

УДК 661.185:667.16:687.53

DOI <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2025.4.1.19>**О. В. ІЩЕНКО**

доктор технічних наук, доцент,  
професор кафедри промислової фармації  
Київський національний університет технологій та дизайну  
ORCID: 0000-0002-9510-6005

**Г. І. КУЗЬМІНА**

кандидат хімічних наук, доцент,  
доцент кафедри промислової фармації  
Київський національний університет технологій та дизайну  
ORCID: 0000-0002-0691-8563

**О. М. РОЇК**

кандидат фармацевтичних наук, доцент,  
доцент кафедри промислової фармації  
Київський національний університет технологій та дизайну  
ORCID: 000-0002-5988-6577

**Ю. В. КУНІЦЬКА**

здобувач вищої освіти кафедри промислової фармації  
Київський національний університет технологій та дизайну  
ORCID: 0009-0006-4917-5399

**О. В. ПЕТРЕНКО**

здобувач вищої освіти кафедри промислової фармації  
Київський національний університет технологій та дизайну  
ORCID: 0009-0008-1948-2528

## РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ЛІПІДНОЇ МАСКИ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНОГО ВОЛОССЯ

*Проблема відновлення пошкодженого волосся є критичною через агресивний вплив хімічних, термічних та УФ-чинників, що спричиняє втрату природних ліпідів, зневоднення, ламкість та пористість. Сучасний попит сфокусований на екологічних ліпідних масках, які імітують природний захисний бар'єр волосся.*

*Ключовим механізмом відновлення є заміщення втрачених ліпідів та протеїнів. Дослідження підтверджують, що рослинні олії з середньоланцюговими жирними кислотами проникають у кортекс, зменшуючи пористість та мінімізуючи втрату протеїнів.*

*Особливий інтерес становлять інноваційні біоміметичні інгредієнти – низькомолекулярні гідролізовані протеїни та ліпідні комплекси (HMA Silky, Sunflohair™) для підвищення абсорбції.*

*Мета дослідження – опрацювання технології виготовлення ефективної та стабільної ліпідної маски для інтенсивного відновлення пошкодженого волосся.*

*Розроблено багатокомпонентну ліпідну маску з активними інгредієнтами: рослинним ліпосомальним комплексом HMA Silky, фосfolіпідним комплексом Sunflohair™, гідролізатом кератину, d-пантенолом, олією солодкокого мигдалю та олією Ши у формі емульсії типу "олія у воді" (O/B), що забезпечує легкість нанесення та зволожуючий сенсорний профіль. Емульсійна основа стабілізована за рахунок синергічної системи катіонних емульгаторів рослинного походження: Varisoft VTMS PLT MB та Genatin® СТАС. Катіонна природа емульгаторів забезпечує підвищену афінність до негативно зарядженого пошкодженого волосся.*

*Запропоновано технологію виготовлення емульсійної ліпідної маски, з визначенням критичних стадій та технологічних контрольних параметрів для стабілізації O/B – емульсії та готового продукту. Встановлено органолептичні та фізико-хімічні показники якості розробленої ліпідної маски для відновлення та догляду за пошкодженим волоссям, а саме рН  $4,4 \pm 0,2$ ; однорідна кремopodobна консистенція, висока колоїдна та термо-стабільності.*

*Розроблена ліпідна маска з інноваційними ліпідними комплексами та гідролізатом кератину є безпечним та ефективним продуктом для відновлення пошкодженого волосся.*

***Ключові слова:** ліпідна маска, технологія, обладнання, технологічна схема, косметична продукція, догляд за волоссям, пошкоджене волосся.*

O. V. ISHCENKO

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,  
Professor at the Department of Industrial Pharmacy  
Kyiv National University of Technologies and Design  
ORCID: 0000-0002-9510-6005

G. I. KUZMINA

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor at the Department of Industrial Pharmacy  
Kyiv National University of Technologies and Design  
ORCID: 0000-0002-0691-8563

O. M. ROIK

Candidate of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor at the Department of Industrial Pharmacy  
Kyiv National University of Technologies and Design  
ORCID: 000-0002-5988-6577

YU. V. KUNITSKA

Higher Education Student at the Department of Industrial Pharmacy  
Kyiv National University of Technologies and Design  
ORCID: 0009-0006-4917-5399

O. V. PETRENKO

Postgraduate Student at the Department of Industrial Pharmacy  
Kyiv National University of Technologies and Design  
ORCID: 0009-0008-1948-2528

## DEVELOPMENT OF A LIPID MASK TECHNOLOGY FOR RESTORING DAMAGED HAIR

*The problem of restoring damaged hair is critical due to the aggressive influence of chemical, thermal, and UV factors, which cause loss of natural lipids, dehydration, brittleness, and porosity. Current demand is focused on eco-friendly lipid masks that mimic the hair's natural protective barrier.*

*The key mechanism of recovery is the replacement of lost lipids and proteins. Studies confirm that vegetable oils with medium-chain fatty acids penetrate the cortex, reducing porosity and minimising protein loss.*

*Of particular interest are innovative biomimetic ingredients – low molecular weight hydrolysed proteins and lipid complexes (HMA Silky, Sunflohair™) to enhance absorption.*

*The aim of the study is to develop a technology for the production of an effective and stable lipid mask for intensive restoration of damaged hair.*

*A multi-component lipid mask with active ingredients has been developed: HMA Silky plant liposomal complex, Sunflohair™ phospholipid complex, keratin hydrolysate, d-panthenol, sweet almond oil and shea oil in the form of an oil-in-water (O/W) emulsion, which ensures ease of application and a moisturising sensory profile. The emulsion base is stabilised by a synergistic system of plant-based cationic emulsifiers: Varisoft BTMS PLT MB and Genamin® CTAC. The cationic nature of the emulsifiers provides increased affinity for negatively charged damaged hair.*

*A technology for the production of an emulsion lipid mask is proposed, with the determination of critical stages and technological control parameters for stabilising the O/W emulsion and the finished product.*

*The organoleptic and physicochemical quality indicators of the developed lipid mask for the restoration and care of damaged hair have been established, namely pH  $4.4 \pm 0.2$ ; homogeneous creamy consistency, high colloidal and thermal stability.*

*The developed lipid mask with innovative lipid complexes and keratin hydrolysate is a safe and effective product for restoring damaged hair.*

**Key words:** lipid mask, technology, equipment, technological scheme, cosmetic products, hair care, damaged hair.

### Постановка проблеми

Волосся не лише формує зовнішню привабливість, а й виступає своєрідним індикатором загального стану здоров'я людини.

Сучасні засоби для догляду за волоссям, створені на основі екологічно безпечних та відновлюваних рослинних інгредієнтів, дедалі частіше сприймаються як частина здорового способу життя. На відміну від традиційної продукції з переважно синтетичними компонентами, вони користуються стійким і зростаючим попитом у глобальному масштабі.

Негативний вплив косметичної продукції з компонентами синтетичного походження на здоров'я людини та навколишнє середовище доведено багатьма дослідженнями останніх років в галузі розробки косметики для догляду за волоссям.

Для збереження цілісності та підтримання здорового стану волоссяного стрижня ключову роль відіграють ліпіди. Ліпідні компоненти кутикули, кортексу та медули формують природний бар'єр, який захищає волосся від дії агресивних хімічних агентів та негативних факторів довкілля. Вони беруть участь у регуляції еластичності, рівня зволоження, міцності та пористості волосся, визначаючи його фізико-механічні властивості та стійкість до пошкоджень [1-3].

Зокрема, 18-метилейкозанова кислота (18-МЕА), кераміди та холестерин знаходяться на поверхні кутикули та між її клітинами, утворюючи ліпідний бар'єр, захищають волосся від трансепідермальної втрати води, зовнішніх пошкоджень (УФ-випромінювання, механічного тертя, хімічних впливів), надають волоссям гладкості, блиску та м'якості, скріплюють лусочки кутикули, запобігаючи їх підняттю та розшаруванню. Останнє є причиною ламкості та посічених кінчиків. Ліпіди кортексу допомагають також підтримувати структурну цілісність кератину та еластичність волосся [4,5].

Деградація ліпідного шару волоссяного стрижня значно прискорюється під впливом агресивних косметичних процедур, таких як знебарвлення, фарбування, хімічна завивка, випрямлення, а також внаслідок дії поверхнево-активних речовин. Втрата ліпідів також інтенсифікується під дією ультрафіолетового випромінювання та у процесі хронологічного старіння. Сукупність цих чинників зумовлює зниження зволоженості, підвищення ламкості та загальне погіршення структурно-механічних властивостей волосся [4,6,7].

Останнім часом особливу увагу привертають технології створення ліпідних масок для волосся, збагачених комплексом поживних речовин, серед яких важливе місце займають інгредієнти, що відтворюють властивості природних ліпідів здорового волосся. На відміну від традиційних кондиціонерів та масок, ліпідні маски для волосся проникають глибше у волоссяний стрижень, забезпечуючи довготривалий ефект. Ліпіди у складі таких масок здатні відновлювати ліпідний бар'єр пошкодженого волосся, захищати його від втрати вологи, покращувати еластичність. Завдяки цьому ліпідні маски є ключовими косметичними продуктами у ефективному відновленні та догляді за пошкодженим волоссям.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Згідно з аналізом останніх наукових досліджень і публікацій встановлено, що вивчення впливу та механізмів дії негативних факторів на волосся ведуться поряд із активним пошуком більш стійких і екологічно прийнятних інгредієнтів для відновлення пошкодженого волосся.

В публікації [8] наведені результати досліджень, які представляють інтерес для розробки рецептур різноманітних косметичних засобів по догляді за волоссям (від фарб до масок), зокрема доведено вплив характеру поверхні твердих частинок (дзета-потенціал, розмір, функціональна група, склад та гідрофобність) на спорідненість до волосся та осадження цих частинок на здоровому та пошкодженому/знебарвленому волоссі. Також виявлено сильнішу спорідненість частинок до здорового, ніж до пошкодженого (знебарвленого) волосся. Встановлена закономірність пояснюється зменшенням кількості місць взаємодії «частинка–волосся» через пошкодження та видалення зовнішнього ліпідного шару.

Багато досліджень останніх років присвячено вивченню впливу шкідливих факторів навколишнього середовища, таких як ультрафіолетові промені та тверді частинки, на пористу природу волосся та виявленню раніше невідомих аспектів цих процесів. Було встановлено, що тверді частинки з навколишнього середовища мають синергетичний ефект з ультрафіолетовим випромінюванням, посилюючи пористість волосся, тобто забруднення твердими частинками не викликає пористості волосся; але воно збільшує швидкість зростання пористості волосся під впливом ультрафіолетового випромінювання [9]. Виснаження озонового шару та забруднення повітря, зокрема твердими частинками, посилюють пошкодження волосся. Цьому можна запобігти, підтримуючи здоров'я волосся шляхом застосування косметичних засобів з інгредієнтами, що зменшують пористість пошкодженого волосся.

До таких інгредієнтів відносяться олії рослинного походження. Рослинні олії являють собою складні суміші тригліцеридів насичених і ненасичених жирних кислот з різними жирними кислотами та дигліцерідами. Склад та фізико-хімічні властивості суміші цих природних речовин суттєво впливають на позитивний ефект застосування рослинних олій у засобах для догляду за волоссям, зокрема на пористість волосся. Дослідження показали, що комплексне використання арахісової олії та олії розторопші сприяє відновленню текстури пошкодженого волосся, зокрема підвищує його міцність, блиск і знижує пористість [10, 11].

Пористість волосся підвищується з віком та внаслідок фарбування, хімічної завивки й використання засобів із агресивними ПАР, які вимивають протеїни та ліпіди.

Під час проведення досліджень авторами встановлено, що кокосова олія чинить відновлювальну дію, зменшує пошкодження кортексу волосся, спричинені ПАР під час миття, та знижує його пористість [12]. Її зменшення пов'язано з блокуванням молекулами олії шляхів дифузії в ендокутікулі та матриксі кортикальних клітин, обмежуючи взаємодію протеїнів з ПАР, що призводить до зниження втрати волоссям протеїнів і кольору, збільшенню гідрофобності

волосся і на його поверхні, і в кортексі. Молекули олії утворюють щільний дифузійний бар'єр у матриксі, комплекси клітинних мембран та ендокутикульних ділянок волосся, які є основними шляхами дифузії з волосся.

Захист пошкодженого волосся рослинними оліями відбувається двома шляхами – поверхневим покриттям та проникненням у структуру волосся. І хоча існують літературні джерела, що стосуються проникнення окремих натуральних олій у волосся, до останніх років бракувало даних, які б пояснювали вплив довжини ланцюга жирних кислот на проникнення у волосся, зокрема після окислювального пошкодження. Дослідженнями встановлено, що середньоланцюгові жирні кислоти проникають та захищають волосся значно краще, ніж довголанцюгові [13]

Рослинні олії з широким спектром тригліцеридів, а саме: кокосова (coconut oil), олія камелії (Camellia oleifera seed oil), сафлорова олія (Safflower seed oil) забезпечують міцність та м'якість волосся завдяки їх проникненню в структуру волосся [14]. Проникнення окремих чистих тригліцеридів, що входять до складу цих олій було підтверджено для всіх довжин ланцюгів та ступенів ненасиченості, причому вища проникність була продемонстрована для коротших ланцюгів та ненасичених жирних кислот. Також встановлено проникнення та взаємодія досліджуваних олій з жирними кислотами (18-метил-ейкозановою, пальмітиною (C16:0) та олеїною (C18:1)) модельного клітинного мембранного комплексу (КМК). Передбачається, що ці олії запобігають утворенню та/або поширенню дефектів у КМК, що призводить до ламкості волосся.

Використання рослинних олій у масках для догляду за волоссям значно зросло за останні роки. Завдяки проникненню олій всередину волосся підвищується опір дифузійним шляхам проникнення хімічних речовин, пори в структурі пошкодженого волосся поступово заповнюються, відновлюється гідрофобність волосся. Багато рослинних олій містять незамінні жирні кислоти, вітаміни та антиоксиданти, які зміцнюють волосся, покращують утримання вологи, захищають від негативного впливу навколишнього середовища. Такі олії, як арганова, кокосова та олія жожоба, допомагають відновити пошкоджене волосся, зменшити пухнастість і підвищити його еластичність. Дослідження показали, що взаємодія між різними оліями та волоссям, в першу чергу, залежить від спорідненості молекул до клітинного мембранного комплексу волосся (олії діють як клей між клітинами, що зв'язують кутикулу та кору разом), а також від структури та розміру молекул. [15 – 17].

Косметичні засоби для догляду за волоссям, крім рослинних олій містять також інші активні інгредієнти, серед яких протеїни, які відіграють важливу роль у компенсації втрати цих речовин під час пошкодження волосся. Відома велика кількість доказів здатності протеїнів змінювати такі властивості волосся, як сила, форма, об'єм, колір, гладкість, блиск і вологість. Перелік найважливіших протеїнів, що використовуються в косметичних засобах для догляду за волоссям, включає протеїни колагену, еластину, фібронектину, кератину, молока, шовкового протеїну тощо [10,18]. Однак слід зазначити, що традиційні маски з нативними (немодифікованими) протеїнами забезпечують лише полегшення, але нездатні запобігти пошкодженню та тривалому відновленню пошкодженого волосся внаслідок обмеженої проникності в структуру волосся.

Сьогодні в масках для волосся широко використовують інноваційні біоміметичні інгредієнти – гідролізати протеїнів, зокрема колагену та кератину [19-21]. Гідролізовані протеїни складаються з низки поліпептидних молекул. Низькомолекулярні гідролізовані протеїни здатні проникати всередину кутикули волосини для забезпечення структурної цілісності та міцності; або в самі зовнішні шари епідермісу для миттєвого розгладження, відновлення шкіри голови та захисту від трансепідермальної втрати води. Високомолекулярні гідролізовані протеїни є добре сумісними зі шкірою та волоссям, заповнюючи «прогалини», де є пошкодження зовні волоссяного стовбура. Заповнюючи ці прогалини, вони відновлюють структурну цілісність, міцність, гнучкість і навіть можуть згладжувати пошкоджену кутикулу та заповнювати деякі прогалини в посічених кінчиках. Згідно з результатами досліджень [20] гідролізований кератин молекулярної маси вище 3000 Da проявляє ще здатність до емульгування та загушення, що розширює його галузь застосування.

Підвищення проникності кератину досягають також інкапсуляцією кератину у катіонні ліпосоми, що підвищує його стабільність, біодоступність та проникність в кортекс волосся [22].

Застосування нано- та біотехнологій, генної інженерії та біоінформатики сприяло появі нових високоефективних косметичних інгредієнтів рослинного походження, які етично отримані та екологічно чисті. До таких інгредієнтів відносяться ліпідні комплекси, насичені ліпідами, що легко проникають у волосся. Одним з них є ліпідний комплекс 369LAB Lipid Bond, який отримано за патентованою технологією Lipid Bond [23]. Технологія Lipid Bond дозволяє отримувати нано-, мікроемульсії тригліцеридів рослинної олії для імітації природних ліпідів волосся, покращуючи абсорбцію та біодоступність тригліцеридів. Ліпідний комплекс 369LAB Lipid Bond усуває хімічні та екологічні пошкодження, відновлює ліпідні зв'язки у волоссі, регенерує структуру волосся, покращує його міцність та підтримує його здорову пружність протягом тривалого часу [24].

Отже, аналіз та узагальнення даних останніх досліджень та публікацій

свідчить про актуальність напрямку наукових досліджень щодо розробки технології ліпідних масок на основі багатокомпонентних косметичних композицій з ліпідними комплексами, гідролізатами протеїнів, рослинними оліями, яке спрямовано на розширення асортименту ефективних і безпечних вітчизняних косметичних продуктів для відновлення пошкодженого волосся.

### Формулювання мети дослідження

Метою дослідження є опрацювання технології ліпідної маски для відновлення та догляду за пошкодженим волоссям.

### Викладення основного матеріалу дослідження

Для розробки ефективної та якісної ліпідної маски необхідно цілеспрямовано підходити до вибору та комбінації активних інгредієнтів, які здатні забезпечити відновлення пошкодженого волосся, а також сприяти оптимальному рівню зволоження та живлення волосся та шкіри голови.

Формування складу ліпідної маски та опрацювання технології її виготовлення проведено з урахуванням сучасних досягнень в галузі технологій виготовлення емульсійних косметичних масок [19] із застосуванням інноваційних косметичних інгредієнтів для відновлення та захисту волосся від впливу негативних факторів [25], організації технологічного процесу та вибору технологічного обладнання [26].

Емульсійна основа ліпідної маски розроблена відповідно до класифікації INCI (International Nomenclature of Cosmetic Ingredients) і містить наступні інгредієнти: Aqua purificata, Varisoft BTMS PLT MB (INCI: Behentrimonium methosulfat, Cetearyl alcohol), Vegarol-1618TA (INCI: cetearyl alcohol), віск бджолиний (Permulgin 0160, INCI: beeswax), алантоїн (INCI: allantoin), натрієва сіль етилендіамінтетраоцетової кислоти (EDTA -2 NA, INCI: disodium EDTA), гліцерин (INCI: glycerin), ксантанова камедь (Blooming gum OC, INCI: xanthan gum).

Було також використано допоміжні компоненти: Genamin® СТАС (INCI: Cetrimonium chloride, Aqua), Euxyl PE 9010 (INCI: phenoxyethanol, ethylhexylglycerin), Blooming Q 22 (INCI: polyquaternium-22, sodium benzoate, aqua), Silsoft® CLX-E (INCI: dipropylene glycol, aqua, polysilicone-29), Salcare® Super 7 AT1 (INCI: polyquaternium-7, aqua), Tanzaliza fragrance 490096, харчова 80% молочна кислота (INCI: lactic acid 80%).

В якості активних інгредієнтів використовували HMA Silky (INCI: aqua, propylene glycol, hamamelis, virginiana leaf extract, behentrimonium chloride, helianthus annuus seed oil, ppg-15 stearyl ether, polyquaternium-68, hydroxypropyl guar, phenyl trimethicone, potassium sorbate, sodium benzoate, ceramide NP, daucus carota sativa root extract, daucus carota sativa seed oil, beta-carotene, phenoxyethanol, glycerin, caprylyl glycol, isopropyl alcohol, phenylpropanol, butyl hydroxytoluene, glyceryl caprylate), Sunflohair™ (INCI: phospholipids, helianthus annuus seed oil), гідролізат кератину (Hydrolyzate of keratin proteins, INCI: aqua, glycerin, hydrolyzed keratin, sodium benzoate), d-пантенол (D-panthenol 75 w, INCI: aqua, d-panthenol), олія солодконого мигдалю (Sweet almond oil BP73, INCI: prunus amygdalus dulcis oil), олія Ши (Shea butter, INCI: butyrospermum parkii).

Активний інгредієнт HMA Silky – це рослинний ліпосомальний комплекс, який містить у складі ліпосоми наступні активні компоненти: екстракт листя гамамелісу (hamamelis, virginiana leaf extract), олію насіння соняшника однорічного (helianthus annuus seed oil), керамід III, вітаміни F і P. Цей ліпосомальний комплекс, завдяки глибокому проникненню, забезпечує стійкість волосся до ламкості, допомагає утримувати вологу, забезпечує блиск і шовковистість сухому або пошкодженому волосся [27].

Sunflohair™ – фосфоліпідний комплекс, складається з фосфоліпідів соняшнику та олії. Його специфічний склад має сильну спорідненість до волосся, завдяки чому він легко проникає в волоссяний стрижень. Проникаючи глибоко у волосся, Sunflohair™ здатний відновлювати ліпідний матрикс, тим самим відновлюючи пошкоджені структури зсередини. Антиоксидантна активність Sunflohair захищає волоссяний стрижень від зовнішніх пошкоджень [28].

Гідролізат кератину (Hydrolyzate of keratin proteins) використовується для розгладження і зволоження пошкодженої кутикули волосся. Він заповнює тріщини і усуває пухнастість, пов'язану з сухістю. Він допомагає заповнити прогалини по всьому волоссяному стрижню, включаючи його три шари, відомі як кутикула, кортекс і медула. Заповнення цих мікроскопічних прогалин розщепленим протеїном сприяє зміцненню структури волосся, тим самим покращуючи його загальну еластичність, мінімізує руйнівний вплив сонячного опромінення, термічної укладки, хімічних процедур. Він є також антистатиком що знижує статичну електрику за рахунок нейтралізації електричного заряду на поверхні волосся. Він кондиціонує волосся і робить його легким для розчісування, м'яким і блискучим та/або надає об'єму, легкості та блиску. [20, 22].

D-пантенол (d-panthenol 75 W) – активний протизапальний засіб. Цей провітамін забезпечує покращення зовнішнього вигляду шкіри, волосся та нігтів, оскільки легко проникає у клітини, де метаболізується до пантотенової кислоти (вітаміну B5). Під час догляду за волоссям, пантенол створює найтоншу плівку навколо нього, що захищає його від агресивного впливу навколишнього середовища. Також, зміцнює волоссяні фолікули, що необхідно при випаданні волосся [29].

Олія солодконого мигдалю (Sweet almond oil BP73) утворює захисний бар'єр для запобігання втраті вологи, зберігаючи шкіру голови та волосся м'якими, еластичними та здоровими, а також надає кондиціонуючий ефект, забезпечує блиск і слухняність волосся, не обтяжуючи його [30].

Олія Ши (Shea butter) складається з тригліцеридів (близько 80%) і жирних кислот (близько 17%) [31]. Завдяки великому вмісту тригліцеридів олія Ши глибоко проникає в структуру волосся, зволожуючи та живлячи його зсередини, надаючи блиск і м'якість, сприяє зміцненню волоссяних фолікулів, запобігаючи ламкості та посіченим

кінчиком, створює захисний шар, що оберігає волосся від термічного впливу при укладанні і негативних факторів навколишнього середовища.

Маски для волосся найчастіше створюються у вигляді двофазних дисперсних систем – емульсій. Емульгування дозволяє поєднувати ефективні олійні та водні компоненти в єдину композицію і полегшує доставку активних інгредієнтів в пошкоджене волосся. Емульсійні основи масок для волосся складаються з олійної фази та водної фази. Залежно від того, яка фаза диспергована в іншій, ці основи класифікують або як емульсії води в олії (В/О), або як емульсії олія у воді (О/В). Вибір дисперсної фази сильно впливає на форму та сенсорні характеристики маски для волосся. Емульсії типу О/В забезпечують легке, немассте й зволене відчуття, тоді як В/О характеризуються більш щільною, маслянистою сенсорикою для шкіри та волосся [32].

Відповідно до загальноприйнятих технологічних прийомів створення стабільних емульсій, для побудови О/В-емульсійної матриці маски застосовано систему, що складається з двох катіонних емульгаторів рослинного генезису – Varisoft BTMS PLT MB та Genamin® СТАС. Ці сполуки, які відрізняються за хімічною природою, були інтегровані для взаємодоповнення функціональних властивостей та забезпечення довготривалої стабільності системи.

Varisoft BTMS PLT MB містить четвертинну амонієву сіль – метосульфат бехентримонію, яка стабілізована цетоарилловим спиртом, та є одночасно високоефективним емульгатором і кондиціонером. Метосульфат бехентримонію найчастіше використовується як антистатик, кондиціонер, пом'якшувач, зволожувач у засобах для догляду за волоссям. Його також використовується як підвищувач в'язкості та стабілізатор емульсій на рослинній основі [33].

Genamin® СТАС являє собою 30% водний розчин хлориду цетримонію. Цетримонію хлориду – це четвертинна амонієва сполука рослинного походження, використовується як катіонний емульгатор, ПАР, антимікробний агент, кондиціонер. Відомо, що пошкоджене волосся на поверхні має негативно заряджені ділянки. Оскільки волокна волосся в основному складаються з відмерлих клітин, то пошкоджена кутикула волосся не має біологічного способу відновлення. Для боротьби цією проблемою застосовуються кондиціонери, які тимчасово покривають і заповнюють пошкоджені частини кутикули. Катіонні ПАР в засобах для волосся взаємодіють з аніонними ділянками та осідають на волоссі. На відміну від інших ПАР Genamin® СТАС поглинається негативно зарядженою поверхнею волосся, не залишаючи видимої плівки, виявляє пом'якшувальну та антистатичну дію. Забезпечує чудове сухе та вологе розчісування, високу щільність, чудове зчеплення, блиск, об'єм та об'ємність волосся. Слід відмітити також, що негативний заряд пошкодженого волосся підвищує спорідненість катіонної ПАР до кератинових волокон, завдяки чому догляд за волоссям має ще більший ефект [34].

Як гідрофобну фазу нами обрано цетеарилловий спирт (Vegarol-1618TA) та віск бджолиний (Permulgin 0160).

Permulgin 0160 – це суміш натурального бджолиного воску, що зберігає властивості чистого бджолиного воску. Його можна використовувати в широкому спектрі косметичних продуктах догляду за волоссям. Перевагами Permulgin 0160 емульгуюча здатність, відносно низька температура плавлення і висока оклюзійна здатність. В емульсіях він функціонує як регулятор консистенції та (спів)емульгатор і сприяє покращенню відчуття шкіри, пом'якшенню [35].

Vegarol-1618TA – це суміш стеарилового та цетилового спиртів, що зв'язується з волоссям, змашує його та полегшує розчісування, а також має зволожуючі властивості [36].

Як консервант обрано Euxyl PE 9010, який містить антимікробний інгредієнт феноксіетанол і етилгексилгліцерин. Euxyl PE 9010 має широкий, збалансований спектр дії проти бактерій, дріжджів, плісняви та грибків. Переваги запатентованої стабілізованої суміші включають високу ефективність широкого спектру дії. Містить 90% активної речовини, а етилгексилгліцерин (10%) додається для модифікації міжфазного натягу на клітинній мембрані мікроорганізмів, покращуючи таким чином консервуючу активність феноксіетанолу. Перевагою Euxyl PE 9010 є також стійкість до гідролізу, температури та pH [37].

В якості антистатика обрано Blooming Q-22, який містить водорозчинний сополімер акрилової кислоти та діалілдиметиламонію хлориду полікватерніум-22. Полікватерніум-22 забезпечує дві ключові переваги в косметиці: антистатичну дію та утворення легкої плівки. Його позитивний заряд нейтралізує статичну електрику на волоссі, а гнучка плівка розгладжує кутикулу, утримує вологу та забезпечує м'яку фіксацію. Інгредієнт вперше з'явився наприкінці 1970-х років, коли хіміки шукали безпечніші та довговічніші альтернативи застарілим кондиціонерам, які обтяжували волосся. Змінивши співвідношення двох вихідних мономерів, вони знайшли формулу, яка забезпечувала м'який дотик без важкості та липкості [38].

До складу рецептури ліпідної маски включено також антистатик Polyquaternium 7 (Salcare super 7 AT1 aqua), який дуже добре розплутує волосся і забезпечує ковзання для легшого розчісування вологим гребінцем. Крім того, він додає м'якість та блиск сухому волоссям. Полікватерніум-7, який скорочено називають PQ-7, є катіонним поліелектролітом, який широко використовується в засобах для догляду за волоссям завдяки своїм антистатичним властивостям і здатності утворювати плівки. У догляді за волоссям надає волоссям еластичності та блиску після висихання [39].

Кондиціонер для догляду за волоссям Silsoft™ CLX-E допомагає захистити волосся від пошкоджень і відновити пошкоджене волосся до здорового стану, який можна порівняти з якістю волосся біля коренів. Цей продукт рекомендується для розгладжування та відновлення волосся, захисту кольору, термозахисту [40].

Алантаїн покращує еластичність і м'якість волосся, надаючи йому легкого блиску, тому його часто додають до кондиціонерів і спреїв для волосся. Будучи кератолітиком, алантаїн допомагає зволожувати волосся та шкіру голови, м'якість кератину, що дозволяє шкірі голови та волосся утримувати вологу. Кератин – надзвичайно твердий білок, тому його розщеплення або пом'якшення дозволяє утримувати вологу у волоссі та шкірі голови [41].

EDTA-2 NA (натрієва сіль етилендіамінтетраоцетової кислот – це потужний хелатуючий (комплексоутворювальний) агент, який використовується для зв'язування та зниження реакційної здатності іонів металів кальцію, магнію, заліза, які можуть бути присутні в косметичному продукті внаслідок використання води неналежної якості, чим підвищує його стабільність.

До складу ліпідної маски в якості регулятора рН обрано молочну кислоту. Відомо, що молочна кислота (lactic acid) широко застосовується в доглядових засобах завдяки тому, що ефективно регулює загальний рН косметичних композицій, допомагаючи відновити природний кислотно-лужний баланс шкіри голови. Це зменшує такі проблеми, як свербіж, почервоніння та лупа, одночасно покращуючи захист шкіри голови від зовнішніх подразників. Молочна кислота покращує структуру кутикули волосся, зменшуючи пухнастість та роблячи волосся більш гладким і слухняним. Для хімічно обробленого або пошкодженого волосся молочна кислота в засобах для волосся допомагає запечатати кутикулу, утримувати вологу та поживні речовини, а також покращити загальну силу та блиск волосся [42].

Ксантанова камедь (Bloomig gum OC) – це аніонний високомолекулярний полісахарид, який використовується як стабілізатор і модифікатор в'язкості в системах на водній основі. Це натуральний продукт, нетоксичний і не подразнюючий. Його можна використовувати в поєднанні з іншими гелеутворювачами, загусниками та стабілізаторами для покращення текстури, стабільності та зовнішнього вигляду косметичного продукту. Висока в'язкість ксантанової камеді при низькій швидкості зсуву ефективно стабілізує маски, креми, які є найчастіше емульсіями олій у воді. Ксантанова камедь підтримує стабільність емульсій в широкому діапазоні температур і рН [43].

Гліцерин обрано як розчинник, зволожувач, стабілізатор. Він є нетоксичною та антиалергенною речовиною. Він добре змішується з багатьма косметичними інгредієнтами та широко використовується в косметичній промисловості завдяки своїм численним корисним властивостям. Гліцерин – сполука природного походження, що робить його універсальним інгредієнтом. Хімічна структура гліцерину складається з тривуглецевого ланцюга з гідроксильними групами, які визначають його унікальні гідрофільні характеристики – він притягує та утримує вологу з навколишнього середовища. У рецептурах кремоподібних масок на емульсійній основі гліцерин слугує ключовим компонентом для стабілізації емульсій типу «О/В». Він допомагає безперешкодно змішувати водну та масляну фази, забезпечуючи стабільну текстуру, сприяє стабільності рецептури, подовжуючи термін придатності. Крім того, гліцерин діє як розчинник у косметичних рецептурах, чим підвищує біодоступність активних інгредієнтів [44].

Склад ліпідної маски розроблено на підставі загальновідомих наукових даних і рекомендованих концентрацій для кожного з обраних компонентів (Табл. 1).

При розробці складу поряд з визначенням активних і допоміжних інгредієнтів особлива увага була приділена встановленню їх оптимального співвідношення. Співвідношення компонентів підбрані таким чином, щоб забезпечити необхідну відновлювальну та зволожуючу дію, а також належні споживчі властивості: естетичність (зовнішній вигляд, колір, запах), зручність нанесення, безпечність, стабільність при зберіганні.

Під час опрацювання складу й технології ліпідної маски встановлено її органолептичні та фізико-хімічні показники якості. Зовнішній вигляд, колір і запах маски визначали візуально в прозорій ємності при температурі  $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ . Запах визначали органолептично при температурі  $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ . Показник рН визначали потенціометричним методом відповідно до ДСТУ 2207.1-93 «Засоби миючі синтетичні і речовини поверхнево-активні. Методи визначення концентрації водневих іонів» на рН-метрі SevenCompact S210 (Mettler Toledo, Switzerland). Визначення колоїдної стабільності (для емульсійних систем) та термостабільності виконано за ДСТУ ISO/TR 18811:2019 Косметика. Настанови щодо визначення стабільності косметичних продуктів (ISO/TR 18811:2018, IDT).

За результатами проведених органолептичних, фізико-хімічних досліджень ліпідної маски встановлено специфікаційні характеристики розробленої маски (Табл. 2).

Технологія приготування емульсійної ліпідної маски визначає стабільність та ефективність готового продукту. При її розробці було враховано фізико-хімічні властивості вихідних компонентів при формуванні фаз, напівпродуктів та готової розробленої маски, а також температурний режим ведення технологічного процесу на кожній стадії.

Таблиця 1

## Рецептура розробленої ліпідної маски

№	Торгівельна назва компоненту	INCI	Вміст, %
1	Вода очищена	Aqua purificata	81,08
2	Varisoft BTMS PLT MB	Behentrimonium ethosulfate, Cetearyl alcohol	8,00
3	Vegarol-1618TA	Cetearyl alcohol	4,00
4	Genamin® CTAC	Cetrimonium chloride, Aqua	2,00
5	Euxyl PE 9010	Phenoxyethanol, ethylhexylglycerin	1,00
6	Blooming Q 22	Polyquaternium-22, sodium benzoate, aqua	0,80
7	Silsoft® CLX-E	Dipropylene glycol, aqua, polysilicone-29	0,70
8	Tanzaliza fragrance 490096	Benzyl alcohol, benzyl salicylate, coumarin, geranyl acetate, hexamethylindanopyran (galaxolide), hydroxycitronellal, limonene, pinene, rose ketones, tetramethylacetyloctahydro naphthalenes, vanillin	0,50
9	Permulgin 0160	Beeswax	0,40
10	Salcare® Super 7 AT1	Polyquaternium-7, aqua	0,37
11	HMA Silky	Aqua, propylene glycol, hamamelis, virginiana leaf extract, behentrimonium chloride, helianthus annuus seed oil, ppg-15 stearyl ether, polyquaternium-68, hydroxypropyl guar, phenyl trimethicone, potassium sorbate, sodium benzoate, ceramide NP, daucus carota sativa root extract, daucus carota sativa seed oil, beta-carotene, phenoxyethanol, glycerin, caprylyl glycol, isopropyl alcohol, phenylpropanol, butyl hydroxytoluene, glyceryl caprylate	0,20
12	Sunflohair™	Phospholipids, helianthus annuus seed oil	0,15
13	D-panthenol 75 w	Aqua, d-panthenol	0,10
14	Hydrolyzate of keratin proteins	Aqua, glycerin, hydrolyzed keratin, sodium benzoate	0,10
15	Алантаїн	Allantoin	0,10
16	EDTA -2 NA	Disodium EDTA	0,10
17	Lactic acid 80% food grade	Lactic acid (80%)	0,10 (до pH 4,2-4,7)
18	Sweet almond oil BP73,	Prunus amygdalus dulcis oi	0,10
19	Shea butter	Butyrospermum parkii	0,10
20	Гліцерин	Glycerin	0,10
21	Blooming gum OC	Xanthan gum	0,05

Таблиця 2

## Органолептичні та фізико-хімічні показники модельного зразка ліпідної маски

Назва показника	Характеристика і норма	Методи контролю
Зовнішній вигляд	однорідна кремоподібна маса	ДСТУ 5009:2008
Колір	властивий кольору сировини	ДСТУ 5009:2008
Запах	властивий запаху сировини	ДСТУ 5009:2008
Водневий показник (pH)	4,4± 0,2	ДСТУ 2207.1-93
колоїдна стабільність	стабільний	ДСТУ ISO/TR 18811:2019
Термостабільність	стабільний	ДСТУ ISO/TR 18811:2019

Розроблена ліпідна маска являє собою емульсію типу олія у воді (O/B) та готується шляхом диспергування олійної фази у водній в присутності емульгаторів, які забезпечують стабільність системи «дисперсна фаза – дисперсійне середовище». Для запобігання розшарування фаз та стабільності готової ліпідної маски в процесі її приготування ведеться контроль температури та швидкість змішування.

Технологічний процес промислового виробництва ліпідної маски включає наступні стадії:

Стадія 1. Підготовка вихідної сировини.

На електронних вагах у відповідні ємності відважують компоненти ліпідної маски згідно з рецептурою – вода очищена, Varisoft BTMS PLT MB, Vegarol-1618TA, Genamin® CTAC, Euxyl PE 9010, Blooming Q 22, Silsoft® CLX-E, Tanzaliza fragrance 490096, Permulgin 0160, Salcare® Super 7 AT1, HMA Silky, Sunflohair™, D-panthenol 75 w, Hydrolyzate of keratin proteins, алантаїн, EDTA -2 NA, Lactic acid 80% food grade, Sweet almond oil BP73, Shea butter, Glycerin, Blooming gum OC.

У виробничому приміщенні класу чистоти D в зоні зважування підтримується температура не вище 25 °C, щоб запобігти окисненню активних інгредієнтів. Після зважування всі інгредієнти в закритих ємностях маркують відповідно до партії та рецептурного номера на транспортують на наступну стадію 2– отримання маски (виробниче приміщення класу чистоти C).

Стадія 2. Отримання маски

Операція 2.1. Приготування олійної фази

У реактор з електронагрівом та мішалкою завантажують Varisoft BTMS PLT MB, Vegarol-1618TA (цетеариловий спирт), Permulin 0160 (віск бджолиний). Суміш нагрівають до (75–80) °С до повного розплавлення та утворення однорідної маси. У процесі виробництва контролюють температуру, однорідність маси.

Операція 2.2. Приготування суспензії ксантанової камеді

У ємність з мішалкою поміщають Blooming gum OC (ксантанову камедь) і при перемішуванні поступово додають гліцерин до отримання однорідної пастоподібної суспензії. Контроль – однорідність маси (візуально).

Операція 2.3. Приготування водної фази.

У реактор з паровою сорочкою та мішалкою додають воду очищену, нагрівають до (85–90) °С. Потім послідовно при включеній мішалці додають алантоїн, EDTA-2 NA, суспензію ксантанової камеді. Процес проводять при інтенсивному перемішуванні до отримання гомогенної водної фази. Контролюють температуру, гомогенність, швидкість обертання мішалки (1800 об/хв).

Операція 2.4. Приготування маски

У водну фазу поступово вводять жирову фазу при температурі (80–85) °С та підключеному вакуумі. Емульгування проводиться при високій швидкості мішалки. Після утворення первинної емульсії відключають вакуум, зменшують швидкість обертання мішалки до (25–30) об/хв. Охолоджують до (30–35) °С і вводять консервант EUXYL PE9010, Genamin® СТАС, Blooming Q 22, Silsoft® CLX-E, Salcare® Super 7 AT1, Tanzaliza fragrance 490096, d-пантенол (D-panthenol 75 w) та активні інгредієнти: HMA Silky, Sunflohair™, Hydrolyzate of keratin proteins, Sweet almond oil BP73, Shea butter. Контролюють рівень рН (молочна кислота), температуру, режим і час перемішування, однорідність емульсійної ліпідної маски.

Стадія 3. Фасування і пакування

Ліпідну маску фасують у полімерні флакони, які герметично закривають, укладають разом з інструкцією у картонну упаковку. Контролюють об'єм заповнення, герметичність, цілісність упаковки.

Готова продукція проходить контроль якості за органолептичними, фізико-хімічними та мікробіологічними показниками.

Технологія приготування цієї ліпідної маски відрізняється тим, що ксантанова камедь не вводиться безпосередньо в водну фазу. Відомо, що її диспергування у воді відбувається досить важко. Запропонована попередня обробка камеді гліцерином.

Камедь швидко та легко утворює пастоподібну суспензію, яка добре диспергується у водній фазі. Застосування цього технологічного прийому дозволяє покращити рівномірний розподіл камеді у водній фазі, сприяє отриманню стабільної емульсії О/В та оптимізує текстуру кінцевого косметичного продукту.

З метою реалізації опрацьованої технології виготовлення ліпідної маски в промислових умовах розроблена технологічна схема її виробництва (рис. 1) та визначені вимоги до організації технологічного процесу та обладнання.

Приймаючи до уваги зростаючі вимоги до якості та безпеки косметичної продукції впровадження у виробництво опрацьованої ліпідної маски вимагає дотримання правил Належної виробничої практики (GMP) до організації технологічного процесу, приміщень, системи вентиляції та кондиціонування та обладнання [26].

Зокрема, виробничі приміщення повинні бути спроектовані, побудовані і використовуватися таким чином, щоб забезпечувати захист продукту та поточність технологічного процесу; дозволяти ефективне прибирання, санітарну обробку, та мінімізувати ризик перехресної контамінації продукції, сировини та пакувальних матеріалів.

В свою чергу, технологічне обладнання, що може бути застосовано на критичних для якості стадіях процесу виготовлення ліпідної маски, за експлуатаційними характеристиками повинно відповідати функціональному призначенню (параметри та способи ведення технологічного процесу). Для недопущення перехресної контамінації, накопичення пилу або бруду і взагалі будь-яких несприятливих чинників для якості продукції, обладнання за дизайном повинне забезпечувати зведення до мінімуму ризику помилок та можливість ефективного очищення й обслуговування. Матеріали, з яких виготовлені деталі та вузли технологічного обладнання, не повинні вступати в реакцію, виділяти або поглинати речовини/іони при контакті з компонентами ліпідної маски.

### Висновки

1. Проведено теоретичне та експериментальне обґрунтування складу та технології виготовлення ліпідної маски для відновлення та догляду за пошкодженим волоссям з активними інгредієнтами: рослинним ліпосомальним комплексом HMA Silky, фосфоліпідним комплексом Sunflohair™, гідролізатом кератину, d-пантенолом, олією солодкокого мигдалю та олією Ши.

2. Встановлено органолептичні та фізико-хімічні показники якості розробленої ліпідної маски для відновлення та догляду за пошкодженим волоссям

3. На підставі фізико-хімічних властивостей інгредієнтів, що входять до складу крему, запропоновано технологічну схему виробництва ліпідної маски для відновлення та догляду за пошкодженим волоссям з визначенням критичних для якості параметрів в процесі виробництва та вимог до організації технологічного процесу та обладнання.

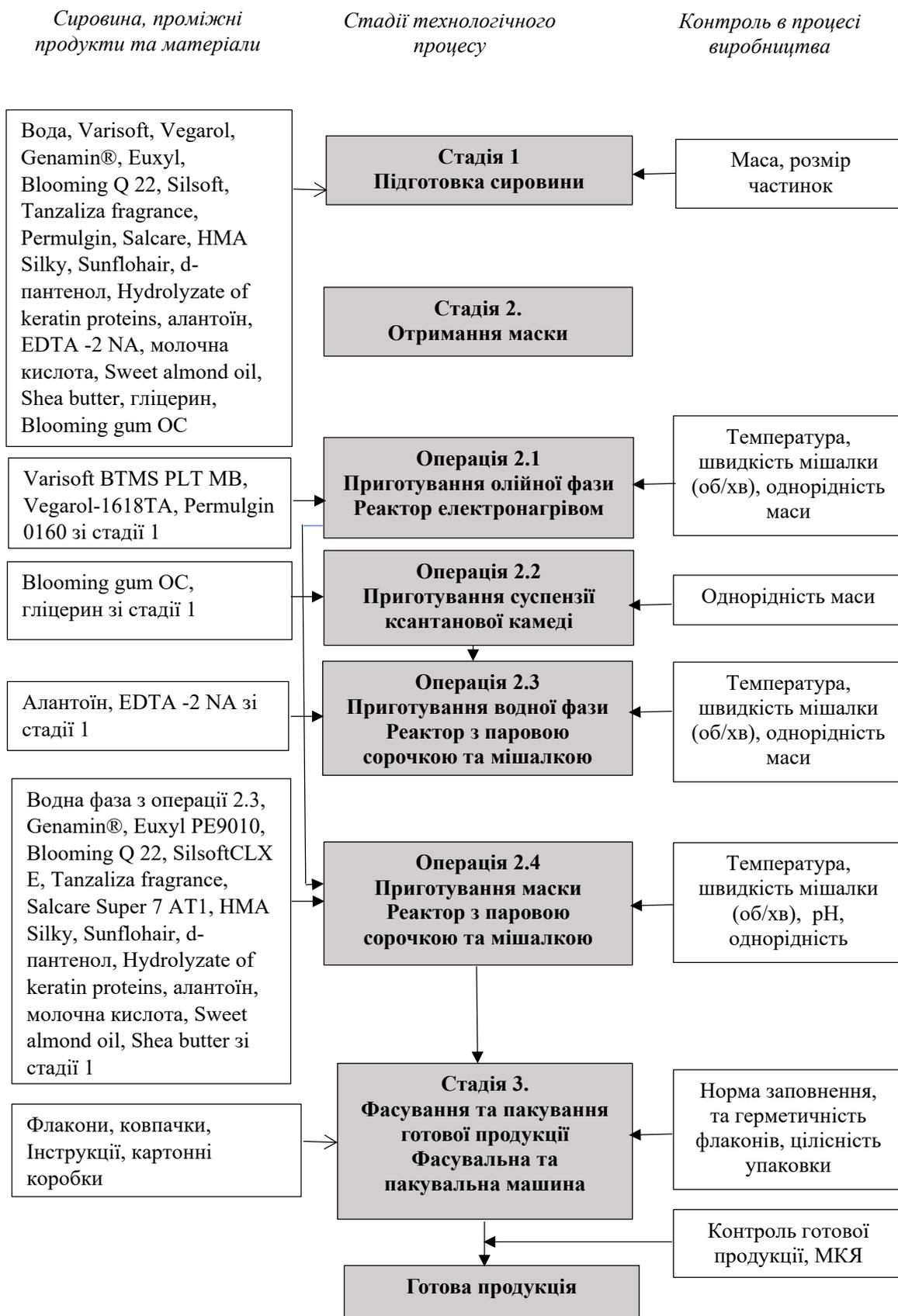


Рис. 1. Технологічна схема виробництва ліпідного крему

## Список використаної літератури

1. A systematic review on the lipid composition of human hair / D. A. Csuka, et al. // *The International Journal of Dermatology*. 2023. Vol. 62, Issue 3. P. 404–415. URL: <https://doi.org/10.1111/ijd.16109>
2. Rogers G. E. Known and Unknown Features of Hair Cuticle Structure: A Brief Review. *Cosmetics*. 2019. Vol. 6, № 2. P. 32. URL: <https://doi.org/10.3390/cosmetics6020032>
3. Role of internal lipids in hair health / J. M. Marsh, et al. // *Journal of Cosmetic Science*. 2018. Vol. 69, № 5. P. 347–356. URL: <https://durham-repository.worktribe.com/output/1304338>
4. Coderch L. Hair lipid structure: Effect of surfactants // *Cosmetics*. 2023. Vol. 10, № 4. Art. 107. URL: <https://doi.org/10.3390/cosmetics10040107>
5. Tokunaga S., Tanamachi H., Ishikawa K. Degradation of hair surface: Importance of 18-MEA and epicuticle. // *Cosmetics*. 2019. Vol. 6, 31. URL: <https://doi.org/10.3390/cosmetics6020031>
6. Prevention of lipid loss from hair by surface and internal modification / S.-H. Song, J. H. Lim, et al. // *Scientific Reports*. – 2019. – Vol. 9, 9834. URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46370-x>
7. Su Q., Zhou C., He C., Jiao Q. Research progress in composition, classification and influencing factors of hair. // *Asian Journal of Beauty and Cosmetology*. – 2023. Vol. 21, № 3. P. 503–516. URL: <https://doi.org/10.20402/ajb.c.2023.0001>
8. Influence of particle parameters on deposition onto healthy and damaged human hair / H. P. Tham, K. Y. Yip, et al. // *International Journal of Cosmetic Science*. 2025. Vol. 47. P. 58–72. URL: <https://doi.org/10.1111/ics.12994>
9. Effects of ultraviolet rays and particulate matter on hair porosity in damaged hair / S. J. Yang, H. J. Yu, J. Lee, et al. // *Journal of Cosmetic Dermatology*. 2024. Vol. 23. P. 3735–3739. URL: <https://doi.org/10.1111/jocd.16442>
10. Kim J.-S. K., Jeon Y. Effects of milk thistle oil on chemically damaged hair improvement. // *Journal of Korean Applied Science and Technology*. 2021. Vol. 38. P. 434–440. URL: <http://dx.doi.org/10.12925/jkocs.2021.38.2.434>
11. Ju-Sub K. Effect of peanut oil on hair texture improvement. // *Asian Journal of Beauty and Cosmetology*. 2020. Vol. 18. P. 331–340. URL: <https://doi.org/10.20402/ajbc.2020.0042>
12. Benefit of coconut-based hair oil via hair porosity quantification / V. Kaushik, A. Kumar, N. N. Gosvami, et al. // *International Journal of Cosmetic Science*. 2022. Vol. 44. P. 289–298. URL: <https://doi.org/10.1111/ics.12774>
13. Kim S., Ahn C. Determination of penetration and protection of fatty acids in bleached hair according to the fatty acid chain length and the application to understanding the protective effects of MCT oil and coconut oil. // *Fashion and Textiles*. 2023. Vol. 10, № 10. 24 p. URL: <https://doi.org/10.1186/s40691-023-00332-0>
14. Penetration of oils into hair / J. M. Marsh, S. Whitaker, T. Felts, et al. // *International Journal of Cosmetic Science*. 2024. Vol. 46, № 6. P. 905–917. URL: <https://doi.org/10.1111/ics.12978>
15. Srivastav A., Dandekar P., Jain R. Penetration study of oils and its formulations into the human hair using confocal microscopy. // *Journal of Cosmetic Dermatology*. 2019. Vol. 18, № 6. P. 1947–1954. URL: <https://doi.org/10.1111/jocd.12918>
16. Leite M. G. A., Campos P. M. B. G. M. Development and efficacy evaluation of hair care formulations containing vegetable oils and silicone. // *International Journal of Phytocosmetics and Natural Ingredients*. 2018. Vol. 5, № 1. P. 5–9. URL: <https://doi.org/10.15171/ijpni.2018.09>
17. Impact of hair damage on the penetration profile of coconut, avocado, and argan oils into Caucasian hair fibers / S. B. Lourenço, R. M. Gasparin, F. M. Tomaz., et al. // *Cosmetics*. 2024. Vol. 11, № 2. Art. 64. – URL: <https://doi.org/10.3390/cosmetics11020064>
18. Collagen-based materials in cosmetic applications: A review / A. Sionkowska, K. Adamiak, K. Musiał, M. Gadomska // *Materials*. 2020. Vol. 13, 4217. URL: <https://doi.org/10.3390/ma13194217>
19. Hair masks based on keratin and collagen / M. G. Albu-Kaya, M.-V. Ghica, C.-E. Dinu-Pîrvu, et al. // *Proceedings of the 9th International Conference on Advanced Materials and Systems (ICAMS 2022)*. 2022. P. 97–102. URL: <https://doi.org/10.24264/icams-2022.II.2>
20. Exploring the functional properties of hydrolyzed keratin: Filling the knowledge gap on surface active, emulsifying, and thickening properties / D. R. Perinelli, A. Cambriani, M. Cespi, et al. // *ACS Omega*. 2025. Vol. 10. P. 12224–12232. URL: <https://doi.org/10.1021/acsomega.4c10755>
21. Performance and mechanism of hydrolyzed keratin for hair photoaging prevention / J. Fan, L. Wu, J. Wang, X. Bian, C. Chen, K. Chang // *Molecules*. – 2025. Vol. 30, № 5. P. 1182. – URL: <https://doi.org/10.3390/molecules30051182>
22. Recovery and protection of photo-damaged hairs with keratin-encapsulated cationic liposomes / H.-T. D. Bui, S. J. Kim, et al. // *International Journal of Cosmetic Science*. 2025. Vol. 47, № 4. P. 730–739. URL: <https://doi.org/10.1111/ics.13080>
23. US20200346174A1. Process for production of nano – microemulsion system of plant oil triglycerides: U.S. Patent. – 2020.
24. Utilizing lipid bond technology with molecular lipid complex to provide lipid treatment for damaged hair / N. H. Lai, T. H. N. Dang, T. T. Nguyen, D. T. Q. Phan // *Dermatology Research and Practice*. 2025. Article ID 5385312. 9 p. URL: <https://doi.org/10.1155/drpp/5385312>

25. Технічний регламент на косметичну продукцію [Електронний ресурс]. URL: [https://ucps.com.ua/build/files/technical\\_regulation\\_cosmetics.pdf](https://ucps.com.ua/build/files/technical_regulation_cosmetics.pdf).
26. ДСТУ EN ISO 22716:2015. Косметика. Належна виробнича практика (GMP). Настанови з належної виробничої практики (EN ISO 22716:2007, IDT). – К.: Мінекономрозвитку України, 2015. – 28 с.
27. Cosmetic Ingredients and Complexes Glossary [Електронний ресурс]. URL: <https://ci.guide/botanical-complexes/hma-silky>.
28. Lucas Meyer Cosmetics – Sunflohair [Електронний ресурс]. URL: <https://www.specialchem.com/cosmetics/product/lucas-meyer-cosmetics-clariant-sunflohair>.
29. Panthenol [Електронний ресурс]. URL: <https://www.specialchem.com/cosmetics/inci-ingredients/panthenol>.
30. Sweet Almond Oil BP73 [Електронний ресурс]. URL: <https://www.specialchem.com/cosmetics/product/ascot-international-sweet-almond-oil-bp73>.
31. Burnett C. L. та ін. Safety assessment of Butyrospermum parkii (Shea)-derived ingredients as used in cosmetics // *International Journal of Toxicology*. 2024. Vol. 43, Issue 1\_suppl. P. 82S–95S. URL: <https://doi.org/10.1177/10915818231224230>.
32. Emulsifiers: How to select the right grade for cosmetics? [Електронний ресурс]. URL: <https://www.specialchem.com/cosmetics/guide/emulsifiers>.
33. VARISOFT® BTMS Pellets MB [Електронний ресурс]. URL: [https://personal-care.evonik.com/pim/fragment/personalcare/en/product/PR\\_52013381](https://personal-care.evonik.com/pim/fragment/personalcare/en/product/PR_52013381).
34. Genamin® СТАС [Електронний ресурс]. URL: <https://www.specialchem.com/cosmetics/product/clariant-genamin-ctac>.
35. Permulgin 0160 [Електронний ресурс]. URL: <https://kosterkeunen.eu/e00160-permulgin-0160/>.
36. Cetearyl alcohol [Електронний ресурс]. URL: <https://www.specialchem.com/cosmetics/inci-ingredients/cetearyl-alcohol>.
37. Euxyl™ PE 9010 preservative [Електронний ресурс]. URL: <https://www.specialchem.com/cosmetics/product/ashland-euxyl-pe-9010-preservative>.
38. Polyquaternium-22: What is it, cosmetic uses, benefits & side effects [Електронний ресурс]. URL: <https://www.glooshi.com/polyquaternium-22/>.
39. Salcare® Super 7 AT 1 [Електронний ресурс]. URL: <https://www.specialchem.com/cosmetics/product/basf-salcare-super-7-at-1>.
40. Silsoft™ CLX-E Conditioning Agent [Електронний ресурс]. URL: <https://www.knowde.com/stores/momentive-performance-materials/products/silsoft-clx-e-conditioning-agent>.
41. Allantoin [Електронний ресурс]. URL: <https://www.specialchem.com/cosmetics/inci-ingredients/allantoin>.
42. Application of Lactic Acid in Hair Products: A New Option for Gentle Care and Hair Quality Improvement [Електронний ресурс]. URL: <https://www.xhlactics.com/application-of-lactic-acid-in-hair-products.html>.
43. Nsengiyumva E. M., Alexandridis P. Xanthan gum in aqueous solutions: Fundamentals and applications // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2022. Vol. 216. P. 583–604. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.06.189>.
44. Safety assessment of glycerin as used in cosmetics // L. C. Becker, W. F. Bergfeld, D. V. Belsito // *International Journal of Toxicology*. 2019. Vol. 38, Issue 3 suppl. P. 6S–22S. – URL: <https://doi.org/10.1177/1091581819883820>

#### References

1. Csuka, D. A., Csuka, E. A., Juhász, M. L. W., Sharma, A. N., & Mesinkovska, N. A. (2023). A systematic review on the lipid composition of human hair. *International Journal of Dermatology*, 62(3), 404–415. <https://doi.org/10.1111/ijd.16109>
2. Rogers, G. E. (2019). Known and unknown features of hair cuticle structure: A brief review. *Cosmetics*, 6(2), 32. <https://doi.org/10.3390/cosmetics6020032>
3. Marsh, J. M., Whitaker, S., Felts, T., Shearouse, W., Vatter, M., Määttä, A., Thompson, M., & Hawkins, T. J. (2018). Role of internal lipids in hair health. *Journal of Cosmetic Science*, 69(5), 347–356. <https://durham-repository.worktribe.com/output/1304338>
4. Coderch, L., Alonso, C., García, M. T., Pérez, L., & Martí, M. (2023). Hair lipid structure: Effect of surfactants. *Cosmetics*, 10(4), 107. <https://doi.org/10.3390/cosmetics10040107>
5. Tokunaga, S., Tanamachi, H., & Ishikawa, K. (2019). Degradation of hair surface: Importance of 18-MEA and epicuticle. *Cosmetics*, 6(2), 31. <https://doi.org/10.3390/cosmetics6020031>
6. Song, S.-H., Lim, J. H., Son, S. K., Choi, J., Kang, N.-G., & Lee, S.-M. (2019). Prevention of lipid loss from hair by surface and internal modification. *Scientific Reports*, 9, 9834. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46370-x>
7. Su, Q., Zhou, C., He, C., & Jiao, Q. (2023). Research progress in composition, classification and influencing factors of hair. *Asian Journal of Beauty and Cosmetology*, 21(3), 503–516. <https://doi.org/10.20402/ajb.c.2023.0001>

8. Tham, H. P., Yip, K. Y., Aitipamula, S., Mothe, S. R., Zhao, W., Choong, P. S., Benetti, A. A., Gan, W. E., Leong, F. Y., Thoniyot, P., & Dawson, T. L. Jr. (2025). Influence of particle parameters on deposition onto healthy and damaged human hair. *International Journal of Cosmetic Science*, 47, 58–72. <https://doi.org/10.1111/ics.12994>
9. Yang, S. J., Yu, H. J., Lee, J., Hwang, S. J., Kang, N.-G., & Jeong, E.-T. (2024). Effects of ultraviolet rays and particulate matter on hair porosity in damaged hair. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 23, 3735–3739. <https://doi.org/10.1111/jocd.16442>
10. Kim, J.-S., & Jeon, Y. (2021). Effects of milk thistle oil on chemically damaged hair improvement. *Journal of the Korean Applied Science and Technology*, 38, 434–440. <http://dx.doi.org/10.12925/jkocs.2021.38.2.434>
11. Kim, J.-S. (2020). Effect of peanut oil on hair texture improvement. *Asian Journal of Beauty and Cosmetology*, 18, 331–340. <https://doi.org/10.20402/ajbc.2020.0042>
12. Kaushik, V., Kumar, A., Gosvami, N. N., Gode, V., Mhaskar, S., & Kamath, Y. (2022). Benefit of coconut-based hair oil via hair porosity quantification. *International Journal of Cosmetic Science*, 44, 289–298. <https://doi.org/10.1111/ics.12774>
13. Kim, S., & Ahn, C. (2023). Determination of penetration and protection of fatty acids in bleached hair according to the fatty acid chain length and the application to understanding the protective effects of MCT oil and coconut oil. *Fashion and Textiles*, 10(10), 24. <https://doi.org/10.1186/s40691-023-00332-0>
14. Marsh, J. M., Whitaker, S., Felts, T., Cowans, C., Gupta, S., Masirevic, S., Fang, R., Simmonds, M. S. J., Chen, G., & Jiang, H. (2024). Penetration of oils into hair. *International Journal of Cosmetic Science*, 46(6), 905–917. <https://doi.org/10.1111/ics.12978>
15. Srivastav, A., Dandekar, P., & Jain, R. (2019). Penetration study of oils and its formulations into the human hair using confocal microscopy. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 18(6), 1947–1954. <https://doi.org/10.1111/jocd.12918>
16. Leite, M. G. A., & Campos, P. M. B. G. M. (2018). Development and efficacy evaluation of hair care formulations containing vegetable oils and silicone. *International Journal of Phytocosmetics and Natural Ingredients*, 5(1), 5–9. <https://doi.org/10.15171/ijpni.2018.09>
17. Lourenço, S. B., Gasparin, R. M., Tomaz, F. M., et al. (2024). Impact of hair damage on the penetration profile of coconut, avocado, and argan oils into Caucasian hair fibers. *Cosmetics*, 11(2), 64. <https://doi.org/10.3390/cosmetics11020064>
18. Sionkowska, A., Adamiak, K., Musiał, K., & Gadońska, M. (2020). Collagen based materials in cosmetic applications: A review. *Materials*, 13(4217). <https://doi.org/10.3390/ma13194217>
19. Albu-Kaya, M. G., Ghica, M.-V., Dinu-Pirvu, C.-E., Popa, L., Dănilă, E., Chelaru, C., Kaya, U. A., Talianu, M.-T., & Stavri, A.-M. (2022). Hair masks based on keratin and collagen. *ICAMS 2022 – 9th International Conference on Advanced Materials and Systems*, 97–102. <https://doi.org/10.24264/icams-2022.II.2>
20. Perinelli, D. R., Cambriani, A., Cespi, M., Tombesi, A., Pecchiolan, L., Sabbatini, B., Bonacucina, G., & Palmieri, G. F. (2025). Exploring the functional properties of hydrolyzed keratin: Filling the knowledge gap on surface active, emulsifying, and thickening properties. *ACS Omega*, 10, 12224–12232. <https://doi.org/10.1021/acsomega.4c10755>
21. Fan, J., Wu, L., Wang, J., Bian, X., Chen, C., & Chang, K. (2025). Performance and mechanism of hydrolyzed keratin for hair photoaging prevention. *Molecules*, 30(5), 1182. <https://doi.org/10.3390/molecules30051182>
22. Bui, H.-T. D., Kim, S. J., Jang, J., Lee, J. B., & Yoo, H. S. (2025). Recovery and protection of photo-damaged hairs with keratin-encapsulated cationic liposomes. *International Journal of Cosmetic Science*, 47(4), 730–739. <https://doi.org/10.1111/ics.13080>
23. United States Patent US20200346174A1. (2020). *Process for production of nano-microemulsion system of plant oil triglycerides*.
24. Lai, N. H., Dang, T. H. N., Nguyen, T. T., & Phan, D. T. Q. (2025). Utilizing lipid bond technology with molecular lipid complex to provide lipid treatment for damaged hair. *Dermatology Research and Practice*, 2025, Article 5385312. <https://doi.org/10.1155/drpr/5385312>
25. Tekhnichnyi rehlyament na kosmetychnu produktsiiu [Technical regulations for cosmetic products]. (n.d.). [https://ucps.com.ua/build/files/technical\\_regulation\\_cosmetics.pdf](https://ucps.com.ua/build/files/technical_regulation_cosmetics.pdf)
26. ДСТУ EN ISO 22716:2015. (2015). *Kosmetyka. Nalezna vyrobnycha praktyka (GMP). Nastanovy z nalezhnoi vyrobnychoi praktyky (EN ISO 22716:2007, IDT)*.
27. Cosmetic Ingredients and Complexes Glossary. (n.d.). <https://ci.guide/botanical-complexes/hma-silky>
28. Lucas Meyer Cosmetics & Clariant. (n.d.). *Sunflohair*. SpecialChem. <https://www.specialchem.com/cosmetics/product/lucas-meyer-cosmetics-clariant-sunflohair>
29. SpecialChem. (n.d.). *Panthenol (INCI ingredient)*. <https://www.specialchem.com/cosmetics/inci-ingredients/panthenol>
30. Ascot International. (n.d.). *Sweet almond oil BP73*. SpecialChem. <https://www.specialchem.com/cosmetics/product/ascot-international-sweet-almond-oil-bp73>

31. Burnett, C. L., 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., Fiume, M., & Heldreth, B. (2024). Safety assessment of *Butyrospermum parkii* (shea)-derived ingredients as used in cosmetics. *International Journal of Toxicology*, 43(1\_suppl), 82S–95S. <https://doi.org/10.1177/10915818231224230>
32. SpecialChem. (n.d.). *Emulsifiers: How to select the right grade for cosmetics?* <https://www.specialchem.com/cosmetics/guide/emulsifiers>
33. Evonik. (n.d.). *VARISOFT® BTMS Pellets MB*. [https://personal-care.evonik.com/pim/fragment/personalcare/en/product/PR\\_52013381?page=1&orderBy=AT\\_FirstPublicationDate+desc,+Name+asc&f={}&ft={}&ncf={}&nf=false](https://personal-care.evonik.com/pim/fragment/personalcare/en/product/PR_52013381?page=1&orderBy=AT_FirstPublicationDate+desc,+Name+asc&f={}&ft={}&ncf={}&nf=false)
34. Clariant. (n.d.). *Genamin® CTAC*. SpecialChem. <https://www.specialchem.com/cosmetics/product/clariant-genamin-ctac>
35. Koster Keunen. (n.d.). *Permulgin 0160*. <https://kosterkeunen.eu/e00160-permulgin-0160/>
36. SpecialChem. (n.d.). *Cetearyl alcohol (INCI ingredient)*. <https://www.specialchem.com/cosmetics/inci-ingredients/cetearyl-alcohol>
37. Ashland. (n.d.). *Euxyl™ PE 9010 preservative*. SpecialChem. <https://www.specialchem.com/cosmetics/product/ashland-euxyl-pe-9010-preservative>
38. Glooshi. (n.d.). *Polyquaternium-22: What is it, cosmetic uses, benefits & side effects*. <https://www.glooshi.com/polyquaternium-22/>
39. BASF. (n.d.). *Salcare® super 7 AT 1*. SpecialChem. <https://www.specialchem.com/cosmetics/product/basf-salcare-super-7-at-1>
40. Momentive Performance Materials. (n.d.). *Silsoft™ CLX-E conditioning agent*. Knowde. <https://www.knowde.com/stores/momentive-performance-materials/products/silsoft-clx-e-conditioning-agent>
41. SpecialChem. (n.d.). *Allantoin (INCI ingredient)*. <https://www.specialchem.com/cosmetics/inci-ingredients/allantoin>
42. XH Lactics. (n.d.). *Application of lactic acid in hair products: A new option for gentle care and hair quality improvement*. <https://www.xhlactics.com/application-of-lactic-acid-in-hair-products.html>
43. Nsengiyumva, E. M., & Alexandridis, P. (2022). Xanthan gum in aqueous solutions: Fundamentals and applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 216, 583–604. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.06.189>
44. Becker, L. C., Bergfeld, W. F., Belsito, D. V., et al. (2019). Safety assessment of glycerin as used in cosmetics. *International Journal of Toxicology*, 38(3\_suppl), 6S–22S. <https://doi.org/10.1177/1091581819883820>

Дата першого надходження рукопису до видання: 11.11.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 08.12.2025

Дата публікації: 31.12.2025