JURNAL FARMASIMED (JFM)
E-ISSN: 2655-0814
https://ejournal.medistra.ac.id/index.php/JFM

Pewarna Alami untuk Sediaan Bibir: Sumber, Strategi Formulasi, Kendala Stabilitas, Keamanan, dan Peluang Translasional-Tinjauan Naratif

Natural Colorants for Lip Products: Sources, Formulation Strategies, Stability Constraints, Safety, and Translational Opportunities-A Narrative Review

Annisa Kartika Sari[1*], Elasari Dwi Pratiwi[2], Nur Haliza Firdausi[3], Elok Siti Nurjannah[4]

[1]*Pharmacy Professional Education Program, Muhammadiyah University of Surabaya, Surabaya, Indonesia,*
Jl. Raya Sutorejo No.59, Dukuh Sutorejo, Kec. Mulyorejo, Surabaya, Jawa Timur 60113. annisakartika@um-surabaya.ac.id
[2,3,4]*Bachelor of Pharmacy Program, Muhammadiyah University of Surabaya, Surabaya, Indonesia,*
Jl. Raya Sutorejo No.59, Dukuh Sutorejo, Kec. Mulyorejo, Surabaya, Jawa Timur 60113. Email: apt.edpratiwi@gmail.com
Email: nhaliza.0328@gmail.com, *Email: eloksitinurjannah@gmail.com,*

Abstrak

Pewarna alami semakin mendapat perhatian dalam pengembangan sediaan bibir, seperti lipstick, lipbalm, lipgloss dan liptint, seiring meningkatnya permintaan konsumen terhadap bahan berbasis bahan alami, terbarukan dan multifungsi. Namun, penggantian pewarna sintetis dan *lake pigments* konvensional masih menghadapi berbagai tantangan formulasi. Sediaan bibir umumnya berupa matriks anhidrat dengan kadar air rendah dan kandungan lipid tinggi, sedangkan pigmen merah-ungu alami, khususnya antosianin dan betalain, bersifat polar serta sensitif terhadap panas/cahaya, oksigen, ion logam, dan pH. Tinjauan naratif ini bertujuan menganalisis bukti ilmiah mengenai berbagai kelompok pewarna alami yang berpotensi untuk sediaan bibir, meliputi antosianin, betalain, karotenoid, kurkuminoid, turunan klorofil, pigmen annatto, karmin/kirmis, dan pigmen mikroba. Literatur diperoleh melalui penelusuran basis data dan sitasi terhadap artikel jurnal internasional terindeks Scopus dan jurnal nasional terindeks Sinta, dengan fokus pada karakteristik pigmen, metode ekstraksi, kompatibilitas formulasi, stabilitas, keamanan, regulasi, dan evaluasi. Hasil tinjauan menunjukkan bahwa karotenoid, biksin/norbiksin, oksida besi mineral alami dan karmin memiliki kompatibilitas relatif baik dengan sistem lipofilik, sementara antosianin dan betalain menawarkan warna yang intens serta potensi aktivitas antioksidan, tetapi umumnya memerlukan strategi sistem penghantaran dan stabilitas khusus. Pendekatan menjanjikan meliputi pemilihan sumber pigmen terstandar, metode ektraksi, serbuk pigmen kering, dispersi berbasis minyak, pembentukan sistem *lake-like*, mikroenkapsulasi, liposom, kopigmentasi, serta penerapan sistem antioksidan dan pengendalian paparan oksigen/cahaya. Pengembangan produk perlu mengintegrasikan penilaian kolorimetri, uji stabilitas, pengendalian kontaminasi, penilaian toleransi lokal, dan kepatuhan terhadap regulasi pewarna di pasaran. Penelitian selanjutnya perlu memprioritaskan spesifikasi ekstrak standar, evaluasi migrasi serta potensi paparan oral, kajian daur hidup, serta penguatan bukti keamanan melalui studi klinis dan penggunaan konsumen.
Kata kunci: antosianin; betalain; formulasi kosmetik; karotenoid; kosmetik herbal; lipstick; lipbalm; liptint; pigmen alami; stabilitas

Abstract

Natural colorants have gained increasing attention in the development of lip products, including lipsticks, lip balms, lip glosses, and lip tints, driven by growing consumer demand for naturally derived, renewable, and multifunctional ingredients. However, replacing synthetic colorants and conventional lake pigments remains challenging from a formulation perspective. Lip products are generally formulated as anhydrous matrices with low water content and a high lipid fraction, whereas red-to-purple natural pigments, particularly anthocyanins and betalains, are polar and sensitive to heat, light, oxygen, metal ions, and pH. This narrative review aims to analyze the scientific evidence regarding major classes of natural colorants with potential applications in lip products, including anthocyanins, betalains, carotenoids, curcuminoids, chlorophyll derivatives, annatto pigments, carmine/cochineal, and microbial pigments. The literature was identified through database searches and citation tracking of articles published in Scopus-indexed international journals and Sinta-indexed national journals, with emphasis on pigment characteristics, extraction methods, formulation compatibility, stability, safety, regulatory considerations, and evaluation methods. The review indicates that carotenoids, bixin/norbixin, naturally derived iron oxides, and carmine generally exhibit good compatibility with lipophilic systems, whereas anthocyanins and betalains provide intense coloration and potential antioxidant activity but typically require specialized delivery and stabilization strategies. Promising

[*]Corresponding author: Annisa Kartika Sari, Pharmacy Professional Education Program, Muhammadiyah University of Surabaya, Surabaya, Indonesia.
E-mail : annisakartika@um-surabaya.ac.id
Doi : 10.35451/jfm.v9i1.3985
Received : September 30, 2026, Accepted: October 12, 2026, Published: October 30, 2026
Copyright: © 2026 Annisa Kartika Sari (s). Creative Commons License This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

approaches include the selection of standardized pigment sources, optimized extraction methods, dry pigment powders, oil-based dispersions, lake-like systems, microencapsulation, liposomal delivery, copigmentation, antioxidant systems, and controlled exposure to oxygen and light. Product development should integrate colorimetric assessment, stability testing, contamination control, local tolerance evaluation, and compliance with applicable color additive regulations in target markets. Future research should prioritize standardized extract specifications, assessment of pigment migration and potential oral exposure, life-cycle evaluation, and stronger safety evidence through clinical studies and real-world consumer use.
Keywords: *anthocyanins; betalains; cosmetic formulation; carotenoid; herbal cosmetics; lipstick; lip balm; lip tint;natural pigments;stability.*

1. PENDAHULUAN

Sediaan bibir merupakan bentuk sediaan kosmetik multifungsi yang dirancang untuk memberikan efek dekoratif, melindungi, dan merawat bibir, serta pada beberapa produk dapat memberikan efek tambahan berupa perlindungan terhadap radiasi ultraviolet, aktivitas antioksidan, antimikroba, atau efek menenangkan. Berdasarkan kategori produknya, sediaan bibir dapat berupa sediaan anhidrat berbentuk *stick*/batang, seperti lipstik dan lip balm padat; gel anhidrat atau mengandung air, seperti lip gloss; emulsi; maupun sistem pewarna (*tint*) dengan viskositas rendah. Mekanisme kerja sediaan bibir dipengaruhi oleh keseimbangan berbagai karakteristik yang saling berkaitan, meliputi intensitas dan keseragaman warna, kekerasan, kemampuan pelepasan warna (*payoff*), karakteristik pelelehan, daya lekat, kemampuan penyebaran (*glide*), sifat sensori, bau, rasa, stabilitas kimia, mutu mikrobiologis apabila relevan, serta tolerabilitas selama penggunaan (1,2).

Warna merupakan salah satu faktor utama yang menentukan penerimaan konsumen terhadap suatu produk. Sediaan bibir konvensional umumnya menggunakan pewarna organik sintetis yang telah tersertifikasi, *insoluble lakes*, pigmen anorganik, serta beberapa pewarna alami atau pewarna identik alami (*nature-identical colorants*). Pewarna sintetis memiliki beberapa keunggulan, antara lain kekuatan pewarnaan yang tinggi (*tinctorial strength*), reproduktibilitas warna yang baik, serta stabilitas proses yang relatif kuat. Namun, meningkatnya minat pasar terhadap kosmetik berbahan alami dan berlabel "*clean-label*" telah mendorong penelitian terhadap penggunaan pewarna yang berasal dari sumber nabati, mikroba, mineral, dan hewani (3,4). Pigmen alami dapat menghasilkan berbagai rentang warna, mulai dari kuning dan jingga hingga merah, ungu, cokelat, dan hitam. Beberapa jenis pigmen alami juga menunjukkan aktivitas antioksidan atau fotoprotektif pada sistem model. Manfaat tambahan tersebut berpotensi memberikan nilai fungsional pada sediaan bibir, mengingat bibir rentan terhadap paparan radiasi ultraviolet, udara kering, angin, air liur, kontak dengan makanan, dan gesekan mekanis berulang (5,6).

Label "alami" tidak serta-merta menjamin keamanan, stabilitas, keberlanjutan, maupun pemenuhan persyaratan regulatori. Ekstrak alami dapat menunjukkan variasi yang dipengaruhi oleh identitas botani, kemotipe, kondisi geografis, praktik budidaya, tingkat kematangan saat panen, metode ekstraksi, serta kondisi penyimpanan. Selain itu, penggunaan ekstrak tanaman berpotensi menimbulkan karakteristik organoleptik yang tidak diinginkan, seperti bau dan rasa, serta membawa komponen yang perlu dikendalikan, termasuk alergen, residu pestisida, logam berat, mikotoksin, dan kontaminasi mikroba. Variasi tersebut juga dapat menyebabkan ketidakkonsistenan warna antarbets, sehingga diperlukan standardisasi bahan baku dan pengendalian mutu yang memadai untuk menjamin konsistensi, keamanan, dan kepatuhan terhadap persyaratan regulasi yang berlaku (7,8). Selain itu, pigmen merah dan ungu yang paling banyak digunakan untuk memberikan warna pada sediaan bibir umumnya bersifat hidrofilik. Oleh karena itu, antosianin dan betalain sangat sulit terdispersi secara homogen dalam matriks anhidrat berbasis lilin–minyak serta berpotensi mengalami degradasi selama proses pengolahan pada suhu tinggi maupun selama penyimpanan (9,10). Keberhasilan penerapan pewarna alami memerlukan pengendalian mutu bahan baku sesuai standar farmasetik serta perancangan formulasi akhir yang rasional.

Tinjauan ini secara kritis membahas kelompok utama pewarna alami yang relevan untuk sediaan bibir, mencakup sumber, karakteristik kimia, kesesuaian terhadap berbagai bentuk sediaan, metode ekstraksi dan stabilisasi, strategi formulasi, evaluasi mutu, aspek keamanan, serta arah penelitian di masa mendatang. Tinjauan ini tidak bermaksud menyatakan bahwa seluruh pigmen alami dapat menggantikan bahan pewarna kosmetik yang telah disetujui, tetapi berfokus pada identifikasi pendekatan berbasis bukti untuk menghasilkan sediaan bibir yang stabil dan aman.

2. METODE

2.1 Desain dan Pertanyaan Tinjauan

Tinjauan naratif terstruktur dilakukan untuk menjawab pertanyaan: *Jenis pewarna alami apa yang paling relevan untuk sediaan bibir, serta strategi formulasi dan pengendalian mutu apa yang dapat meningkatkan stabilitas,*

keamanan, dan kinerjanya? Ruang lingkup tinjauan mencakup lipstik, lip balm, lip gloss, lip tint, serta sediaan bibir dekoratif dan protektif berbentuk semisolida.

2.2 Sumber dan Strategi Penelusuran Literatur

Basis bukti diperoleh dari literatur jurnal internasional yang terindeks Scopus dan jurnal nasional Indonesia yang terindeks Sinta, serta dilengkapi dengan penelusuran sitasi dari artikel tinjauan utama. Strategi penelusuran dilakukan menggunakan kombinasi kata kunci, antara lain "*natural colorant*", "*natural pigment*", "*cosmetic*", "*lipstick*", "*lip balm*", "*lip tint*", "*anthocyanin*", "*betalain*", "*beetroot*", "*dragon fruit*", "*carotenoid*", "*annatto*", "*bixin*", "*curcumin*", "*carmine*", "*cochineal*", "*microencapsulation*", "*stability*", "*safety*", dan "*Indonesia*". Prioritas diberikan pada artikel penelitian dan artikel tinjauan yang telah melalui proses *peer review* serta membahas kimia pigmen, metode ekstraksi, stabilitas, sistem penghantaran, formulasi kosmetik, aplikasi topikal atau sediaan bibir, dan evaluasi produk.

2.3 Kelayakan dan Sintesis Bukti

Sumber yang disertakan berupa artikel jurnal berbahasa Inggris atau Indonesia yang relevan dengan identitas pigmen alami, karakteristik fisikokimia, formulasi, stabilitas, toksikologi, penggunaan kosmetik, atau evaluasi sediaan bibir. Sumber dikecualikan apabila tidak mencantumkan identitas pewarna secara jelas, berupa materi promosi nonilmiah, atau tidak memiliki keterkaitan yang jelas dengan formulasi topikal atau kosmetik maupun karakteristik pigmen. Bukti yang diperoleh kemudian disintesis secara naratif. Mengingat adanya heterogenitas dalam sumber pigmen, metode ekstraksi, *vehicle*, metode analisis, dan pelaporan hasil, meta-analisis kuantitatif tidak dilakukan.

2.4 Interpretasi Hasil

Artikel ini merupakan tinjauan naratif dan bukan tinjauan sistematis yang terdaftar. Sebagian besar penelitian yang secara langsung mengevaluasi sediaan bibir masih berupa studi formulasi dengan jumlah sampel terbatas, durasi pengujian stabilitas yang relatif singkat, serta karakterisasi pigmen yang belum sepenuhnya komprehensif. Oleh karena itu, pernyataan mengenai keunggulan suatu produk perlu diinterpretasikan secara spesifik berdasarkan karakteristik dan kondisi formulasi yang diteliti, serta tidak dapat digeneralisasikan pada seluruh jenis pewarna alami.

3. HASIL

3.1 Kelompok Pewarna Alami dan Relevansinya terhadap Sediaan Bibir

Pewarna alami yang relevan untuk sediaan bibir dapat dikelompokkan berdasarkan struktur kimia, polaritas, rona warna, dan kompatibilitasnya dengan formulasi (**Tabel 1**). Antosianin dan betalain dapat menghasilkan warna merah cerah, merah muda, ungu, hingga magenta. Karotenoid, termasuk beta-karoten, likopen, lutein, kapsantin, biksin, dan norbiksin, menghasilkan warna mulai dari kuning hingga jingga dan merah-jingga. Kurkuminoid memberikan rona kuning hingga jingga. Klorofil dan turunannya menghasilkan warna hijau, tetapi relatif kurang relevan untuk menghasilkan rona khas sediaan bibir konvensional. Karmin/kirmis menghasilkan warna merah tua yang intens dan secara historis telah digunakan dalam produk kosmetik. Namun, penggunaannya dapat dibatasi oleh asal bahan yang bersumber dari hewan, potensi sensitisasi, serta preferensi pasar (5,6).

Tabel 1. Kelompok Utama Pewarna Bibir dan Relevansinya dalam Sediaan Bibir

Kelas Pewarna	Sumber representatif	Warna khas	Polaritas/kompatibilitas umum	Keterbatasan teknis utama	Potensi praktis dalam preparat farmasi
Antosianin	Kembang sepatu, mawar, *butterfly pea* (bunga telang), buah beri, ubi ungu, pasta ubi jalar, kubis merah, dll.	Merah muda, merah, ungu, biru	Polar; kompatibel dengan medium berair; memerlukan sistem enkapsulasi	pH, cahaya, oksigen, serta bau dan rasa yang bergantung pada panas	Kemampuan tinggi pada sistem hibrida dan pengolahan hibrida dalam kondisi panas—perlu optimasi proses

Betalain	Akar bit, buah naga, *prickly pear*	Merah–ungu, magenta, kuning–oranye	Polar; larut dalam air	Stabilitas termal dan oksidatif; kemampuan dispersi terbatas	Menjanjikan untuk minuman dan enkapsulasi bahan; memerlukan perlindungan terhadap oksidasi selama proses
Karotenoid	Annatto, paprika, wortel, tomat, marigold, minyak sawit, alga	Kuning, oranye, merah-oranye	Lipofilik; kompatibel dengan minyak dan lilin	Oksidasi, isomerisasi, sensitivitas terhadap cahaya	Sangat baik untuk minyak anhidrat dan sistem lipidik
Kurkumin	Kunyit	Kuning–oranye	Sangat sukar larut; dapat terdispersi dalam sistem lipidik bergantung pada bentuk	Fotodegradasi, pewarnaan, sensitivitas terhadap cahaya	Bermanfaat sebagai pewarna kuning atau lebih cocok digunakan daripada pewarna merah berbasis minyak
Klorofil	Daun hijau, alga	Hijau	Turunan lipofilik dapat kompatibel dengan minyak	Ketidakstabilan asam dan panas; warna merah zaitun	Produk yang sensitif terhadap *niche*; lebih relevan untuk pewarnaan atau dekorasi produk baru
Karmin/kochineal	*Dactylopius coccus*	Merah tua, ungu-merah	Dapat terdispersi dalam sistem yang sesuai	Alergi hewan; pelabelan/sensitisasi alergen	Efisien secara teknis apabila diizinkan; akses pemasok dan target konsumen perlu dipertimbangkan
Pigmen mikrobial	*Monascus*, bakteri, mikroalga, fungi	Kuning hingga merah, bergantung pada pigmen	Bervariasi sesuai jenis pigmen	Impuritas, metabolit toksik, kompleksitas regulasi	Potensi penelitian yang menjanjikan; keamanan dan kontrol kemurnian yang ketat sangat penting

Kelompok utama pigmen nabati, yang meliputi karotenoid, antosianin, dan betalain, menunjukkan perbedaan karakteristik yang signifikan dalam aspek biosintesis, respons terhadap proses pengolahan, serta stabilitasnya. Dalam formulasi sediaan bibir, perbedaan karakteristik tersebut menjadi faktor yang sangat menentukan. Pewarna harus memiliki stabilitas yang memadai selama proses pembuatan, kompatibel dengan basis atau *vehicle*,

terdispersi secara homogen, serta mampu mempertahankan rona warna yang dapat diterima selama penggunaan dan penyimpanan (5,11).

3.2 Antosianin

Antosianin merupakan kelompok glikosida flavonoid yang berperan sebagai pigmen penyebab warna merah, ungu, hingga biru pada berbagai jenis buah, bunga, serealia, dan umbi. Karakteristik warna antosianin terutama berasal dari kromofor berbasis kation flavilium, yang sifat dan intensitas warnanya sangat dipengaruhi oleh pH, struktur dan substitusi molekul, kopigmentasi, suhu, paparan cahaya dan oksigen, aktivitas enzim, serta keberadaan ion logam (12,13). Pada kondisi pH rendah, bentuk kation flavilium yang berwarna merah lebih dominan. Peningkatan pH dapat menggeser rona warna menjadi ungu atau biru, tetapi sekaligus meningkatkan proses hidrasi, pembukaan cincin, dan jalur degradasi (14). Ketergantungan yang kuat terhadap pH tersebut mendukung pemanfaatan antosianin sebagai pewarna pada *lip tint* dengan karakteristik asam, tetapi menjadi tantangan dalam stabilisasi pada sediaan berbasis lilin–minyak yang umumnya memiliki sedikit atau tidak memiliki fase air untuk mengendalikan lingkungan mikro di sekitar pigmen.

Sumber antosianin yang berpotensi digunakan sebagai pewarna alami meliputi *Hibiscus sabdariffa*, *Clitoria ternatea*, *Ipomoea batatas*, berbagai jenis buah beri, beras hitam, kubis merah, dan kulit anggur. *Hibiscus sabdariffa* dan kelompok tanaman hibiskus memiliki relevansi khusus di kawasan Asia Tenggara karena ketersediaannya relatif luas serta kandungan antosianin yang memberikan warna merah. Beberapa penelitian formulasi menunjukkan penggunaan antosianin dalam sediaan lipstik dan lip balm (15,16). Namun, retensi warna umumnya lebih baik pada kondisi penyimpanan yang terlindung dari cahaya dan bersuhu rendah dibandingkan dengan paparan cahaya atau suhu yang lebih tinggi (17–20). Oleh karena itu, penggunaan antosianin memerlukan strategi stabilisasi dan desain formulasi yang disesuaikan dengan sifat hidrofiliknya, termasuk pemilihan basis, sistem dispersi atau penghantaran, serta perlindungan terhadap faktor pemicu degradasi, sehingga tidak dapat diperlakukan sebagai pengganti langsung pewarna yang kompatibel dengan fase minyak.

Strategi yang dapat diterapkan meliputi penggunaan ekstrak kering terstandar; enkapsulasi pigmen menggunakan maltodekstrin, gum arab, siklodekstrin, protein, polisakarida, atau pembawa berbasis lipid; penambahan eksipien yang bersifat antioksidan; penggunaan kemasan yang tidak tembus cahaya; meminimalkan paparan panas selama proses formulasi; serta pengembangan sistem yang mampu mempertahankan lingkungan asam yang mendukung stabilitas antosianin (21). Kopigmentasi dengan *co-factors* fenolik dapat meningkatkan intensitas atau menggeser rona warna antosianin (13). Namun, penerapannya dalam sediaan bibir perlu mempertimbangkan penerimaan sensori serta kompatibilitas jangka panjangnya dengan komponen formulasi.

3.3 Betalains

Betalain merupakan pigmen yang mengandung nitrogen dan terbagi menjadi dua kelompok utama, yaitu betasianin menghasilkan warna merah hingga ungu serta betasantin menghasilkan warna kuning hingga jingga. Pigmen ini ditemukan pada beberapa tanaman dari ordo *Caryophyllales* dan sejumlah spesies fungi. Sumber tanaman yang dikenal kaya akan betalain antara lain bit (*Beta vulgaris*), buah kaktus (*Opuntia* spp.), bayam (*Amaranthus* spp.), serta buah naga (*Hylocereus*/*Selenicereus* spp.) (22,23). Betalain dapat menghasilkan rona warna yang cerah dan menarik sehingga berpotensi digunakan dalam sediaan *lip tint* dan *lip balm*. Dibandingkan antosianin, betalain umumnya memiliki stabilitas yang lebih baik pada rentang pH asam lemah hingga mendekati netral. Namun, pigmen ini tetap rentan terhadap degradasi yang dipengaruhi oleh panas, oksigen, cahaya, aktivitas air, ion logam, serta proses degradasi enzimatik maupun oksidatif (24).

Bit merupakan sumber betalain yang kaya betanin dan relatif murah, sedangkan kulit buah naga berpotensi sebagai sumber pigmen melalui pendekatan ekonomi sirkular. Namun, ekstrak air atau hidroalkohol memiliki kadar air tinggi dan kompatibilitas rendah dengan basis anhidrat sehingga dapat menyebabkan *sweating*, tekstur berbutir, risiko mikroba, dan ketidakstabilan warna. Untuk sediaan bibir padat, pengeringan dan adsorpsi pada pembawa yang sesuai lebih tepat untuk meningkatkan kompatibilitas dan stabilitas pigmen (25).

Penelitian *lip balm* berbasis bit dan pigmen alami menunjukkan karakteristik organoleptik yang dapat diterima dan stabilitas fisik jangka pendek, tetapi masih terbatas dalam analisis kadar pigmen, kolorimetri, dan perbandingan dengan pewarna konvensional (20). Penelitian selanjutnya perlu mengukur kadar betanin/betalain dan menggunakan parameter kolorimetri objektif, bukan hanya deskripsi.

3.4 Karotenoid dan annatto pigments

Karotenoid merupakan tetraterpenoid lipofilik yang menghasilkan warna kuning, jingga, hingga merah. Kelarutan atau kemampuan dispersinya dalam minyak menjadikannya lebih kompatibel dengan basis anhidrat lipstik dan *lip balm* dibandingkan antosianin dan betalain. Contohnya meliputi β-karoten dari wortel atau alga, likopen dari tomat, lutein dari marigold, kapsantin/kapsorubin dari paprika, serta biksin/norbiksin dari annatto (26,27).

Annatto mengandung biksin yang larut minyak dan norbiksin yang lebih polar. Biksin sesuai untuk menghasilkan rona jingga-merah pada basis kaya minyak, tetapi rentan terhadap oksidasi dan isomerisasi akibat cahaya, panas,

oksigen, radikal, dan ion logam. Antioksidan seperti tokoferol, askorbil palmitat, dan antioksidan berbasis rosemary, serta agen pengkelat dapat digunakan untuk meningkatkan stabilitas, dengan pemilihannya disesuaikan terhadap persyaratan regulatori dan penerimaan sensori (28,29).

Karotenoid tidak dapat menghasilkan seluruh spektrum warna sediaan bibir, khususnya rona merah kebiruan, *berry*, dan magenta tua. Namun, karotenoid dapat berperan sebagai warna dasar, pengubah rona, atau komponen sistem pewarna campuran. Kompatibilitasnya dengan *vehicle* dan ketahanan termalnya menjadikannya sesuai untuk formulasi padat anhidrat (30).

3.5 Curcuminoids, chlorophylls, dan sumber lainnya

Kurkumin dari kunyit menghasilkan warna kuning-jingga serta berpotensi sebagai antioksidan dan antiinflamasi. Penggunaan kurkumin pada sediaan bibir terbatas oleh pewarnaan yang kuat, rentang rona yang sempit, dan fotolabilitas, sehingga lebih sesuai sebagai pengubah warna kuning atau pada produk bernuansa nude dan jingga daripada sebagai pewarna tunggal lipstik merah (6,31).

Klorofil dan turunannya menghasilkan warna hijau, tetapi sensitif terhadap asam dan panas sehingga penggunaannya pada sediaan bibir terbatas. Bahan alami terkarbonisasi dan karbon dapat menghasilkan rona hitam atau cokelat, tetapi memerlukan pengendalian pengotor. Pigmen mineral alami, seperti oksida besi, memiliki keunggulan teknis berupa opasitas dan stabilitas, tetapi klasifikasi sebagai bahan "alami" dan status regulatori berbeda antarwilayah sehingga perlu dievaluasi terpisah dari ekstrak nabati (4,6).

Karmin merupakan pewarna merah alami dengan intensitas dan stabilitas warna yang baik, tetapi penggunaannya dibatasi oleh asal hewani, potensi hipersensitivitas, serta pertimbangan etika, agama, dan pelabelan. Pemilihan bahan baku perlu disesuaikan dengan target konsumen dan persyaratan regulatori yang berlaku (32).

3.6 Ekstraksi, Standarisasi, dan Teknologi Sistem Penghantaran

Pewarna alami ditentukan sejak tahap bahan baku. Bahan perlu diidentifikasi secara botani atau mikrobiologis, diuji kadar air dan cemaran, serta dikarakterisasi berdasarkan kadar pigmen. Pemilihan pelarut harus disesuaikan dengan polaritas pigmen; sistem air terasamkan atau hidroalkohol sesuai untuk antosianin dan betalain, sedangkan minyak nabati, pelarut nonpolar, atau karbon dapat digunakan untuk karotenoid . Ekstraksi harus mempertahankan stabilitas pigmen sekaligus meminimalkan residu pelarut toksik dan bau yang tidak diinginkan (33,34).

Teknologi ekstraksi modern, seperti *ultrasound-assisted extraction, microwave-assisted extraction, pressurized liquids, pulsed electric fields,* dan *supercritical fluid approaches* dapat meningkatkan rendemen dan mempercepat proses, tetapi kondisinya perlu dioptimalkan untuk mencegah degradasi pigmen . Untuk aplikasi kosmetik, ekstrak idealnya distandardisasi berdasarkan senyawa marker, seperti total antosianin monomerik, betanin/betalain, biksin, atau total karotenoid, serta diuji kadar air, mutu mikrobiologis, residu pestisida, logam berat, residu pelarut, dan pemalsuan (33,34).

Enkapsulasi merupakan salah satu strategi stabilisasi yang banyak digunakan. *Spray drying* dan *freeze drying with carriers* seperti maltodekstrin, gum arab, pati termodifikasi, pektin, protein whey, atau kombinasinya dapat menurunkan aktivitas air dan melindungi pigmen yang sensitif . Nanoemulsi, liposom, *solid lipid nanoparticles*, *nanostructured lipid carriers*, dan kompleks inklusi siklodekstrin dapat meningkatkan dispersibilitas dan stabilitas pigmen lipofilik maupun amfifilik . Namun, sistem penghantaran "nano" tidak dapat langsung dianggap aman atau lebih unggul tanpa karakterisasi partikel, penilaian paparan, data stabilitas, dan kajian regulatori (35,36).

3.7 Pertimbangan dalam perancangan sediaan bibir

Lipstik anhidrat umumnya terdiri atas lilin, minyak/emolien, agen pembentuk struktur, pigmen, serta aditif seperti antioksidan, pewangi, perisa, dan pengawet bila diperlukan. Jenis lilin memengaruhi kekerasan, *pay-off*, titik leleh, *bloom*, dan distribusi pigmen, sedangkan minyak dan ester memengaruhi *glide*, pembasahan, dan intensitas warna (37).

Dalam formulasi pewarna alami, aspek utama adalah bentuk keberadaan pigmen, yaitu terlarut, terdispersi, atau terenkapsulasi. Karotenoid yang larut minyak dapat didispersikan dalam emolien yang sesuai, sedangkan antosianin dan betalain umumnya memerlukan partikel kering, pembawa, sistem berbasis air, atau sistem emulsi/gel khusus. Pembasahan yang buruk dapat menyebabkan *speckling*, *pay-off* rendah, sedimentasi, dan warna tidak merata. Keseragaman dapat ditingkatkan melalui dispersi *high-shear*, pengendalian ukuran partikel, *pre-wetting* dengan minyak yang kompatibel, dan penggunaan dispersan yang sesuai (38).

Suhu proses sangat menentukan stabilitas pigmen. Paparan panas berkepanjangan saat peleburan basis dapat mempercepat degradasi antosianin dan betalain. Strategi yang dapat diterapkan meliputi penambahan dispersi pigmen terlindungi pada basis yang telah didinginkan hingga suhu rendah, penggunaan kombinasi lilin alami bertitik leleh rendah, atau pengembangan *lip balm/lip tint* ketika stabilitas pigmen menjadi prioritas (39).

Kemasan merupakan bagian dari strategi formulasi; kemasan dengan paparan oksigen rendah dapat mengurangi fotodegradasi dan oksidasi, sedangkan uji stabilitas perlu mencakup paparan cahaya dan variasi suhu untuk mensimulasikan kondisi distribusi dan penggunaan.

3.8 Evaluasi mutu dan pengujian stabilitas

Evaluasi sediaan tidak hanya didasarkan pada penampilan subjektif, tetapi juga mencakup pemeriksaan organoleptik, keseragaman warna dan homogenitas, cacat permukaan, kekuatan patah pada sediaan batang, kekerasan atau penetrasi, titik leleh atau pelunakan, *pay-off*, daya sebar, *drag*, kilap, pH pada sistem yang mengandung air, indikator ketengikan bila relevan, serta stabilitas aroma dan rasa (40).

Warna perlu dievaluasi secara objektif menggunakan koordinat CIELAB, yaitu L* untuk kecerahan, a* untuk sumbu merah–hijau, dan b* untuk sumbu kuning–biru, dengan perubahan warna dinyatakan sebagai ΔE. Pengukuran dilakukan sebelum dan setelah penyimpanan pada berbagai kondisi suhu dan paparan cahaya, serta dapat dilengkapi dengan kuantifikasi senyawa penanda menggunakan spektrofotometri UV–Vis, kromatografi cair kinerja tinggi (HPLC), atau kromatografi cair–spektrometri massa (LC–MS) sesuai karakteristik pigmen (41,42).

Pada sediaan yang mengandung air atau ekstrak tanaman, mutu mikrobiologis dan efektivitas pengawet perlu mendapat perhatian khusus. Sediaan anhidrat memiliki risiko mikroba yang lebih rendah, tetapi tidak bersifat steril dan tetap dapat terkontaminasi selama proses produksi maupun penggunaan. Evaluasi keamanan perlu mencakup kajian toksikologi bahan, pengendalian cemaran, serta uji iritasi atau kompatibilitas yang sesuai. Klaim seperti "antioksidan", "fotoprotektif", atau "antimikroba" harus didukung oleh bukti pada produk jadi dan tidak semata-mata didasarkan pada aktivitas *in vitro* ekstrak (43,44).

4. PEMBAHASAN

4.1 Permasalahan utama dalam formulasi: sifat kimia pewarna versus bentuk sediaan

Tantangan utama pewarna alami pada sediaan bibir adalah ketidaksesuaian antara karakteristik kimia pigmen dan formulasi. Banyak pigmen merah bersifat hidrofilik, sedangkan lipstik konvensional umumnya anhidrat dan diproses pada suhu tinggi, sehingga ekstrak kasar dapat menghasilkan warna yang tidak stabil, lemah, tidak homogen, atau cepat memudar. Peningkatan konsentrasi ekstrak bukan solusi tunggal karena dapat meningkatkan bau, mengubah tekstur, menambah kadar air, memperburuk stabilitas, dan meningkatkan paparan terhadap pengotor.

Pemilihan pewarna alami perlu didasarkan pada target rona dan bentuk sediaan. Karotenoid, biksin, dan kurkuminoid lebih sesuai untuk rona jingga, koral, *warm nude*, atau kuning-jingga karena kompatibel dengan fase lipid, sedangkan antosianin dan betalain lebih berpotensi digunakan pada *lip tint* berbasis air, emulsi, atau sistem kering terenkapsulasi. Karmin dapat menghasilkan warna merah dengan intensitas tinggi, tetapi penggunaannya bergantung pada status regulatori dan penerimaan konsumen.

4.2 Tahapan pengembangan yang praktis

Pengembangan sediaan bibir berbahan pewarna alami perlu dilakukan secara bertahap, dimulai dari penetapan rona, target pasar, klaim, dan wilayah regulatori; pemilihan sumber pigmen dengan penanda kimia dan spesifikasi bahan yang mencakup identitas, kadar, kadar air, ukuran partikel, batas mikroba, logam berat, residu pestisida dan pelarut, serta informasi alergen; dilanjutkan dengan uji kompatibilitas terhadap minyak, lilin, antioksidan, perisa, dan kemasan, optimasi suhu serta urutan penambahan bahan, kemudian evaluasi warna dan kadar penanda secara objektif selama uji stabilitas dipercepat dan jangka panjang.

Sebagai contoh, *lip tint* berbasis bit dapat dikembangkan sebagai gel atau emulsi dengan kadar air rendah dan kondisi asam menggunakan ekstrak betalain terstandar, sistem pengawet tervalidasi, humektan, pembentuk film, dan kemasan. Sebaliknya, *lip balm* padat dengan rona merah-jingga hangat dapat menggunakan dispersi minyak kaya biksin atau karotenoid dalam basis lilin lebah–candelilla–*plant butter*, disertai tokoferol dan kemasan dengan paparan oksigen rendah. Kedua pendekatan tersebut tidak dapat dipertukarkan karena masing-masing harus disesuaikan dengan karakteristik fisikokimia pigmen.

4.3 Interpretasi aspek keamanan dan regulasi

Bahan alami tidak menjamin keamanan. Ekstrak tanaman dapat mengandung alergen atau cemaran, sedangkan pigmen hewani dan mikroba memiliki risiko spesifik. Status bahan yang diizinkan untuk pangan juga tidak otomatis berlaku untuk seluruh penggunaan kosmetik, termasuk area sekitar mata dan bibir. Oleh karena itu, sebelum komersialisasi perlu diverifikasi status regulatori, batas konsentrasi, kemurnian, pelabelan, dan persyaratan wilayah pemasaran.

Sediaan bibir memerlukan perhatian khusus karena berpotensi tertelan secara tidak sengaja. Penilaian risiko perlu mempertimbangkan penggunaan berulang, paparan oral, cemaran, serta kemungkinan migrasi pigmen atau

eksipien ke makanan dan minuman. Produk kosmetik di Indonesia harus memenuhi ketentuan kosmetik dan persyaratan BPOM yang berlaku, sedangkan produk ekspor mengikuti regulasi negara tujuan. Bukti ilmiah dapat mendukung pengembangan formulasi, tetapi tidak menggantikan kajian regulatori, dokumentasi bahan baku, dan pembuktian keamanan produk.

4.4 *Research gaps*

Bukti yang tersedia masih memiliki beberapa keterbatasan utama, yaitu penelitian sediaan bibir yang lebih banyak menggunakan pengamatan secara visual dan stabulitas jangka pendek dibandingkan metode kolorimetri dan kromatografi; penggunaan ekstrak tanaman tanpa standardisasi kimia yang memadai; klaim aktivitas antioksidan atau antimikroba yang lebih sering didasarkan pada bahan tanaman daripada produk jadi; serta terbatasnya perbandingan sistem pewarna alami dengan produk komersial melalui uji sensori tersamar, *wear testing*, ketahanan transfer, dan penerimaan konsumen.

Prioritas penelitian selanjutnya meliputi (i) standardisasi spesifikasi pigmen dan metode analisis, (ii) perbandingan langsung sistem enkapsulasi pada matriks lipstik dan lip balm, (iii) uji stabilitas pada kondisi tropis, (iv) kajian interaksi pigmen–lilin–minyak, (v) validasi keamanan dan paparan, (vi) integrasi parameter CIELAB dengan persepsi warna dan penerimaan konsumen, serta (vii) evaluasi lingkungan dan ekonomi sumber pigmen, khususnya dari hasil samping pertanian.

5. KESIMPULAN

Pewarna alami berpotensi memberikan warna dan nilai multifungsi pada sediaan bibir, tetapi keberhasilannya bergantung pada kesesuaian karakteristik pigmen dengan bentuk sediaan. Karotenoid dan annatto umumnya lebih kompatibel dengan matriks anhidrat berbasis minyak–lilin, sedangkan antosianin dan betalain berpotensi menghasilkan rona merah hingga ungu tetapi memerlukan strategi formulasi, pengendalian proses, enkapsulasi atau sistem pembawa, antioksidan, serta kemasan dengan paparan cahaya dan oksigen rendah. Karmin memberikan warna merah dengan intensitas tinggi, tetapi penggunaannya perlu mempertimbangkan aspek etika, preferensi konsumen, dan potensi sensitifitas.

Pengembangan sediaan bibir berbahan pewarna alami perlu diperjelas pada penggunaan ekstrak tanaman dan evaluasi stabilitas jangka pendek secara visual. Pengembangan yang berbasis bukti memerlukan standardisasi bahan baku, metode analisis spesifik pigmen, evaluasi warna secara objektif, uji stabilitas yang memadai, pengendalian mikrobiologis dan cemaran, pembuktian keamanan, serta kepatuhan terhadap persyaratan regulatori di wilayah pemasaran. Pendekatan tersebut dapat meningkatkan reproduktibilitas, keamanan, dan validitas ilmiah sediaan bibir berbahan pewarna alami.

DAFTAR PUSTAKA

1. Huynh A, Maktabi B, Reddy CM, Neil GWO, Chandler M, Baki G. Evaluation of alkenones , a renewably sourced , plant-derived wax as a structuring agent for lipsticks. Int J Cosmet Sci. 2020;42:146–55.
2. Esposito CL, Kirilov P. Preparation, Characterization and Evaluation of Organogel-Based Lipstick Formulations: Application in Cosmetics. Gels (Basel, Switzerland). 2021 Jul;7(3).
3. Dini I, Laneri S. The New Challenge of Green Cosmetics: Natural Food Ingredients for Cosmetic Formulations. Molecules. 2021 Jun;26(13).
4. Kim Y, Lee J. Cosmetic Coloration: A Review. J Cosmet Sci. 2021;72(4):442–98.
5. Sionkowska A. Plant-Derived Colorants for Food , Cosmetic and Textile Industries : A Review. Materials (Basel). 2021;14(3484):1–18.
6. Pasdaran A, Zare M, Hamedi A, Hamedi A. A Review of the Chemistry and Biological Activities of Natural Colorants, Dyes, and Pigments: Challenges, and Opportunities for Food, Cosmetics, and Pharmaceutical Application. Chem Biodivers [Internet]. 2023 Aug 1;20(8):e202300561. Available from: https://doi.org/10.1002/cbdv.202300561
7. Manful ME, Ahmed L, Barry-Ryan C. Cosmetic Formulations from Natural Sources : Safety European Union. Cosmetics. 2024;11(72).
8. Nadeeshani Dilhara Gamage DG, Dharmadasa RM, Chandana Abeysinghe D, Saman Wijesekara RG, Prathapasinghe GA, Someya T. Global Perspective of Plant-Based Cosmetic Industry and Possible Contribution of Sri Lanka to the Development of Herbal Cosmetics. Evidence-Based Complement Altern Med [Internet]. 2022 Jan 1;2022(1):9940548. Available from: https://doi.org/10.1155/2022/9940548
9. Jurić S, Jurić M, Król-Kilińska Ż, Vlahoviček-Kahlina K, Vinceković M, Dragović-Uzelac V, et al. Sources, stability, encapsulation and application of natural pigments in foods. Food Rev Int [Internet]. 2022 Nov 17;38(8):1735–90. Available from: https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1837862

10. Etxabide A, Kilmartin PA, Maté JI. Color stability and pH-indicator ability of curcumin, anthocyanin and betanin containing colorants under different storage conditions for intelligent packaging development. Food Control [Internet]. 2021;121:107645. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713520305612
11. Wijesekara T, Xu B. A critical review on the stability of natural food pigments and stabilization techniques. Food Res Int. 2024 Mar;179:114011.
12. Xue H, Zhao J, Wang Y, Shi Z, Xie K, Liao X, et al. Food Chemistry : X Factors affecting the stability of anthocyanins and strategies for improving their stability : A review. Food Chem X [Internet]. 2024;24(October):101883. Available from: https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101883
13. Wang J, Zhao Y, Sun B, Yang Y, Wang S, Feng Z, et al. The structure of anthocyanins and the copigmentation by common micromolecular copigments: A review. Food Res Int [Internet]. 2024;176:113837. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996923013856
14. Song J, Yu Y, Chen M, Ren Z, Chen L, Fu C. Advancement of Protein- and Polysaccharide-Based Biopolymers for Anthocyanin Encapsulation Factors Affecting the Stability of. Front Nutr. 2022;9(June):1–11.
15. Pitaya R, Extract P, Britton H, Laksitorini MD, Suhendra VI, Ferdian R, et al. Optimasi Proporsi Ekstrak Kulit Buah Naga Merah (Hylocereus undatus (Haw .) Britton & Rose dan Titanium Dioksida dalam Formulasi Lipstik dengan Pewarna Alam. Maj Farm. 2022;18(2):227–35.
16. Pratiwi C, Indrawati T, Djamil R. Formulasi Sediaan Lipstik Menggunakan Kombinasi Pewarna Alami Kulit Buah Jamblang (Syzigium cuminii L) Dan VCO. J Fitofarmaka Indones. 2021;8(2):17–22.
17. Azmin SNHM, No NIMJMSM. Physicochemical and sensory evaluations of Beta vulgaris Physicochemical and sensory evaluations of moisturising lip balm using natural pigment from Beta vulgaris. Cogent Eng ISSN. 2020;7(1788297).
18. Nuurul S, Mohammad H, Solehin N, Binti NA. Stability Analysis of Carrot-based Natural Moisturising Lip Balm. Chem Eng Trans. 2021;83:49–54.
19. Visht S, Salih SS, Mohammed DA, Abduljabbar AA, Hama SJ, Khudhair IA. Formulation and Evaluation of Lip Balm Using Different Herbal Pigments. Pharmacognosy Res. 2024;16(2):367–75.
20. Hidayah R, Nurrosyidah IH. Natural Lipstick Formulation Based on Monascus Purpureus Extract: Variation of Beeswax – Candelilla Wax and Evaluation of Antioxidant Activity. Int J Heal Eng Technol. 2026;4(5):2107–15.
21. Sharif N, Khoshnoudi-Nia S, Jafari SM. Nano/microencapsulation of anthocyanins; a systematic review and meta-analysis. Food Res Int [Internet]. 2020;132:109077. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996920301022
22. Tossi VE, Martínez Tosar L, Pitta-Álvarez SI, Causin HF. Casting light on the pathway to betalain biosynthesis: A review. Environ Exp Bot [Internet]. 2021;186:104464. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847221000940
23. Sadowska-bartosz I. Biological Properties and Applications of Betalains. Molecules. 2021;26(2520):1–36.
24. Carreón-Hidalgo JP, Franco-Vásquez DC, Gómez-Linton DR, Pérez-Flores LJ. Betalain plant sources, biosynthesis, extraction, stability enhancement methods, bioactivity, and applications. Food Res Int. 2022;151:110821.
25. Nat AJ, Biochem P, Naziihah S, Ainurofiq A. Natural lip tint formulation using beetroot (Beta vulgaris) and strawberry extracts (Fragaria vesca) for safe cosmetic use. ASIAN J NAT PROD Biochem. 2026;24(1).
26. González-Peña MA, Ortega-Regules AE, Anaya de Parrodi C, Lozada-Ramírez JD. Chemistry, Occurrence, Properties, Applications, and Encapsulation of Carotenoids-A Review. Plants (Basel, Switzerland). 2023 Jan;12(2).
27. Rodriguez-Amaya DB, Esquivel P, Meléndez-Martínez AJ. Comprehensive Update on Carotenoid Colorants from Plants and Microalgae: Challenges and Advances from Research Laboratories to Industry. Foods (Basel, Switzerland). 2023 Nov;12(22).
28. Møller AH, Jahangiri A, Madsen B, Joernsgaard B, Vaerbak S, Hammershøj M, et al. Effect of light, pH, metal ions and antioxidants on the colour stability of norbixin in aqueous solution. Int J Food Sci Technol [Internet]. 2019 May 1;54(5):1625–32. Available from: https://doi.org/10.1111/ijfs.14035
29. Enayati A, Rezaei A, Falsafi SR, Rostamabadi H, Malekjani N, Akhavan-Mahdavi S, et al. Bixin-loaded colloidal nanodelivery systems, techniques and applications. Food Chem [Internet]. 2023;412:135479. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030881462300095X
30. Nia Yuniarsih, Farhamzah F, Sudrajat Sugiharta, Iin Lidia Putama Musal. Potensi Ekstrak Etanol Bunga

Telang (Clitoria Ternatea L.) Sebagai Handwash Berbahan Alam Di Smk Wirasaba Karawang. J-ABDI J Pengabdi Kpd Masy. 2023;2(8):5719–24.

31. Lan X, Liu Y, Wang L, Wang H, Hu Z, Dong H, et al. A review of curcumin in food preservation: Delivery system and photosensitization. Food Chem [Internet]. 2023;424:136464. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814623010828
32. Sadowska B, Sztormowska M, Gawinowska M, Chełmińska M. Carmine allergy in urticaria patients. Postep dermatologii i Alergol. 2022 Feb;39(1):94–100.
33. Miranda PHS, Santos AC dos, Freitas BCB de, Martins GA de S, Vilas Boas EV de B, Damiani C. A scientific approach to extraction methods and stability of pigments from Amazonian fruits. Trends Food Sci Technol [Internet]. 2021;113:335–45. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224421003071
34. Dias ALB, de Aguiar AC, Rostagno MA. Extraction of natural products using supercritical fluids and pressurized liquids assisted by ultrasound: Current status and trends. Ultrason Sonochem [Internet]. 2021;74:105584. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350417721001267
35. Ghosh S, Sarkar T, Das A, Chakraborty R. Natural colorants from plant pigments and their encapsulation: An emerging window for the food industry. LWT [Internet]. 2022;153:112527. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643821016807
36. Kandasamy S, Naveen R. A review on the encapsulation of bioactive components using spray-drying and freeze-drying techniques. J Food Process Eng [Internet]. 2022 Aug 1;45(8):e14059. Available from: https://doi.org/10.1111/jfpe.14059
37. Maktabi B, Liberatore MW, Baki G. Meadowfoam seed oil as a natural dispersing agent for colorants in lipstick. Int J Cosmet Sci [Internet]. 2021 Aug 1;43(4):484–93. Available from: https://doi.org/10.1111/ics.12724
38. Mawazi SM, Redzal NABA, Othman N, Alolayan SO. Lipsticks History, Formulations, and Production: A Narrative Review. Cosmetics. 2022;9(25):1–19.
39. Shimizu MS, Nomura Y, Bui HS. Effect of Cosmetic Oils on Lipstick Structure and Its Deposit. In: Surface Science and Adhesion in Cosmetics [Internet]. 2021. p. 35–71. Available from: https://doi.org/10.1002/9781119654926.ch2
40. Esposito CL, Kirilov P. Preparation, Characterization and Evaluation of Organogel-Based Lipstick Formulations: Application in Cosmetics. gels. 2021;7(97).
41. Lan T, Qian S, Song T, Zhang H, Liu J. The chromogenic mechanism of natural pigments and the methods and techniques to improve their stability: A systematic review. Food Chem. 2023 May;407:134875.
42. Benucci I, Lombardelli C, Mazzocchi C, Esti M. Natural colorants from vegetable food waste: Recovery, regulatory aspects, and stability—A review. Compr Rev Food Sci Food Saf [Internet]. 2022 May 1;21(3):2715–37. Available from: https://doi.org/10.1111/1541-4337.12951
43. Almukainzi M, Alotaibi L, Abdulwahab A, Albukhary N. Quality and safety investigation of commonly used topical cosmetic preparations United States Food and Drug Administration Scientific Committee on Consumer Safety. Sci Rep [Internet]. 2022;1–11. Available from: https://doi.org/10.1038/s41598-022-21771-7
44. Tang Z, Du Q. Mechanism of action of preservatives in cosmetics. J Dermatologic Sci Cosmet Technol. 2024;1(4):100054.