометра.

3. Замішування рецептурної суміші:

Замішування суміші відбувається в спеціалізованому міксері безперервного типу роботи. В нього в певному співвідношенні (яке задається програмно) подаються інгредієнти згідно рецептури.

4. Формування

Формування відбувається на ротаційно-фрмувальній машині. Програмно задається частота обертання барабану.

5. Охолодження виробів

Здійснюється в холодильній камері. Оператор контролює температуру в холодильній камері.

6. Загортання

Загортання здійснюється на пакувальному автоматі, який загантає кожду цукерку в індивідуальну упаковку типу «Flow-pack». Оператор візуально контролює цілісність пакування і перевіряє кількість шт. в 1 кг раз на зміну.

7. Фасування

Фасування здійснюється на фасувальному автоматі в пакети подушки. Оператор контролює точність зважування раз на 1 годину.

8. Укладання

Укладання здійснюється вручну в гофроящики, по 6 пакетів. Далі на гофроящик наноситься маркування і ящики укладаються на піддон. Повністю зібраний піддон обмотується транспортною плівкою і транспортується на склад.

Опис технологічних схем підготовки сировини до виробництва

Підготовка какао масла: Масло зберігається в холодильній камері (2). Для його підготовки знімають зовнішню тару і пакет з жиром ставлять на стіл плавильної печі (3), звільнюють жир від пакету і завантажують на решітку плавильної печі. В плавилці жир плавиться, після чого його перекачують насосом (4) в танк (5).

Підготовка цукру полягає в тому, що з піддону (8) знімаються мішки після чого проводиться зачистка зовнішньої тари мішка від забруднень. Далі мішки перекидаються мішкоперекидачем (9) в просіювач (10), після просіювача цукор потрапляє в бункер задувочної машини (11) далі за допомогою повітря пневмотранспортером (12) цукор транспортується в силос цукру (13). В пневмотранспортер (12) подається стиснене повітря із компресору (1). Після чого за потребою цукор подається шнеком (14) на порцію в міксер.

Підготовка молока сухого знежиреного полягає в, що з піддону (8) знімаються мішки після чого проводиться зачистка зовнішньої тари мішка від забруднень. Далі мішки перекидаються мішкоперекидачем (9) в просіювач (10), після просіювача молоко сухе знежирене потрапляє в бункер задувочної машини (11) далі за допомогою повітря пневмотранспортером (12) транспортується в силос (13). В пневмотранспортер (12) подається стиснене повітря із компресору (1). Після чого за потребою молоко сухе знежирене подається шнеком (14) на порцію в міксер.

Підготовка молока сухого знежиреного полягає в тому, що з піддону (8) знімаються мішки після чого проводиться зачистка зовнішньої тари мішка від забруднень. Далі мішки перекидаються мішкоперекидачем (9) в просіювач (10), після просіювача МСЦ потрапляє в бункер задувочної машини (11) далі за допомогою повітря пневмотранспортером (12) воно транспортується в силос (13). В пневмотранспортер (12) подається стиснене повітря із компресору (1). Після чого за потребою подається шнеком (14) на порцію в міксер.

Підготовка журавлини сушеної подрібненої полягає в зважуванні і інспектуванні на столі з вагами (15).

Підготовка ваніліну солі, спіруліни і кліторії полягає в зважуванні на столі з вагами (15).

Підготовки лецитину полягає в тому, що з бочки (16) лецитин подається в танк лецитину (17), після чого лецитин насосом (18) подається на виробництво.

Схема підготовки фундуку полягає в тому, що подрібнений фундук інспектуються і зважуються на столі з вагами (19) після чого горіхи проходять через каменевідбірник (20), після чого транспортером (21) вони подаються в сушильний апарат (22), де підсушуються. Після чого вивантажуються в діжу (23) і так транспортуються на виробництво.

Опис технологічних схем виробництва шоколадних мас

На міксер з авто вагами (24) подаються компоненти рецептури згідно заданого рецепту після того як від дозувалися всі компоненти рецептури на міксер порція спускається в під міксерну ємність (25) за умови що в ній порожньо. В під міксерну ємність додається ванілін сіль та фарбуючи компоненти. Далі порція насосом (26)

подається в перший млин (27) видавлюючи попередню порцію в проміжний бачок (28) звідки вона насосом (29) подається в другий млин (30). Після стадії подрібнення маса проходить вібросито (31), для відокремлення не подрібненого цукру. Прохід з сита спускається в бачок (28) після чого насосом (29) подається в конш машину (32). Схід з сита повертають в під міксерну ємність, щоб повторно подрібнити. В конш-машині відбувається стадія коншування яка проходить по заданому рецепту на конш згідно додатку. Рецепт на конш складається із кроків які включають зміни температури відкривання і закривання заслінок, зміна напрямку обертання мішалки, струм головного двигуна тощо. Після того як маса відкошується в ній перевіряють реологічні показники. По готовності маса перекачується в танк (33). Для розливу маси вона подається із танку на вібросито (31) після чого прохід з сита подається насосом на розлив. розлив здійснюється через станцію розливу і ваги в роликовому транспортері. Після розливу ящики з масою заклеюються і укладаються на стелаж (35). Стелажі з ящиками транспортуються в холодильну камеру (36).

Опис технологічної схеми виробництва цукерок

Технологічна схема виготовлення цукерок починається з темперування маси в темпермашині (37) куди маса перекачується після вібросита перед розливом. Темперування полягає в поступових змінах температури для того, щоб досягти утворення в масі кристалів жиру відповідної конфігурації – стабільної форми. Після темперування шоколадна маса подається в дозатор (40) після чого вона подається в шнек-міксер ротаційно-формуєчої машини. Паралельно в воронку (38) завантажуються підготовлена горіхова сировина і журавлина сушена подрібнена. Далі транспортером (39) суміш подається в шнек-міксер. В шнеку суха суміш змішується з шоколадною масою і подається на вал формуєчої машини (41). Так формується цукери, які необхідно охолодити. Для цього транспортером вони подаються в холодильну камеру (42). Після охолодження цукерки подаються в пакувальний автомат типу «Flow-pack» (43). Загорнуті н/ф транспортуються транспортером (44) в фасувальний апарат (45) де пакуються в пакет-подушку. Далі пакети укладаються в гофроящики і подаються в машину для заклеювання коробів (46).

На фінальній стадії коробка з цукерками проходять конвеєр з металодетектором (47) і укладаються на піддон (48), після чого піддони подаються на обандеролювач (49).

Дослідження впливу натуральних інгредієнтів на собівартість готових виробів

Для проведення аналізу впливу вартості нових інгредієнтів на собівартість необхідно оцінити долю сировини в структурі собівартості. Як зазначено в роботі [54] сировина і матеріали в структурі собівартості ПрАТ «АВК» склали від 30% до 44%. Для нашої симуляції припустимо, що в структурі собівартості початково сировина має складати 35%

Таблиця 4.5 Оптові ціни і витрати на сировину для цукерок без фарбуючи інгредієнтів.

Найменування сировини	Витрати сировини, кг	Оптова ціна 1 кг, грн	Витрати на сировину, грн
Цукор білий кристалічний	337,06	26	8763,57
Какао масло	177,40	400	70960,07
Пластівці кукурудзяні	129,85	90	11686,44
Подрібнені ядра фундуку	129,85	308	39993,60
Молоко сухе незбиране	98,56	250	24638,82
Сушена журавлина	77,91	300	23372,88
Кокосова стружка	38,95	150	5843,22
Молоко сухе знежирене	39,42	110	4336,28
Лецитин	3,29	300	985,56
Сіль харчова	0,66	41	26,94
Ванілін	0,20	220	43,36
Разом	1033,14		190650,73

Виходячи із наведених даних про структуру собівартості можемо розрахувати собівартість 1т виробів –

$$СВ = 190650,73 * 100 / 35 = 544716,36 \text{ грн}$$

Розрахуємо собівартість цукерок з «Метіда» і «Галатея»

Таблиця 4.6 Оптові ціни і витрати на сировину для цукерок «Метіда»

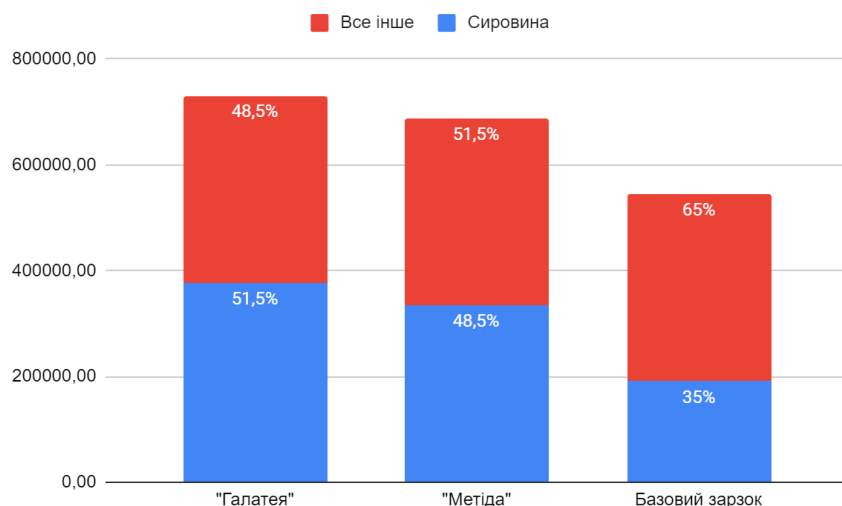
Найменування сировини	Витрати сировини, кг	Оптова ціна 1 кг, грн	Витрати на сировину, грн
Цукор білий кристалічний	337,06	26	8763,57
Какао масло	177,40	400	70960,07
Пластівці кукурудзяні	129,85	90	11686,44
Подрібнені ядра фундуку	129,85	308	39993,60
Молоко сухе незбиране	91,99	250	22996,32
Сушена журавлина	77,91	300	23372,88
Кокосова стружка	38,95	150	5843,22
Поршок квітів кліторії трійчастої	32,85	4500	147833,47
Молоко сухе знежирене	13,14	110	1445,48
Лецитин	3,29	300	985,56
Сіль харчова	0,66	41	26,94
Ванілін	0,20	220	43,36
Разом	1033,14		333950,90

Таблиця 4.7 Оптові ціни і витрати на сировину для цукерок «Галатея»

Найменування сировини	Витрати сировини, кг	Оптова ціна 1 кг, грн	Витрати на сировину, грн
Цукор білий кристалічний	337,06	26	8763,57
Какао масло	177,40	400	70960,07
Пластівці кукурудзяні	129,85	90	11686,44
Подрібнені ядра фундуку	129,85	308	39993,60
Молоко сухе незбиране	91,99	250	22996,32
Сушена журавлина	77,91	300	23372,88
Кокосова стружка	38,95	150	5843,22
Синя спіруліна	32,85	5800	190540,92
Молоко сухе знежирене	13,14	110	1445,48
Лецитин	3,29	300	985,56
Сіль харчова	0,66	41	26,94
Ванілін	0,20	220	43,36
Разом	1033,14		376658,34

Дані оптової ціни взяті з ресурсів [55-56]

Графік 4.1 Доля сировини в структурі собівартості



Як можна побачити, що ріст частки сировини в структурі собівартості доволі значний. Можна вирахувати, що Загальна собівартість для цукерок «Галатея» на 34% більша ніж базовий зразок цукерок на основі білого шоколаду, а для цукерок «Метіда» на 26,3%. Однак слід зазначити, що синя спіруліна і порошок квітів кліторії в разі їх масових закупівель можуть обійтись значно дешевше ніж зазначено в розрахунках (для спіруліни – 5800 грн/кг, для порошку квітів кліторії – 4500 грн/кг), відповідно вплив на собівартість буде меншим.

Висновки до розділу

- 1 В розділі наведені уніфіковані та зведені рецептури для цукерок «Метіда» та «Галатея», які відповідно виготовляються з шоколаду W2731 «Methis» і W2731 «Galatea».
- 2 Наведені технологічні інструкції виготовлення вказаних виробів з врахуванням технологічних особливостей лінії.
- 3 Наведений опис технологічних схем підготовки сировини, виготовлення шоколаду та цукерок з шоколаду та сухих інгредієнтів.
- 4 Наведений аналіз впливу нових інгредієнтів на собівартість. Визначено, що вплив можна вважати помітним, однак прийнятним. При наявних даних ціна нових виробів буде вища від 26% до 32% в залежності від забарвлюючого інгредієнта.

Загальні висновки

1. Аналіз літературних джерел розкрив важливість пошуку альтернатив синтетичним барвникам синього кольору, враховуючи сучасні тенденції, та потенційні ризики їх застосування.
2. Детально описано характеристики натуральних альтернатив – фарбуючих речовин. Наведені їх походження, хімічні, фізико-хімічні, та біологічні властивості. Описані методи їх отримання та їх основні складові частини.
3. Обґрунтовано доцільність застосування кольорового простору CIELab для проведення досліджень.
4. Розроблено блок-схему досліджень та підібрані методики по проведенню досліджень, для різностороннього визначення перспектив застосування натуральних аналогів синтетичним барвникам.
5. Проведені дослідження властивостей барвників в їх товарних формах. Визначено, що спіруліна має надмірний розмір кристалів, які необхідно подрібнювати. Також визначено, що оптичну густину синтетичний водорозчинний барвник збільшує в 19 разів більш активно ніж кліторія та в 92 рази більш активно ніж спіруліна.
6. Експериментальним шляхом встановлені концентрації барвників з якими будуть проводитись подальші дослідження.
7. Проведені дослідження пов'язані з визначенням параметрів кольорового простору CIELab в виготовлених зразках з різною концентрацією барвників в глазурі та шоколаді. Дослідження проводились за допомогою графічного редактора Photoshop та спектрофотометр.
8. Проведена обробка отриманих даних за допомогою табличного редактора Excel. Обробка проводилась шляхом визначення рівняння графіку функції побудованого з отриманих параметрів.
9. Також було визначено, що зразки з кліторією мають здатність до незначної зміни кольору в більш фіолетову сторону під дією світла (протягом 30 днів).
10. Порівняно дані отримані за допомогою Photoshop та спектрофотометром. Визначено, що результати визначень через Photoshop мають меншу точність та є більш волатильними, так як більше залежать від освітлення та кута, під яким здійснюється фотозйомка.
11. За допомогою отриманих даних розроблені калібрувальні шкали, які дозволяють визначати необхідну концентрацію барвника, для отримання бажаного кольору.
12. Відмічено зміну реологічних параметрів в шоколаді зразками з кліторією. Визначення показало, що кліторія суттєво впливає на реологічні параметри.

13. Виходячи із даних про вплив кліторії на реологію була висунута гіпотеза про те, що натуральні барвники мають різну жирозв'язуючу здатність. Тож було проведене визначення ЖЗЗ. Воно показало, що спіруліна має нижчу ЖЗЗ ніж кліторія. Дослідження проводилось як в фарбуючих речовинах, як таких, так і в зразках шоколаду з цими барвниками.
14. Також за допомогою наявних даних були проведені теоретичні розрахунки, які показали, що в шоколаді, як середовищі, наявні додаткові сили зв'язування жиру, так як жирозв'язуюча здатність чистого барвника була нижча ніж барвника в перерахунку із шоколаду. Був зроблений висновок про наявність недосліджених сил, які впливають на зв'язування жиру в шоколаді.
15. На основі отриманих результатів були виготовлені цукеркові вироби, розроблені рецептури, технологічні інструкції, та інша супутня документація.
16. Були розроблені символічні назви для виробів та наведені ідеї для відповідних пакувальних матеріалів.
17. Був проведений розрахунок впливу вказаних барвників на собівартість, який показав, що на наявних даних вплив на собівартість є прийнятним.

Список використаних джерел

1. Baldzhy, Maryna, Oleksandr Nosachenko, and Sergii Nezdoyminov. «FORECAST OF THE EXPORT OF CONFECTIONERY PRODUCTS OF UKRAINE TO FOOD MARKETS.»International Journal of Agricultural & Statistical Sciences 17.1 (2021).
2. Iuri Baptista, Dominique Valentin, Erick Saldaña, Jorge Behrens, «Effects of packaging color on expected flavor, texture, and liking of chocolate in Brazil and France», International Journal of Gastronomy and Food Science, Volume 24, (2021)
3. Geol Lee, Seung, et al. «Development of a comprehensive visual dataset based on a CIE blue color center: assessment of color difference formulae using various statistical methods.» Color Research & Application 36.1 (2011): 27-41.
4. Color Basics [Електронний ресурс] // [U.S. General Services Administration](https://www.usability.gov/how-to-and-tools/methods/color-basics.html). URL: <https://www.usability.gov/how-to-and-tools/methods/color-basics.html> (дата звернення 05.01.2024)
5. Elliot, Andrew J., and Markus A. Maier. "Color psychology: Effects of perceiving color on psychological functioning in humans." Annual review of psychology 65 (2014): 95-120.
6. Khattak, Ali, Khan, Shah. «Color Psychology in Marketing. Journal of Business and Tourism», 04(01), 183. ISSN: 2520-0739. (2018).
7. Singh, Satyendra. "Impact of color on marketing." Management decision 44.6 (2006): 783-789.
8. Юлія Мельницька «Наскільки має значення колір їжі» [Електронний ресурс] URL: <https://investory.news/isti-ochima-naskilki-maye-znachennya-kolir-izhi> (дата звернення 05.01.2024)
9. Владислава Рикова «Вплив кольору на купівельну спроможність» [Електронний ресурс] URL: <https://vlada-rykova.com/ua/psihologija-cveta-v-marketinge> (дата звернення 05.01.2024)
10. Веретільник, Тимофій Іванович, et al. "Основи теорії кольору: навчально-методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «бакалавр» зі спеціальності 186 Видавництво та поліграфія усіх форм навчання." Черкаси: ЧДТУ (2020).
11. «ЇЖА ТА КОЛІР: ЦО ЦЕ ВСЕ ОЗНАЧАЄ?» [Електронний ресурс] URL: <https://uae.pvgazeta.info/articles/izha-ta-kolir-shho-ce-vse-oznachae.html> (дата звернення 05.01.2024)

12. Louise Ward «Синій колір: психологія та значення» [Електронний ресурс]
URL: <https://uk.warbletoncouncil.org/significado-psicologia-color-azul-3735> (дата звернення 05.01.2024)
13. Food Standards Agency. Approved additives and E-numbers. [Електронний ресурс]
URL: <https://www.food.gov.uk/business-guidance/approved-additives-and-e-numbers>
(дата звернення 05.01.2024)
14. EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS). "Scientific Opinion on the re-evaluation of Patent Blue V (E 131) as a food additive." *EFSA Journal* 11.3 (2013): 2818.
15. EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS). "Scientific Opinion on the re-evaluation of Indigo Carmine (E 132) as a food additive." *EFSA Journal* 12.7 (2014): 3768.
16. EFSA Panel on Food Additives and Flavourings (FAF), et al. "Follow-up of the re-evaluation of indigo carmine (E 132) as a food additive." *EFSA Journal* 21.7 (2023): e08103.
17. EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS). "Scientific Opinion on the re-evaluation of Brilliant Blue FCF (E 133) as a food additive." *EFSA Journal* 8.11 (2010): 1853.
18. Laganà, Pasqualina, et al. "The Codex Alimentarius and the European legislation on food additives." *Chemistry and hygiene of food additives* (2017): 23-32.
19. FAOLEX. "Regulations on the use of colours in foodstuffs." [Електронний ресурс] URL: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/mlt41684.pdf> (дата звернення 05.01.2024)
20. Carle, Reinhold, and Ralf Schweiggert, eds. *Handbook on natural pigments in food and beverages: Industrial applications for improving food color*. Woodhead Publishing, 2016.
21. Neves, Maria Isabel Landim, Eric Keven Silva, and Maria Angela A. Meireles. "Natural blue food colorants: Consumer acceptance, current alternatives, trends, challenges, and future strategies." *Trends in Food Science & Technology* 112 (2021): 163-173.
22. Valderrama, Jose O., Michel Perrut, and Wieslaw Majewski. "Extraction of astaxantine and phycocyanine from microalgae with supercritical carbon dioxide." *Journal of Chemical & Engineering Data* 48.4 (2003): 827-830.
23. Holton, Timothy A., and Edwina C. Cornish. "Genetics and biochemistry of anthocyanin biosynthesis." *The Plant Cell* 7.7 (1995): 1071.
24. Denish, Pamela R., et al. "Discovery of a natural cyan blue: A unique food-sourced anthocyanin could replace synthetic brilliant blue." *Science advances* 7.15 (2021): eabe7871.

25. Welch, Cara R et al. "Recent Advances in Anthocyanin Analysis and Characterization." *Current analytical chemistry* vol. 4,2 (2008): 75-101
26. Pamela R. Denish et al. Discovery of a natural cyan blue: A unique food-sourced anthocyanin could replace synthetic brilliant blue. *Sci. Adv.* 7,eabe7871(2021).
27. Galvano, Fabio, et al. "Cyanidins: metabolism and biological properties." *The Journal of Nutritional Biochemistry* 15.1 (2004): 2-11.
28. Kowalczyk, Edward, et al. "Anthocyanins in medicine." *Polish journal of pharmacology* 55.5 (2003): 699-702.
29. Arnous, Anis, Dimitris P. Makris, and Panagiotis Kefalas. "Effect of principal polyphenolic components in relation to antioxidant characteristics of aged red wines." *Journal of agricultural and food chemistry* 49.12 (2001): 5736-5742.
30. Cai, Yi-Zhong, et al. "Phenolic antioxidants (hydrolyzable tannins, flavonols, and anthocyanins) identified by LC-ESI-MS and MALDI-QIT-TOF MS from *Rosa chinensis* flowers." *Journal of agricultural and food chemistry* 53.26 (2005): 9940-9948.
31. Degenhardt, Andreas, Holger Knapp, and Peter Winterhalter. "Separation and purification of anthocyanins by high-speed countercurrent chromatography and screening for antioxidant activity." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48.2 (2000): 338-343.
32. Hiramatsu, Midori, and Toshikazu Yoshikawa. "Reactivity of anthocyanin toward reactive oxygen and reactive nitrogen species." *Molecular interventions in lifestyle-related diseases*. CRC Press, 2005. 361-368.
33. Juranić, Zorica, and Željko Žižak. "Biological activities of berries: from antioxidant capacity to anti-cancer effects." *Biofactors* 23.4 (2005): 207-211.
34. Wang, Hong, Guohua Cao, and Ronald L. Prior. "Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins." *Journal of agricultural and Food Chemistry* 45.2 (1997): 304-309.
35. Wang, Haibo, et al. "Antioxidant and antiinflammatory activities of anthocyanins and their aglycon, cyanidin, from tart cherries." *Journal of natural products* 62.2 (1999): 294-296.
36. Wrolstad, Ronald E., Robert W. Durst, and Jungmin Lee. "Tracking color and pigment changes in anthocyanin products." *Trends in Food Science & Technology* 16.9 (2005): 423-428.
37. Naidu, K. Akhilender, et al. "Toxicity assessment of phycocyanin-A blue colorant from blue green alga *Spirulina platensis*." *Food Biotechnology* 13.1 (1999): 51-66.
38. Usharani, G., P. Saranraj, and D. Kanchana. "Spirulina cultivation: A review." *Int J Pharm Biol Arch* 3.6 (2012): 1327-1341.

39. Jaeschke, Débora Pez, et al. "Phycocyanin from Spirulina: A review of extraction methods and stability." *Food Research International* 143 (2021): 110314.
40. Chentir, Imene, et al. "Stability, bio-functionality and bio-activity of crude phycocyanin from a two-phase cultured Saharian *Arthrospira* sp. strain." *Algal research* 35 (2018): 395-406.
41. Fernández-Rojas, Berenice, Jesús Hernández-Juárez, and José Pedraza-Chaverri. "Nutraceutical properties of phycocyanin." *Journal of functional foods* 11 (2014): 375-392.
42. Chamorro-Cevallos, G. "Methods for extraction, isolation and purification of C-phycocyanin: 50 years of research in review." *Int. J. Food Nutr. Sci* 3 (2016): 1-10.
43. Fratelli, Camilly, et al. "Antioxidant potential of nature's "something blue": something new in the marriage of biological activity and extraction methods applied to C-phycocyanin." *Trends in Food Science & Technology* 107 (2021): 309-323.
44. Pagels, Fernando, et al. "Phycobiliproteins from cyanobacteria: Chemistry and biotechnological applications." *Biotechnology Advances* 37.3 (2019): 422-443.
45. Fernández-Rojas, Berenice, Jesús Hernández-Juárez, and José Pedraza-Chaverri. "Nutraceutical properties of phycocyanin." *Journal of functional foods* 11 (2014): 375-392.
46. Romay, C. H., et al. "C-phycocyanin: a biliprotein with antioxidant, anti-inflammatory and neuroprotective effects." *Current protein and peptide science* 4.3 (2003): 207-216.
47. Bhat, Vadiraja B., and K. M. Madyastha. "C-phycocyanin: a potent peroxy radical scavenger in vivo and in vitro." *Biochemical and biophysical research communications* 275.1 (2000): 20-25.
48. Rimbau, V., et al. "Naunyn-Schmiedeberg's Arch." (2001): 96-104.
49. Yam, Kit L., and Spyridon E. Papadakis. "A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces." *Journal of food engineering* 61.1 (2004): 137-142.
50. Briones, Vilbett, and Josè M. Aguilera. "Image analysis of changes in surface color of chocolate." *Food research international* 38.1 (2005): 87-94.
51. Ngamdee, Paradorn, Apisara Bunnasart, and Atitaya Sonda. "Development of a functional food: Milk chocolate fortified with anthocyanin from broken Riceberry." *Life Sciences and Environment Journal* 20.1 (2019): 81-89.
52. ДСТУ 3924:2014. «Шоколад. Загальні технічні умови» Чинний від 2015-07.01. Київ : Технічний комітет стандартизації «Продукція кондитерська та харчоконцентратна» (ТК 152), 2014. – 20 с. – Державний стандарт України

53. ДСТУ 4135:2021 «Цукерки. Загальні технічні умови» Чинний від 2021.10.01. Київ : Технічний комітет стандартизації «Продукція кондитерська та харчоконцентратна» (ТК 152), 2021. – 20 с. – Державний стандарт України 24с. – Державний стандарт України
54. Єрмак, Анастасія Сергіївна. "Обґрунтування управлінських рішень в сфері управління матеріальними запасами підприємства (за матеріалами ПрАТ «Кондитерська фабрика «АВК», м. Дніпро»)." (2023).
55. Prom.ua [Електронний ресурс] URL: <https://prom.ua/ua/> (дата звернення 05.01.2024)
56. Flagma.ua [Електронний ресурс] URL: <https://flagma.ua/> (дата звернення 05.01.2024)

REFERENCE MATERIAL CERTIFICATE

Reference Material

This certificate is designed in accordance with ISO Guide 31. This reference material (RM) was designed, produced and verified in accordance with a registered quality management system ISO 9001. All measurements were performed according to ISO/IEC 17025 by a DAkkS accredited laboratory (D-PL-19883-01-00).

Product Name

Patent Blue V

Product Code

DRE-C15895900

CAS No.

20262-76-4

Mol. Weight

582.66

Mol. Formula

$C_{27}H_{31}N_2O_7S_2 \cdot Na$

Lot Number

1391499

Format

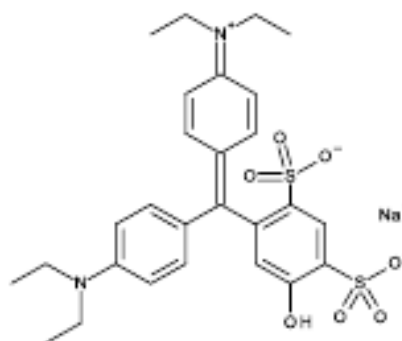
Neat

Expiry Date

07 Nov 2029

Storage Temp

$20^{\circ}C \pm 4^{\circ}C$



CERTIFIED

Purity
87.0% (g/g)

CERTIFIED

Expanded Uncertainty (U)
3.0% (g/g)

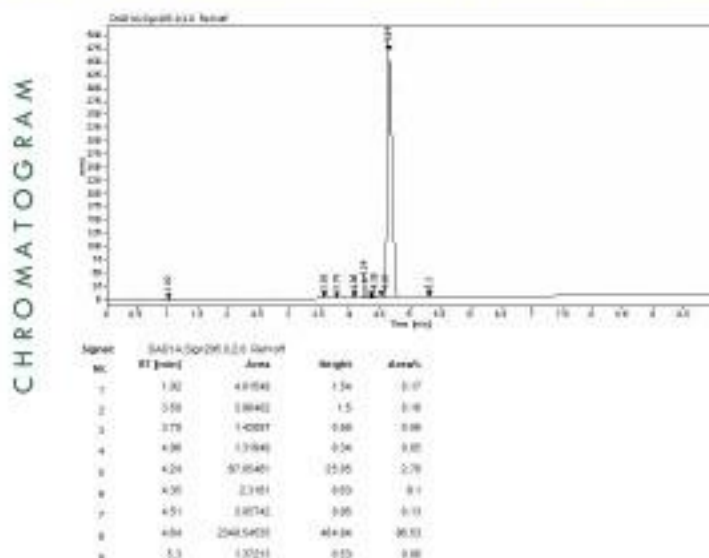
Uncertainty

The certified value(s) and uncertainty(ies) are determined in accordance with EURACHEM/CITAC Guide for "Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement, 3rd edition", with an 95% confidence level ($k=2$). Uncertainty is based on the Total Combined Uncertainty, including uncertainties of characterisation and stability testing. Stability values are based on real evidence opposed to simulation.

The producer certifies that this reference material meets the specification stated in this certificate until the expiry date, provided it is stored unopened at the recommended temperature herein. Product warranties for this reference material are set out in the terms and conditions of purchase.

CERTIFIED BY	CERTIFIED ON		
L. Messerschmid	07 Nov 2023	<i>L. Messerschmid</i>	RM Release

REFERENCE MATERIAL CERTIFICATE



Instrument
UHPLC/DAD

Detection
DAD

Column
LUNA Omega C18 1.6 µm 100 x 2.1 mm

Method Details
see Batch Information

Inj. -Vol.
2.0 µL

Flow
0.5 mL/min

Method of Characterisation

Purity was determined by elemental analysis

Method of Identification

EA, NMR, RT, IR, MS, UV

Batch Information

Water Content: 5.2% (g/g) by Karl-Fischer-Titration (U(exp) = 1.0% (g/g)).

Method Details:

Eluent A: 100% Acetonitrile

Eluent B: Water + 0.5% H₃PO₄

Time [min]	Eluent A [%]	Eluent B [%]
0	10	90
0.3	10	90
8	100	0
9.5	100	0

Intended Use

This RM is intended for use in a laboratory as a calibration and quality control standard or in method development for analytical techniques.

Safety

Proper precautions should be observed while handling. See Safety Data Sheet.

Traceability

The balances used for gravimetric measurements are calibrated with weights traceable to the national

standards (DKD). The calibration of the balances is verified daily internally and annually by an external accredited calibration service. Chromatographic methods are traceable to the International System of Units (SI).

Storage

The RM should be stored in the original sealed container at the indicated temperature.

Instructions for use

It is recommended to use 1 mg as the minimum sample size and if less material is used, to increase the certified uncertainty by a factor of two for half sample and four for a quarter of sample. If storage after opening is necessary, the RM should be tightly closed and kept from light and moisture. If the RM was in a sealed ampoule, it should be transferred to a vial with minimum head space. Visit the support section of our website lgcstandards.com for a series of Dr. Ehrenstorfer Tech Tip videos and frequently asked questions.

Reference Material

This certificate is designed in accordance with ISO 17034 and ISO Guide 31. This reference material (RM) was designed, produced and verified in accordance with ISO/IEC 17025, ISO 17034 and a registered quality management system ISO 9001.

Product Name

Indigotine

Product Code

DRE-C14289000

Lot Number

G1388807

CAS No.

860-22-0

Format

Neat

MoL Weight

466.35

Expiry Date

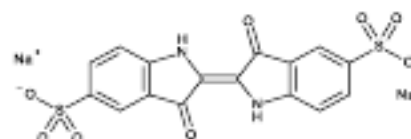
19 Jul 2026

MoL Formula

 $C_{16}H_8N_2O_8S_2 \cdot 2Na$

Storage Temp

20°C ± 4°C



CERTIFIED

Purity
89.00% (g/g)

CERTIFIED

Expanded Uncertainty (U)
1.61% (g/g)

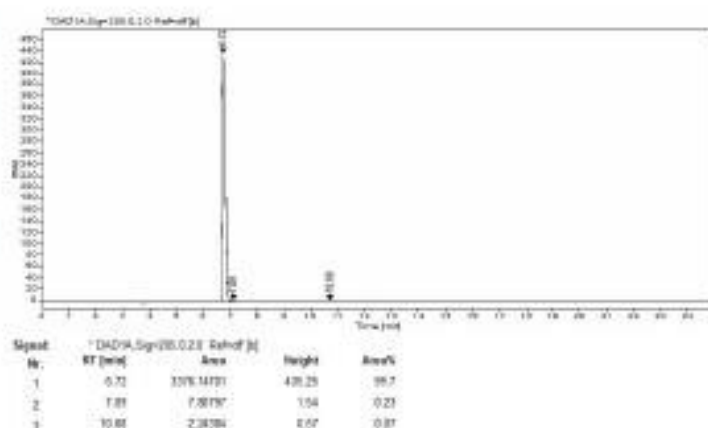
Uncertainty

The certified value(s) and uncertainty(ies) are determined in accordance with ISO 17034 with an 95% confidence level ($k=2$). Uncertainty is based on the Total Combined Uncertainty, including uncertainties of characterisation, homogeneity and stability testing. Stability values are based on real evidence opposed to simulation.

The producer certifies that this reference material meets the specification stated in this certificate until the expiry date, provided it is stored unopened at the recommended temperature herein. Product warranties for this reference material are set out in the terms and conditions of purchase.

CERTIFIED BY	CERTIFIED ON		
N. Müller	19 Jul 2023		RM Release

CHROMATOGRAM



Instrument
HPLC/DAD

Detection
DAD

Column
Synergi Polar-RP 4 µm 250 x 4.6 mm

Method Details
see Batch Information

Inj.-Vol.
10.0 µL

Flow
1 mL/min

Method of Characterisation

Purity was determined by quantitative ¹H-NMR

Method of Identification

EA, NMR, RT, IR, MS, UV

Batch Information

Water Content: 7.07% (g/g) by Karl-Fischer-Titration (U_{exp}) = 0.04% (g/g).

Method Details

Eluent A: 100% Acetonitrile

Eluent B: Water + H₃PO₄

Time [min]	Eluent A [%]	Eluent B [%]
0	10	90
1	10	90
20	100	0
25	100	0

Intended Use

This RM is intended for use in a laboratory as a calibration and quality control standard or in method development for analytical techniques.

Safety

Proper precautions should be observed while handling. See Safety Data Sheet.

Traceability

The balances used for gravimetric measurements are calibrated with weights traceable to the national standards (DKD). The calibration of

the balances is verified daily internally and annually by an external accredited calibration service. Chromatographic methods are traceable to the International System of Units (SI).

Homogeneity

Random replicate samples of the final packaged RM have been analysed to prove homogeneity compliant with ISO 17034.

Storage

The RM should be stored in the original sealed container at the indicated temperature.

Instructions for use

It is recommended to use 1 mg as the minimum sample size and if less material is used, to increase the certified uncertainty by a factor of two for half sample and four for a quarter of sample. If storage after opening is necessary, the RM should be tightly closed and kept from light and moisture. If the RM was in a sealed ampoule, it should be transferred to a vial with minimum head space. Visit the support section of our website lgcstandards.com for a series of Dr. Ehrenstorfer Tech Tip videos and frequently asked questions.

**REFERENCE MATERIAL CERTIFICATE****Reference Material**

This certificate is designed in accordance with ISO Guide 31. This reference material (RM) was designed, produced and verified in accordance with a registered quality management system ISO 9001. All measurements were performed according to ISO/IEC 17025 by a DAkkS accredited laboratory (D-PL-19883-01-00).

Product Name

Brilliant Blue FCF

Product Code

DRE-C10665200

CAS No.

3844-45-9

Mol. Weight

792.85

Mol. Formula $C_{37}H_{34}N_2O_9S_3 \cdot 2Na$ **Lot Number**

1383656

Format

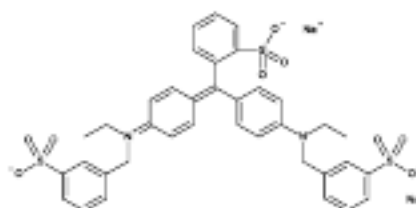
Neat

Expiry Date

04 Oct 2026

Storage Temp

20°C ± 4°C

**CERTIFIED**Purity
76.7% (g/g)**CERTIFIED**Expanded Uncertainty (U)
5.0% (g/g)**Uncertainty**

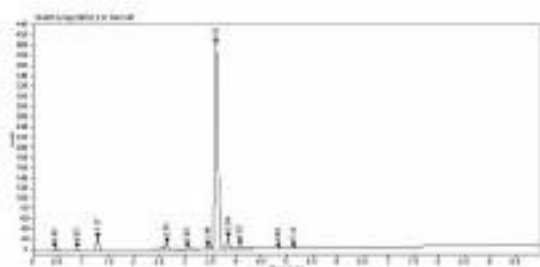
The certified value(s) and uncertainty(ies) are determined in accordance with EURACHEM/CITAC Guide for "Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement, 3rd edition", with an 95% confidence level ($k=2$). Uncertainty is based on the Total Combined Uncertainty, including uncertainties of characterisation and stability testing. Stability values are based on real evidence opposed to simulation.

The producer certifies that this reference material meets the specification stated in this certificate until the expiry date, provided it is stored unopened at the recommended temperature herein. Product warranties for this reference material are set out in the terms and conditions of purchase.

CERTIFIED BY	CERTIFIED ON		
T. Erz	04 Oct 2023		RM Release

REFERENCE MATERIAL CERTIFICATE

CHROMATOGRAM



Name	RT (min)	Area	Height	Asph.
1	22.5	10000	100	0.00
2	2.07	10000	1.1	0.00
3	1.27	10000	0.8	0.00
4	3.03	10000	1.1	0.00
5	1.03	10000	0.8	0.00
6	1.44	10000	0.8	0.00
7	1.8	10000	0.8	0.00
8	1.94	10000	0.8	0.00
9	1.07	10000	0.8	0.00
10	1.03	10000	0.8	0.00
11	1.10	10000	0.8	0.00

Instrument
UHPLC/DAD

Detection
DAD

Column
LUNA Omega C18 1.6 µm 100 x 2.1 mm

Method Details
see Batch Information

Inj. -Vol
2.0 µL

Flow
0.5 mL/min

Method of Characterisation

Purity = 100% - Assay impurities - Water content (KF) - Residual Solvents (NMR)

Method of Identification

EA, NMR, RT, IR, MS, UV

Batch Information

Water Content: 8.6% (g/g) by Karl-Fischer-Titration (U_{exp}) = 0.1% (g/g)

Method Details:

Eluent A: 100% Acetonitrile

Eluent B: Water + 0.5% H₃PO₄

Time [min]	Eluent A [%]	Eluent B [%]
0	10	90
0.3	10	90
8	100	0
9.5	100	0

Intended Use

This RM is intended for use in a laboratory as a calibration and quality control standard or in method development for analytical techniques.

Safety

Proper precautions should be observed while handling. See Safety Data Sheet.

Traceability

The balances used for gravimetric measurements are calibrated with weights traceable to the national

standards (DKD). The calibration of the balances is verified daily internally and annually by an external accredited calibration service. Chromatographic methods are traceable to the International System of Units (SI).

Storage

The RM should be stored in the original sealed container at the indicated temperature.

Instructions for use

It is recommended to use 1 mg as the minimum sample size and if less material is used, to increase the certified uncertainty by a factor of two for half sample and four for a quarter of sample. If storage after opening is necessary, the RM should be tightly closed and kept from light and moisture. If the RM was in a sealed ampoule, it should be transferred to a vial with minimum head space. Visit the support section of our website lgcstandards.com for a series of Dr. Ehrenstorfer Tech Tip videos and frequently asked questions.

LGC Labor GmbH

Bgm.-Schlosser-Straße 6A

86199 Augsburg, Germany

T | +49 821 906080

F | +49 821 9060888

E | dr.ehrenstorfer@lgcgroup.com

Specification

Product Name	Butterfly Pea Flower Powder
Botanical Source	<i>Clitoria ternatea.</i>
Plant Part	Flower

Item	Specification
Assay (HPLC)	Straight Powder
Physical & Chemical Data	
Appearance	Blue Fine Powder
Odor & Taste	Characteristic
Analytical Quality	
Identification	
Sieve	NLT 95% Through 80 mesh
Loss on Drying	≤15.0%
Ash	≤15.0%
Bulk Density	0.25~0.65g/ml
Contaminants	
Total Heavy Metals	≤20ppm
Microbiological Tests	
Total Plate Count	≤10000cfu/g
Yeast & Mold	≤300cfu/g
E.Coli	Negative
Salmonella	Negative
Staphylococcus	Negative
Conclusion	Conform with specification

Storage Cool & dry place.Do not freeze.Keep away from strong light and heat..

Shelf Life 36 months under the conditions above and in its original packaging.

Package In double sealed PP bags, 10/25kgs Drum.

Tested by: Mr Chen Date: 2021-06-02



Якісне посвідчення № 313

Від 04.04.2023

Найменування: рослинний екстракт ЕКО ПЛАНТ

Артикул:	Синій Р 0350	Дата виробництва:	04.04.2023
Партія:	04230016	Обсяг партії	5 кг

Виготовлено згідно з ТУ У 20.1-44745787-003:2022

ДАНІ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИПРОБУВАНЬ:

Найменування показників	Норма	Результат
Зовнішній вигляд та колір	Блакитний порошок	Відповідає
Запах	Характерний	Відповідає
Розчинність	Розчинний у воді	Відповідає
Фарбувальна здатність	Розраховане поглинання 1%-го розчину в дистильованій воді при максимумі біля 618 нм в межах 1,7-1,9	Відповідає

Токсичні елементи

Ртуть, мг/кг, не більше	0,1	0,01
Миш'як, мг/кг, не більше	1,0	0,3
Свинець, мг/кг, не більше	1,0	0,2
Кадмій, мг/кг, не більше	0,2	0,01

Радіологічні показники

Питома активність Цезій-137 (Cs137), Бк/кг, не більше	150	2,24
Питома активність Стронцій-90 (Sr90), Бк/кг, не більше	50	2,32

Мікробіологічні показники

Кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів (МАФАМ), КУО/г, не більше	1×10^1	5×10^1
БГКП (коліформи), в 1,0 г	не допускаються	не виявлено
Патогенні мікроорганізми, в тому числі бактерії роду Сальмонела, в 25,0 г	не допускаються	не виявлено
Плісневі гриби, КУО/г, не більше	1×10^4	1×10^4
Дріжджі, КУО/г, не більше	1×10^7	1×10^1

Протоколи: № 1092 від 14.11.2022р, « Центр превентивної медицини державного управління справами»

Гарантійний термін зберігання: 12 місяців

Умови зберігання: в оригінальній упаковці в сухому, захищеному від прямих сонячних променів приміщенні при температурі від 5°C до 25°C та відносній вологості не більше 85%.

Нач. виробничої лабораторії:

Юрґапова О.Д.

Виробник: ТОВ «КФФ ГРУПП»

Особистий реєстраційний номер потужностей г-UA-32-08-224

Адреса потужностей виробництва:

Україна, 08141, Київська обл., Бучанський р-н, с. Святопетрівське, вул. Київська, 27-Ф

Тел.: +38 (044) 290-96-07



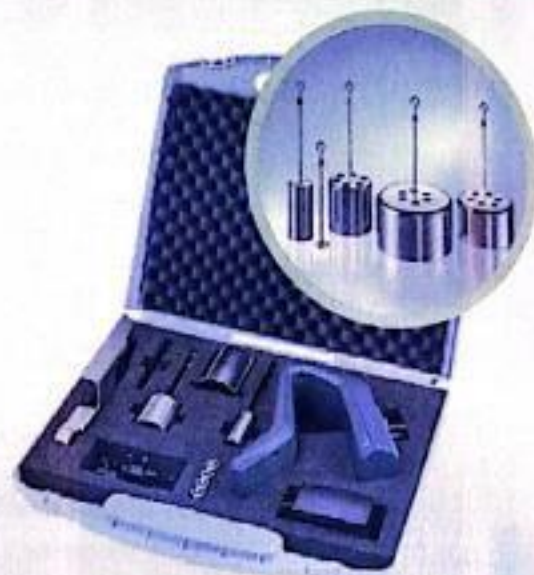
Thermo Scientific HAAKE Viscotester 3 Rotational Viscometer

Виконуйте вимірювання з легкістю

Ротаційний віскозиметр Thermo Scientific™ HAAKE™ Viscotester™ 3 забезпечує надійні вимірювання в'язкості в лабораторії або прямо у Вас в руці. Все в цьому приладі спроектовано так, щоб забезпечити простоту використання: його вишуканий дизайн, індивідуальні налаштування користувача, графічний дисплей з інструкціями для користувача і багато іншого. Весь комплект в одному футлярі для перенесення. Ним так легко користуватися... Це просто геніально.

Простота використання віскозиметра HAAKE Viscotester 3

Завдяки своєму унікальному дизайну прилад автоматично позиціонується з правильним вирівнюванням, незалежно від того, портативний це чи лабораторний штатив. Швидко роз'ємна муфта забезпечує інтелектуальну заміну роторів. Крім того, керування користувача забезпечується кольорним кодуванням геометрії й індикатором діапазону вимірювання. Функція «Memory Assist» дозволяє оператору швидко і легко порівнювати виміряну в'язкість з еталонним значенням.



Ротори з кольорним кодуванням і функцією Select Assist

Додаткові можливості

- Правильне центрування, що забезпечується дизайном і електронним рівнем
- 2.4" кольоровий дисплей з регульованою яскравістю
- Вибір одиниць вимірювання Pa s або dPa s
- Використання з перезаряджуваними батарейками або зовнішнім джерелом живлення
- Сумісність із попередніми моделями HAAKE 1 plus і 2 plus

Принцип вимірювання

Ротор, що обертається з постійною швидкістю, занурюється в тестовану рідину. Опір рідини обертанню вимірюється і перетворюється на вимір в'язкості.



Віскозиметр HAAKE Viscotester 3 на лабораторному стенді

Віскозиметр HAAKE Viscotester 3. Використання «з руки»

Дисплей із даними вимірювань і порівнянням з еталонним значенням

Специфікація	
Діапазони в'язкості*	1,5 мПа с - 1300 мПа с 30 мПа с - 400 000 мПа с
Версія L (для зразків із низькою в'язкістю) Версія R (для зразків з більш високою в'язкістю)	с
Швидкість обертання	62,5 rpm
Температура	До 150 °C
Точність (похибка вимірювань): Ротор R1, R2, R3 ± 5% від кінцевого значення Ротор R5 ± 7.5% від кінцевого значення Ротор R4 ± 10% від кінцевого значення	
* Вибір одиниці в'язкості (дПа с або мПа с): 1 дПа с = 100 мПа с; 1 мПа с = 1 сП	



Каталожний номер	Описання
399-0111	НААКЕ Viscotester 3 L Viscometer Віскозиметр в переносному кейсі з тримачем для лабораторного стенду, двома мірними склянками (А і В), трьома роторами (№ 3, 4 і 5), чотирма акумуляторними батареями і одним адаптером живлення.
399-0112	НААКЕ Viscotester 3 R Viscometer Базовий віскозиметр у переносному кейсі з тримачем для лабораторного стенду, однією мірною чашкою (№ 3), трьома роторами (№ 1, 2 і 3), чотирма акумуляторними батареями і одним адаптером живлення.
222-2358	Ротор 1 Діапазон в'язкості: 300 мПа с – 15 000 мПа с
222-2359	Ротор 2 Діапазон в'язкості: 10 000 мПа с – 400 000 мПа с
222-2360	Ротор 3 Діапазон в'язкості: 30 мПа с – 1300 мПа с
222-2361	Ротор 4 Діапазон в'язкості: 1,5 мПа с – 33 мПа с
222-2362	Ротор 5 Діапазон в'язкості: 15 мПа с – 150 мПа с
222-1685	Стакан А
222-1684	Стакан В
222-1686	Стакан 3
222-1678	Лабораторний стенд

Відео огляд за посиланням www.thermofisher.com/viscotester3



рішення для лабораторій

вул. Снових Стрильців, 8, Бровари,
Київська обл., 07400, Україна
тел./факс: (44) 494 42 42 (call-центр)
www.hlr.ua, sales@hkr.ua

Застосування

- Швидкі випробування в'язкості, наприклад, для оптимізації процесу або налаштування машини
- Контроль у виробництві
- Вхідний контроль

Область застосування:

- Друкарські фарби, фарби, чорнила та інші покриття
- Шампуні, креми, лосьйони та аналогічні засоби особистої гігієни
- Масло, мастила, пасти і аналогічні речовини
- Соуси, загусники і аналогічні продукти харчування

ThermoFisher
SCIENTIFIC

Тільки для дослідницького використання. Не використовувати в діагностичних процедурах. Thermo Fisher Scientific Inc., 2018. Усі товарні знаки є власністю Thermo Fisher Scientific і її дочірніх компаній, якщо не вказано інше.
623-2150 11 / 18M



Дифракционный спектрофотометр 3NH YS3060



Спектрофотометр с дифракционной решеткой и дополнительным источником ультрафиолетового освещения **3NH YS3060** является современным и удобным инструментом в сфере контроля цветовых характеристик в разных отраслях промышленности.

Основные особенности:

- Уникальное сочетание современного дизайна и эргономичности;
- Оптическая геометрия $d/8^\circ$, соответствующая стандартам CIE № 15, GB/T 3978, GB2893, GB/T 18833, ISO7724/1, ASTM E1164, DIN5033 Teil;
- Высокоэффективный светодиодный источник освещения с ультрафиолетом и долгим сроком службы;
- Сменная апертурная диафрагма (\varnothing 8 или 4 мм), позволяющая приспособиться к большому количеству образцов;
- Два режима измерения – с включенной и исключенной зеркальной составляющей;
- Измеренные спектры образцов и точные цветовые координаты помогают лучше согласовывать и передавать цвета;
- Высокоточная электронная конфигурация прибора: 3,5-дюймовый цветной LCD-дисплей, емкостный сенсорный экран, вогнутая дифракционная решетка, двойной массив из 256 элементов CMOS-сенсора;
- Передача данных через USB и Bluetooth;
- Устойчивая к загрязнениям и высокостабильная белая калибровочная пластина;
- Большой объем памяти – более 20 000 измерений;
- Два угла наблюдения, различные источники света и разные цветовые индексы и шкалы отвечают разнообразным запросам клиентов;
- Функция определения области измерений для лучшего позиционирования;
- Программное обеспечение для ПК с расширенным функционалом.



Технические характеристики:

Модель	YS3060
Оптическая геометрия	Отражение, d/8° (диффузное освещение, угол обзора 8°),
Диаметр интегрирующей сферы	48 мм
Источник света	Светодиоды, УФ-источник
Спектрофотометрический метод	Вогнутая дифракционная решетка
Сенсор	Двойной массив из 256 элементов, CMOS
Диапазон длин волн	400 – 700 нм
Интервал длин волн	10 нм
Ширина на полувысоте максимума	10 нм
Измеряемый диапазон отражения	0 – 200%
Апертура	Двойная: 10 мм/8 мм и 5 мм/4 мм
Зеркальная составляющая	Режимы с включенной и исключенной зеркальной составляющей (SCI/SCE)
Цветовые пространства	CIE Lab, XYZ, Yxy, LCh, CIE LUV, Hunter LAB
Цветовое различие	ΔE^*ab , ΔE^*uv , ΔE^*94 , $\Delta E^*cmc(2:1)$, $\Delta E^*cmc(1:1)$, ΔE^*00v , ΔE (Hunter)
Другие индексы и шкалы	Белизна WI (ASTM E313, CIE/ISO, AATCC, Hunter), Желтизна YI (ASTM D1925, ASTM 313), TI (ASTM E313, CIE/ISO), Индекс метамеризма MI, Цветостойкость, Насыщенность, Опаlescенция, Блеск 8°
Угол обзора	2°/10°
Осветители	D65, A, C, D50, D55, D75, F1, F2, F3, F4, F5, F6, F8, F9, F10, F11, F12
Отображаемые данные	Спектр/Значения, Значения цветности образца, Значения цветовой разницы/График, «Прошел/Не прошел», Смещение цвета
Время измерения	2,6 с
Повторяемость	MAV/SCI: $\Delta E^* \leq 0,03$
Погрешность измерений	MAV/SCI: $\Delta E^* \leq 0,15$
Режим измерения	Одно измерение, Усредненное измерение
Метод позиционирования	С помощью встроенной камеры
Аккумулятор	Li-ионный, 8 часов работы, 5000 измерений
Геометрические размеры	Д×Ш×В=184×77×105 мм
Вес	600 г
Срок службы источника света	5 лет, более 3 миллионов измерений
Дисплей	3,5-дюймовый цветной LCD-дисплей, емкостный сенсорный экран
Интерфейс	USB и Bluetooth
Внутренняя память	2000 стандартов, 20000 образцов
Язык меню	Английский, Китайский
Рабочие условия	Температура 0 – 40 °С, относительная влажность 0 – 85% (без конденсации), высота над уровнем моря <2000 м
Условия хранения	Температура -20 – 50 °С, относительная влажность 0 – 85% (без конденсации)
Стандартная комплектация	Адаптер питания, Li-ионный аккумулятор, Руководство пользователя, программное обеспечение для ПК, калибровочное приспособление, пылезащитный чехол
Опциональные принадлежности	Микропринтер, емкость для тестирования порошков

Сферы применения:



Краски



Пигменты



Текстиль



Полимеры



Резины



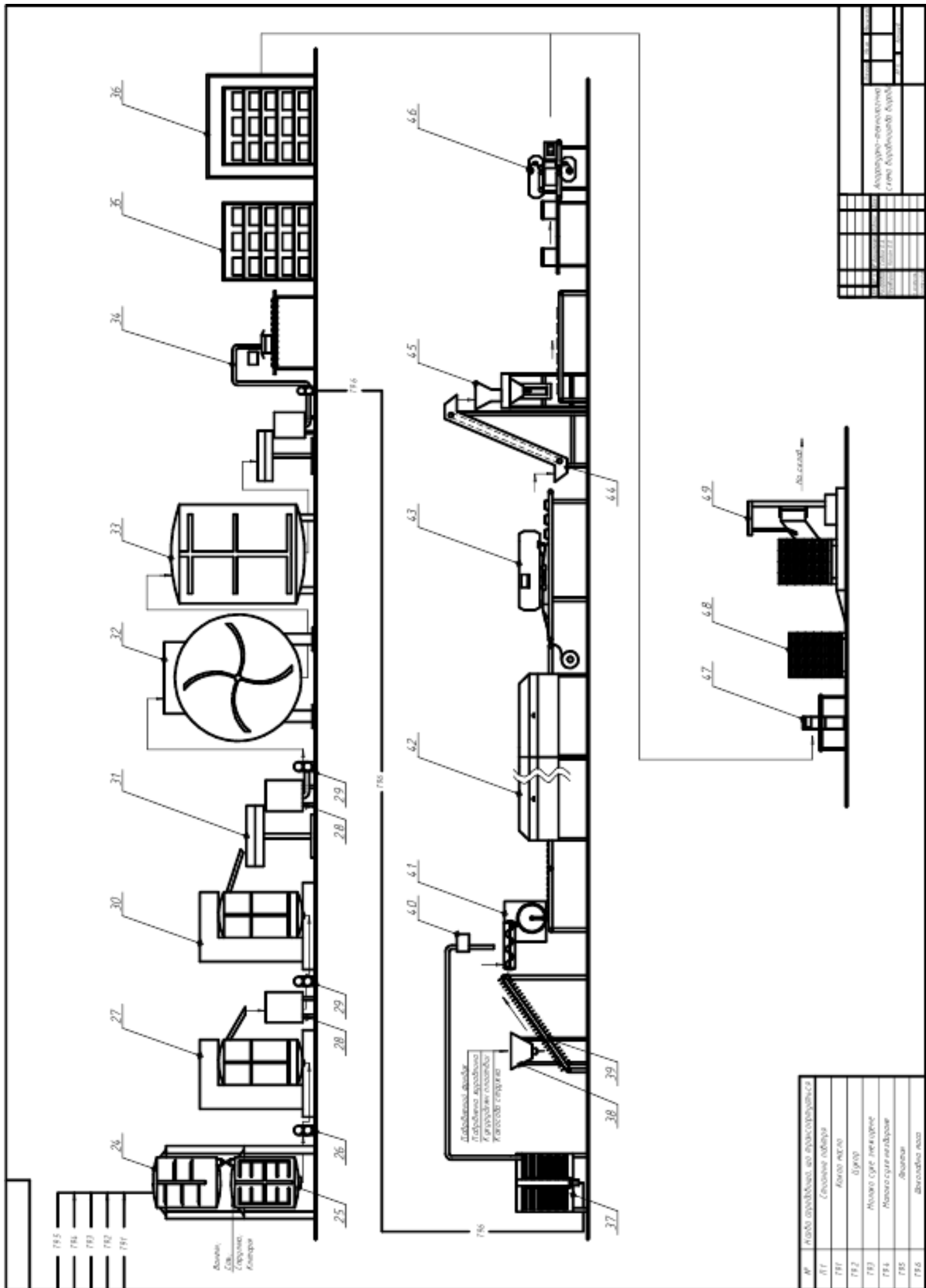
Косметика



и т. д.



Крок	Опис операції	П1	Е1	П2	Е2
1	Тривалість кроку	20	хв	-	-
	Обертання по годинниковій стрілці зі швидкістю	600	об/хв.		
	Почати завантаження	-	-		
	Встановити температуру	40	°С		
	Відкрити жалюзі на величину	50	%		
2	Тривалість кроку	40	хв.		
	Встановити температуру шоколаду протягом	45	оС	60	хв.
	Чекати завершення завантаження	-	-		
3	Тривалість кроку	140	хв.		
	Додати	2	система доз. 2	1	кг
	Обертання по годинниковій стрілці струм =	180	А	-	-
	Встановити температуру шоколаду	50	°С	90	хв
4	Тривалість кроку	45	хв.		
	Додати	2	система доз. 2	1,5	кг
	Швидко по год=>проти год. струм <??А??А	145	А	180	А
	Встановити температуру шоколаду	55	°С	45	хв
5	Тривалість кроку	20	хв.		
	Встановити температуру шоколаду	45	°С		
6	Тривалість кроку	30	хв.		
	Відкрити жалюзі на величину	0	%		
	Обертання проти годинникової стрілці зі швидкістю	1300	об/хв.		
	Додати	2	система доз. 2	18	кг
7	Тривалість кроку	50	хв.		
	Встановити температуру шоколаду	40	оС		
	Обертання по годинниковій стрілці зі швидкістю	1000	об/хв		
8	Тривалість кроку	10	хв.		
	Обертання по годинниковій стрілці зі швидкістю	600	об/хв		
	Встановити температуру шоколаду	40	°С		
	Вивантаження шоколадної маси з коншу	-	-		



Громадська організація «Міжнародна асоціація науковців»

Національний університет харчових технологій

**Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»**

Громадська організація «Європейська Асоціація Економістів»

Лодський університет (Польща)

**Національний технологічний інститут
Мотилала Неру Аллахабад (Індія)**

**Батумський державний університет
імені Шота Руставелі (Грузія)**

Університет менеджменту безпеки в Кошицях (Словаччина)

Інститут банківської справи (Польща)

МАТЕРІАЛИ

**I Міжнародної науково-практичної
конференції**

**«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ
НАУКИ ТА ОСВІТИ:
РЕАЛІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ»**

09 грудня 2022 року

м. Київ

<https://man.org.ua>



УДК 664.143, 664.68

Собко Олексій Анатолійович

магістрант,

Кохан Олена Олександрівна

к.т.н., доцент,

Національний університет харчових технологій, м. Київ

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ НАТУРАЛЬНИХ БАРВНИКІВ В ТЕХНОЛОГІЯХ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ

Стратегічне використання кольору при виробництві харчових продуктів, дає їм величезну перевагу на споживчому ринку, привертаючи увагу потенційних споживачів, особливо серед молодого покоління, яке шукає щось нового і незвичного, експериментуючи зі смаками, кольорами та текстурами продуктів. Колір продуктів харчування – дуже важливий аспект, оскільки він формує сприйняття продукту споживачем і впливає на рішення про його покупку. Перше сприйняття про продукт здійснюється за рахунок візуальної оцінки, тому необхідно дбати про його привабливість.

Харчові барвники є традиційними харчовими добавками, що активно використовуються виробниками кондитерських виробів, однак зараз все більше компаній підтримують глобальну тенденцію відмови від застосування штучних барвників на користь натуральних фарбуючих інгредієнтів. Ця тенденція сформувалася на основі аналізу результатів багатьох клінічних досліджень, що підтверджують негативний вплив деяких штучних барвників на здоров'я споживачів, особливо відчутно цей вплив спостерігається на здоров'ї дітей та підлітків, які є основними категоріями споживачів солодкої продукції.

Глобальні тенденції переходу на натуральні продукти та суттєві законодавчі обмеження на використання штучних барвників, через їх негативний вплив на здоров'я, збільшують попит виробників харчових продуктів на фарбуючі речовини натурального походження. Використання при приготуванні кондитерських виробів лише натуральних інгредієнтів — це стратегічний хід для будь-якого виробника. Адже цим заходом він підкреслює турботу про здоров'я своїх споживачів, що будуть надавати перевагу саме його продукції перед аналогічною конкурентів, виготовленою зі штучними барвниками.

В даний час попит на натуральні харчові барвники збільшується, зокрема, спостерігається інтерес до природних відтінків, які надають візуальну привабливість продуктам. В природі існує багато ресурсів, що дозволяють отримувати натуральні харчові барвники, які, до того ж, володіють функціональними властивостями, що можуть позитивно впливати на здоров'я людини. Переважно харчові барвники є пігментами, що містяться в природних джерелах, якими можуть бути, зокрема, рослинна сировина та деякі мінерали.

Вищенаведені обставини актуалізують питання щодо пошуку нових джерел натуральних барвників і раціонального застосування вже відомих в різних технологіях харчової продукції, при виробництві кондитерських виробів, зокрема.

Харчові барвники з натуральних інгредієнтів нині застосовуються у порошковій формі, а також у вигляді розчинів на основі води та масла. Для їх виготовлення використовується широкий перелік продуктів, переважно рослинного походження: насіння, плодів, листя, соків, коренеплодів. В залежності від кольору вихідної сировини та значення рН готової продукції можна отримати різноманітні відтінки кольору. Найбільшої популярності зазнали барвники з таких речовин, як куркума, зелений і синій чай матча, сублимовані ягоди (малини, полуниці, ожини, шкірки темного винограду), червоного буряку, чорної і червоної моркви, батату, гранату, червоної паприки тощо. Так, наприклад, для отримання нині популярного зеленого кольору можна застосовувати порошок зі спіруліни, зелений чай матча, сік з зародків і листя ячменю, сік зі шпинату. В залежності від походження і кольору вихідної сировини можна досягнути кольору потрібного відтінку, а завдяки різному дозуванню барвника отримати різну ступінь інтенсивності забарвлення.

Однак при виробництві кондитерських виробів слід враховувати можливу зміну початкового кольору кондитерського напівфабрикату, який буде зазнавати перетворень під час його переходу в готову продукцію (високотемпературне уварювання кондитерських н/ф, термооброблення борошняних кондитерських виробів можуть зменшувати інтенсивність початкового забарвлення або взагалі змінювати початковий колір). Деякі натуральні пігменти є досить чутливими до зміни значення рН середовища, тому це також необхідно враховувати при виборі натурального барвника для певних груп кондитерської продукції, до складу яких входять кислоти.

Для розширення палітри шоколаду та різних видів глазури також можна використовувати натуральні барвники, але відповідально поставитися до їх вибору, адже натуральні водорозчинні барвники для цих виробів можуть негативно вплинути на показники якості готового продукту. А ось порошкоподібні та масляні харчові барвники додадуть кольору, не порушуючи текстуру шоколаду та глазури.

Також слід врахувати можливі зміни кольору вже при зберіганні готових виробів, тому варто провести ретельний підбір пакувальних матеріалів і способів пакування, які б могли захистити продукт від дії світла, як каталізатора процесу зміни кольору чи його повної втрати.

Отже, перехід на використання натуральних барвників різної природи потребує від технологів врахування всіх особливостей виробництва певного виду кондитерської продукції для максимально ефективного застосування цієї групи інгредієнтів.

Ministry of Education and Science of Ukraine

National University of Food Technologies

89

**International scientific conference
of young scientist and students**

**"Youth scientific achievements
to the 21st century nutrition
problem solution"**

April, 3-7 2023

Part 1

Kyiv, NUFT, 2023

14. Застосування природних барвників в рецептурах шоколадних виробів

Олексій Собко, Маргарита Сергієнко, Олена Кохан

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

Вступ. Нині на верхівці трендів в кондитерському виробництві залишається оригінальність виробу, що передбачає і оригінальність його зовнішнього вигляду (форма та колір). Ця тенденція не оминула і групу шоколадних виробів. Все більше палітри шоколадних виробів і глазурей з'являється на ринку кондитерських інгредієнтів. В той же час глобальні тенденції переходу на натуральні продукти та суттєві законодавчі обмеження на використання штучних барвників, через їх негативний вплив на здоров'я, збільшують попит виробників харчових продуктів на фарбуючі речовини натурального походження.

Матеріали і методи. Предметом нашого дослідження були кольорові шоколадні маси, виготовлені на основі білого шоколаду з додаванням натуральної сировини, що є джерелом пігментів. Нами проведено інформаційний пошук і аналіз застосування натуральних барвників, що можуть застосовуватися для виробництва кольорових шоколадних мас та глазурей.

Результати. Переважно натуральні харчові барвники є пігментами, що містяться в природних джерелах, якими можуть бути, зокрема, рослинна сировина та деякі мінерали. Для їх виготовлення використовується широкий перелік продуктів, переважно рослинного походження: насіння, плоди, листя, соки, коренеплоди. В залежності від кольору вихідної сировини та значення рН готової продукції можна отримати різноманітні відтінки кольору. Найбільшої популярності зазнали барвники з таких речовин, як куркума, зелений і синій чай матча, порошки з сублимованих ягід (малини, полуниці, ожжини, шкірки темного винограду), червоного буряку, чорної і червоної моркви, батату, гранату, червоної паприки тощо. Так, наприклад, для отримання нині популярного зеленого кольору можна застосовувати порошок зі спіруліни, зелений чай матча, сік з зародків і листя ячменю, сік зі шпинату. Для досягнення насиченого чорного кольору застосовують барвник на основі вугілля з бамбуку. В залежності від походження і кольору вихідної сировини можна досягнути кольору потрібного відтінку.

Для розширення палітри шоколаду та різних видів глазури також можна використовувати натуральні барвники, але зважено поставитися до їх вибору, адже натуральні водорозчинні барвники для цих виробів можуть негативно вплинути на показники якості готового продукту. А ось порошкоподібні та масляні харчові барвники нададуть кольору, не порушуючи текстуру шоколаду та глазури. При застосуванні натуральних фарбуючих речовин в порошкоподібному вигляді особливе значення має дисперсність порошку, бо великі його частинки можуть викликати нерівномірне зафарбування маси. Для досягнення бажаного кольору із застосуванням натуральних барвників їх дозування в основу з шоколаду має сягати близько 5-10% до маси основи, що впливатиме на збільшення собівартості таких виробів.

Також слід врахувати можливі зміни кольору вже при зберіганні готових шоколадних виробів, тому варто провести ретельний підбір пакувальних матеріалів і способів пакування, які б могли захистити продукт від дії світла, як каталізатора процесу зміни кольору чи його повної втрати. Тому цим питанням теж слід приділяти належну увагу.

Висновки. Отже, перехід на застосування натуральних барвників потребує від технологів врахування всіх особливостей виробництва певного виду кондитерських виробів для максимально ефективного застосування цієї групи інгредієнтів.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕРАЗМУС+ ОФІС В УКРАЇНІ



МАТЕРІАЛИ

II МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

Проблеми і практичні підходи виробництва та регулювання використання харчових добавок в країнах Європейського Союзу та в Україні

в рамках проєкту програми ЄС ЕРАЗМУС+
Жан Моне Модуль (#620521-EPP-1-2020-1-UA-EPPJMO-MODULE)



With the support of the
Erasmus+ Programme
of the European Union



25 жовтня, 2023

Київ, Україна

Список літератури

1. А.А. Романович, І.І. Скорботи Підвищення ефективності приготування зернових кормів вдосконаленням конструкції екструдера Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем", 14-16 квітня 2021 р. – Кропивницький : ЦНТУ, 2021. –С.81-83.
2. Шульга О. С., Ковбаса В. М., Шульга С. І. Вплив процесу екструзії на крохмаль екструзійних картоплепродуктів. 2011. Харчова наука і технологія. №2. С. 60-62.
3. Ратніков, Д. Мілько Аналіз теоретичних досліджень процесу екструдювання рослинних матеріалів - Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки». Кропивницький: ЦНТУ. 2021. – С. 77-78.

ПОШУК НАТУРАЛЬНИХ АЛЬТЕРНАТИВ СИНТЕТИЧНИМ БАРВНИКАМ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ШОКОЛАДУ СИНЬОГО КОЛЬОРУ

Олексій Собко, Маргарита Сергієнко, Олена Кохан

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

e-mail: oleksii.sobko17@gmail.com

Нині на верхівці трендів в кондитерському виробництві залишається оригінальність виробу, що передбачає і оригінальне забарвлення продукції. Ця тенденція не оминула і групу шоколадних виробів. В той же час глобальні тенденції переходу на натуральні продукти та суттєві законодавчі обмеження на використання штучних барвників, через їх негативний вплив на здоров'я, збільшують попит виробників харчових продуктів на фарбуючі речовини натурального походження [1]. Особливо це актуально для надання виробам синього кольору, так як джерела цього кольору в природі доволі обмежені.

На ринку харчових добавок існує 3 представники синіх барвників синтетичного походження: E131 (V патентований синій); E132 (індигокармін); E 133 (діамантовий блакитний). Синтетичний барвник E131 є водорозчинним, а E132 і E133 є жиророзчинними. Їх дозволені норми використання згідно регуляцій EFSA складають відповідно 5 мг/кг ваги /день; 5 мг/кг ваги /день; 6 мг/ кг ваги/ день відповідно.

Їх основними альтернативами натурального походження є фікоціаніни синьо-зелених водоростей та антоціаніни із квітів. Так є дослідження, що вказують на такі перспективні природні джерела атоціанінів, як овочі: червоноголова капуста [2] і цибуля [3]. Аналіз інформаційних джерел показав можливість застосування іридоїдів -монотерпенових сполук рослинного походження, що легко окислюються

киснем повітря з утворенням синіх чи синьо-фіолетових важкорозчинних у воді сполук.

Фікоціани – це водорозчинні фікобіліпротеїни, які містяться в деяких водоростях таких як *Spirulina*, *Porphyndium*, і *Rhodella*. Вони зберігають стабільність свого кольору при температурах обробки не вище 50 °C при рН середовища 7 [4], що відповідає робочим температурам і рН білого шоколаду.

Антоціаніни – це флавоноїди, які досить поширені в природі. Їх колір може бути червоним, синім, фіолетовим, зеленим і жовтим відповідно від рН середовища, в залежності від якого змінюється форма молекули цих речовин. Власне синього кольору антоціаніни набувають при рН близьких до 7 (дельфінідіни). Зокрема основним джерелом антоціанінів синього кольору є квіти кліторії трійчастої, де, згідно досліджень [1], основними антоціанінами є тернатини. Тернатини – це поліацильовані похідні дельфінідину 3,3',5'-триглюкозиду.

На першому етапі експериментальної роботи було здійснено підфарбовування білої глазури синтетичними барвниками. Застосування жиророзчинних синтетичних барвників (E132, E133) демонструє отримання насиченого забарвлення синіх відтінків вже при їх дозуванні в межах від 0,025 до 0,5 % до маси глазури.

Основна частина нашої роботи присвячена дослідженням щодо раціонального застосування натуральних порошкоподібних барвників спіруліни та кліторії трійчастої (синя матча) для надання шоколадним виробам синього забарвлення. В напівфабрикат білої глазури додавалися досліджувані барвники, для того, щоб визначити раціональне дозування барвника, що дозволить отримати бажаний сине забарвлення. Було визначено, що спіруліна дозволяє отримати блакитний колір при концентраціях близьких до 10% до загальної кількості н/ф, при цьому встановлено, що збільшення дозування цього інгредієнту не дозволяє отримати темно-синього забарвлення. Також було встановлено, що на інтенсивність та рівномірне забарвлення здійснює суттєвий вплив дисперсність порошкоподібного барвника. Так додаткове подрібнення товарного порошку спіруліни з розміром частинок близько 150 мкм до розмірів в межах 20-50 мкм дозволив отримати більш рівномірне на яскраво-виражене забарвлення підфарбованої глазури, адже частинки цього натурального барвника не розчиняються у глазури, а рівномірно розподіляються в ній, тому чим більше частинок, тим рівномірній і більш насичений колір виробів з ним. Порошкоподібний барвник з квітів кліторії трійчасної були достатнього ступеню подрібнення, щоб його частинки рівномірно розподілялися в глазури, забарвлюючи її, однак колір який надав цей барвник глазури знаходився між темно-синім і фіолетовим. На нашу думку, робочими концентраціями цього барвника для фарбування шоколадних виробів можна вважати від 2 до 10 % до маси глазури, при більшому збільшенні дозування інтенсивність забарвлення практично не змінюється.

Таким чином, найпоширеніші натуральні аналоги синтетичним барвниками показали обмежені можливості їх застосування для підфарбовування шоколадних виробів через їх нерозчинність у жиру і меншу інтенсивність отриманого кольору. Також встановлено межу дозування цих барвників та їх вплив на в'язкість шоколадних напівфабрикатів.

Список літератури

1. Vidana Gamage, G.C., Lim, Y.Y. and Choo, W.S., 2021. Anthocyanins from *Clitoria ternatea* flower: Biosynthesis, extraction, stability, antioxidant activity, and applications. *Frontiers in Plant Science*, 12, p.792303.
2. Wiczkowski, W., Szawara-Nowak, D. and Topolska, J., 2013. Red cabbage anthocyanins: Profile, isolation, identification, and antioxidant activity. *Food research international*, 51(1), pp.303-309.
3. ZHANG, S.L., Peng, D.E.N.G., Xu, Y.C., Lü, S.W. and Wang, J.J., 2016. Quantification and analysis of anthocyanin and flavonoids compositions, and antioxidant activities in onions with three different colors. *Journal of integrative agriculture*, 15(9), pp.2175-2181.
4. Martelli, G., Folli, C., Visai, L., Daglia, M. and Ferrari, D., 2014. Thermal stability improvement of blue colorant C-Phycocyanin from *Spirulina platensis* for food industry applications. *Process Biochemistry*, 49(1), pp.154-159.

ГІДРОКОЛОЇДИ – КЛЮЧОВІ ІНГРЕДІЄНТИ ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ БЕЗГЛЮТЕНОВИХ І БЕЗБІЛКОВИХ ХЛІББУЛОЧНИХ ВИРОБІВ

Ольга Самохвалова, Світлана Олійник, Катерина Касабова
Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
e-mail: sam55ov@gmail.com

За нашого часу у світі все більше виробляється безбілкових і безглютенових харчових продуктів, що призначені для дієтичного та оздоровчого харчування. Безбілкові вироби необхідні хворим на фенілкетонурію – захворювання за якого спостерігається порушення білкового обміну. Безглютенові вироби призначені для хворих на целиацію, повну непереносимість глютену злаків (пшениці, жита, ячменю) та продуктів, що їх містять або алергією на нього. Крім того, значна кількість споживачів обирають безглютенові вироби у якості продуктів здорового харчування.

За статистикою глобальний ринок продукції з етикеткою «Gluten free» («Вільний від глютену») продовжує зростати рік від року. Наразі 40% виробленої у світі безглютенової продукції споживають здебільшого європейці, хоча попит на неї спостерігається також і в Північній та Південній Америці. Дійсно, за останні роки