



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DEL FARMACO

CORSO DI LAUREA IN SCIENZE FARMACEUTICHE APPLICATE

TESI DI LAUREA

Fitocosmesi e sostenibilità ambientale

RELATORE: Prof.ssa Mastrotto Francesca

LAUREANDA: Linda Ariu

ANNO ACCADEMICO 2023-2024

INDICE

RIASSUNTO	1
1. INTRODUZIONE	2
2. SOSTENIBILITA' AMBIENTALE	3
2.1. Processi produttivi di estrazione e sostenibilità	3
2.2. Impatto aziendale e <i>life cycle assessment</i>	6
2.3. Reperimento delle materie prime: <i>upcycling</i>	9
2.4. Nuove frontiere di sostenibilità	14
3. IMPATTO AMBIENTALE DEL COSMETICO NATURALE VS IL COSMETICO NATURALE SOSTENIBILE	15
4. LE MICROPLASTICHE	20
5. NUOVE FORMULAZIONI: AGENTI VISCOSIZZANTI ED EMULSIONANTI CHE SOSTITUISCONO POLIACRILATI O POLIMERI SINTETICI	25
6. CONCLUSIONI	29
7. BIBLIOGRAFIA	31

RIASSUNTO

Il mondo sta cambiando, e con esso, le esigenze stesse delle persone che lo abitano. Queste esigenze in campo cosmetico riflettono una nuova presa di coscienza da parte della comunità scientifica e dei consumatori stessi. I cambiamenti ambientali hanno spinto a "volgere lo sguardo" un po' più in là", e a mettere sul podio la salvaguardia ambientale. In questo breve lavoro viene fatta una panoramica di quelli che sono i cambiamenti messi in atto dalle aziende cosmetiche, dagli enti preposti, e dai consumatori.

Vengono brevemente affrontate le dinamiche aziendali e quelle che sono le strategie messe in atto per renderle più sostenibili. Ne sono un esempio le tecniche di estrazione verdi e il reperimento alternativo di materie prime. In particolare, sono descritte le dinamiche di circolarità aziendale. Sono inoltre affrontati i temi di naturalità e sostenibilità, facendo una distinzione tra il cosmetico naturale e il cosmetico naturale sostenibile. Per fare questa ultima distinzione ci si è avvalsi di alcuni enti certificatori privati che forniscono indicazioni utili a identificare le corrette pratiche aziendali e i criteri fondamentali dei cosmetici sostenibili e naturali e a distinguerli da tutto quello che è invece puro marketing e greenwashing. Sono oltretutto descritte le nuove normative vigenti in merito alle microplastiche presenti nei prodotti cosmetici. Infine, nella parte conclusiva sono descritti degli ingredienti alternativi alle microplastiche e ai polimeri, in particolare vengono citati gli emulsionanti naturali, con i relativi pro e contro.

1. INTRODUZIONE

La sostenibilità viene definita come "la condizione di sviluppo in grado di assicurare il soddisfacimento dei bisogni della generazione presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di realizzare i propri". (1) "Essa comprende vari ambiti, quali quello ambientale, economico e sociale, ed è un concetto dinamico, in quanto la relazione che esiste tra sistema antropico ed ecologico possono essere influenzate dallo scenario tecnologico." (2) In ambito cosmetico, il concetto di sostenibilità ha rilevanza in tutta la filiera produttiva, dal reperimento delle materie prime allo smaltimento dei rifiuti. (3)

La prima fase del processo produttivo di un fitocosmetico riguarda l'identificazione e la selezione delle materie prime vegetali, le quali forniranno gli estratti utili alla produzione dei prodotti finiti. (4) In ottica sostenibile, l'approvvigionamento di piante aromatiche dovrebbe rispettare precisi canoni riguardanti la coltivazione, in modo tale da non esaurire le risorse del terreno e non interferire con l'equilibrio ecologico dell'area. La produzione agricola si può quindi avvalere a tal fine di varie metodologie quali: l'agricoltura biologica, che utilizza solo fertilizzanti naturali, evitando sostanze chimiche di sintesi, e l'agricoltura solidale, che contempla il rispetto per l'ambiente e i diritti umani, utilizzando prodotti coltivati in terreni i cui lavoratori ricevono uno stipendio adeguato ed etico. (5) Tra le accortezze utilizzate per ridurre l'impatto ambientale rientrano inoltre alcune tecniche quali la pacciamatura con materiale organico o paglia, o ad esempio la rotazione delle colture, che si prefigge lo scopo di mantenere la fertilità dei terreni. (5)

Tra le fasi più importanti del processo produttivo di fitocosmetici possiamo annoverare l'estrazione degli estratti vegetali, la quale consiste nell'estrazione di estratti o simili, i quali serviranno poi nei prodotti finiti. (6) Vi sono diverse metodiche di estrazione, tra cui la macerazione, la percolazione, l'infusione, la decozione e la distillazione. La metodica differirà a seconda di quelle che sono le necessità produttive e del tipo di attivo che si desidera estrarre. (7) Attualmente le metodiche in uso garantiscono estrazioni rapide e molto efficienti in termini di resa, le quali consentono non solo di mantenere inalterato il principio attivo, ma anche di avere un basso impatto ambientale, non risultando dannose per l'ecosistema. (8) Un esempio è l'utilizzo di CO₂ supercritica che permette di ottenere prodotti con le stesse caratteristiche presenti nel vegetale fresco, senza il rischio di contaminazione o tracce residue di solventi chimici. (9)

Segue poi la fase della formulazione del prodotto cosmetico. Durante questa fase gli estratti vegetali sono abbinati ad altri eccipienti di diversa natura a seconda della tipologia di prodotto cosmetico che deve essere generato. (6) Nell'allestimento della formulazione è altresì rilevante la scelta degli ingredienti, i quali a loro volta avranno un certo impatto ambientale. Basti pensare ai prodotti a risciacquo, ad esempio, i cui residui vengono immessi nel sistema idrico. Pertanto, al fine di limitare e, ove possibile, eliminare qualsiasi rischio di inquinamento e tossicità ambientale, tali ingredienti andranno selezionati con cura. (10) Un chiaro esempio è dato dal tentativo delle aziende

cosmetiche di creare nuove formulazioni rispetto a quelle storiche basate su prodotti di derivazione petrolchimica, e sostituire agenti viscosizzanti o filmogeni sintetici con prodotti o derivati di origine vegetale. (10) (11) Un'altra innovativa e importante tecnologia utilizzata nelle fasi di formulazione consiste nell'utilizzo di scarti provenienti dall'industria alimentare, dai quali sono estratti alcuni principi attivi. Questo fenomeno prende il nome di *up-cycling*. (12)

Infine, vi è la fase di confezionamento, la quale risulta di particolare importanza nella catena di produzione di un cosmetico. Il packaging ha una notevole rilevanza dal punto di vista economico ed ambientale. La grafica e il materiale che contraddistinguono il packaging del cosmetico trasmettono un messaggio, identificato anche con la filosofia e l'identità aziendale, comunicandone i valori al consumatore. (13) È grazie quindi a quest'ultimo che avviene l'imprinting con l'azienda. Le fasi che portano alla produzione di un packaging sostenibile sono tutte rilevanti, dalla progettazione alla scelta dei materiali. Basti considerare che più del 70 % delle emissioni durante la realizzazione del packaging è derivante dalla fase di progettazione. (14) Le aziende, quindi, ricercano dei modelli innovativi i quali consentano di avere un minore impatto ambientale. Questi modelli includono: riciclabilità del contenitore, riduzione dei volumi e quindi utilizzo minore di materia prima, compostabilità, utilizzo di materie prime rinnovabili, riutilizzo del contenitore (ad esempio flaconi *re-fill*). L'utilizzo nel packaging di materiali biodegradabili, riutilizzabili, riciclabili e non tossici rappresenta il punto focale su quali si basa l'*eco design*. (14) Ad esempio, *sulpac*® è un materiale innovativo utilizzato nel confezionamento, è biodegradabile, ed è ottenuto dagli scarti di lavorazione del legname per aggiunta di additivi naturali. (15) Si stima che la produzione e lo smaltimento del packaging abbiano un impatto del 90% sull'impronta ecologica. (16)

Infine, va ricordato che quando si parla di sostenibilità cosmetica è doveroso includere anche la sostenibilità sociale. Numerose sono le aziende che si stanno impegnando nella ricerca e sviluppo di packaging inclusivi, i quali consentano un facile utilizzo anche da parte di un'importante fascia di popolazione, che comprende individui portatori di disabilità, ad esempio motorie o visive. (17) Un esempio è l'introduzione sulla confezione di particolari simboli in rilievo (come ad esempio una goccia), che consentono anche agli ipovedenti di identificare facilmente la specifica tipologia di prodotto cosmetico, distinguendo facilmente tra shampoo, bagnoschiuma e creme corpo. (17)

2. SOSTENIBILITA' AMBIENTALE

2.1. Processi produttivi di estrazione e sostenibilità

I processi estrattivi impiegati al fine di ottenere l'oro 'verde', ovvero gli attivi all'interno del cosmetico, sono svariati. Le tecniche di estrazione più tradizionali prevedono l'utilizzo di solventi organici, lunghi tempi di macerazione, ed elevate temperature, questo a danno dell'ambiente e della matrice vegetale, la quale, spesso, subisce degradazione. (18) Questo lavoro di tesi si propone di focalizzare l'attenzione sulle tecniche più efficienti e meno impattanti dal punto di vista ambientale.

Una delle tecniche più conosciute e utilizzate è l'estrazione ad ultrasuoni (UAE, Figura 1), la quale sfrutta un fenomeno fisico che porta alla produzione di bolle di cavitazione, che a loro volta consentono la fuoriuscita dell'attivo dalla matrice vegetale. (18) Gli ultrasuoni sono onde meccaniche sonore che possiedono un determinato range di frequenze; solitamente per l'estrazione si utilizza una serie di frequenze che varia dai 16 ai 100 KHz. (19) Queste onde per propagarsi necessitano di un mezzo liquido che ne permetta la propagazione sino alla matrice vegetale. Le onde ultrasoniche viaggiando attraverso il liquido (solvente), creano dei cicli di alta e bassa pressione che, alternandosi fra loro, generano delle bolle di cavitazione, le quali implodendo sulla superficie del solido (matrice vegetale) ne provocano la rottura. (20)

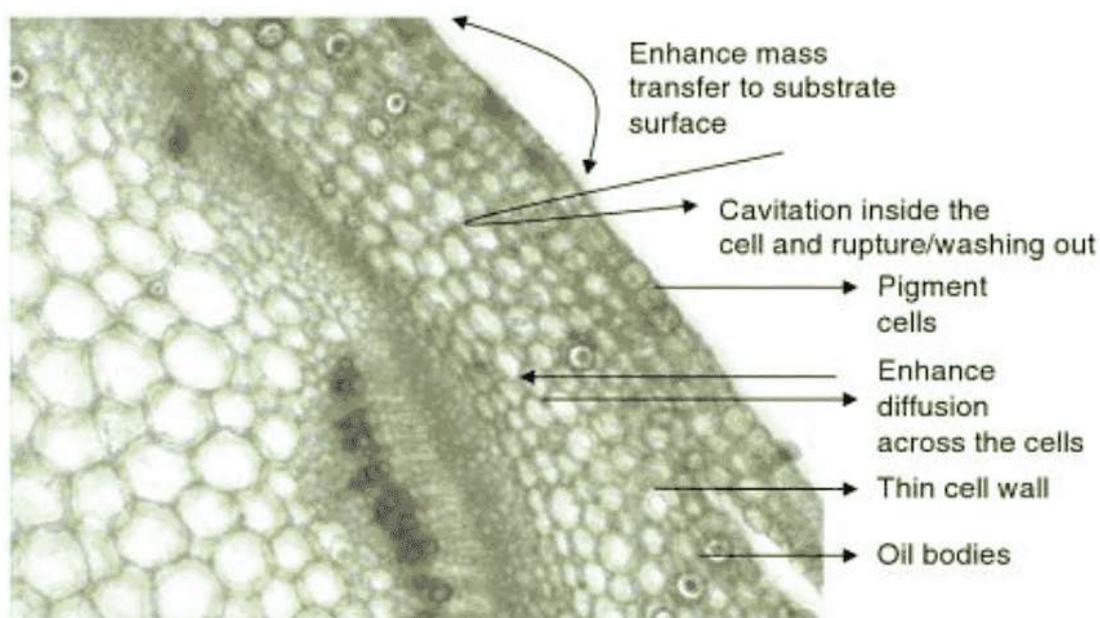


Figura 1. Estrazione da una cellula utilizzando gli ultrasuoni: la sezione trasversale microscopica della cellula staminale apicale della menta (*Mentha piperita*) mostra il meccanismo d'azione durante l'estrazione con ultrasuoni dalla cellula (ingrandimento 2000x). Immagine adattata da *Volkhu et al. 2011*. (21)

Questo fenomeno consente l'estrazione di tutto il fitocomplesso, preservandone l'integrità. In molti casi si procede effettuando una macinazione preventiva del materiale vegetale, pre-miscelandolo con un solvente. Questa operazione consente l'ammorbidimento del materiale, aumentando l'efficienza estrattiva, ed è utile soprattutto nei casi in cui la droga utilizzata è coriacea. (19) I vantaggi dei quali dispone questa tecnica sono i seguenti: 1. può essere usato ogni tipo di solvente liquido (anche lipofilo come l'olio); 2. utilizza basse temperature di estrazione rappresentando quindi un'ottima alternativa per l'estrazione di attivi termolabili; 3. consente di diminuire i tempi di estrazione rispetto alle tecniche tradizionali; 4. è possibile osservare e modulare i parametri del processo (tempo, frequenza, potenza ultrasonica); (18) 5. si ha esaurimento quasi completo della matrice vegetale, per cui le rese sono ottimali. (19) L'unica pecca di questa metodica è l'estrazione non selettiva, in quanto si ha la fuoriuscita di tutti i principi attivi e molecole presenti nel materiale vegetale. (19) È stato riscontrato, inoltre, che l'attività meccanica degli ultrasuoni migliora la diffusione del

solvente nel materiale vegetale, facilitando il trasferimento dei composti target dalle cellule al solvente. Questo influenza notevolmente l'efficacia di estrazione dei costituenti target. Questa tecnica solitamente è utilizzata per l'estrazione di composti non volatili; tuttavia, alcune ricerche hanno dimostrato che per l'estrazione di composti volatili, come gli oli essenziali (OE), è sufficiente abbinare l'estrazione ad ultrasuoni ad altre tecniche, quali l'idrodistillazione o la distillazione sottovuoto. Secondo uno studio, l'estrazione di OE di *Mentha spicata* mediante l'utilizzo di distillazione sottovuoto accoppiata ad ultrasuoni migliora la resa, la selettività, la stabilità e la qualità dei composti aromatici negli estratti, rispetto all'idrodistillazione accoppiata all'estrazione assistita da ultrasuoni (UAE). Inoltre, secondo questo studio gli alti rendimenti di estrazione non sono sempre uno dei principali obiettivi del settore, quale invece quello di ridurre le spese minimizzando il consumo di risorse non rinnovabili. "Pertanto, gli ultrasuoni presentano svariati vantaggi, tra cui il massimo risultato che può essere ottenuto con input di energia inferiori, ridotti tempi di estrazione ed una quantità inferiore di solvente." (8)

Un'altra metodica di estrazione verde è rappresentata dall'estrazione mediante anidride carbonica (CO₂) supercritica, la quale prevede l'utilizzo di CO₂ come solvente. Quest'ultimo è condotto allo stato supercritico mediante impostazione di valori di temperatura e pressione al di sopra del punto critico, ovvero alla temperatura di 31°C e alla pressione di 73 bar nel caso specifico della CO₂. La CO₂ viene utilizzata rispetto ad altri solventi in quanto possiede molti vantaggi: è inerte, è atossica, non è esplosiva, non è infiammabile, e i parametri di temperatura e pressione a cui raggiunge lo stato supercritico non sono estremi. Allo stato supercritico, presenta caratteristiche intermedie tra liquido e gas; la sua densità è simile a quella di un liquido mentre la sua viscosità e diffusività sono simili a quelle di un gas. (22)

I vantaggi di questo processo estrattivo si basano innanzitutto nella rapidità di estrazione, vista l'alta diffusività e la bassa viscosità del solvente. Grazie alla minore viscosità, il fluido supercritico è capace di penetrare in modo efficiente nello spessore della matrice del campione, ragion per cui la diffusione dell'analita risulterà più veloce rispetto a quella eseguita mediante classica estrazione con solvente. Ne consegue un inferiore consumo di solvente e un costo ridotto rispetto alle tecniche tradizionali. Inoltre, l'utilizzo di questa tecnica consente il mantenimento delle caratteristiche della matrice vegetale estratta grazie all'utilizzo di basse temperature. (22) Questa tecnica è selettiva soprattutto per l'estrazione di composti apolari o debolmente polari. Nel caso in cui si debbano estrarre dei composti polari, è possibile utilizzare dei co-solventi, come l'etanolo, i quali vengono addizionati alla CO₂. (23) Diversi studi hanno messo a confronto l'estrazione mediante CO₂ supercritica ad un metodo di estrazione tradizionale. Come esempio a seguire viene riportata un'indagine che si occupa dell'estrazione di acidi grassi provenienti da scarti di polpa della frutta. Gli scarti di polpa della frutta hanno subito dei processi di pretrattamento mediante essiccamento all'aria, e precedente lavaggio con acqua. Successivamente sono stati estratti mediante due metodiche: Soxlet e CO₂ supercritica. (9) L'estrattore Soxlet è un apparecchio formato da 3 componenti principali, partendo dal basso abbiamo: il pallone, l'estrattore ed infine

il condensatore. Il solvente di estrazione è posto all'interno del pallone, e nell'estrattore c'è la droga da estrarre. Il solvente nel pallone è portato ad ebollizione ed attraverso il processo di ebollizione va nella camera di estrazione, in seguito va nel condensatore dove viene condensato, e ricade nel pallone. Questa metodica prevede più cicli estrattivi. (24) In particolare in questo studio sono stati utilizzati 3 g di campione di sansa macinata e asciutta. Una volta estratti, è stata condotta un'analisi qualitativa e quantitativa mediante gascromatografia-spettrometria di massa (GC-MS), utilizzando metil pentadecanoato come standard interno. Gli acidi grassi estratti sono stati convertiti nei corrispondenti esteri metilici. Infine, sono stati confrontati gli indici di ritenzione dei composti e gli spettri MS, per identificare gli acidi grassi. Le rese ottenute mediante Soxlet in generale risultano superiori rispetto a quelle ottenute mediante CO₂ supercritica. Nello studio è stato ipotizzato che questo sia dovuto ad una polarità leggermente maggiore del solvente utilizzato (esano) con la metodica Soxlet rispetto alla CO₂, ed infine a tempi di estrazione più lunghi. Tuttavia, l'utilizzo di CO₂ supercritica consente l'ottenimento di un'ampia gamma di acidi grassi, ed ha una maggiore selettività rispetto alla tecnica Soxlet per questi composti, migliorandone l'estrazione. In conclusione, l'estrazione mediante CO₂ supercritica risulta vantaggiosa e più selettiva per composti apolari, come gli acidi grassi, consentendo l'ottenimento di composti più puri. Sono stati inoltre ottenuti acidi grassi in percentuale maggiore rispetto all'altra metodica, e non vi è traccia di residui di solvente negli acidi grassi estratti. Risulta inoltre conveniente l'utilizzo di vinacce della frutta derivanti da scarti di lavorazione, in quanto, queste rappresentano una buona fonte di recupero di materie prime, le quali poi potranno essere utilizzate a scopo farmaceutico o cosmetico. (9)

2.2. Impatto aziendale e *life cycle assessment*

Per conoscere quello che è l'impatto ambientale di un'azienda cosmetica è necessario analizzare il *Life Cycle Assessment* (LCA), per individuare quelle che sono le fasi più impattanti a livello ambientale del prodotto, dalle fasi di reperimento della materia prima alla fase di smaltimento finale, come riportato in Figura 2. (3)

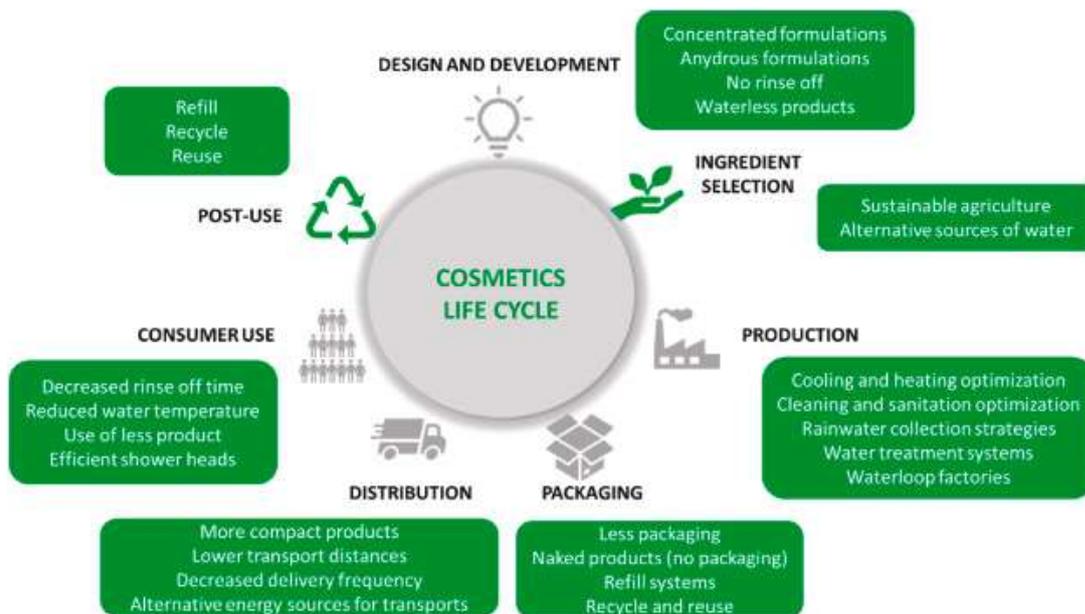


Figura 2. L'immagine rappresenta il ciclo di vita del prodotto cosmetico, in particolare descrive le strategie per aumentare la sostenibilità idrica durante il ciclo di vita del prodotto cosmetico. Adattato da Auguiar et al. (). (3)

Generalmente ciò che desta preoccupazione durante la fase di produzione sono la gestione delle risorse idriche, il consumo energetico, e, lo smaltimento dei rifiuti. Per ciò che concerne il consumo energetico ci si avvale di sistemi alternativi che abbiano un'impronta più sostenibile, come fonti rinnovabili quali il geotermico, il solare e l'eolico, che vengono utilizzati per generare energia durante i processi industriali; ci si avvale inoltre di sistemi di isolamento per ridurre i consumi energetici legati al riscaldamento e raffreddamento della struttura. Inoltre, si cerca di utilizzare dei processi produttivi a freddo, come ad esempio l'emulsione a freddo, che riduce le emissioni di CO₂, ed inoltre l'utilizzo di macchinari più efficienti dal punto di vista energetico. La gestione dell'acqua risulta altresì importante, considerato che è una delle risorse più importanti del pianeta e non è rinnovabile. Solo il 3% dell'acqua presente nel pianeta è costituito da acqua dolce, la quale serve al sostentamento degli organismi viventi, e di questo 3% il 70% è utilizzato in agricoltura e il 20% nell'industria, entrambe rilevanti per un'azienda cosmetica. L'acqua utilizzata nell'azienda cosmetica comprende l'acqua utilizzata nella formulazione dei prodotti (visibile) e quella "virtuale", che comprende l'acqua utilizzata in agricoltura nell'irrigazione, l'acqua utilizzata nei processi industriali, come ad esempio quella per pulire le apparecchiature, o quella utilizzata nei processi di riscaldamento e raffreddamento; inoltre, si deve considerare anche l'acqua utilizzata nella produzione di imballaggi, nel trasporto dei cosmetici e nei trattamenti post utilizzo, come la fase di riciclaggio. Per ovviare allo sperpero di acqua esistono dei sistemi che permettono di ridurre l'utilizzo nelle fasi di produzione, come la pulizia, e dei sistemi che permettono la raccolta di acqua piovana così come la circolarità dell'acqua all'interno dell'azienda, dove questa viene riutilizzata in continuazione. Un edificio costruito dall'azienda L'Oreal adotta queste misure di sostenibilità. Nell'edificio è stato predisposto un impianto

geotermico, presenta inoltre un tetto verde, che consente una migliore gestione delle temperature, e funge da isolamento acustico, inoltre assicura l'assorbimento della CO₂ da parte delle piante, contribuendo al mantenimento della biodiversità. L'edificio dispone inoltre di serbatoi per la raccolta dell'acqua piovana, che consentono il riutilizzo della stessa per irrigare i giardini e gli spazi verdi, ed infine, finestre che contengono argon nei doppi vetri consentendo un miglior isolamento termico. L'Oréal ha inoltre inserito il criterio di azienda waterloop, che consiste nell'utilizzo circolare dell'acqua all'interno dell'azienda cosmetica, in modo tale che questa venga riutilizzata al 100%. L'acqua riciclata è derivante dalle acque reflue ed è utilizzata ad esempio per produrre vapore. Infine, anche il packaging ha una notevole rilevanza all'interno del life cycle assesment. Si cerca, ove possibile di evitare packaging in plastica. Ad oggi, esistono varie alternative sul mercato, come bioplastiche e polimeri a base di polisaccaridi o acido polilattico. Quando si parla di packaging è importante considerare la quantità di materiale utilizzato per la produzione; meno materiale porta ad un vantaggio economico, ma anche a un minor inquinamento. Ne è un esempio la strategia utilizzata da Caudalie che ha eliminato tutti i volantini informativi interni, per cui tutte le informazioni relative al prodotto cosmetico sono ora stampate direttamente all'interno dell'imballaggio, con notevole risparmio di carta. Un altro formidabile esempio è rappresentato dalla 'azienda Izzy Beauty, che si è fornita di vecchi imballaggi in alluminio per produrre prodotti come mascara e gel per le sopracciglia; una volta terminato l'utilizzo il consumatore si reca in negozio per restituire il contenitore, il quale poi viene sterilizzato e può essere riutilizzato. Infine, delle ulteriori alternative ai classici contenitori sono i contenitori biodegradabili e compostabili. Come citato precedentemente, vi è l'imballaggio Sulpac, costituito da trucioli di legno e leganti naturali, che può degradarsi completamente in CO₂, acqua o biomassa. Tuttavia, si stima che l'impatto ambientale di un'azienda cosmetica, (riferito all'emissione di gas serra), si aggiri intorno allo 0.5% - 1.5%, e che il 40% di queste emissioni non sia causata dalla produzione o dallo smaltimento del prodotto ma dall'utilizzo che ne fa il consumatore. (25) Va ricordato tuttavia che l'impatto dovuto all'utilizzo che ne fa il consumatore è strettamente legato alla progettazione e alla commercializzazione del cosmetico, che sono totalmente sotto controllo dell'industria. È perciò importantissimo educare il consumatore ad un utilizzo consapevole del prodotto cosmetico. È altresì importante conoscere l'impatto ambientale in fase di utilizzo, in modo da valutarne la sostenibilità. Focalizzandosi sull'utilizzo dei prodotti da parte del consumatore, ciò che desta particolare preoccupazione è l'utilizzo di prodotti per la detergenza, che richiedono acqua ed elettricità. Il loro utilizzo oltretutto, causa il versamento di sostanze chimiche negli scarichi, le quali, in alcuni casi, possono essere dannose ad esempio per il loro contenuto in microplastiche. Sono state proposte alcune strategie per ovviare ai problemi sopracitati. Ad esempio, per limitare il consumo eccessivo di acqua sono state prodotte delle formulazioni più concentrate, che necessitano di una quantità minore di prodotto in fase di utilizzo, oppure dei prodotti due in uno che combinano shampoo e balsamo. (3) Per quanto riguarda invece l'inquinamento e la biodegradabilità degli ingredienti cosmetici risultano di particolare interesse i dati di uno studio che ha analizzato l'impatto dei prodotti cosmetici a risciacquo sugli ambienti marini. (26) Questo studio

ha analizzato alcuni specifici ingredienti presenti nelle varie categorie di prodotti cosmetici e ha utilizzato come strumento di valutazione una matrice di Indice di valutazione del rischio ambientale (IARA), la quale si avvale di alcuni parametri specifici. Tra gli indici utilizzati abbiamo:

1. Rischio ambientale (EH), il quale indica la pericolosità ambientale, ed integra, i dati di bioaccumulo, biodegradabilità, e tossicità acquatica, e che varia da 0 a 18;
2. Indice di formulazione (IF), l'indice che indica il pericolo acquatico, il quale è attribuito alla formulazione finale, e ci dà indicazioni di massima sulla sostenibilità della formulazione. Più basso è l'indice, più la formulazione sarà compatibile con l'ambiente acquatico. L'IF integra anche l'indice EH, considerando l'EH in funzione della concentrazione dell'ingrediente utilizzato.

Sono stati quindi analizzati in totale 41 ingredienti, e successivamente, alcuni di questi sono stati selezionati per comporre delle formulazioni. Tra gli ingredienti con indice EH più elevato sono stati rilevati alcuni filtri UV tra cui l'ottocrilene e il metossidibenzoilmetano con indice EH pari a 16. Gli umettanti avevano gli indici più bassi tra tutte le categorie di ingrediente analizzate; di 8 ingredienti analizzati solo il *Butyrospermum parkii* ha presentato un'indice di EH pari a 5, il più basso tra tutti, a causa del suo basso potenziale di bioaccumulo. Nella categoria di conservanti e agenti antimicrobici il triclosan ha presentato l'indice più alto (14). Tra gli emollienti, la paraffina liquida e il dimeticone sono gli ingredienti con EH più elevato a causa della bassa degradabilità ed elevato bioaccumulo. Il Cocamide DIPA tra i tensioattivi, risulta essere il più pericoloso, per la sua elevata tossicità acquatica e moderata biodegradabilità. Tra i tensioattivi non ve ne sono che destano particolare preoccupazione; ad esempio, il sodium lauryl solfato ha indice EH di 4. Quindi, l'utilizzo degli indici EH ed in particolare gli indici IF, ci consentono di ottenere dei parametri che possono essere utilizzati come valori di soglia minimi e massimi di riferimento per creare future formulazioni più ecocompatibili. L'utilizzo di questa matrice consente di valutare la compatibilità ambientale (acquatica) dei cosmetici, e tuttavia presenta dei limiti; per esempio, non considera gli effetti a lungo termine (tossicità cronica). Nonostante ciò, rappresenta un valido strumento di partenza per la valutazione e la formulazione di prodotti cosmetici più sostenibili, e per le attività di ricerca e sviluppo. (26)

2.3. Reperimento delle materie prime: *upcycling*

Il cosmetico è costituito da varie tipologie di ingredienti, le quali sono suddivise in classi, che includono anche i principi attivi. Con la necessità negli ultimi anni di agire secondo principi di sostenibilità e circolarità, si è valutato il reperimento alternativo proprio dei principi attivi. Una delle tecniche che si sta particolarmente diffondendo è quella dell'*upcycling*, la quale permette il reperimento di vari attivi a partire da scarti alimentari, come schematizzato in Figura 3. Utilizzando i principi della chimica verde si possono ottenere dei composti funzionali di alto valore, tra questi composti troviamo infatti vitamine, flavonoidi, enzimi, pigmenti, prebiotici, e molti altri. Tra gli scarti della frutta risultano particolarmente interessanti le bucce, le quali, in alcuni casi hanno un

contenuto in attivi superiore alla polpa del frutto; ne sono un esempio le bucce di uva e agrumi e i semi di avocado e mango, i quali presentano un contenuto in polifenoli superiore al 15 % rispetto alla polpa. Le bucce in questione possono essere facilmente reperite a partire da scarti di lavorazione derivanti dalla spremitura. Altra buccia di notevole importanza è quella del limone dalla quale si ricavano notevoli quantità di pectina, un ingrediente cosmetico utilizzato come texturizzante/stabilizzante. (27)

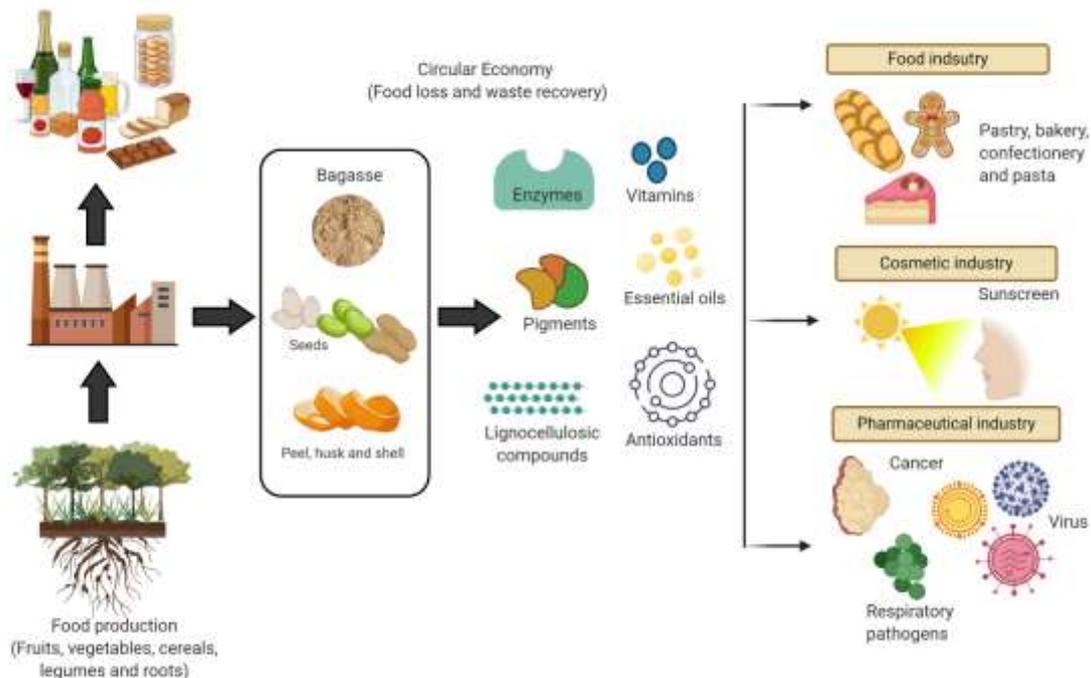


Figura 3. Valorizzazione dei rifiuti agroalimentari, i quali sono riutilizzati per comporre composti antiossidanti, vitamine, enzimi utili all'industria farmaceutica, cosmetica e alimentare. (28)

Diversi studi riportati in letteratura sostengono l'efficienza del sistema di upcycling nell'ambito della sostenibilità. Uno studio molto interessante ha ad esempio sottolineato l'importanza e la possibilità concreta di utilizzare gli scarti dell'industria del caffè per ricavare principi attivi ad applicazione cosmetica. (29) Durante la lavorazione del caffè circa il 50 % di questo è scartato, e negli scarti sono contenute molecole molto importanti, quali polifenoli, tannini e caffeina. Questi composti presentano grandi implicazioni nel settore farmaceutico/cosmetico; tuttavia, se non vengono correttamente smaltiti possono causare gravi danni fitotossici all'ecosistema. Questo mette in luce da un lato il fatto che il loro utilizzo gioverebbe alle aziende, le quali risparmierebbero i costi di smaltimento degli scarti, e dall'altro che verrebbe evitato il danno ambientale. Le classi di sostanze sopracitate sono utilizzate in molteplici ambiti, dal farmaceutico dove si sfruttano nel trattamento del rischio di insorgenza del Diabete di tipo II e nelle malattie neurodegenerative, ed infine, anche in campo cosmetico, nella cura di pelle e capelli. Tra i polifenoli, presenta una notevole importanza l'acido clorogenico, il quale ha notevoli effetti biologici sui processi ossidativi, contribuendo ad eliminare i radicali

idrossilici. L'acido clorogenico stimola inoltre la sintesi di collagene nei fibroblasti cutanei. Un'altra importante implicazione riguarda l'utilizzo di questo come protettore nei confronti dei raggi UV, in particolare UVA, i quali sono i principali responsabili dell'invecchiamento cutaneo. L'utilizzo di acido clorogenico nei confronti dei raggi UVA si è dimostrato essere utile nel ridurre il danno indotto al DNA, nella promozione della riparazione cellulare, e nell'aumentare la biosintesi e la secrezione di collagene, in particolare di tipo I. Con questo acido sono state inoltre trattate delle cellule immortalizzate (cellule le quali derivano da trasformazione oncogena o hanno subito una modifica al DNA) e il trattamento ha ridotto il danno indotto dai raggi UV al DNA; inoltre si è testata la sua capacità fotoprotettrice nei confronti delle radiazioni UVB, con esiti positivi. (29)

Un altro rilevante composto è la caffeina, che esplica importanti attività nella stimolazione a livello del sistema nervoso, cardiovascolare e metabolico (Tabella I). La caffeina è un composto diffusissimo utilizzato in molti campi, ed è una metilxantina, il principale alcaloide presente nel caffè. La caffeina ha un potenziale applicativo molto importante anche nel settore cosmetico. Alcuni studi hanno valutato le proprietà fotoprotettrici e stabilizzanti della caffeina mediante aggiunta di percentuali variabili di caffeina ai filtri solari approvati per uso cosmetico e successiva rivalutazione in vitro e in vivo del valore SPF del prodotto formulato. I risultati dei test hanno dimostrato che la combinazione della caffeina con filtro fisico o chimico determina un aumento della protezione anti-UVB di circa il 25%. (29)

Tabella I. Benefici legati alla pelle della caffeina come documentati nella letteratura scientifica. Riprodotta da Rodrigues et al. (29)

Attività dermacosmetiche della caffeina	
Termogenico e anticellulite	Azione lipolitica attraverso l'inibizione dell'attività della fosfodiesterasi negli adipociti
Antiossidante e anti-invecchiamento	Inibizione della perossidazione lipidica indotta da ROS Inibizione della collagenasi e dell'elastasi
fotoprotettivo	Miglioratore SPF Inibire il carcinoma cutaneo indotto da UVB Apoptosi dell'induzione nei cheratinociti danneggiati da UV
Stimolante della crescita dei capelli	Aumentare la circolazione sanguigna e l'inibizione della 5 α -reduttasi

Analizziamo ora nello specifico, i materiali di partenza dai quali vengono estratti questi componenti, ovvero tutti i prodotti di scarto dell'industria del caffè che si prestano all'estrazione dei composti sopra citati. Tra i materiali utilizzati abbiamo chicchi di caffè difettosi, polpa, pergamena, fondi del caffè esauriti e pelle argentata del caffè. Quest'ultima si stacca durante la lavorazione dei chicchi, nella fase di tostatura, ed è uno strato che generalmente copre i chicchi di caffè verde. Questa pellicola contiene per lo più polifenoli, tra cui acidi clorogenici e derivati. Il contenuto in acidi clorogenici dipenderà dalla specie del caffè, dalle sue origini, e dalle condizioni di torrefazione. Sia la pellicola che i fondi del caffè sono ricchi di fibre alimentari, per questo motivo possono

essere utilizzati nelle emulsioni come emulsionanti e stabilizzanti. (29) I fondi del caffè inoltre sono ricchi di proteine e minerali (magnesio e potassio). Presentano inoltre, notevoli quantità di acidi grassi insaturi, per questo motivo, hanno funzioni veicolanti e emulsificanti, le quali prevengono la perdita di acqua trans-epidermica e la secchezza della pelle. A questo proposito è stata studiata una crema all'olio di caffè, valutata su un gruppo di volontari, la quale abbassa la perdita di acqua trans-epidermica e al contempo aumenta i livelli di sebo. (29) La dimensione delle goccioline di olio (granulometria) era inferiore rispetto ad altre formulazioni, quindi, dava maggiore stabilità alla formulazione; tuttavia, l'odore è stato valutato sgradevole dai volontari. È stato condotto inoltre un altro studio, il quale era mirato a stimare come la frazione lipidica dell'olio di caffè verde di 10 specie diverse di caffè potesse influenzare i valori di SPF di filtri solari di tipo chimico. Lo studio ha dimostrato che l'associazione della frazione lipidica del caffè con un filtro chimico può determinare un aumento fino al 20 % del valore di SPF della formulazione. (29) I filtri chimici possono dare fotoirritazione o fotosensibilizzazione, per questo motivo l'associazione di un filtro chimico a questa tipo di frazione lipidica risulta vantaggiosa, in quanto utilizzando questa associazione è quindi possibile ridurre la quantità di filtro chimico presente nella formulazione. Nonostante i materiali di scarto siano potenzialmente utili, la maggior parte dei fondi di caffè viene solitamente incenerita o scartata, malgrado, siano state dimostrate svariate alternative di impiego. Oltre all'industria cosmetica questo materiale può essere utilizzato anche come biocarburante, bioplastico, adsorbente o come materiale per l'industria delle costruzioni. La speranza di questi studi è che il potenziale di questi prodotti di scarto in futuro venga reso più noto, e contribuisca al miglioramento ambientale e all'efficienza aziendale. (29)

Secondo l'OMS sarebbe consigliabile assumere circa 400 g di frutta e verdura ogni giorno; ciò nonostante, la metà di questi sono destinati ad essere buttati, e causerebbero 'disordine ambientale', che deriva dalla degradazione microbica dell'alimento stesso. Questi dati fanno riferimento ad un altro articolo scientifico, il quale pone il focus sul riutilizzo di scarti di frutta e verdura. (30) Questi ultimi contengono dei composti che possono essere riutilizzati nell'industria cosmetica. Tra i vari scarti abbiamo quello di castagna, la quale sembra essere fonte di innumerevoli quantità di antiossidanti, Vitamina E, polifenoli e amminoacidi. È stata studiata l'efficacia di un estratto idroalcolico per applicazione topica, il quale si dimostra protettivo nei confronti delle cellule, andando a prevenire l'ossidazione dei lipidi. (30) Le sostanze che svolgono queste funzioni sono estratte a partire dal riccio di castagna. Anche i residui delle foglie di castagno contengono sostanze che sembrano essere protettive nei confronti dei danni causati dai raggi UV al DNA e dai ROS. I principali composti contenuti nelle foglie e responsabili di queste funzioni sono gli acidi fenolici e i flavonoidi. Altro importante scarto alimentare è rappresentato dagli scarti di lavorazione delle olive, che sono piuttosto abbondanti se si pensa che generalmente vengono prodotti circa 35 kg di rifiuti solidi per ogni 100 kg di olive, che si traducono in circa 50 - 200 L di rifiuti liquidi. Tra i prodotti di scarto utilizzati vi sono la sansa di olive, noccioli, acque reflue di frantoio, e foglie. Questi prodotti sono ricchi di composti quali tirosolo, idrossitirosolo, oleuropeina, che sono coinvolti nelle attività antiossidanti e nei processi anti-

invecchiamento cutaneo. Le acque reflue del frantoio, in particolare, presentano composti che sono efficaci nella protezione contro le radiazioni ultraviolette, e quindi potrebbero essere utilizzati come ausilio nelle creme solari. Nelle acque reflue sono oltretutto presenti dei composti con funzione antimicrobica. (30)

Del genere *Vitis* ricordiamo la *Vitis vinifera* che presenta come scarti della lavorazione vinacce, semi, e pelli. Il 20% del totale utilizzato per fare il vino è costituito dalla vinaccia di uva, che è ricca di cellulosa e polisaccaridi, ove però la cellulosa è la porzione più abbondante. I loro estratti, invece, presentano acidi grassi come palmitico e linoleico; vi è inoltre una grande percentuale di tannini condensati e polifenoli (acido gallico, resveratrolo, catechina). L'estratto di vinacce ha attività inibitoria contro *Clostridium histolyticum*, in particolare grazie alla presenza dei polifenoli, maggiori responsabili di questa attività. (30) Tra le varie parti del frutto vengono utilizzati anche gli steli, i quali solitamente sono utilizzati come mangime per animali o fertilizzanti per il suolo. Gli steli contengono buone quantità di proantocianidine che sono composti astringenti, e che solitamente vengono rimossi prima del processo di vinificazione. Alcuni studi hanno dimostrato l'efficacia degli steli nei confronti degli stress ossidativi e l'apoptosi dei cheratinociti umani, ed è stata dimostrata inoltre la loro attività antiossidante contro i Radicali liberi dell'ossigeno (ROS) e come protezione dai danni indotti da questi al DNA. (30)

Un altro rifiuto di notevole importanza è rappresentato dalle mele, in quanto nel 2017 era stato stimato che venissero prodotti circa 12 milioni di tonnellate di rifiuti di mele. (30) Tra le varie sostanze presenti negli scarti di mela abbiamo l'acido citrico, di grande utilizzo in ambito cosmetico come regolatore di pH, ma anche come esfoliante, chelante ed antiossidante. Tra le varie parti utilizzate delle mele troviamo i semi, le bucce, e le foglie. I semi di mela sono ricchi di polifenoli (tra i più abbondanti abbiamo la florizina), e questi composti fenolici sono colorati, per cui è stata proposta l'idea di utilizzarli anche come coloranti. Date le loro proprietà antiossidanti, svolgerebbero in questo modo una doppia funzione. Dai semi di mela si può inoltre estrarre l'olio, il quale è ricco di acidi grassi insaturi, squalene e sitosterolo. Lo squalene nei cosmetici è utilizzato come emolliente e antiossidante, in quanto, va ad inibire la perossidazione dei lipidi indotta dai raggi UV. (30) Gli acidi grassi essendo costitutivi delle membrane cellulari sono utili per mantenere l'integrità del doppio strato fosfolipidico. Infine, i fitosteroli vengono utilizzati per trattare problemi cutanei (come l'eczema) o come protettivi nelle scottature. Un'altra parte di mela precedentemente citata ed utilizzata in cosmetica è la buccia, la quale presenta interessanti e vari composti. Le bucce sono ricche di pectine che vengono impiegate come gelificanti e addensanti. Le bucce contengono inoltre tannini utilizzati come astringenti dei pori e come modulatori per la secrezione di sebo; in particolare questa funzione è attribuibile all'etil acetato il quale ha un'azione astringente su cheratinociti e fibroblasti. (30) È stata inoltre formulata una soluzione contenente nanoparticelle ricche di polifenoli (sino al 90%) estratti dalle bucce di mela, la quale ha dimostrato un miglioramento della sopravvivenza cellulare, attraverso l'azione di *radical scavenging*. Vengono infine utilizzate anche le foglie di mela, le quali sono ricche di polifenoli.

Anche gli agrumi rappresentano un notevole sottoprodotto; nel 2017 è stata registrata la produzione di circa 147 tonnellate di agrumi, un enorme quantità, e gli scarti ad essi correlati riguardano polpa, bucce e semi. Le bucce contengono varie sostanze potenzialmente utili quali acidi organici, carboidrati insolubili (cellulosa, pectine), acidi grassi, terpenoidi, fitosteroli, vitamine e pigmenti. L'olio essenziale di agrumi è stato utilizzato in uno studio, il quale ha dimostrato la sua efficacia nel trattamento dei disturbi della pelle mediante inibizione della produzione di citochine proinfiammatorie nei macrofagi. (30) Tra le altre sostanze presenti negli agrumi abbiamo le pectine, le quali vengono utilizzate come stabilizzanti ed addensanti, e i polifenoli utilizzati invece nei trattamenti anti-aging.

Altro interessante e diffusissimo scarto riguarda i sottoprodotti della patata, principalmente le bucce, il cui uso è ampiamente diffuso in tutto il mondo. Per l'esattezza, otteniamo ogni anno circa 70 - 140 mila tonnellate di scarti di bucce di patate. Queste bucce sono ricche di acidi fenolici (polifenoli), e più precisamente di acido clorogenico, che rappresenta circa il 90% dei polifenoli contenuti. Questi acidi fenolici sono potenti antibatterici e antiossidanti. (30)

Vi sono molti altri scarti alimentari che presentano grande potenziale e vale la pena citare, tra questi abbiamo alcuni frutti tropicali come mango, avocado, kiwi e anche scarti dei cereali come avena, riso, e mais. Ricordiamo infine che l'industria di produzione di succhi di frutta genera grandissime quantità di scarti di bucce, polpa, e gambo, che spesso contengono composti di maggiore interesse rispetto a quelli presenti nel succo stesso. (27)

Studi recenti indicano come il 60% della produzione totale delle aziende ortofrutticole sia costituita da rifiuti alimentari e perdita, quest'ultima ammonta dal 3% al 50 %, ed il 70 % dei rifiuti agricoli nel mondo è causato dall'industria alimentare. (28)

2.4. Nuove frontiere di sostenibilità

In ambito cosmetico, e non solo, l'ultima frontiera in fatto di sostenibilità riguarda l'utilizzo di polimeri derivati da scarti alimentari per l'ottenimento di tessuti biofunzionali. Come riportato in Figura 4, ad esempio, dagli scarti di ananas, iuta, e sisal è possibile ricavare fibre lignocellulosiche costituite da polimeri come la lignina. Altri polimeri naturali con i quali ottenere questi tessuti speciali sono la chitina, il chitosano, l'acido alginico la cheratina, il collagene e l'acido ialuronico. Con questi polimeri e con l'utilizzo di una tecnologia definita *eletrospinning* è possibile produrre dei tessuti non tessuti, i quali presentano diversi campi di applicazione. Questi tessuti non tessuti possono ad esempio essere utilizzati per la veicolazione di cosmetici e di attivi per la riparazione o la guarigione delle ferite. Questi tessuti funzionali possono essere utilizzati inoltre per proteggere la cute dagli insetti e da sostanze nocive. In particolare, dal punto di vista cosmeceutico si stanno studiando dei tessuti i quali siano in grado di promuovere un rilascio prolungato di attivi con effetti di tipo protettivo o idratante. Sono stati

studiati in particolare dei complessi di nanofibrilli di chitina ai quali vengono associati ad esempio polimeri anionici come nanolignina. Questi complessi fungono da vettori di sostanze funzionali ed al contempo, se idrolizzati, possono essere utilizzati come attivi essi stessi, poiché nel nostro organismo sono presenti enzimi in grado di idrolizzarli e produrre composti come la glucosamina e il glucosio, i quali potrebbero essere utili come fonte energetica per la cute. (31)

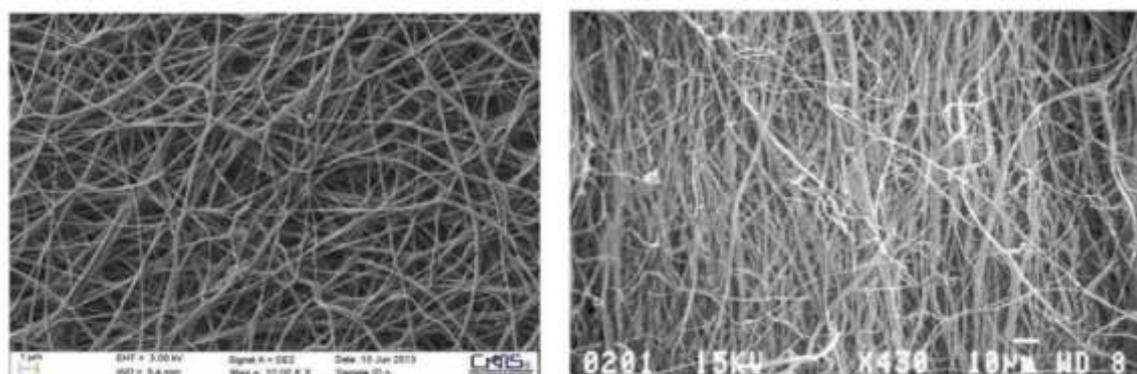


Figura 4. Struttura del tessuto prodotto con chitina (sinistra) rispetto alla matrice extracellulare (ECM destra). Mediante microscopia elettronica a scansione (SEM). Riprodotto da Donnarumma et al (2019). (31)

3. IMPATTO AMBIENTALE DEL COSMETICO NATURALE VS IL COSMETICO NATURALE SOSTENIBILE

È importante chiarire inizialmente che a livello normativo non esiste una vera e propria differenza tra il cosmetico naturale e il cosmetico naturale sostenibile. Il Regolamento (CE) n. 1223/2009 del Parlamento europeo e del Consiglio ha stabilito le regole, armonizzate a livello europeo, per la produzione, la distribuzione, la valutazione e il controllo di eventuali effetti avversi relativi ai cosmetici. (32) Tuttavia, essa non fa distinzione in termini di cosmetici naturali e/o sostenibili rispetto ad altri. Per sopperire a questa mancanza sono nate nel corso degli anni diversi tipi di certificazioni, tra cui COSMOS standard, NATRUE, e la normativa ISO-16128. (33) (34) (35) Cosmetic Organic Standard (COSMOS) è un'organizzazione no profit internazionale, la quale pone il suo interesse sui concetti di naturalità e sostenibilità. In particolare, COSMOS, incoraggia l'utilizzo di chimica verde, ingredienti da agricoltura biologica, e processi rispettosi dell'uomo e dell'ambiente. Inoltre, in linea generale, COSMOS suddivide il suo standard in due sottocategorie di prodotti, COSMOS Organic e COSMOS Natural. I prodotti finiti COSMOS Organic contengono almeno il 20 % di ingredienti biologici, fatta eccezione per i cosmetici a risciacquo, quelli acquosi non emulsionati, e i prodotti contenenti almeno l'80 % di minerali, nei quali la percentuale di biologico richiesta diminuisce al 10 %.

COSMOS suddivide inoltre anche ingredienti e materie prime in COSMOS Certified, che include ingredienti e materie prime biologiche, e COSMOS Approved, che comprende materie prime e ingredienti non biologici. Possiamo affermare che COSMOS con il suo standard, certifica i cosmetici naturali e sostenibili. Va poi detto che nel disciplinare COSMOS ingredienti quali acqua e minerali non rientrano nel calcolo della percentuale di biologico. Per ciò che concerne il confezionamento COSMOS segue i principi di riciclabilità, promuovendo il riutilizzo, il rinnovo, e la riduzione delle materie utilizzate per il confezionamento. Ad esempio, promuove il riutilizzo di confezioni ricaricabili/riutilizzabili, di materiale per gli imballaggi biodegradabile e compostabile, incentiva l'abbandono degli imballaggi secondari, ed ancora promuove l'utilizzo di inchiostri e adesivi con basi naturali. Oltretutto, stila un elenco di materiali vietati nel confezionamento, come ad esempio il Polivinilcloruro (PVC), il polistirene espanso, ed un elenco di sostanze proibite tra gli ingredienti, quali il polietilenglicole (PEG) e i siliconi. COSMOS, inoltre, all'interno della sua certificazione descrive un piano di gestione ambientale, nel quale vengono tenuti in considerazione i processi produttivi, i relativi rifiuti e prodotti residui derivanti da esso, con lo scopo di riutilizzare ove possibile questi scarti. (33)

L'altro grande ente certificatore Europeo è *The International Natural and Organic Cosmetic Association*, ovvero, NATRUE, un'organizzazione internazionale non a scopo di lucro nata nel 2007. NATRUE si basa su alcuni fondamenti, quali ad esempio la trasparenza, l'innovazione sostenibile, il sostegno al benessere animale, e la lotta contro il *greenwashing*. (35) Il Greenwashing è una strategia di comunicazione che ha l'obiettivo di costruire un'immagine di sé attenta all'ambiente, ma che non corrisponde alla realtà. (36) NATRUE all'interno del suo standard definisce le sostanze naturali, le sostanze di derivazione naturale e quelle natural identiche. I prodotti certificati NATRUE possono contenere solo questo tipo di sostanze. Le sostanze naturali si presentano così come tali, in natura, e sono ottenute da piante o microrganismi. Le sostanze di derivazione naturale sono ottenute a partire da sostanze presenti in natura, alle quali vengono apportate delle modifiche mediante trasformazione chimica. Infine, le sostanze natural identiche sono ottenute mediante sintesi in laboratorio, ma ricopiano perfettamente sostanze già presenti in natura. Questi processi vengono utilizzati qualora strettamente necessario per ottenere e garantire una certa purezza di ingredienti. Anche per NATRUE l'acqua aggiunta alle formulazioni non viene conteggiata nella percentuale di ingredienti naturali, mentre solo l'acqua proveniente da matrici vegetali rientra nella percentuale di ingredienti naturali. NATRUE dal 2021 si è allineata con lo standard COSMOS, per comunicare in modo unico e trasparente con i consumatori. NATRUE propone quindi ingredienti certificati e approvati e prodotti naturali ed organici. Per i prodotti approvati, però, la percentuale di ingredienti biologici richiesta è più alta rispetto a COSMOS, arrivando sino al 95%. NATRUE, inoltre, consente di aderire al suo standard solo qualora almeno il 75% dei prodotti del marchio rientrino nella certificazione stessa. Questa organizzazione presta particolare attenzione agli ingredienti, che anche se sono parzialmente sintetici e/o modificati chimicamente non possono essere utilizzati. Ne è un esempio la Guar Hydroxypropyltrimonium, che è costituita da una gomma naturale chimicamente modificata e che pertanto non può

essere inserita come ingrediente secondo il disciplinare NATRUE. Come COSMOS, NATRUE inserisce all'interno del suo standard dei criteri che guidino al confezionamento dei cosmetici, promuovendo l'utilizzo di materiali riciclabili, che abbiano una seconda vita, e, di un packaging essenziale. È vietato l'utilizzo di plastiche clorate e alogenate, come ad esempio, il PVC. Promuove inoltre l'utilizzo della chimica verde come COSMOS, e, vieta in assoluto l'utilizzo di microplastiche, le quali derivano da combustibili fossili (oli minerali). NATRUE, così facendo, ribadisce l'importanza della presenza di ingredienti che siano in linea con la sua filosofia di naturalità e sostenibilità cosmetica. (35) Poniamo ora a confronto le due certificazioni. NATRUE, al contrario di COSMOS dedica una sezione meno ampia agli imballaggi e la loro degradabilità, pur dando importanza ai principi di riutilizzo degli stessi. Ciò che però contraddistingue questa certificazione, è la sua particolare attenzione alla biodiversità, in quanto pone delle regole stringenti al fine di preservare le sostanze naturali (sia di origine vegetale che animale) a rischio di estinzione, e lo fa in maniera più marcata rispetto a COSMOS. Un'altra sostanziale differenza che contraddistingue le due certificazioni riguarda la natura gli ingredienti. Gli ingredienti di origine petrolchimica sono assolutamente vietati da NATRUE, ma al contempo sono presenti nelle appendici dello standard COSMOS. Facciamo un esempio, nell'appendice V dello standard COSMOS, sono riportati i conservanti e i denaturanti di origine petrolchimica, tra cui l'acido benzoico (Benzoic Acid). Anche NATRUE prevede l'utilizzo dell'acido benzoico fra i conservanti, ma in questo caso sotto forma di "natural identico". Entrambi vietano l'utilizzo di prodotti come gli Organismi geneticamente modificati (OGM).

Ultima certificazione recentemente nata è lo standard ISO 16128, uno standard internazionale, che nasce dall'esigenza di dare delle linee guida univoche, creata con lo scopo di descrivere approfonditamente e in modo univoco i calcoli degli indici delle origini naturali e organiche di prodotti di cosmesi. (34) La normativa ISO viene generata dalla necessità di colmare le incomprensioni (in ambito cosmetico) di varia natura che spesso nascono tra diversi paesi con differenti certificazioni. ISO definisce gli ingredienti naturali, diversamente da NATRUE e COSMOS, includendo tutti quegli ingredienti che derivano da animali, microrganismi, piante, i quali possono essere ottenuti mediante processi di fermentazione, processi fisici, e preparazioni tradizionali. Definisce inoltre anche gli ingredienti di derivazione naturale, i quali sono definiti come tali sulla base di alcuni calcoli riguardanti il peso delle molecole. Secondo ISO, la modifica sino ad un 50 % del peso molecolare dell'ingrediente (mediante processi chimici, fisici o biologici) è consentita negli ingredienti di derivazione naturale. ISO non vieta l'utilizzo di OGM, raccomanda ma non impone l'utilizzo di "green chemistry", e non accenna a nessuna norma riguardante la sostenibilità ambientale dei prodotti, degli imballaggi e in generale riguardanti il ciclo di vita del prodotto. Consente l'utilizzo di qualsiasi tipo di conservante inclusi i parabeni. Come riportato in Figura 5, questo standard è accessibile solo a pagamento, pur dichiarandosi trasparente. (34) Possiamo concludere dicendo che lo standard meno conforme ai principi di naturalità, è ISO, in quanto, non presta attenzione alla salvaguardia dell'ambiente, mediante sistemi di produzione più verdi e ingredienti meno impattanti, come indicato in Figura 5. (37)

Differences between the NATRUE standard and ISO 16128 guidelines

Question	NATRUE ²	ISO 16128
Do I have to pay to read the standard?	NO , it is free and open access.	YES , only paid access.
Is use obligatory or voluntary?	Voluntary.	Voluntary.
What ingredients are approved?	ONLY those permitted by the standard's criteria i.e., natural and nature-identical or derived natural listed in the Annexes .	ANY legally permitted cosmetic substance can be used.
Are there restrictions or prohibitions on certain ingredients?	YES , restricted positive list of nature-identical preservatives, pigments and minerals; prohibition of ingredients from GMOs (e.g., GMO plants).	NO restrictions or prohibitions other than those required by law (any ingredients from petrochemicals or GMOs are allowed).
Are there any definitions for products?	YES , for certifying natural or organic cosmetics with defined content.	NO , only possible to calculate natural and organic content based upon the formulation (case-by-case).
Can products be certified according?	YES , carried out by an independent approved and accredited control body.	NO , only possible to certify calculated content BUT not mandatory - no criteria to certify a NOC.
How is the product communication?	NATRUE Label on-pack for compliant products.	ONLY percentage content BUT not mandatory on-pack; ISO logo cannot be used on-pack.

¹ ISO 16128 - Guidelines on technical definitions and criteria for natural and organic cosmetic ingredients and products

Part 1 (ISO 16128-1:2016): <https://www.iso.org/standard/62503.html>

Part 2 (ISO 16128-2:2017): <https://www.iso.org/standard/65197.html>

² NATRUE standard: <https://www.natrue.org/our-standard/natrue-criteria-2/>

Figura 5: Confronto tra i disciplinari NATRUE ed ISO. (37)

Secondo una recente pubblicazione che tratta dell'impatto ambientale degli ingredienti presenti nei prodotti cosmetici, alcuni di questi ultimi una volta riversati nell'ambiente possono avere un impatto negativo sia sull'ambiente che sulla salute umana, in quanto risalgono la catena alimentare, diventando così tossici e bioaccumulabili. Il destino di un dato ingrediente varia a seconda di quella che è la sua natura, ovvero si fa riferimento alle sue proprietà chimico fisiche, quali ad esempio la solubilità in acqua, il coefficiente di partizione, ed altre proprietà quali il pH, la temperatura, la salinità. Le fragranze, per esempio, sono costituite da composti organici volatili, per cui durante i trattamenti delle acque reflue questi composti vengono dispersi nell'ambiente come inquinanti. Queste sostanze reagiscono con altre sostanze chimiche presenti nell'atmosfera, possono alterarsi con la luce o depositarsi nell'ambiente, e successivamente finire nelle falde acquifere. Va anche considerato che per comporre circa il 95% delle fragranze utilizzate nei prodotti cosmetici vengono utilizzate sostanze derivate dal petrolio. Un esempio di fragranza comunemente utilizzata è il muschio sintetico, il quale ha svariate applicazioni nei detergenti, saponi, deodoranti, e che viene classificato in muschio policiclico e muschio nitro. (38)

Per ciò che concerne le fragranze lo standard NATRUE si allinea allo standard ISO 9235, aderendo ad alcuni principi, come ad esempio l'assenza di ingredienti petrolchimici nelle fragranze. Ogni fragranza certificata NATRUE deve possedere un certificato di conformità ISO 9235. NATRUE nel suo disciplinare ne parla nella sezione riferita alle materie prime naturali aromatiche e fragranze, specificando quindi che nei cosmetici da loro certificati si possono introdurre solo fragranze naturali, come ad esempio gli oli essenziali, mentre non sono ammesse fragranze sintetiche natural-identiche. Oltre a questo, NATRUE sottolinea che pur allineandosi ad alcuni principi dello standard ISO, le sostanze aromatiche devono rispettare tutti i requisiti richiesti dalla certificazione NATRUE (nella sezione 3.1 del regolamento). (35)

Lo standard ISO per ciò che concerne le fragranze conferma l'assenza di prodotti petrolchimici, coloranti e solventi. Tuttavia, la mancanza di accessibilità dello standard ISO che è disponibile solo a pagamento non consente al consumatore di avere accesso a tutte le informazioni rilevanti riguardanti la gestione di sostenibilità ambientale delle fragranze. (34)].

Infine, lo standard COSMOS, pur mostrandosi fedele a principi sostenibili, non effettua controlli di sostenibilità nelle miscele complesse di ingredienti, come ad esempio le fragranze, o ingredienti estratti utilizzando solventi petrolchimici, e questo può rappresentare un punto debole e mancante del disciplinare, in quanto naturale non è sempre sinonimo di sostenibile. (33) Inoltre, per avvalorare la tesi "naturale non equivale sempre a sostenibile", facciamo menzione delle coltivazioni di sandalo, di largo utilizzo nell'industria profumiera e non solo, che causano una cospicua deforestazione per la produzione intensiva possibilmente producendo degli effetti avversi sull'ambiente.

È importante sottolineare che, tuttavia, vi sono delle alternative, ovvero delle pratiche agricole sostenibili, o in alternativa, delle tecniche biotecnologiche che permettono

l'ingegnerizzazione di ceppi di *Escherichia coli* per la produzione di esteri naturali (che sono i composti chimici presenti nella maggior parte delle fragranze), a partire da materiali rinnovabili. (3)

4. LE MICROPLASTICHE

Il termine microplastica è stato coniato nel 2004, e fa riferimento ad una "miscela di particelle plastiche con dimensioni variabili da 5 mm a qualche micrometro". (39) In cosmesi hanno diversi utilizzi, servono ad esfoliare, consentono il controllo dell'effetto opacizzante, donano luminosità e setosità alla pelle; hanno inoltre funzioni filmogene e stabilizzanti, ed infine decorative nei glitter. Esempi di ingredienti plastici sono il polietilene (PE), utilizzato principalmente come esfoliante, ma anche come agente strutturante in mascara e rossetti. (40) (41)

Una delle principali preoccupazioni legate al rilascio delle microplastiche presenti nei cosmetici nell'ambiente, è che queste, una volta rilasciate nelle acque, (anche a seguito di trattamenti specifici di depurazione), vengono in parte trattenute negli impianti di depurazione fognaria e in parte reimmesse nelle acque superficiali, che scaricano direttamente nel mare o entrano nella rete dei fiumi, che sono noti per trasportare microplastiche sospese nella corrente fino al mare. Sfortunatamente, gli impianti di trattamento delle acque reflue non sono stati disegnati per degradare le microplastiche o trattenerle completamente. Come risultati, questo causa un serio problema di inquinamento ambientale. (42)

Queste microparticelle sono state rinvenute oltre che nell'ambiente acquatico, anche nell'atmosfera, quindi sono presenti nell'aria che respiriamo. Vi sono ancora delle lacune su quelli che sono i possibili effetti sulla salute umana; tuttavia, sono state rinvenute nella placenta umana, e secondo un altro studio nel tessuto polmonare. Inoltre, secondo alcuni studi in vitro, l'effetto delle microplastiche sulle cellule si conferma essere dannoso, provocando morte cellulare e reazioni allergiche. (43)

La microplastica dunque, è considerata una 'piccola insidia' che tanto preoccupa il mondo della sostenibilità, della salute ambientale, e umana. Il regolamento 2023/2055 della commissione europea ha invitato prima alla riduzione, e poi all'eliminazione delle microplastiche utilizzate nei prodotti cosmetici. Nello specifico, ha introdotto il divieto di immissione di prodotti cosmetici contenenti un qualsivoglia polimero formulato in microparticelle o microparticelle aventi un rivestimento polimerico, più specificatamente di polimeri contenuti in miscele per una concentrazione almeno pari allo 0.01%.

Specificatamente in questo regolamento vengono esclusi i polimeri idrosolubili, quelli naturali non modificati chimicamente, e quelli degradabili, in quanto secondo la commissione europea non comportano dei rischi di permanenza per lunghi periodi e accumulo nell'ambiente. Vi sono inoltre, delle differenze a livello normativo tra quelli che sono i polimeri costituiti da microsfeere, e quelli non costituiti da microsfeere; vi è inoltre una grossa discrepanza tra i cosmetici a risciacquo e i prodotti leave - on

contenenti questi polimeri. I prodotti a risciacquo contenenti microsfere sono stati subito presi nel mirino, e per questo è stato introdotto il divieto produttivo entro il 2020, anche se le aziende avrebbero dovuto già gradualmente negli anni precedenti ridurre il loro utilizzo; mentre per quel che riguarda i prodotti sia da sciacquare che leave-on contenenti polimeri privi di microsfere, sono stati concessi dei periodi transitori da 4 a 6 anni, per consentire alle aziende di trovare delle valide alternative. Va inoltre fatta una distinzione per quel che riguarda la dimensione dei polimeri; infatti, nella normativa vengono presi in considerazione le microparticelle a base di polimeri sintetici di dimensioni comprese tra 0,1 µm e 5 µm, ed i polimeri di grandezza inferiore ai 15 µm. La commissione però specifica che più le particelle sono piccole e più vi è il rischio che siano invasive, nonostante ciò è stata comunque costretta ad escludere le particelle di grandezza inferiori al 0,1 µm, in quanto allo stato attuale non vi sono dei metodi analitici validi per la loro individuazione.

Diversamente, per i cosmetici leave-on quali trucco, prodotti per le labbra e per le unghie, la normativa cambia; è stato infatti proposto un periodo transitorio di 12 anni, in quanto la riformulazione di questi prodotti presenta un costo maggiore rispetto ad altri prodotti cosmetici, e qualora venissero messi in commercio dei prodotti, i quali contengono microparticelle di polimeri prima del termine del periodo transitorio, questi devono riportare delle diciture che indicano la presenza di polimeri sintetici, a partire dal 17 ottobre 2031. (44)

Uno studio condotto da Greenpeace ha analizzato le plastiche contenute in una serie di prodotti cosmetici, quali illuminanti, fondotinta, ciprie, mascara, lucidalabbra e rossetti (Figura 6). I prodotti che sono stati analizzati appartengono ad alcune delle marche più note presenti nel mercato italiano, quali Kiko, Bionike, Lush, Lancôme, Maybelline, Nyx, Pupa, Purobio, Sephora, e Wycon. Sono stati analizzati precedentemente gli INCI di 672 prodotti online, e successivamente sono stati analizzati in laboratorio (per verificare la presenza effettiva di microplastiche) 14 prodotti presi a campione per ciascun marchio e delle diverse classi merceologiche sopracitate. Secondo le analisi condotte da Greenpeace, la classe merceologica nella quale è più frequente trovare microplastiche sono i mascara, con il 90% dei prodotti positivi per le microplastiche; a seguire abbiamo, rossetti e lucidalabbra con l'85%, fondotinta con il 74%, illuminanti con il 69%, e infine ciprie con il 43%. Ciò che è stato messo in luce è che gli ingredienti contenenti plastiche all'interno, essendo queste molto piccole, risultano di difficile se non impossibile rimozione una volta riversati nell'ambiente, perché sono resistenti e di difficile biodegradabilità. Il problema diventa rilevante per i polimeri che sono stati per l'appunto esclusi dalla normativa, ovvero i polimeri liquidi semisolidi e solubili. Inoltre, una volta riversati a livello ambientale, polimeri come la poliacrilamide possono subire delle trasformazioni e degradarsi anche in acrilammide, un composto noto per la sua neurotossicità. Tra le materie plastiche più frequentemente individuate in questa ricerca, abbiamo: Polybutene, PVP, Nylon 12, Polyethylene, Trimethylsiloxysilicate, Acrylates copolymer, Polymethyl methacrylate, Vinyl dimethicone/methicone silesquioxane crosspolymer, Polymethylsilsesquioxane, e Methyl methacrylate

crosspolymer. Tra questi almeno tre composti sono presenti nel database dell'ECHA, dove sono riportati importanti dati di tossicità, riportati qui di seguito.

Polybutene: sostanza la quale se ingerita o se risale nelle vie respiratorie può arrecare danni, provoca irritazione cutanea, ha effetti nocivi a lunga durata per gli organismi acquatici.

Acrylate copolymer: irrita le vie respiratorie, causa gravi irritazioni agli occhi e alla pelle.

Vinyl dimethicone/ methicone silsesquioxane crosspolymer: è altamente infiammabile, allo stato solido liquido e gassoso.

Nelle indagini condotte da Greenpeace solo uno dei marchi analizzati non presentava nessun polimero plastico in tutti i 14 prodotti analizzati, ovvero il marchio Purobio (l'azienda presenta alcuni prodotti con certificazione NATRUE, molti con certificazione AIAB e tutti i prodotti hanno certificazione biologica CCPB e Vegan ok). L'alternativa allo stato attuale è quella di sostituire tutti i polimeri plastici con altri ingredienti ad oggi già presenti nel mercato, come ad esempio l'amido e la carragenina che hanno funzioni addensanti, la destrina e la gomma Guar con funzioni emulsionanti; infine, in alcuni casi è necessaria una combinazione di più ingredienti per riuscire ad ottenere il risultato desiderato. Tuttavia, lo scoglio più grande per le aziende sembra essere di tipo organizzativo ed economico, oltre alla minore efficienza del risultato ottenuto utilizzando derivati naturali, che rappresenta un ostacolo perché il prodotto che li contiene spesso non soddisfa appieno il consumatore. (45) Spesso infatti, i consumatori chiedono prodotti a composizione naturale ma non sono disposti a rinunciare per questo a parte delle performance del prodotto.

Figura 6. L'immagine descrive i principali ingredienti plastici presenti nelle differenti categorie merceologiche. Riprodotta da Greenpeace. (45)



Nonostante vi siano ancora dei passi da compiere per garantire un'ottima sensorialità dei prodotti contenenti alternative naturali, risulta interessante riportare uno studio sull'utilizzo alternativo alle microplastiche in un prodotto leave-on, lo stick. Lo studio formula uno stick costituito da ABWAX Revowax, una cera costituita da una miscela di olio di ricino idrogenato e cera di semi di girasole. È stato condotto uno studio comparativo procedendo alla formulazione di uno stick contenente polietilene (PE) ed uno stick contenente ABWAX Revowax, e confrontando le performance dei prodotti, e vari parametri (quali la compatibilità con pigmenti e lacche rivestite, l'analisi termica, e la compatibilità olio-cera). Si è concluso che le prestazioni dei due differenti stick sono quasi le stesse tranne che per la texture (testata da 25 relatori) la quale è stata valutata come inferiore nello stick con PE, perché presentava una finitura un po' più lucida, che dava un buon rilascio di colore, ma risultava di difficile applicazione. Lo studio conclude confermando la validità di questo nuovo ingrediente, come un potenziale sostituto del polietilene negli stick, quali i rossetti. (40)

La questione microplastiche è gestita in maniera differente nei prodotti certificati NATRUE e COSMOS, i quali garantiscono l'assenza di queste. Per quel che riguarda COSMOS, nell'appendice V del regolamento sono indicati gli altri ingredienti ammessi, ovvero il 2% di ingredienti di derivazione petrolchimica o solventi di derivazione petrolchimica, i quali sono utilizzati per trattare agro ingredienti specifici, ma si conferma l'assenza di prodotti di derivazione plastica. (33) (35) NATRUE dedica una sezione specifica all'interno del suo regolamento spiegando cosa sono le microplastiche e le conseguenze che i prodotti contenenti queste provocano nell'ambiente, causando un accumulo di inquinanti nelle acque; infine cita alcune alternative alle microplastiche, quali minerali inorganici che si trovano nella sabbia di quarzo, o ad esempio abrasivi ed esfolianti ricavati dallo zucchero di canna, o in semi di frutta finemente macinati come ad esempio albicocca od oliva. (35) Infine, per quel che riguarda i prodotti che seguono la normativa ISO, non è stato possibile reperire chiari riferimenti sull'utilizzo o meno di polimeri plastici nei cosmetici leave-on che ancora ad oggi secondo regolamento 2023/2055 sono concessi per un periodo transitorio di 12 anni. (34) (44)

5. NUOVE FORMULAZIONI: AGENTI VISCOSIZZANTI ED EMULSIONANTI CHE SOSTITUISCONO POLIACRILATI O POLIMERI SINTETICI

Il mercato della detergenza negli ultimi anni ha subito una rapida espansione, così come, la richiesta di ingredienti utilizzati in questa specifica categoria merceologica. In particolare, gli ingredienti che hanno avuto notevole successo grazie alle loro molteplici proprietà sono i polimeri. Questi ultimi vantano di buone capacità addensanti e strutturanti, sono inoltre buoni agenti bagnanti e sistemi di rilascio.

Tuttavia, i polimeri, presentano uno svantaggio comune, ovvero spesso non sono biodegradabili e si accumulano nell'ambiente. È inoltre previsto un probabile divieto di utilizzo di tali ingredienti da parte delle agenzie regolatorie nei prossimi anni. (10)

L'utilizzo smisurato di emulsionanti sintetici è stato accompagnato da una crescente preoccupazione per la salute dell'uomo e dell'ambiente. Tuttavia, l'impronta "green" si fa sempre più strada, e sono sempre di più gli studi che riportano alternative più compatibili con l'ambiente, utilizzabili in ambito cosmetico; di seguito ne vedremo pro e contro ed alcuni esempi.

Le emulsioni sono delle miscele costituite da due liquidi immiscibili tra loro, nelle quali uno dei due liquidi è disperso sotto forma di minute goccioline all'interno dell'altro liquido. Vi è una fase dispersa o interna, e, una fase disperdente o esterna. Si distinguono emulsioni olio in acqua o acqua in olio. Nel primo caso la fase dispersa è l'olio e la fase disperdente è l'acqua, viceversa nel secondo caso.

In particolare l'attenzione principale è focalizzata sulle nano emulsioni cosmetiche, caratterizzate da gocce molto piccole in fase dispersa, con dimensioni nel range di 10-100 nm. (11) Ciò che caratterizza questa tipologia di emulsioni è la capacità di incorporare componenti attive delle dimensioni dei nanometri, inoltre possiedono chiarezza ottica ed elevata area interfacciale. Per la formulazione delle nanoemulsioni, si è osservato che una serie di emulsionanti naturali, quali fosfolipidi, proteine, biosurfattanti, saponine e polisaccaridi sono ugualmente performanti rispetto ai surfattanti sintetici, (Figura 7). (11) Inoltre, questi emulsionanti naturali sono biodegradabili, biocompatibili, rispettano l'ambiente e sopportano una serie di stress ambientali. Uno dei vantaggi che in assoluto caratterizza questa tipologia di emulsioni risiede nella loro stabilità nei confronti di determinati fenomeni che invece determinano instabilità del sistema emulsionato con emulsionanti convenzionali; possiedono una buona stabilità contro la separazione gravitazionale, la coalescenza e la flocculazione, anche se sono più sensibili al fenomeno di maturazione di Oswald (fenomeno nel quale le gocce di fase dispersa si aggregano in gocce più grandi).

Tra gli emulsionanti naturali particolarmente utili sono i fosfolipidi, una classe di lipidi ubiquitari di natura anfifilica, che sono presenti in tutti gli organismi viventi, dagli animali alle membrane cellulari delle piante, e sono formati da una testa polare e una coda apolare.

A seconda della natura del gruppo polare possiamo distinguere vari tipi di fosfolipidi, ovvero a base di fosfatidilcolina, fosfatidiletanolamina, fosfatidilglicerolo, fosfatidilserina, fosfatidilinositolo e acido fosfatidico. È inoltre di fondamentale importanza ricordare che le emulsioni stabilizzate da fosfolipidi sono soggette a fenomeni di sensibilità quando varia il pH, e quest'ultimo influenza la combinazione delle teste polari dei fosfolipidi. Di fatti, al variare del pH del mezzo il gruppo idrofilo della testa dei fosfolipidi può essere cationico, anionico o zwitterionico. Quindi la stabilità delle emulsioni stabilizzate da differenti fosfolipidi varia al variare del tipo di fosfolipide. Ad esempio, le emulsioni che contengono fosfatidilcolina e fosfatidiletanolamina a pH neutro sono zwitterioniche, e la stabilità delle emulsioni qui è data dalla repulsione per idratazione; al contrario, le emulsioni aventi acido fosfatidico e fosfatidilinositolo, sono anioniche a pH neutro e quindi sono stabili per repulsione elettrostatica. Inoltre, fosfatidilinositolo e fosfatidiletanolamina contribuiscono alla formazione di emulsioni acqua in olio, mentre le emulsioni olio in acqua sono favorite da fosfatidilcolina. Da ricordare inoltre che il valore di Hydrophilic-Lipophilic balance (HLB) dei fosfolipidi, ovvero il loro bilancio idrofilo-lipofilo è in un range di valori che va da 5 a 8. In particolare, è stato dimostrato che l'associazione dei fosfolipidi con altri emulsionanti naturali da dei risultati più soddisfacenti nella stabilizzazione delle emulsioni; gli altri emulsionanti in questione sono proteine, polisaccaridi, polimeri naturali e saponine. Infine, vi sono delle caratteristiche che deve possedere un emulsionante naturale, il quale generalmente deve ridurre la tensione superficiale tra le due fasi, si deve adsorbire rapidamente sulle gocce di olio generate durante l'omogenizzazione, deve creare dei rivestimenti che impediscano il fenomeno della coalescenza, e ciò succede grazie alla generazione di forze steriche ed elettrostatiche repulsive. (11)



Figura 7. Astratto grafico che rappresenta le principali fonti di emulsionanti naturali, e le possibili applicazioni utilizzando le nanoemulsioni, in campo farmaceutico cosmeceutico nei processi alimentari e nel drug delivery. (11)

Inoltre, uno studio recente sulle nanoemulsioni riportato da Singh e co-autori (11) in cui sono stati utilizzati fosfolipidi nelle nanoemulsioni ha dimostrato che i fosfolipidi vantano anche attività antimicrobica se utilizzati come emulsionanti in specifiche combinazioni. Nella formulazione di una nano emulsione ottenuta mediante omogenizzazione ad alta velocità di olio di eugenolo, lecitina (un fosfolipide costituito da miscele di glicero-fosfolipidi estratto dalla membrana cellulare della soia che è largamente utilizzata per l'ottenimento di emulsioni acqua in olio), gomma arabica, ed etanolo si è osservata una diminuzione delle dimensioni delle goccioline di emulsione. L'emulsione con la stabilità ottimale era composta da 1,25% di olio di eugenolo, combinato con 2 ml di etanolo all'interno della fase oleosa. Diversamente la fase acquosa era composta da 0.5 % di lecitina, 0,5 % di gomma arabica, e 10 ml di acqua. La dimensione delle particelle delle nano emulsioni con questa combinazione di eccipienti è stata trovata essere di 104 nm. La stabilità di dimensione delle goccioline è durata sino al compimento della seconda settimana di conservazione, oltre la quale si sono notati dei fenomeni di aggregazione delle particelle, che hanno portato a dei cambi dimensionali delle stesse. In particolare, queste nano emulsioni si sono dimostrate efficaci nel produrre effetti antibatterici nei confronti di *Listeria monocitogeni* e *Salmonella enteritidis*. Il risultato di questa ricerca è conferme ai risultati di un altro studio condotto utilizzando olio essenziale di timolo ed eugenolo, i quali venivano emulsionati

da arginato laurico e lecitina. Il successo dell'azione antimicrobica dei fosfolipidi all'interno delle nano emulsioni dipende da una serie di variabili, quali la concentrazione dei batteri e la concentrazione dell'agente antimicrobico, che in questo caso è l'olio essenziale. (11)

Infine, la lecitina di soia possiede delle capacità che le consentono di formare una superficie caricata negativamente, questo ha un effetto positivo nel ridurre la tensione interfacciale tra olio e acqua, e nella stabilizzazione delle gocce di olio. La lecitina di soia ha inoltre la capacità di mantenere la stessa dimensione delle goccioline durante la fase di stoccaggio, e questa capacità risulta migliore anche rispetto al tensioattivo sintetico Tween 20. Ciò avviene in quanto la lecitina crea uno strato interfacciale viscoelastico che circonda le piccole gocce di olio. Questo strato viscoelastico riduce il mutamento di forma delle goccioline, che sono causate da forze esterne. In conclusione, i tensioattivi naturali, presentano dei limiti, ma anche grandi margini di miglioramento, che possono essere varcati, mediante studi più approfonditi degli stessi. (11)

6. CONCLUSIONI

La cosmesi sostenibile sta diventando sempre più importante e a confermarlo sono i dati di Cosmetica Italia. I cosmetici a connotazione naturale e sostenibile sono cresciuti del 9,4 % sino al 2023. In particolare, si sta facendo largo il motto “less is more”, ovvero meno è meglio; gli italiani aderiscono a questo motto non più per privarsi di alcune risorse, ma per tutelare l’ambiente e salvaguardare le proprie finanze. Secondo Cosmetica Italia inoltre, a breve, tutto ciò che ruota attorno al mondo della sostenibilità ambientale economica e sociale verrà rafforzato dalle aziende.

Negli ultimi 10 anni, oltretutto è cambiata la visione di ciò che rappresenta il benessere a 360°; ciò ha contribuito alla consolidazione di nuove abitudini, tra cui l’acquisto di più cosmetici, con particolare preferenza verso prodotti sostenibili, naturali e di alta qualità. (46)

Le tendenze emergenti confermano una maggiore richiesta di prodotti bio o/e green, prodotti multifunzione e l’utilizzo di scarti derivanti da altre filiere (in particolare quella alimentare) per comporre ingredienti utilizzabili nelle formulazioni cosmetiche, il cosiddetto fenomeno dell’upcycling beauty. Per quel che riguarda i prodotti multifunzione, ne sono un esempio le creme idratanti che possono essere utilizzate anche come maschere. Quest’ultima tendenza nasce dalla necessità di avere dei prodotti più pratici e veloci come risposta al minimalismo. (47)

Il minimalismo è un tema molto caldo e di tendenza, che ha spinto le aziende a ricercare delle formulazioni e dei packaging differenti. Ne è un esempio la cosmesi solida, che combina entrambe le necessità. Si tratta di formulazioni anidre, prive di acqua, con una maggiore concentrazione di prodotto. Le quali hanno il vantaggio di ridurre al minimo la contaminazione microbiologica derivante dalla presenza di acqua e allo stesso tempo la concentrazione di conservanti presenti nelle formule cosmetiche. Tra gli altri vantaggi abbiamo l’assenza di acqua, che risparmia una risorsa molto preziosa, un minore volume occupato dal prodotto e l’utilizzo di packaging alternativi alla plastica, che occupano volumi inferiori. Esempi di cosmetici solidi sono shampoo, balsamo, e burri struccanti. (48)

È stato stimato che il 65% del volume totale di una formula cosmetica sia costituito da acqua, la quale poi è utilizzata anche durante tutti i processi di produzione cosmetica. Togliere questa risorsa preziosa dalle formulazioni rappresenta un enorme vantaggio in termini di sostenibilità. Infatti, si stima che per un mese all’anno questa scarseggi per circa 2 miliardi di persone. (49) Infine l’utilizzo di packaging in carta, al posto della plastica, risulta vantaggioso in quanto evita l’inquinamento generato dai flaconi, con tutti i problemi derivanti dal rilascio delle plastiche nell’ambiente, e genera volumi di prodotti inferiori, rispetto ai classici flaconi. (48) Inoltre, studi dimostrano che la produzione e l’utilizzo di plastica è una delle principali cause di emissioni di gas serra a livello globale. Si stima inoltre che solo il 30% della plastica sia effettivamente riciclato. (49)

Poniamo invece ora lo sguardo sui punti di forza e debolezza del mondo sostenibile. Tra i punti di forza vi è la circolarità aziendale, con l'utilizzo di tecniche che prevedono il riutilizzo di acqua, materie prime derivanti da altre attività (up-cycling) e il riutilizzo del packaging. (3) (28) Inoltre, di notevole importanza è la nascita di enti certificatori, (33) (35) (34) vista l'assenza di normativa in ambito naturale e sostenibile, e la crescente attenzione nei confronti delle plastiche con l'attuazione della normativa 2023/2055 sulle microplastiche. (44) Infine, è di notevole importanza la formulazione di nuovi ingredienti meno impattanti come emulsionanti e polimeri che sostituiscono le plastiche utilizzate come ingrediente cosmetico. (11) Ciò che però lascia ancora a desiderare nel mondo della cosmesi sostenibile è la presenza di alcune criticità. Nonostante la presenza di enti certificatori, non esiste una vera normativa che vada a regolare la cosmesi naturale e sostenibile; non sono ancora state poste delle limitazioni nel regolamento 2023/2055 sulle microplastiche nei cosmetici leave-on. (44) Infine, ingredienti come i polimeri che sostituiscono le plastiche a livello cosmetico non sempre soddisfano il consumatore per performance del prodotto, ed altri ingredienti come emulsionanti naturali sono di difficile reperibilità in termini quantitativi, e sono al momento ancora molto costosi. (11) Nel campo dell'innovazione invece risulta molto interessante l'utilizzo dell'intelligenza artificiale, la quale ad esempio è stata utilizzata per testare precisi parametri di efficienza formulativa nei tensioattivi "verdi"; questa tecnica permette di ottenere i risultati in breve tempo. (50) Tra le innovazioni, inoltre, vi sono delle app, come ad esempio "beat the microbeat", che consente di scansionare gli ingredienti presenti all'interno del prodotto cosmetico, e ne rileva eventuali ingredienti contenenti microplastica, fornendo un ottimo strumento per i consumatori attenti alla sostenibilità. (51)

Il mondo della cosmesi, in particolare quello della cosmesi sostenibile, sta mutando ed evolvendo, grazie ad una presa di coscienza degli enti preposti, delle aziende e dei consumatori. Il cambiamento è evidente, si stanno compiendo degli sforzi in tutto il settore, che coinvolgono tutta la filiera produttiva, per cercare delle alternative meno impattanti a livello ambientale. Nonostante ciò, vi sono ancora molti punti di domanda e alcune criticità nel mondo della cosmesi sostenibile che speriamo in un futuro possano essere colmate da studi più approfonditi e nuove interessanti innovazioni.

7. Bibliografia

1. TRECCANI. Enciclopedia online. *TRECCANI*. [Online] <https://www.treccani.it/enciclopedia/sostenibilita/>.
2. Balocco, Veronica. Sostenibilità: significato, obiettivi e perchè è importante anche per le aziende. *ESG 360*. [Online] 30 giugno 2023. <https://www.esg360.it/esg-world/sostenibilita-significato-obiettivi-e-perche-e-importante/>.
3. *A sustainable life cycle for cosmetics: From design and development to post- use phase*. Martins, A. M. e Marto, J. M. 101178, ottobre 2023, Sustainable chemistry and Pharmacy, Vol. 35.
4. *Plant Extracts as Skin Care and Therapeutic Agents*. Michalak, M. 22 ottobre 2023, International Journal of Molecular Science.
5. ESG, Agrifood e. Agricoltura sostenibile, cos'è e come funziona. *ESG 360*. [Online] 30 novembre 2021. <https://www.esg360.it/environmental/agricoltura-sostenibile-cose-e-come-funziona/>.
6. Borgna, I. Cosmesi "vegetale": autenticazione delle erbe officinali impiegate. *Kosmetica*. [Online] 30 agosto 2013. <https://www.kosmeticanews.it/cosmesi-vegetale-autenticazione-delle-erbe-officinali-impiegate/>.
7. *An overview of extraction, isolation and characterization techniques of phytochemicals from medicinal plants*. Mondal, S., Das, M., Debnath, S., Sarkar, B. K., & Babu, G. 19 novembre 2024, Natural Product Research.
8. *Extraction of bioactive compounds and essential oils from herbs using green technologies*. Branimir, P., et al. 29 gennaio 2021, Aromatic Herbs in food, p. 233-262.
9. *Supercritical CO₂ as a green solvent for the circular economy: Extraction of fatty acids from fruit pomace*. Campalani, C., et al. 1011259, 30 giugno 2020, CO₂ Utilization, Vol. 41.
10. *Surfactant-free and rinsing-resistant biodegradable nanoparticles with high adsorption on natural fibers for the long-lasting release of fragrances*. Palmiero, U. Capasso, et al. 7 marzo 2020, Colloids and Surfaces B: Biointerfaces.
11. *Nano emulsions stabilized by natural emulsifiers: A comprehensive review on feasibility, stability and bio-applicability*,. Singh, I. Ragish e Pulikkal, A. Koya. 22 gennaio 2024, Journal of Drug Delivery Science and Technology, Vol. 92.
12. Respharma. Upcycling Cosmetico, il riutilizzo creativo degli scarti. *Respharma.com*. [Online] 21 ottobre 2021. <https://www.respharma.com/upcycling-cosmetica-riutilizzo-creativo/>.
13. CO, HENRY &. Come progettare e realizzare packaging cosmetico sostenibile? *HENRY & CO*. [Online] <https://www.henryandco.it/faq/package-cosmetico/>.
14. itscompostable.com. Il packaging ecosostenibile: cos'è e quali materie prime utilizza. *itscompostable.com*. [Online] Agosto 2021. <https://www.itscompostable.com/package-cosmetico/>.

sostenibile/il-packaging-ecosostenibile-cose-e-quali-materie-prime-utilizza/#:~:text=Carta%20e%20cartone%20sono%20materiali,riinnovabili%20preziosa%20per%20l'ambiente.

15. biobotiquelarosacanina. Packaging sostenibile. *biobotiquelarosacanina.it*. [Online] 18 luglio 2022. <https://www.bioboutiquelarosacanina.it/packaging-sostenibile/#:~:text=ed%20%C3%A8%20biodegradabile.-,Vetro,ne%20garantisce%20una%20conservazione%20ottimale.>

16. Colombo, Erika. Cosmesi sostenibile : verso un futuro più green. [Online] 29 settembre 2022. <https://www.marionegri.it/magazine/cosmesi-sostenibile>.

17. Dansi, Lisa. Packaging cosmetico: focus su inclusività e sostenibilità. *COSMOPOLO*. [Online] 2021 dicembre 2021. <https://cosmopolo.it/2021/12/08/packaging-cosmetico-i-nuovi-trend/>.

18. every wave . Estrazione vegetale. *every wave*. [Online] <https://www.everywave.eu/estrazione-vegetale/>.

19. INHERBA. Estrazione ad ultrasuoni. *INHERBA*. [Online] <https://www.inherba.it/tecniche-estrazione-distillazione-oli-essenziali-piante-officinali/estrazione-ad-ultrasuoni/>.

20. *Progress in ultrasound-assisted extraction of the value-added products from microorganisms*. Zheng, S., et al. 25 marzo 2021.

21. Hielscher Ultrasonics. *hielscher Ultrasound Technology*. [Online] <https://www.hielscher.com/it/ultrasonic-extraction-and-its-working-principle.htm>.

22. Uwineza, P.A. e Waśkiewicz, A. Recent Advances in Supercritical Fluid Extraction of Natural Bioactive Compounds from Natural Plant Materials. *Molecules* 2020. [Online] 24 agosto 2020. <https://www.mdpi.com/1420-3049/25/17/3847>.

23. Avantech. Estrazione con fluidi supercritici (SFE). *Avantech*. [Online] <https://www.avantech.it/tools/processo/#:~:text=L'estrazione%20con%20fluidi%20supercritici,di%20vapore%20e%20desorbimento%20termico.>

24. Wikipedia. Estrattore Soxhlet. *Wikipedia*. [Online] 30 marzo 2021.

25. L'impatto ambientale del settore cosmetico. *canale energia*. [Online] 23 Aprile 2021. <https://www.canaleenergia.com/rubriche/economia-circolare/limpatto-ambientale-del-settore-cosmetico/#:~:text=Le%20emissioni%20globali%20di%20gas%20serra%20prodotte%20dalla,d el%20prodotto%20che%20impatta%20per%20ben%20il%2040%25..>

26. *The development and application of a novel hazard scoring tool for assessing impacts of cosmetic ingredients on aquatic ecosystems: A case study of rinse-off cosmetics*. Vita, N. de Albuquerque, et al. 6, 15 marzo 2023, *Integrated Environmental Assessment and Management*, Vol. 19.

27. Etichub. Upcycling: la nuova frontiera dell'ingrediente cosmetico. *Etichub*. [Online] <https://www.etichub.it/upcycling-la-nuova-frontiera-dellingrediente-cosmetico/>.

28. *The Potential of Selected Agri-Food Loss and Waste to Contribute to a Circular Economy: Applications in the Food, Cosmetic and Pharmaceutical Industries*. Osorio, L.L.D.R., Flórez-López, E. e Grande-Tovar, C.D. 19 gennaio 2021, *molecules*.

29. *Chlorogenic Acids and Caffeine from Coffee By-Products: A Review on Skincare Applications*. Rodrigues, Raquel, Oliveira, Maria Beatriz Prior Pinto e Alves, Rita Carneiro. 9 Gennaio 2023, MDPI.
30. *Cosmetics—food waste recovery*. Pinto, D., et al. 2021, Food Waste Recovery (Second Edition), p. 503-528.
31. *Food Loss and Food Waste for Green Cosmetics and Medical Devices for a Cleaner Planet*. Morganti, P., et al. 28 gennaio 2022, Cosmetics 2022.
32. europea, Gazzetta ufficiale dell'Unione. Regolamento (CE) n. 1223/2009 del Parlamento europeo e del Consiglio del 30 novembre 2009 , sui prodotti cosmetici (rifusione) (Testo rilevante ai fini del SEE). *Unione Europea*. [Online] 30 novembre 2009. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX%3A32009R1223>.
33. COSMOS. COSMOS STANDARD criteri. *ORGANIC AND NATURAL COSMETIC*. [Online] 1 marzo 2024. https://media.cosmos-standard.org/filer_public/09/c7/09c7017d-e3d4-48aa-ace4-fa98a93b1d4a/cosmos-standard_v4-1_ita.pdf.
34. ISO. ISO 16128-1:2016. *ISO*. [Online] 2016. <https://www.iso.org/standard/62503.html>.
35. NATRUE. Il marchio NATRUE : requisiti per cosmetici naturali e biologici. *The International Natural and Organic Cosmetics Association*. [Online] 1 gennaio 2021. https://natrue.org/uploads/2023/12/IT-NATRUE-Label_criteria_v3.9_January-2021.pdf.
36. ESG. Cos'è il Greenwashing? Definizione, esempi e come riconoscerlo. [Online] 27 gennaio 2022. <https://esgnews.it/focus/analisi-e-approfondimenti/greenwashing-definizione-ed-esempi/>.
37. NATRUE. Factsheet on ISO 16128 guidelines - NATRUE' s position. *The International Natural and Organic Cosmetic Association*. [Online] https://natrue.org/uploads/2021/08/ISO-16128_fact-sheet-NATRUE.pdf.
38. *Chapter 7 - Personal Care Products: Occurrence, Toxicity, and Risks*. Sharma, Shashank. 19 marzo 2021, Elsevier, p. 205-223.
39. Bellasi, A. Microplastiche nei cosmetici. *BIOPILLS*. [Online] 21 maggio 2021. <https://www.biopills.net/microplastiche-nei-cosmetici/#:~:text=Le%20microplastiche%20primarie%20vengono%20appositamente%20aggiunte%20in%20prodotti,sensazione%20setosa%20e%20per%20controllare%20l%E2%80%99%20effetto%20opacizzante.>
40. *Strategy for the development of a new stick formula without microplastics*. Frigerio, L., et al. 2 gennaio 2024, Sustainable Chemistry and Pharmacy, Vol. 37.
41. COSMODERMA. Microplastiche nei cosmetici. *COSMODERMA*. [Online] <https://www.cosmoderma.it/microplastiche-nei-cosmetici>.
42. *Current research trends on cosmetic microplastic pollution and its impacts on the ecosystem: A review*,. Y. Zhou, V. Ashokkumar, et al. Environmental Pollution : s.n., 27 gennaio 2023.
43. *Le microplastiche sono nel nostro corpo. Ma quanto sono dannose per la salute umana?* Parker, L. 11 agosto 2023, NATIONAL GEOGRAPHIC.

44. europea, Gazzetta ufficiale dell'Unione. REGOLAMENTO (UE) 2023/2055 DELLA COMMISSIONE. *European Union*. [Online] 27 settembre 2023. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?toc=OJ%3AL%3A2023%3A238%3ATOC&uri=uriserv%3AOJ.L_.2023.238.01.0067.01.ITA.
45. Greenpeace. Il trucco c'è ma non si vede. *Greenpeace*. [Online] 2020. <https://www.greenpeace.org/static/planet4-italy-stateless/2021/02/5b1adcf8-il-trucco-ce%CC%80-ma-non-si-vede.pdf>.
46. Italia, Cosmetica. KIT PER I GRUPPI MERCEOLOGICI 2024. [Online] 2024. https://www.cosmeticaitalia.it/documenti/a_centrostudi/focus_pillole/KIT-PER-I-GRUPPI-MERCEOLOGICI.pdf.
47. Dansi, L. Cosmetica, in Italia nel 2024 supererà i 16 Mrd. *COSMOPOLO*. [Online] 28 marzo 2024. <https://cosmopolo.it/2024/03/28/cosmetica-nel-2024-superera-i-16mrd/>.
48. Albogroup. Il Futuro Sostenibile della Cosmetica: Perché scegliere i Cosmetici Solidi? *Albogroup Italian Creativity*. [Online] <https://www.albogroupitaly.com/it/news/futuro-sostenibile-cosmetica-scegliere-cosmetici-solidi/>.
49. *On the Path to Sustainable Cosmetics: Development of a Value-Added Formulation of Solid Shampoo Incorporating Mango Peel Extract*. Brito, I., Ferreira, S.M. e Santos, L. 3 ottobre 2023, *Cosmetics* 2023.
50. *A comprehensive review on sustainable surfactants from CNSL: chemistry, key applications and research perspectives*,. Veeramanoharan, A. e Kim, S. 22 agosto 2024, *RSC Advances*,.
51. MICROBEAD, BEAT THE. BEAT THE MICROBEAD. *BEAT THE MICROBEAD*. [Online] <https://www.beatthemicrobead.org/>.

