

**І. В. КРАВЧУК**

студентка кафедри хімічних технологій, експертизи  
та безпеки харчової продукції  
Херсонський національний технічний університет  
ORCID: 0009-0003-6038-8545

**Л. В. САЛЄБА**

кандидат технічних наук, доцент,  
завідувач кафедри хімічних технологій, експертизи  
та безпеки харчової продукції  
Херсонський національний технічний університет  
ORCID: 0000-0002-8290-4163

**О. Я. СЕМЕШКО**

доктор технічних наук, старший дослідник,  
доцент кафедри хімічних технологій, експертизи  
та безпеки харчової продукції  
Херсонський національний технічний університет  
ORCID: 0000-0002-8309-5273

## РОЗРОБКА СКЛАДУ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕМУЛЬСІЇ КОСМЕТИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ КОМПОЗИЦІЙ СИЛІКОНУ ТА СИЛІКОНОВОГО ЕКСТРАКТУ КАЛЕНДУЛИ ЛІКАРСЬКОЇ

У статті представлено результати застосування силікону та силіконового екстракту календули лікарської у складі емульсій косметичного призначення, де силікон полідиметилсилоксан *Silicone Oil 350 cSt* виступатиме як емомент, призначений для пом'якшення шкіри, а силіконовий екстракт – як носій корисних для шкіри людини речовин, вилучених з рослинної сировини. Як екстрагент біологічно-активних речовин був використаний сумішевий силікон амодиметикон *BRB 1288*.

Оптимізація складу емульсії із застосуванням композиції полідиметилсилоксану *Silicone Oil 350 cSt* та рослинного екстракту амодиметикону *BRB 1288* здійснювалась шляхом математичного планування експерименту з використанням застосування симплекс-гранчастого плану Шеффе третього порядку. Розраховано склад емульсії на основі оптимізації математичних моделей залежності динамічної в'язкості та вологості шкіри після нанесення емульсії.

Наведено результати дослідження фізико-хімічних, реологічних та органолептичних властивостей емульсій косметичного призначення, які були створені з використанням композицій силіконових екстрактів календули лікарської з метою отримання косметичних засобів із антиоксидантними властивостями та високими споживними характеристиками.

На основі застосування симплекс-гранчастого плану Шеффе третього порядку оптимізовано склад емульсії з варіюванням вмісту полідиметилсилоксану *Silicone Oil 350 cSt* та рослинного екстракту амодиметикону *BRB 1288* у частці олійної фази.

Дослідження фізико-хімічних та реологічних властивостей розробленої емульсії показало, що вона характеризується колоїдною та термостабільністю, однорідною структурою та характеризується високою в'язкістю та опірністю силам деформації, а також високим ступенем тиксотропного відновлення. Вона має білий злегка жовтуватий колір, майже не має запаху, має легку кремову консистенцію та однорідну структуру. Встановлена висока антиоксидантна здатність розробленої емульсії, досліджена методом *FRAP*. За Скоринг-методом доведено, що розроблена емульсія після нанесення забезпечує підвищення сенсорних показників на шкірі та досягнення пролонгованої вологості шкіри.

**Ключові слова:** емульсії, косметичні силікони, полідиметилсилоксан, амодиметикон, силіконові екстракти, реологічні властивості, антиоксидантна здатність, сенсорні характеристики, Скоринг-метод.

**I. V. KRAVCHUK**

Student at the Department of Chemical Technologies, Expertise  
and Food Safety  
Kherson National Technical University  
ORCID: 0009-0003-6038-8545

L. V. SALEBA

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Head of the Department of Chemical Technologies, Expertise  
and Food Safety

Kherson National Technical University

ORCID: 0000-0002-8290-4163

O. YA. SEMESHKO

Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher,  
Associate Professor, Department of Chemical Technologies,  
Expertise and Food Safety

Kherson National Technical University

ORCID: 0000-0002-8309-5273

## DEVELOPMENT OF THE COMPOSITION AND STUDY OF THE PROPERTIES OF A COSMETIC EMULSION USING COMPOSITIONS OF SILICONE AND SILICONE EXTRACT OF CALENDULA OFFICINALIS

*The article presents the results of using silicone and silicone extract of calendula officinalis in cosmetic emulsions, where polydimethylsiloxane Silicone Oil 350 cSt serves as an emollient for softening the skin, and the silicone extract acts as a carrier of beneficial substances for human skin derived from plant raw materials. The extractant for biologically active substances was a mixed silicone, amodimethicone BRB 1288.*

*The optimization of the emulsion composition using a combination of polydimethylsiloxane Silicone Oil 350 cSt and plant extract of amodimethicone BRB 1288 was carried out through mathematical experimental design using a third-order Scheffé simplex-lattice design. The emulsion composition was calculated based on the optimization of mathematical models for the dynamic viscosity and skin moisture after applying the emulsion.*

*The article presents the results of studies on the physicochemical, rheological, and organoleptic properties of cosmetic emulsions created using compositions of silicone extracts of calendula officinalis, aimed at obtaining cosmetic products with antioxidant properties and high consumer characteristics.*

*Using the third-order Scheffé simplex-lattice design, the emulsion composition was optimized by varying the content of polydimethylsiloxane Silicone Oil 350 cSt and plant extract of amodimethicone BRB 1288 in the oil phase.*

*Studies of the physicochemical and rheological properties of the developed emulsion showed that it is characterized by colloidal and thermal stability, a homogeneous structure, high viscosity, resistance to deformation forces, and a high degree of thixotropic recovery. The emulsion has a white, slightly yellowish color; is nearly odorless, has a light creamy consistency, and a uniform structure. The high antioxidant capacity of the developed emulsion was established using the FRAP method. According to the Scoring method, it was proven that the developed emulsion enhances sensory characteristics on the skin and achieves prolonged skin hydration after application.*

**Key words:** emulsions, cosmetic silicones, polydimethylsiloxane, amodimethicone, silicone extracts, rheological properties, antioxidant capacity, sensory characteristics, Scoring method.

### Постановка проблеми

Сучасні косметичні засоби є класичними колоїдними системами – переважно емульсіями. Останнім часом силікони є постійними інгредієнтами косметичних продуктів, призначених для шкіри. У складах емульсійних кремів їх застосовують переважно у якості емоментів з метою забезпечення пом'якшення шкіри людини протягом тривалого часу. Крім того, на сьогоднішній день актуальним є введення в склад косметичних продуктів різноманітних біологічно активних речовин для різних цілей, зокрема рослинного походження. Так у складі рослин міститься велика кількість біологічно активних речовин, таких як алкалоїди, сапоніни, глікозиди, флаваноїди, вітаміни, дубильні речовини, фосфоліпіди, воски, тощо, які вилучають з рослин за допомогою екстракції. Саме ці речовини в складі косметичних продуктів впливають на шкіру специфічно, виконуючи захисну, зволожуючу, регенеруючу, живильну дію тощо.

Враховуючи вищевикладене, застосування силіконів для екстракції біологічно активних речовин рослин та наступне застосування отриманих екстрактів може забезпечити отримання багатофункціональних косметичних продуктів. Силіконовий екстракт у цьому випадку буде виступати як емомент, призначений для пом'якшення шкіри, та як носій корисних для шкіри людини речовин, вилучених з рослинної сировини.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Косметичні емульсії є одним з найбільш розповсюджених видів косметичної продукції і на сьогоднішній день відбувається постійна розробка нових композицій із заданими споживними властивостями. Особлива увага приділяється створення косметичних емульсій, які матимуть спеціальні властивості, зокрема антиоксидантні, та будуть збагачені біологічно активними речовинами.

Оскільки на сьогодні силікони присутні у більшості косметичних емульсійних засобах для шкіри, то їх застосування крім прямого призначення ще як носіїв функціональних речовин рослинного походження є інноваційним підходом щодо створення косметичних продуктів. У дисертаційному дослідженні [1] було розроблено та вивчено властивості складів косметичних емульсій із застосуванням кремнійвмісних речовин як емоментів та як носіїв біологічно активних речовин, екстрагованих ними із рослинної сировини полину гіркого та квіток календули. Було отримано силіконові рослинні екстракти та емульсійні системи на їх основі із застосуванням індивідуальних силіконів. При цьому емульсії косметичного призначення характеризувались термо- та колоїдною стабільністю, високими показниками пружно-в'язкісних і сенсорних властивостей та антиоксидантної активності. При цьому встановлено, що оптимальні пружно-в'язкісні властивості утворених систем забезпечують індивідуальний силікон Silicone Oil 350 cSt та сумішевий силікон BRB 1834, який є розчином диметиконолу в циклопентасилоксані, а сенсорні показники шкіри – наступні сумішеві силікони: амінодиметикон BRB 1288, ПЕГ-12 полідиметилсилоксан BRB 526 та розчин диметиконолу в циклопентасилоксані BRB 1834. Визначення показників антиоксидантної активності отриманих силіконових рослинних екстрактів показало, що найефективнішими екстрагентами біологічно активних речовин є наступні сумішеві поліорганосилоксани: аодиметикон BRB 1288, ПЕГ-12 полідиметилсилоксан BRB 526 та розчин диметиконолу в циклопентасилоксані BRB 1834. Отже, серед переліку досліджуваних силіконів було встановлено речовини, які забезпечують необхідні високі показники реологічних і сенсорних характеристик у емульсіях та які є ефективними екстрагентами біологічно активних речовин із рослинної сировини.

Однак слід зазначити, що у роботі [1] було вивчено властивості косметичних емульсій із застосуванням індивідуальних силіконів або їх рослинних екстрактів. Тому, актуальним є продовження здійснених досліджень у напрямі розробки складу косметичної емульсії із застосуванням композиції силіконів та рослинних силіконових екстрактів.

Введення отриманих із рослин природних антиоксидантів у косметичні склади також є одним із перспективних напрямків останніх досліджень у дерматології та косметичі.

Календула лікарська або нагідки (*Caléndula officinális L.*), яка належить до родини Астрових *Asteraceae*, цвіте з червня до пізньої осені і на сьогодні входить до десятки лікарських рослин, що найбільш обробляються в різних країнах Європи [2, 3].

Патрі Ф., Сілано В. і Д'Амеліо Ф.С. [4, 5] перерахували наступні складові календули лікарської: каротиноїди, включаючи каротини, флавохром, мутатохром, аурохром, флавоксантин, хірсантемоксантин, ксантофіл і лікопени; флавоноїди, включаючи ізорафнетин глюкозид, кверцетин глюкозид і кверцетин; тритерпенові спирти (монооли), включаючи  $\alpha$ -амірин,  $\beta$ -амірин, таракастерин і лулеол; тритерпенові спирти (діоли), включаючи фарадіол, арнідіол, брейл, еритродіол, календуладіол та урсадіол; тритерпенові спирти (триоли), включаючи лонгіспіногенін, люпенетріол, урсатріол, геліантріол С і хіліантріол F; слизи; сапоніни (одна специфікація містить сапоніни не менше 2%, в розрахунку на олеанову кислоту); смоли; токофероли; поліпренілхінони.

Екстракт календули демонструє антиоксидантну, протизапальну, знеболюючу, антибактеріальну та противірусну дію [6]. Повідомлялося також, що він проявляє активність щодо пригнічення пухлин, а також захисну дію від розвитку раку та несприятливих ефектів променевої хвороби та хіміотерапії [7].

Календула лікарська широко використовується в косметичі та дерматології для лікування шкіри завдяки вмісту в її екстрактах терпеноїдів, каротиноїдів, флавоноїдів та легких олій [8]. Календулу лікарську використовують у дерматокосметичі завдяки її тонізуючій, антисептичній та протиподразнюючій дії, для загоєння ран і шкірних висипань, [9] деякі екстракти календули лікарської застосовують зовнішньо для лікування виразок шкіри, екземи та кон'юнктивіту [7], а також для видалення пігментних плям на шкірі [10].

У косметичних продуктах календула використовується в рецептурах для чутливої шкіри та заспокійливих продуктах (наприклад, після дії сонця) різного призначення, включаючи засоби для шкіри обличчя і тіла, очей, волосся, з визнаною безпекою для використання в косметичі [11]. Так у Європейському довіднику косметичних інгредієнтів існує 14 позначень INCI для препаратів *Caléndula officinális L.*, і в рамках одного позначення можна знайти препарати з різним складом, залежно від частини рослини та методу вилучення [12]. Найчастіше в косметичних продуктах використовується екстракт квіток календули [11].

Календула лікарська є частиною багатой та різноманітної української флори, у народі вона називається нагідки і використовується в традиційній народній медицині [13, 14]. Кліматичні умови України дозволяють вирощувати календулу в достатній кількості, щоб забезпечити постійне виробництво продуктів на її основі. Саме завдяки цінному складу, а також доступності, широкій поширеності в нашій країні, календулу було обрано для збагачення емульсії косметичного призначення. Це забезпечить розширення асортименту косметичної продукції за рахунок отримання засобу із цілющими властивостями.

#### Формулювання мети дослідження

Метою даного дослідження є оптимізація складу косметичної емульсії із застосуванням композиції силікону і рослинного силіконового екстракту та дослідження фізико-хімічних, реологічних, органолептичних властивостей розробленої емульсії.

## Викладення основного матеріалу дослідження

Як рослинну сировину було використано сухі квітки календули лікарської з вмістом вологи 14% виробництва ПРАТ «Ліктрави» [15]. Для екстрагування біологічно активних речовин із квіток календули було застосовано амодиметикон BRB 1288, оскільки у роботі [1] визначено його ефективність при вилученні вітамінів, зокрема вітаміну С, флавоноїдів, дубильних та екстрактивних речовин, глікозидів тощо.

Амодиметикон BRB 1288 – це сумішевий силікон який містить за INCI Aminoethylaminopropylsiloxane (рис. 1а), Trideceth-12 (рис. 1б), Cetrimonium Chloride (рис. 1в).

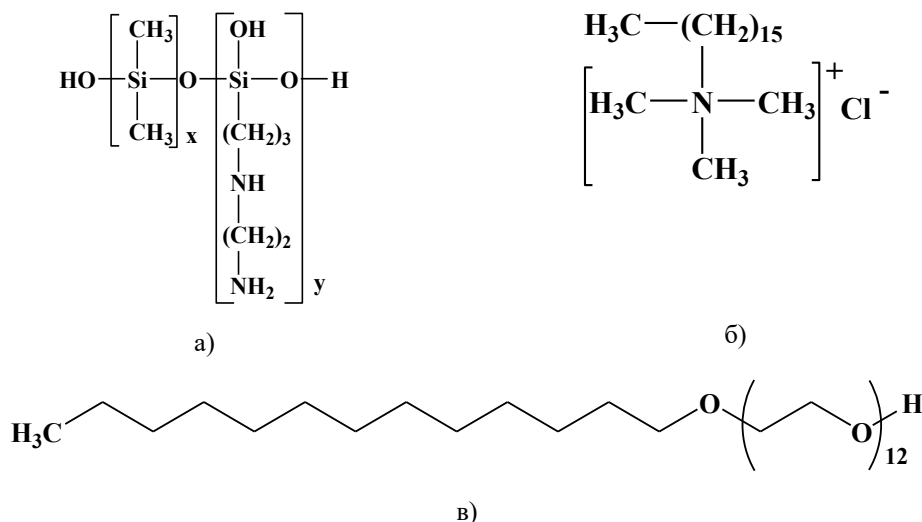


Рис. 1. Хімічна будова складових BRB 1288: а) Aminoethylaminopropylsiloxane; б) Trideceth-12; в) Cetrimonium Chloride

BRB 1288 – це 35%-ова катіонна емульсія силіконового полімеру аміноетиламінопропілсиліоксану. Крім того у силіконі BRB 1288 міститься близько 5% 2-феноксиганолу. BRB 1288 представляє собою білу рідину, розчинну у воді і не розчинну в органічних розчинниках, з властивостями ПАР та температурою кипіння близько 100°C.

Під час екстракції співвідношення сировини та екстрагенту складало 1:20, відповідно. Підготовлену подрібнену до розмірів часток 3-5 мм рослинну сировину зважували, поміщали у термостійку ємність з притертою кришкою, заливали розрахованою кількістю силікону і перемішували. Отриману суміш закупорювали і поміщали у термостат на 24 год. при температурі 40-42°C. У ході екстракції масу періодично перемішували. Після закінчення процесу екстракції витяжку відокремлювали від шроту шляхом фільтрації [16].

За даними [1] отриманий екстракт характеризується наявністю вітамінів (B<sub>1</sub>, B<sub>5</sub>, PP, P, C, A, E), флавоноїдів, дубильних та екстрактивних речовин, терпеноїдів. Отриманий рослинний силіконовий екстракт було застосовано для розробки складу емульсії косметичного призначення у композиції з полідиметилсиліоксаном Silicone Oil 350 cSt.

Також у складі емульсії було використано полідиметилсиліоксан Silicone Oil 350 cSt – INCI: polydimethylsiloxane 350 (рис. 2) виробництва «BRB International BV», Нідерланди, представляє собою в'язку рідину без кольору і запаху, не розчинну у воді, розчинну в органічних розчинниках, з температурою кипіння 250°C.

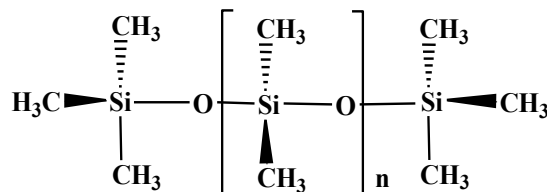


Рис. 2. Хімічна будова полідиметилсиліоксану Silicone Oil 350 cSt

У роботі за основу було використано склад базової малокомпонентної інертної емульсії наступного складу, %: олійна фаза (мінеральна олія) – 25,00; емульгатор Eumulgin Prisma (BASF) – 0,35; співемульгатор цетеарилловий спирт (S.F.I.C.) – 4,00; водна фаза (дистильована вода) – до 100,00 [17].

Слід зазначити, що у роботі було оптимізовано склад емульсії з варіюванням вмісту силікону та силіконового рослинного екстракту у частці олійної фази, яка була незмінна і складала 25%.

Під час приготування емульсій гідрофобні речовини (мінеральна олія, силікон, силіконовий рослинний екстракт, емульгатор, співемульгатор) розплавляли у термостійкій ємності на водяній бані при температурі 50°C до повного розчинення твердих компонентів. Паралельно у другій ємності нагрівали на водяній бані необхідний об'єм води до температури 50°C. В ємність з олійною фазою поміщали механічну мішалку якірного типу і в процесі перемішування поступово невеликими порціями додавали гарячу воду. Тривалість емульгування складала 30 с.

Отже, на наступному етапі роботи було здійснено математичне планування експерименту для розробки складу косметичної емульсії із застосуванням композиції силікону та рослинного силіконового екстракту.

З метою оптимізації рецептур емульсій косметичного призначення відоме застосування математичного планування експерименту із застосуванням моделей «склад – властивість» на основі симплекс-градчастих планів Шеффе Г. [18]. Їх використання дозволяє скоротити об'єм експерименту та отримати математичні залежності, що описують залежність властивостей композиції від її складу.

При вивченні властивостей композиційних складів, що залежать тільки від співвідношень компонентів, факторний простір являє собою правильний (q-1)-мірний симплекс. Експериментальні точки представляють {q, n}-решітки на симплексі, де n – ступінь полінома.

Так як у роботі розробляється композиція, в якій буде варіюватись три компоненти (q=3), а саме: вміст силікону полідиметилсилоксан Silicone Oil 350 cSt, рослинного екстракту амодиметикону BRB 1288 та мінеральної олії – то правильний симплекс представлятиме рівносторонній трикутник.

Для опису залежності властивостей композицій косметичного призначення від її складу було обрано приведення поліном третього порядку, який для трьохкомпонентної суміші має вигляд:

$$\hat{y} = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3 + \gamma_{12} x_1 x_2 (x_1 - x_2) + \gamma_{13} x_1 x_3 (x_1 - x_3) + \gamma_{23} x_2 x_3 (x_2 - x_3) + \beta_{123} x_1 x_2 x_3. \quad (1)$$

Наведемо розрахунок складу композиції косметичного призначення, в якій буде варіюватись три компоненти жирової фази, загальна частка яких постійна і дорівнює 25%: полідиметилсилоксан Silicone Oil 350 cSt, рослинний екстракт амодиметикону BRB 1288 та мінеральна олія. Крім того, склад міститиме воду, емульгатор Eumulgin Prisma, співемульгатор цетеариловий спирт, концентрація яких не варіювалась.

Дослідження проводили на локальній області факторного простору, яка була обмежена зверху і знизу межами концентрацій обраних речовин (у частках одиниці):

$$\begin{aligned} 0 &\leq x_1 \text{ (полідиметилсилоксан Silicone Oil 350 cSt)} \leq 0,07; \\ 0 &\leq x_2 \text{ (рослинний екстракт амодиметикону BRB 1288)} \leq 0,07; \\ 0,93 &\leq x_3 \text{ (мінеральна олія)} \leq 1. \end{aligned} \quad (2)$$

Спочатку було зроблено перехід від компонентів  $x_i$  до псевдокомпонентів  $z_i$ .

Властивості складу композиції оцінювали згідно ряду параметрів оптимізації  $Y_i$ :

– динамічна в'язкість, визначена при швидкості зсуву  $9 \text{ c}^{-1}$ ,  $\eta$ , Па·с [19];

– вологість шкіри після нанесення косметичної композиції, W, %.

Кожен дослід був повторений двічі. Результати дослідження у вигляді середніх значень параметрів оптимізації представлені в табл. 1.

Таблиця 1

**Значення параметрів оптимізації відповідно до симплекс-градчастого плану Шеффе третього порядку для трьохкомпонентного складу**

Номер дослід	$\eta$ , Па·с	W, %
$y_1$	2,22	41
$y_2$	1,58	39
$y_3$	1,33	46
$y_{112}$	1,84	50
$y_{122}$	2,60	42
$y_{223}$	2,03	48
$y_{233}$	2,53	38
$y_{113}$	1,90	56
$y_{133}$	1,96	42
$y_{123}$	2,85	52

Після розрахунків коефіцієнтів рівняння 2 [18], отримані моделі (3), (4) залежностей від складу композиції:

– динамічної в'язкості при швидкості зсуву  $9 \text{ c}^{-1}$ :

$$\eta = 2,21z_1 + 1,58z_2 + 1,33z_3 + 1,43z_1z_2 + 2,45z_1z_3 + 3,71z_2z_3 - 6,59z_1z_2(z_1 - z_2) - 2,45z_1z_3(z_1 - z_3) - 3,94z_2z_3(z_2 - z_3) + 13,43z_1z_2z_3. \quad (3)$$

– вологості шкіри після нанесення косметичної композиції, W, %:

$$W = 41z_1 + 39,5z_2 + 45,5z_3 + 27z_1z_2 + 24,8z_1z_3 + 3,4z_2z_3 + 47,3z_1z_2(z_1 - z_2) + 101,3z_1z_3(z_1 - z_3) + 77,6z_2z_3(z_2 - z_3) + 104,6z_1z_2z_3. \quad (4)$$

Перевірка адекватності отриманих моделей шляхом проведення експерименту у додатковій контрольній точці та порівняння розрахованих величин  $t$  з критерієм Стюдента показало, що математичні моделі 3, 4, які описують залежність динамічної в'язкості та вологості шкіри після нанесення косметичної композиції від її складу є адекватними. Дані математичні моделі дозволяють всебічно досліджувати об'єкт, що вивчається або процес, а саме: проводити інтерполяцію або екстраполяцію даних, тобто прогнозувати результати, проводити ранжування факторів за ступенем їх впливу, здійснювати оптимізацію – знаходити найкращі варіанти з точки зору поставлених цілей. У більшості випадків математичні моделі використовують для оптимізації [18].

Далі було визначено оптимальний склад композиції при максимальних значеннях динамічної в'язкості та вологості шкіри після її нанесення шляхом оптимізації системи отриманих математичних моделей. Встановлено, що максимальні показники в'язкості системи та вологості шкіри після нанесення косметичного складу спостерігаються при наступному складі компонентів у косметичній композиції (у частках одиниці): полідиметилсилоксан Silicone Oil 350 cSt – 0,03–0,06; рослинний екстракт аодиметикону BRB 1288 – 0,03–0,05; мінеральна олія – 0,89–0,94.

Якщо взяти середні значення концентрацій компонентів у визначених діапазонах, то їх значення у %, виходячи із умови, що вся частка композиції складає 25% становитиме (у %):

- полідиметилсилоксан Silicone Oil 350 cSt – 1,25%;
- рослинний екстракт аодиметикону BRB 1288 – 1,00%;
- мінеральна олія – 22,7%.

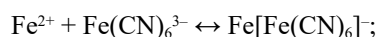
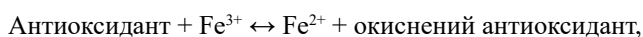
У результаті оптимізації моделей «склад-властивість», встановлено наступний склад косметичної емульсії на основі композиції силіконів, %: **мінеральна олія – 22,75; полідиметилсилоксан Silicone Oil 350 cSt – 1,25; рослинний екстракт аодиметикону BRB 1288 – 1,00;** емульгатор Eumulgin Prisma – 0,35; співемульгатор цетеариловий спирт – 4,00; вода – 70,65.

Наведений склад косметичної композиції на основі полідиметилсилоксану Silicone Oil 350 cSt та рослинного екстракту аодиметикону BRB 1288 забезпечує максимальні показники в'язкості системи та вологості шкіри після нанесення косметичного складу.

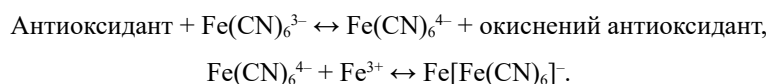
Далі у роботі було досліджено властивості косметичної емульсії розробленого складу. Отримана емульсія має білий, злегка жовтуватий колір, майже не має запаху та має легку кремову консистенцію і однорідну структуру. Було встановлено, що досліджувана емульсія є термо- та колоїдною стабільністю та має  $\text{pH} \approx 6,9$ .

З метою оцінки антиоксидантних властивостей розробленої емульсії косметичного призначення із використанням силікону та силіконового екстракту квіток календули було визначено її антиоксидантну здатність емульсії відновлення заліза методом FRAP (Ferric reducing antioxidant power), який є типовим і заснований на відновленні комплексу трьохвалентного заліза  $\text{Fe}^{3+}$  з лігандою до комплексу двохвалентного заліза  $\text{Fe}^{2+}$ , забарвленого у яскраво-синій колір, під дією антиоксидантів у кислому середовищі. Антиоксидантна активність визначається як збільшення поглинання при 700 нм, а результати виражаються в мікромолярних еквівалентах  $\text{Fe}^{2+}$  або відносно стандарту антиоксиданту [20]. На відміну від інших методів, заснованих на переносі електронів, аналіз FRAP проводиться у кислому середовищі при  $\text{pH} 3,6$  для підтримання розчинності заліза і, що більш важливо, для керування переносом електронів. Це збільшує окисно-відновний потенціал та сприяє проходженню реакції за домінуючим механізмом [21].

У вихідному аналізі FRAP використовується трипіридилтриазин у якості джерела ліганд, що зв'язують залізо. У той час для оцінки відновлювальної здатності аскорбінової кислоти також відоме використання альтернативних ліганд для зв'язування заліза, таких як феррозин [22]. Нещодавно ферриціанід калію став найбільш популярним реагентом на основі заліза, який використовується в аналізах FRAP. При цьому берлінська лазур, отримана як кінцевий продукт, кількісно визначається спектрофотометричним методом і вказує на відновну здатність досліджуваних антиоксидантів. Отримання берлінської лазури може здійснюватися двома різними способами. Антиоксиданти можуть або відновлювати іони  $\text{Fe}^{3+}$  у розчині до іонів  $\text{Fe}^{2+}$ , які зв'язують ферриціанід з утворенням берлінської лазури, або відновлює ферриціанід до ферроціаніду, який зв'язує вільні іони  $\text{Fe}^{3+}$  у розчині та утворює берлінську лазур. Спрощена схема цих двох реакцій наведена нижче [23].



або



Одним із недоліків аналізу FRAP із застосуванням ферриціаніду калію є схильність берлінської лазури випадати в осад з утворенням суспензії та зафарбовуванням вимірювальної кювети. Тому час для додавання  $\text{Fe}^{3+}$  ( $\text{FeCl}_3$ ) є важливим і може внести помилку в інтерпретацію результатів. Щоб стабілізувати берлінську лазур та попередити випадіння осаду Беркер К.І. [23] запропонував додавання ПАР, а саме додецилсульфату натрію, з одночасним регулюванням значення рН близько 1,7 для підтримання окисно-відновної активності іонів  $\text{Fe}^{3+}$  без гідролізу. Автор припускає, що ця модифікація також дозволяє оцінювати антиоксиданти, окисно-відновний потенціал яких не перевищує окисно-відновний потенціал  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$  при звичайному аналізі FRAP, тобто двовалентний реагент заліза слабкий для окиснення антиоксидантів, таких як фізіологічні неферментативні антиоксиданти тіолового типу.

Пулідо Р., Браво Л., Саура-Каліксто Ф. [24] повідомили, що результати визначення FRAP можуть змінюватися залежно від часу аналізу, спостерігаючи реакцію між антиоксидантами та  $\text{Fe}^{3+}$ , яка змінюється від кількох хвилин до кількох годин. Таким чином, кінцева точка поглинання в одній точці може не являти собою повну реакцію, оскільки різні антиоксиданти потребують різного часу реакції для виявлення [25].

Антиоксидантну здатність досліджуваних емульсій оцінювали за методом Оуайзу М. шляхом визначення здатності відновлення іонів  $\text{Fe}^{3+}$  [26]. Для цього 0,2 г зразка емульсії змішували з фосфатним буфером (2,5 мл; 0,2 М; рН 6,6) і ферриціанідом калію  $[\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6]$  (2,5 мл; 1%-вого розчину). Отриману суміш витримували при 50°C протягом 20 хв., потім до суміші додавали 2,5 мл 30%-вого розчину трихлороцтової кислоти і фільтрували. До 0,5 мл отриманого фільтрату додавали  $\text{FeCl}_3$  (0,5 мл, 0,1%-вого розчину). Показник оптичної густини визначали на спектрофотометрі ULAB 102 при довжині хвилі 700 нм. Для порівняння використовували 20%-вий розчин аскорбінової кислоти.

Отримані результати наведені на рис. 3. Для порівняння також було визначено досліджуваний показник для базової емульсії, отриманого силіконового рослинного екстракту та 20%-ого розчину аскорбінової кислоти.

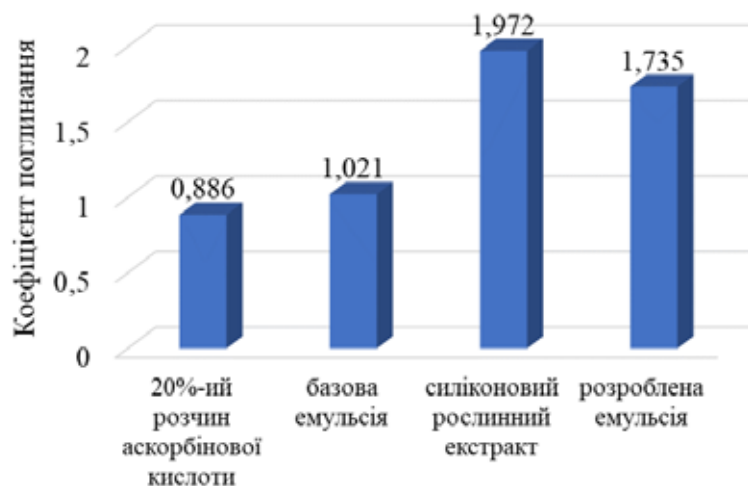


Рис. 3. Антиоксидантна здатність досліджуваних речовин.

Отримані результати дослідження (рис. 3) показують, що найнижчою антиоксидантною активністю володіє 20%-ий розчин аскорбінової кислоти та базова емульсія. Найвищими антиоксидантними властивостями серед досліджуваних речовин характеризується рослинний екстракт амодиметикону BRB 1288. Розроблена емульсія з використанням композиції силікону та силіконового рослинного екстракту має високу антиоксидантну активність, враховуючи те, що рослинного екстракту амодиметикону BRB 1288 в ній міститься лише 1%. Слід зазначити, що антиоксидантна здатність розробленої емульсії перевищує цей показник для 20%-ого розчину аскорбінової кислоти у 2 рази, а для базової емульсії – у 1,7 рази.

Шкіра є зовнішнім бар'єром тіла і схильна до впливу різних екзогенних джерел окисного стресу, включаючи ультрафіолетове випромінювання та забруднюючі речовини. У відповідь ці окислювальні атаки у шкірі утворюються активні форми кисню та інші вільні радикали [27].

Шкіра захищена від шкідливого впливу вільних радикалів завдяки наявності ендогенної антиоксидантної мережі, що складається з безлічі ліпофільних (наприклад, вітамін Е, убіхінони, каротиноїди) та гідрофільних

(наприклад, вітамін С, сечова кислота та глутатіон) речовин, які відповідають за баланс між прооксидантами та антиоксидантами. В якості першого бар'єру активні форми кисню відновлюються антиоксидантними ферментами, такими як супероксид дисмутаза, каталаза та глутатіон пероксидаза, а також ендогенними та екзогенними невеликими молекулами, такими як глутатіон та вітаміни С та Е [28]. Коли біомолекули окиснюються, вони відновлюються або замінюються системами біологічного захисту. Тим не менш, біомолекули поступово незворотно окиснюються і їх накопичення з часом змінює біологічні функції, що в кінцевому підсумку призводить до старіння та вікових захворювань [29].

Порушення балансу між окисниками та антиоксидантами через підвищену дію екзогенних джерел активних форм кисню було визначено як «окисний стрес» та включає окисне пошкодження ліпідів, білків та ДНК. Місцеве введення антиоксидантів вважається цікавою стратегією зменшення пошкодження шкіри, викликаного реактивними формами кисню, оскільки воно може поліпшити антиоксидантний статус шкіри [28]. Тому на основі проведених досліджень можна стверджувати, що розроблена емульсія, яка характеризується високим рівнем антиоксидантної активності, є перспективною основою для виробництва косметичних засобів із захисними по відношенню до шкіри властивостями.

Далі були вивчені реологічні характеристики емульсії, які є важливими для вирішення як практичних та інженерних завдань а саме вибору оптимальних виробничих режимів, проектування обладнання та поточних ліній. Вказаними характеристиками керуються під час проведення технологічних процесів гомогенізації, вальцювання, транспортування по трубопроводах, фасування. Реологічні властивості косметичних емульсій дозволяють прогнозувати їх здатність видавлювання із туб, намазування на шкіру. Крім того, реологічні характеристики служать для об'єктивного контролю якості на етапах створення, виробництва, зберігання та застосування як сировини, так і готової косметичної продукції [30–32].

Визначення реологічних властивостей розробленої емульсії та для порівняння базової емульсії без додавання силіконів проводили на ротаційному віскозиметрі «Rheotest-2» шляхом визначення залежності в'язкості і прикладеної напруги зсуву від швидкості зсуву та розрахунку ступеня тиксотропії зразків емульсій [33]. Отримані результати визначення в'язкості емульсій від швидкості зсуву наведено на рис. 4.

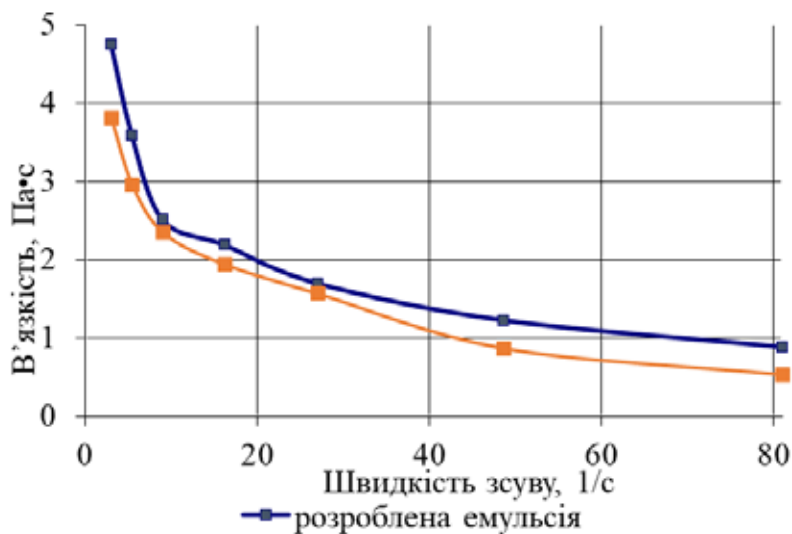


Рис. 4. Залежність в'язкості емульсії від швидкості зсуву

Аналіз результатів, наведених на рис. 4, дозволяє стверджувати, що додавання у склад емульсії композиції силіконів сприяє зростанню показників в'язкості отриманої емульсії у всьому досліджуваному діапазоні швидкості зсуву.

Далі серед реологічних характеристик досліджено залежність прикладеної напруги зсуву  $\tau$  від швидкості зсуву, яку називають мірою опору рідини до потоку [34, 35]. Прикладена напруга зсуву  $\tau$  характеризує опір досліджуваної системи до дії прикладеної сили деформації. Результати дослідження прикладеної напруги зсуву від швидкості зсуву досліджуваних емульсій представлено на рис. 5.

У результаті аналізу даних рис. 5 можна стверджувати, що введення до складу емульсії композиції силіконів сприяє зростанню напруги зсуву та посилює опір системи до деформації. При збільшенні швидкості зсуву зазначена залежність зберігається. Отже, можна зробити висновок, що введення силіконів стимулює опірність емульсійної системи силам деформації порівняно з базовою емульсією.



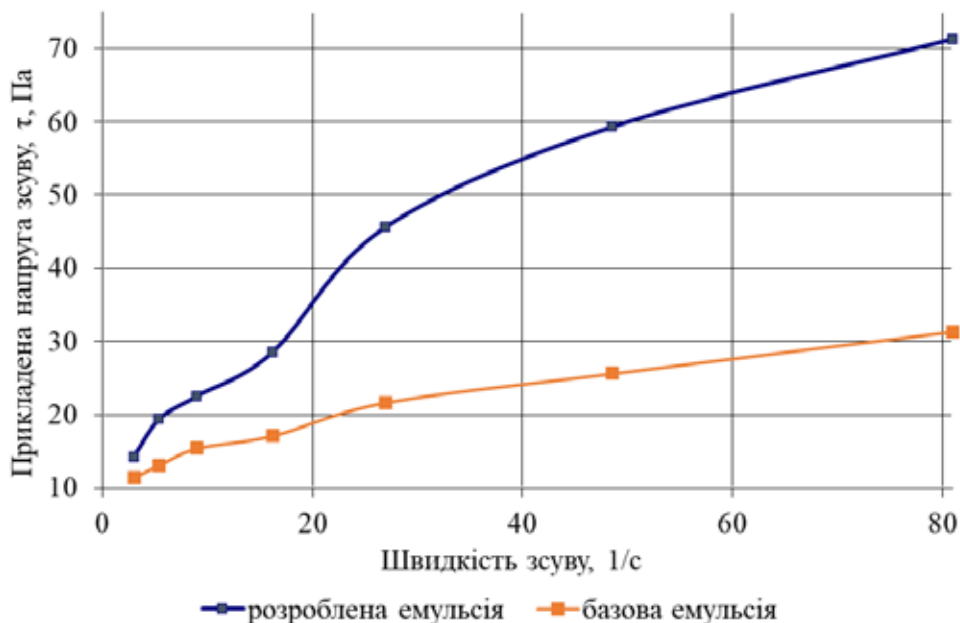


Рис. 5. Залежність прикладеної напруги зсуву емульсій від швидкості зсуву

Грунтуючись на характеристиках в'язкості емульсій та напруги зсуву визначається показник тиксотропії або релаксації системи, який характеризує її здатність відновлюватися до початкового стану після зняття зовнішніх сил деформації та який повинен намагатися досягти 100%. Розрахунок ступеня тиксотропії досліджуваних емульсійних систем проводили на основі отриманих даних залежності в'язкості досліджуваних емульсій від градієнта швидкості зсуву. Результати розрахунків тиксотропного відновлення емульсійних систем у табл. 2.

Таблиця 2

Ступінь тиксотропного відновлення в'язкості косметичних емульсій

Показник	Емульсія	
	базова	розроблена
Ступінь тиксотропного відновлення в'язкості, %	57,2	84,6

Результати, наведені у табл. 2, засвідчують, що у порівнянні з показником базової емульсії (57,2%) додавання композиції силіконів сприяє підвищенню ступеня тиксотропного відновлення емульсійної системи після зняття зовнішніх сил деформацій. При цьому досліджуваний показник значно зростає та складає 84,6%.

Одними з важливих властивостей косметичних емульсій є відчуття людини після їх нанесення і без сенсорних відчуттів неможливо повноцінно оцінити засіб косметичного призначення. У роботі сенсорні властивості досліджуваних емульсій були визначені Скоринг-методом. Обрані сенсорні показники 5 респондентів оцінювали органолептично після нанесення зразків емульсій на шкіру у балах від 1 до 10, де 10 балів відповідають найкращій характеристиці [36]. Для сенсорної оцінки обрані наступні показники: розтікання, поглинання шкірою, м'якість, матовість та відчуття догляду [36, 37]. Результати дослідження наведено на рис. 6.

Дані, наведені на рис. 6, свідчать про те, що введення до складу емульсії композиції силіконів позитивно впливає на сенсорні характеристики шкіри після нанесення. Усі досліджувані показники відчуттів після нанесення розробленої емульсії збільшуються, що свідчить про її високі споживні властивості.

Також у роботі було визначено вологість шкіри після нанесення зразків косметичних емульсій за допомогою комбінованого високочутливого тестеру «Skin Analyzer» одразу після нанесення емульсій та через 1 і 2 год. Відомо, що оптимальна вологість шкіри нормального типу у осінній період є 30–50% [38–40]. Отримані результати показані на рис. 7.



Рис. 6. Вплив композиції силіконів на сенсорні показники емульсій



Рис. 7. Вплив композиції силіконів на вологість шкіри

Наведені результати на рис. 7 свідчать, що одразу після нанесення розроблена та базова емульсії забезпечили досягнення оптимальних значень вологості шкіри, які зменшуються з часом. Однак слід зазначити, що вологість шкіри після нанесення базової емульсії не тривала, швидко зменшується і навіть стає меншою за початкову. Розроблена косметична емульсія з додаванням силіконів сприяє збереженню високих показників вологості шкіри протягом тривалого часу.

### Висновки

На основі застосування симплекс-гратчастого плану Шеффе третього порядку здійснено математичне планування експерименту щодо оптимізації складу емульсії із застосуванням композиції полідиметилсилоксану Silicone Oil 350 cSt та рослинного екстракту амодиметикону BRB 1288. У результаті оптимізації математичних моделей залежності динамічної в'язкості та вологості шкіри після нанесення емульсії знайдено її склад, який забезпечує досягнення найвищих показників досліджуваних характеристик, (%): мінеральна олія – 22,75; полідиметилсилоксан Silicone Oil 350 cSt – 1,25; рослинний екстракт амодиметикону BRB 1288 – 1,00; емульгатор Eumulgin Prisma – 0,35; співемульгатор цетеариловий спирт – 4,00; вода – 70,65.

Встановлено, що розроблена емульсія характеризується колоїдною та термостабільністю, однорідною структурою та показником рН 6,9, а також має білий злегка жовтуватий колір, майже не має запаху, має легку кремову консистенцію та однорідну структуру, характеризується високою в'язкістю та опірністю силам деформації, а також високим ступенем тиксотропного відновлення.

Методом FRAP досліджено антиоксидантну здатність розробленої емульсії та встановлено, що антиоксидантна здатність розробленої емульсії перевищує цей показник для 20%-ого розчину аскорбінової кислоти у 2 рази, а для базової емульсії – у 1,7 рази.

Вивчення за Скоринг-методом сенсорних відчуттів на шкірі після нанесення розробленої емульсії, а саме: розтікання, поглинання шкірою, м'якість, матовість та відчуття догляду – показало підвищення вказаних показників у порівнянні із базовою емульсією. Встановлено, що нанесення розробленої емульсії на шкіру забезпечує досягнення пролонгованої вологості шкіри.

### Список використаної літератури

1. Гаргаун Р.В. Розробка технології застосування поліорганосилоксанів як екстрагентів біологічно активних речовин для емульсій косметичного призначення: дис. ... д-ра. філософії: 161. Херсон, 2021. 212 с. URL: <https://kntu.net.ua/ukr/content/download/88022/507269/file/%D0%94%D0%B8%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F%20%D0%93%D0%B0%D1%80%D0%B3%D0%B0%D1%83%D0%BD%20%D0%A0.%D0%92.%20161.pdf> (дата звернення 15.05.2024).
2. Лікарські рослини: чи варто братися за цю нішу в Україні і чи можна заробити? URL: <https://superagronom.com/articles/668-likarski-roslini-chi-varto-bratisya-za-tsyu-nishu-v-ukrayini-i-chi-mojna-zarobiti> (дата звернення 15.05.2024).
3. Никитюк Ю.А. Концептуальні положення збалансованого розвитку сировинної бази та переробки лікарських рослин. *Агроевіт.* 2016. № 5. С. 16-19.
4. D'Amelio F.S.Sr. Botanicals. A Phytocosmetic Desk Reference. Boca Raton: CRC Press, 1999. 361 p.
5. Patri F., Silano V. Plants in cosmetics: Plants and Plant Preparations Used as Ingredients for Cosmetic Products. Strasbourg: Council of Europe Publishing, 2002. 2018 p.
6. Korakhashvili A., Kacharava T., Kiknavelidze N. Biochemical structure of Calendula officinalis. *Georgian Medical News.* 2007. No. 7–8 (148–149). P. 70-73.
7. Varka E.-M., Tsatsaroni E., Xristoforidou N., Darda A.-M. Stability Study of O/W Cosmetic Emulsions Using Rosmarinus officinalis and Calendula officinalis Extracts. *Open J. Appl. Sci.* 2012. Vol. 02:1. P. 39-45.
8. Butnariu M., Coradini C.Z. Evaluation of biologically active compounds from calendula officinalis flowers using spectrophotometry. *Chem. Central. J.* 2012. Vol. 6:35. P. 1-7.
9. Isaac O. Die Ringelblume: Botanik, Chemie, Pharmakologie, Toxikologie, Pharmazie und therapeutische Verwendung. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 1992. P. 787.
10. Akhtar N., Shahiq-uz-zaman, Ali Khan B., Haji M., Khan S., Ahmad M., Rasool F., Mahmood T., Rasul A. Evaluation of various functional skin parameters using a topical cream of Calendula officinalis extract. *Afr. J. Pharm. Pharmacol.* 2011. Vol. 5. P. 199-206.
11. Andersen F.A., Bergfeld W.F., Belsito D.V., Hill R.A., Klaassen C.D., Liebler D.C., Marks J.G.Jr., Shank R.C., Slaga T.J., Snyder P.W. Final report of the cosmetic ingredient review expert panel amended safety assessment of Calendula officinalis – derived cosmetic ingredients. *Int. J. Toxicol.* 2010. Vol. 29. P. 221-243.
12. Stegemann S. Patient centric drug product design in modern drug delivery as an opportunity to increase safety and effectiveness. *Expert. Opin. Drug. Deliv.* 2018. Vol. 15. P. 619-627.
13. Гарбарець Н.М., Гарбарець М.О. Рідкісні та зникаючі лікарські рослини України. Мала Червона книга лікарських рослин України. Тернопіль: Навчальна книга – Богдан, 2012. 88 с.
14. Попов О.П. Лікарські рослини в народній медицині. Київ: Здоров'я, 1965. 345 с.
15. Календули квітки. URL: <https://liktravy.ua/products/herbs/kalendula-kvitky>. (дата звернення 08.06.2024).
16. Фармакогнозія / В.С. Кисличенко та ін.; за ред. В. С. Кисличенко. Харків: НФаУ: Золоті сторінки, 2015. 735 с.
17. Косметична емульсія, збагачена біологічно активними добавками: пат. № 144145 Україна. № u202000613; заяв. 03.02.2020; опубл. 10.09.2020; бюл. № 17/2020. 4 с.
18. Білецький В.С. Симплекс-гратчасте (центроїдне) планування експерименту. Харків: НТУ «ХПІ», 2021. 12 с.
19. Morávková T., Stern P. Rheological and Textural Properties of Cosmetic Emulsions. *Applied Rheology.* 2011. Vol. 21, no. 3. P. 35200.
20. Antolovich M., Prenzler P.D., Patsalides E., McDonald S., Robards K. Methods for testing antioxidant activity. *The Analyst.* 2002. Vol. 127. P. 183-198.
21. Hegerman A.E., Riedl K.M., Jones G., Sovik K.N., Rechard N.T., Hartzfeld P.W., Reichel T.L. High molecular weight plant polyphenolics (tannins) as biological antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 1998. Vol. 46. P. 1887-1892.

22. Molina-Diaz A., Ortega-Carmona I., Pascual-Reguera M.I. Indirect spectrophotometric determination of ascorbic acid with ferrozine by flow-injection analysis. *Talanta*. 1998. Vol. 47. P. 531-536.
23. Berker K.I., Gueclue K., Tor I., Demirata B., Apak R. Total antioxidant capacity assay using optimized ferricyanide/Prussian blue method. *Food Analytical Methods*. 2010. Vol. 3. P. 154-168.
24. Pulido R., Bravo L., Saura-Calixto F. Antioxidant activity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing antioxidant power assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2000. Vol. 48. P. 3396-3402.
25. Prior R.L., Wu X., Schaich K. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2005. Vol. 53. P. 4290-4302.
26. Bursal E., Köksal E., Gülçin İ., Bilsel G., Gören A.C. Antioxidant activity and polyphenol content of cherry stem (*Cerasus avium L.*) determined by LC-MS/MS. *Food Research International*. 2013. Vol. 51, Is. 1. P. 66-74. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.11.022>.
27. Dreher F., Maibach H.I. Protective effects of topical antioxidants in humans. *Curr. Probl. Dermatol*. 2001. Vol. 29. P. 157-164.
28. Yoshihisa Y., Honda A., Zhao Q.L., Makino T., Abe R., Matsui K., Shimizu H., Miyamoto Y., Kondo T., Shimizu T. Protective effects of platinum nanoparticles against UV-light-induced epidermal inflammation. *Exp. Dermatol*. 2010. Vol. 19. P. 1000-1006.
29. Bokov A., Chaudhuri A., Richardson A. The role of oxidative damage and stress in aging. *Mech. Ageing Dev*. 2004. Vol. 125. P. 811-826.
30. Промислова технологія лікарських засобів: / Є.В. Гладух та ін.; за ред. Є.В. Гладуха, В.І. Чуєшова. Х.: Новий Світ-2000, 2018. 486 с.
31. Bodor N., Buchwald P. Soft drug design: General principles and recent applications. *Medicinal Research Reviews*. 1999. Vol. 20(1):58. P. 101. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-1128\(200001\)20:1%3C58::AID-MED3%3E3.0.CO;2-X](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-1128(200001)20:1%3C58::AID-MED3%3E3.0.CO;2-X).
32. Гунько В.Г., Перцев І.М., Даценко Б.М., Белов С.Г. Проблеми створення осмотично активних лікарських систем для зовнішнього використання. *Фармац. журн.* 1991. No 3. С. 62-67.
33. Реотест-2.1. Цилиндрический и конусо-пластиночный ротационный вискозиметр. Инструкция по эксплуатации. URL: <http://www.twirpx.com/file/1543541>. (дата звернення 03.10.2021).
34. Leal-Calderon F., Schmitt V., Bibette J. Emulsion Science: Basic Principles. New York: Springer, 2007. 236 p.
35. Brummer R. Rheology Essentials of Cosmetic and Food Emulsions. Berlin, Heidelberg: Springer, 2006. 180 p.
36. Wasilewski T., Hordyjewicz-Baran Z., Zarębska M., Stanek N., Zajszy-Turko E., Tomaka M., Bujak T., Nizioł-Łukaszewska Z. Sustainable Green Processing of Grape Pomace Using Micellar Extraction for the Production of Value-Added Hygiene Cosmetics. *Molecules*. 2022. Vol. 27. 2444. <https://doi.org/10.3390/molecules27082444>
37. Parente M.E., Gámbaro A., Ares G. Sensory characterization of emollients. *Journal of Sensory Studies*. 2008. Vol. 23, Issue 2. P. 149-161.
38. Skin Analyzer. URL: <https://aliexpress.ru/item/4000096486652.html?spm=a2g2w.productlist.0.0.1b1e6b53Kkztw3> (дата звернення 15.05.2024).
39. Panico A., Serio F., Bagordo F., Grassi T., Idolo A., Giorgi M.D.E., Guido M., Congedo M., Donno A.D.E. Skin safety and health prevention: an overview of chemicals in cosmetic products. *J Prev Med Hyg*. 2019. Vol. 60(1). E50-E57.
40. Qassem M., Panayiotis K. Review of Modern Techniques for the Assessment of Skin Hydration. *Cosmetics*. 2019. Vol. 6, no. 1. P. 19. <https://doi.org/10.3390/cosmetics6010019>.

## References

1. Harhaun, R.V. (2021). *Rozrobka tekhnolohiyi zastosuvannya poliorhanosyloksaniv yak ekstrahentiv biolohichno aktivnykh rehovyn dlya emul'siy kosmetychnoho pryznachennya [Development of technology for the use of polyorganosiloxanes as extractants of biologically active substances for cosmetic emulsions]* [PhD thesis, Kherson National Technical University]. Open. <https://kntu.net.ua/ukr/content/download/88022/507269/file/%D0%94%D0%B8%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F%20%D0%93%D0%B0%D1%80%D0%B3%D0%B0%D1%83%D0%BD%20%D0%A0.%D0%92.%20161.pdf> [in Ukrainian].
2. *Likars'ki roslyny: chy varto braty za tsyu nishu v Ukrayini i chy mozhna zarobyt?* [Medicinal plants: is it worth taking up this niche in Ukraine and is it possible to make money?] <https://superagronom.com/articles/668-likarski-roslini-chi-varto-bratysya-za-tsyu-nishu-v-ukrayini-i-chi-mojna-zarobiti> (accessed 15.05.2024) [in Ukrainian].
3. Nikityuk, Yu. A. (2016). Kontseptual'ni polozhennya zbalansovanoho rozvytku syrovynnoyi bazy ta pererobky likars'kykh roslyn [Conceptual provisions of balanced development of the raw material base and processing of medicinal plants]. *Ahrosvit [Agroworld]*, 5, 16-19 [in Ukrainian].
4. D'Amelio, F.S.Sr. (1999). *Botanicals. A Phytocosmetic Desk Reference*. Boca Raton: CRC Press.
5. Patri, F., Silano, V. (2002). *Plants in cosmetics: Plants and Plant Preparations Used as Ingredients for Cosmetic Products*. Strasburg: Council of Europe Publishing.

6. Korakhashvili, A., Kacharava, T., Kiknavelidze, N. (2007). Biochemical structure of *Calendula officinalis*. *Georgian Medical News*, 7–8 (148–149), 70-73.
7. Varka, E.-M., Tsatsaroni, E., Xristoforidou, N., Darda A.-M. (2012). Stability Study of O/W Cosmetic Emulsions Using *Rosmarinus officinalis* and *Calendula officinalis* Extracts. *Open J. Appl.*, 02:1, 39-45.
8. Butnariu, M., Coradini, C.Z. (2012). Evaluation of biologically active compounds from *calendula officinalis* flowers using spectrophotometry. *Chem. Central. J.*, 6:35, 1-7.
9. Isaac, O. (1992). *Die Ringelblume: Botanik, Chemie, Pharmakologie, Toxikologie, Pharmazie und therapeutische Verwendung*. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.
10. Akhtar, N., Shahiq-uz-zaman, B., Ali Khan, M., Haji, S., Khan, Ahmad, M., Rasool, F., Mahmood, T., Rasul, A. (2011). Evaluation of various functional skin parameters using a topical cream of *Calendula officinalis* extract. *Afr. J. Pharm. Pharmacol.*, 5, 199-206.
11. Andersen, F.A., Bergfeld, W.F., Belsito, D.V., Hill, R.A., Klaassen, C.D., Liebler, D.C., Marks, J.G. Jr., Shank, R.C., Slaga, T.J., Snyder P.W. (2010). Final report of the cosmetic ingredient reviews expert panel amended safety assessment of *Calendula officinalis* – derived cosmetic ingredients. *Int. J. Toxicol.*, 29, 221-243.
12. Stegemann, S. (2018). Patient centric drug product design in modern drug delivery as an opportunity to increase safety and effectiveness. *Expert. Opin. Drug. Deliv.*, 15, 619-627.
13. Harbarets', N.M., Harbarets', M.O. (2012). *Ridkisini ta znykayuchi likars'ki roslyny Ukrayiny. Mala Chervona knyha likars'kykh roslyn Ukrayiny [Rare and endangered medicinal plants of Ukraine. Little Red Book of Medicinal Plants of Ukraine]*. Ternopil': Navchal'na knyha – Bohdan [in Ukrainian].
14. Popov, O.P. (1965). *Likars'ki roslyny v narodniy medytsyni [Medicinal plants in folk medicine]*. Kyiv: Zdorov'ya [in Ukrainian].
15. *Kalenduly kvitky [Calendulae Flores]*. <https://liktravy.ua/products/herbs/kalendula-kvitky> (accessed 08.06.2024) [in Ukrainian].
16. Kyslychenko, V.S., Zhuravel', I.O., Marchyshyn, S.M. et al. (2015). *Farmakohnoziya [Pharmacognosy]*. (V.S. Kyslychenko, Ed.). Kharkiv, NFAU: Zoloti storinky [in Ukrainian].
17. Harhaun, R.V., Kunyk, O.M., Sariybekova, D.H. (2020). *Kosmetychna emul'siya, zbahachena biolohichno aktyvnymy dobavkamy [Cosmetic emulsion enriched with biologically active additives]* Pat. UA 144145. Державна служба інтелектуальної власності України [State Service of Intellectual Property of Ukraine] [in Ukrainian].
18. Bilets'kyu, V.S. (2021). *Sympleks-hratchaste (tsentroyidne) planuvannya eksperymentu [Simplex-lattice (centroid) planning of the experiment]*. Kharkiv: NTU «KHPI» [in Ukrainian].
19. Morávková, T., P., Stern. (2011). Rheological and Textural Properties of Cosmetic Emulsions. *Applied Rheology*, 21, 3, 35200. <https://doi.org/10.3933/applrheol-21-35200>.
20. Antolovich, M., Prenzler, P.D., Patsalides, E., McDonald, S., Robards, K. (2002). Methods for testing antioxidant activity. *The Analyst*, 127, 183-198.
21. Hegerman, A.E., Riedl, K.M., Jones, G., Sovik, K.N., Rechard, N.T., Hartzfeld, P.W., Reichel, T.L. (1998). High molecular weight plant polyphenolics (tannins) as biological antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 1887-1892.
22. Molina-Diaz, A., Ortega-Carmona, I., Pascual-Reguera, M.I. (1998). Indirect spectrophotometric determination of ascorbic acid with ferrozine by flow-injection analysis. *Talanta*, 47, 531-536.
23. Berker, K.I., Gueclue, K., Tor, I., Demirata, B., Apak, R. (2010). Total antioxidant capacity assay using optimized ferricyanide. Prussian blue method. *Food Analytical Methods*, 3, 154-168.
24. Pulido, R., Bravo, L., Saura-Calixto, F. (2000). Antioxidant activity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing antioxidant power assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 3396-3402.
25. Prior, R.L., Wu, X., Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 4290-4302.
26. Bursal, E., Köksal, E., Gülçin, İ., Bilsel, G., Gören, A.C. (2013). Antioxidant activity and polyphenol content of cherry stem (*Cerasus avium L.*) determined by LC–MS/MS. *Food Research International*, 51, 1, 66-74. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.11.022>.
27. Dreher, F., Maibach, H.I. (2001). Protective effects of topical antioxidants in humans. *Curr. Probl. Dermatol*, 29, 157-164.
28. Yoshihisa, Y., Honda, A., Zhao, Q.L., Makino, T., Abe, R., Matsui, K., Shimizu, H., Miyamoto, Y., Kondo, T., Shimizu, T. (2010). Protective effects of platinum nanoparticles against UV-light induced epidermal inflammation. *Exp. Dermatol*, 19, 1000-1006.
29. Bokov, A., Chaudhuri, A., Richardson, A. (2004). The role of oxidative damage and stress in aging. *Mech. Ageing Dev*, 125, 811-826.
30. Hladukh, Ye.V., Ruban, O.A., Sayko, I.V. et al. (2018). *Promyslova tekhnolohiya likars'kykh zasobiv [Industrial technology of medicines]* (Ye.V. Hladukh, V.I. Chuyeshov, Ed.). Kharkiv: Novyy Svit-2000 [in Ukrainian].

31. Bodor, N., Buchwald, P. (1999). Soft drug design: General principles and recent applications. *Medicinal Research Reviews*, 20(1):58, 101. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-1128\(200001\)20:1%3C58::AID-MED3%3E3.0.CO;2-X](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-1128(200001)20:1%3C58::AID-MED3%3E3.0.CO;2-X).
32. Hun'ko, V.H., Pertsev, I.M., Datsenko, B.M., Belov, S.H. (1991). Problemy stvorenniya osmotychno aktyvnykh likars'kykh system dlya zovnishn'oho vykorystannya [Problems of creating osmotically active medicinal systems for external use]. *Farmats. zhurn. [Pharmac. journal]*, 3, 62-67 [in Ukrainian].
33. Reotest-2.1. Tsylyndrycheskyy y konuso-plastynochnyy rotatsyonnyy vyskozometr. Ynstruktsyya po ekspluatatsyy [Cylindrical and cone-plate rotational viscometer. Operating instructions] <http://www.twirpx.com/file/1543541> (accessed 08.06.2024) [in russian].
34. Leal-Calderon, F., Schmitt, V., Bibette, J. (2007). *Emulsion Science: Basic Principles*. New York: Springer.
35. Brummer, R. (2006). *Rheology Essentials of Cosmetic and Food Emulsions*. Berlin, Heidelberg: Springer.
36. Wasilewski, T., Hordyjewicz-Baran, Z., Zarębska, M., Stanek, N., Zajszy-Turko, E., Tomaka, M., Bujak, T., Nizioł-Łukaszewska, Z. (2022). Sustainable Green Processing of Grape Pomace Using Micellar Extraction for the Production of Value-Added Hygiene Cosmetics. *Molecules*, 27, 2444. <https://doi.org/10.3390/molecules27082444>.
37. Parente, M.E., Gámbaro, A., Ares, G. (2008). Sensory characterization of emollients. *Journal of Sensory Studies*, 23, 2, 149-161.
38. *Skin Analyzer*. <https://aliexpress.ru/item/4000096486652.html?spm=a2g2w.productlist.0.0.1b1e6b53Kkztw3> (accessed 08.06.2024).
39. Panico, A., Serio, F., Bagordo, F., Grassi, T., Idolo, A., Giorgi, M.D.E., Guido, M., Congedo, M., Donno, A.D.E. (2019). Skin safety and health prevention: an overview of chemicals in cosmetic products. *J Prev Med Hyg*, 60(1), E50-E57.
40. Qassem, M., Panayiotis, K. (2019). Review of Modern Techniques for the Assessment of Skin Hydration. *Cosmetics*, 6, 1, 19. <https://doi.org/10.3390/cosmetics6010019>.