

Univerzita Pardubice

Fakulta chemicko-technologická

Enkapsulácia v kozmetickom priemysle

Romana Knihová

Bakalárska práca

2019

University of Pardubice

Faculty of Chemical-Technology

Encapsulation in the cosmetics industry

Romana Knihová

Bachelor Thesis

2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Romana Knihová**
Osobní číslo: **C16093**
Studijní program: **B2830 Farmakochemie a medicínální materiály**
Studijní obor: **Farmakochemie a medicínální materiály**
Název tématu: **Enkapsulace v kosmetickém průmyslu**
Zadávající katedra: **Ústav organické chemie a technologie**

Zásady pro vypracování:

Formální stránka bakalářské práce by měla obsahovat:

1. stručnou anotaci, obsah, úvod do dané problematiky, aktuální informace zpracované formou rešerše, v závěru vlastní hodnocení, seznam literatury, seznam používaných zkratk (dle potřeby), strukturní vzorce citovaných polymerů, schémata, tabulky

Doporučení pro literární rešerši:

1. Kosmetické přípravky, jejich členění a základní charakteristika.
2. Proces enkapsulace, stručný popis.
3. Materiály používané při enkapsulaci včetně stručného popisu jednotlivých technik se zaměřením na kosmetické přípravky.
4. Zaměřte se u enkapsulačních materiálů mimo jiné na použití lecithinu při enkapsulaci kosmetických přípravků.
5. Výsledky zpracujte formou závěrečné zprávy.

Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**
Seznam odborné literatury:
Všechna dostupná chemická literatura.

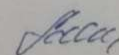
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Michal Černý, Ph.D.**
Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek

Datum zadání bakalářské práce: **28. února 2019**
Termín odevzdání bakalářské práce: **4. července 2019**



prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.
děkan

L.S.



prof. Ing. Miloš Sedlák, DrSc.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 28. února 2019

Prehlásenie autora

Prehlasujem: Tuto prácu som vypracovala samostatne. Všetky literárne pramene a informácie, ktoré som v práci využila, sú uvedené v zozname použitej literatúry. Bola som zoznámená s tým, že sa na moju prácu vzťahujú práva a povinnosti vyplývajúce zo zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, najmä zo skutočnosti, že Univerzita Pardubice má právo na uzatvorenie licenčnej zmluvy o použití tejto práce ako školského diela podľa § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tým, že ak dôjde k použitiu tejto práce mnou alebo bude poskytnutá licencia o použití inému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávnená odo mňa požadovať primeraný príspevok na úhradu nákladov, ktoré na vytvorenie diela vynaložila, a to podľa okolností až do ich skutočnej výšky.

Beriem na vedomie, že v súlade s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o zmene a doplnení ďalších zákonov (zákon o vysokých školách), v znení neskorších predpisov, a smerníc Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práca zverejnená v Univerzitnej knižnici a prostredníctvom Digitálnej knižnice Univerzity Pardubice.

V Pardubiciach dňa 27.6.2019

Romana Kniňová

Pod'akovanie

Rada by som poďakovala vedúcemu mojej bakalárskej práce pánovi Ing. Michalovi Černému, Ph.D. za pomoc pri vypracovaní, za odpovedanie na všetky otázky, ochotu, čas a za zadanie, pre mňa osobne, veľmi zaujímavej témy. Ďakujem samozrejme aj rodine za podporu počas písania práce.

ANOTÁCIA

Táto bakalárska práca sa zameriava na aplikáciu enkapsulácie v kozmetickom priemysle. Obsahuje prehľad kozmetických prípravkov podľa účelu používania. V práci je opísaný všeobecný princíp a využitie enkapsulácie, sú v nej charakterizované vybrané enkapsulačné metódy. V kapitolách sú opísané lipozómy a iné druhy enkapsulačných materiálov, ako sú polysacharidy, polyestery, polyfenoly, polyalkylkyanoakryláty, polyamidoamín dendriméry a využitie enkapsulovaných látok v kozmetickom priemysle.

KEÚČOVÉ SLOVÁ

kozmetika, enkapsulácia, lipozómy, enkapsulačný materiál, aktívne látky

TITLE

Encapsulation in the cosmetics industry

ANNOTATION

This bachelor thesis focuses on the application of encapsulation in the cosmetics industry. It contains overview of cosmetic products according to the purpose of use. The general principle and utilization of encapsulation is described in this work. Selected encapsulation methods are characterized. Liposomes and other types of encapsulating materials such as polysaccharides, polyesters, polyphenols, polyalkyl cyanoacrylates, polyamidoamine dendrimers and the use of encapsulated substances in the cosmetics industry are described in this bachelor thesis.

KEYWORDS

cosmetics, encapsulation, liposomes, encapsulating material, active substances

OBSAH

0	ÚVOD.....	12
1	Kozmetické prípravky	13
1.1	Krémy a masti.....	13
1.1.1	Krémy a telové mlieka	13
1.1.2	Hydratačné prípravky na tvár	13
1.1.3	Krémy na ruky a nohy	13
1.1.4	Opal'ovacie prípravky.....	13
1.1.5	Masky na tvár.....	13
1.1.6	Masti.....	14
1.2	Hygienické produkty, čistiacie produkty.....	14
1.2.1	Čistiace mydlové prostriedky	14
1.2.2	Čistenie tela	14
1.2.3	Čistenie pleti	14
1.2.4	Čistenie rúk, dezinfekcie	15
1.3	Samoopal'ovacie prípravky.....	15
1.4	Farebná tvárová kozmetika.....	15
1.4.1	Make-up.....	15
1.4.2	Kompaktné púdre.....	16
1.4.3	Korektory.....	16
1.4.4	Produkty na pery	16
1.4.5	Produkty na oči a očné okolie.....	16
1.5	Prípravky na nechty.....	17
1.5.1	Laky na nechty	17
1.5.2	Odlakovače	17
1.6	Antiperspiranty a dezodoranty.....	17
1.7	Prípravky na vlasy.....	17
1.7.1	Šampóny	17
1.7.2	Kondicionéry	17
2	Proces enkapsulácie.....	18
2.1	Lipozómy.....	20
3	Aplikácia enkapsulácie v kozmetickom priemysle.....	23
3.1	Popis vybraných enkapsulačných techník.	23
3.1.1	Sprejové sušenie.....	23
3.1.2	Metóda využívajúca superkritické tekutiny.....	24
3.1.3	Technológia fluidného lôžka	25

3.1.4	Odparovanie rozpúšťadla	26
3.1.5	Emulzifikačne-rozpúšťadlová odstraňovacia metóda.	26
3.1.6	Metóda iónovej tvorby gélu.....	27
3.1.7	Koacervácia	28
3.1.8	Medzifázová polymerizácia.....	29
3.1.9	Polymerizácia In situ.....	29
3.2	Aktívne látky používané na enkapsuláciu v kozmetickom priemysle	30
3.2.1	Polyfenoly.....	30
3.2.2	Polysacharidy, oligosacharidy	31
	<i>Chitosan</i>	31
	<i>Cyklodextríny</i>	33
	<i>Algináty</i>	35
	<i>Škrob</i>	36
3.2.3	Polyestery	37
	<i>Kyselina polymliečna, polylaktid, PLA</i>	37
	<i>Kopolymér kyseliny mliečnej a glykolovej, PLGA</i>	39
	<i>Polykaprolaktón, PCL</i>	40
3.2.4	Polyamidoamín (PAMAM) dendriméry	41
3.2.5	Polyalkylkyanoakryláty (PACA).....	43
3.2.6	Enkapsulácia Aloe vera	45
3.2.7	Enkapsulácia extraktov <i>Labisia pumila</i> a <i>Ficus deltoidea</i>	45
3.2.8	Enkapsulácia Hydroxyzínu.....	46
4	ZÁVER.....	47
5	POUŽITÁ LITERATÚRA	48

ZOZNAM ILUSTRÁCIÍ

Obrázok 1 Schematické znázornenie enkapsulovanej častice ¹²	18
Obrázok 2 Schéma znázorňujúca príklady štruktúry enkapsulovaných častíc ¹³	19
Obrázok 3 Schematické znázornenie štatistického rozdelenia enkapsulácie v oblastiach použitia, vyjadrené v percentách ¹⁴	20
Obrázok 4 Štruktúra lipozómu ¹⁷	21
Obrázok 5 Formulácia lipozómu ¹⁸	22
Obrázok 6 Schematické a reálne znázornenie zariadenia na techniku sprejovým sušením ²¹	24
Obrázok 7 Schematické znázornenie zariadenia využívaného na enkapsuláciu pomocou superkritickej tekutiny CO ₂ ²³	25
Obrázok 8 Schematické zobrazenie typov sprejov využívaných pri enkapsulačnej metóde fluidného lôžka ²⁵	26
Obrázok 9 Schéma znázorňujúca enkapsulačnú metódu odparovanie rozpúšťadla ²⁷	26
Obrázok 10 Schéma znázorňujúca metódu iónového gélovania ³¹	27
Obrázok 11 Schéma krokov medzifázovej polymerizácie mikroemulzie vody v oleji pre mikrokapsuly s vodným jadrom. ³⁵	29
Obrázok 12 Prehľad štruktúrnych vzorcov flavonoidov	31
Obrázok 13 Štruktúra chitosanu ⁴¹	32
Obrázok 14 Schematické znázornenie nanočastíc chitosan-alginát jadro-obal ⁴³	33
Obrázok 15 Prehľad štruktúry cyklodextrínov ⁴⁷	34
Obrázok 16 Prehľad štruktúrnych vzorcov prchavých zložiek enkapsulovaných cyklodextrínami	34
Obrázok 17 Spôsob prípravy kapsúl kalcium-alginátu pomocou iónotropného gélovania ⁵²	36
Obrázok 18 Štruktúra amylozy a amylopektínu ⁵⁵	37
Obrázok 19 Štruktúrny vzorec kyseliny polymliečnej	38
Obrázok 20 Štruktúrny vzorec retinolu	38
Obrázok 21 Reakcia vyjadrujúca premenu trans izoméru oktyl-p-metoxycinnamátu na cis izomér pôsobením žiarenia.	39
Obrázok 22 Štruktúrny vzorec polyméru PLGA	39
Obrázok 23 Štruktúrny vzorec polykaprolaktónu (PCL)	41
Obrázok 24 Štruktúrny vzorec α -Tokoferolu (vitamínu E)	41
Obrázok 25 Štruktúra dendrimérov ⁶⁴	41
Obrázok 26 Štruktúrny vzorec vitamínu C	43
Obrázok 27 Schematické zobrazenie nanosfér, nanokapsúl obsahujúcich vodu, nanokapsúl obsahujúcich olej ⁶⁸	44
Obrázok 28 Štruktúry vzorec polyméru polyalkylkyanoakrylátu (PACA), kde R je alkylová skupina	44
Obrázok 29 Štruktúrny vzorec hydroxyzínu	46

Zoznam skratiek

DHA	dihydroxyacetón
O/W	emulzia olej vo vode
W/O	emulzia voda v oleji
PAMAM dendriméry	Polyamidoamín dendriméry
PLA	kyselina polymliečna
OMC	oktylmetoxycinnamát
E-OMC	oktyl-p-metoxy-trans-cinnamát
Z-OMC	oktyl-p-metoxy-cis-cinnamát
PLGA	Kopolymér kyseliny mliečnej a glykolovej
PCL	Polykaprolaktón
PNIPAM	Poly(N-izopropylakrylamid)
EDA	etyléndiamín
PACA	Polyalkylkyanoakryláty

0 ÚVOD

V minulosti bola kozmetika vnímaná ako umenie, čo vyplýva aj z prekladu gréckeho slova kosmétiké, ktoré znamená umenie krásliť. Kozmetika bola umením zachovávanía, získavania, vylepšovania a obnovovania krás ľudského tela. V dnešnej dobe je kozmetika skôr vedou, ktorá zahŕňa spoluprácu prírodovedeckých, lekárskeých vied a chémie, ktorá je nevyhnutná pre prípravu kozmetických prípravkov s dôrazom na ich ďalšiu aplikáciu a požadované zloženie. Dermatológia je veda, ktorá sa potom zaoberá priaznivým a nepriaznivým pôsobením kozmetických prípravkov na telo. Funkciou kozmetiky je starostlivosť o pleť a telo. Kozmetika tiež obmedzuje starnutie pokožky a formuje človeka podľa ideálov krásy. Vzhľad je to, čo si človek všíma, pozoruje, hodnotí, vytvára si obraz na jeho základe. Kozmetické prípravky napomáhajú človeku pri úprave vzhľadu a tým zlepšujú sebavedomie, môžu napomáhať zlepšovať dojem okolia a tým aj psychickú pohodu človeka. Tvár je tiež dôležitá pri neverbálnej komunikácii, ktorú môže vzhľad tiež ovplyvniť. Kozmetika má teda aj funkciu komunikačnú a reprezentačnú. V kozmetických prípravkoch sa používa asi 10 000 surovín. V minulosti sa využívali skôr prírodné rastlinné a živočíšne suroviny, ktoré s rastúcim pokrokom v oblasti chémie a techniky nahradili syntetické. Aktuálne sa však na trhu objavuje stále väčšie množstvo kozmetiky, ktorá využíva prírodné suroviny. Niektoré zo surovín a aktívnych látok využívaných v kozmetike vykazujú nestabilitu, citlivosť na vonkajšie prostredie, oxidáciu, nemajú dostatočnú životnosť alebo vykazujú nežiadúce účinky, zle prenikajú kožou. Na zamedzenie alebo zlepšenie týchto nedostatkov sa využíva proces enkapsulácie. Proces enkapsulácie zahŕňa obalovanie aktívnej látky enkapsulačným materiálom, ktorých môže byť využívaných veľa druhov. Proces enkapsulácie prebieha rôznymi mechanizmami v závislosti na použitých materiáloch a tiež aplikácie vzniknutých enkapsulovaných častíc. Enkapsulácia je využívaná v rôznych dôležitých oblastiach ako je farmaceutický priemysel, potravinárstvo a tiež v kozmetickom priemysle. Predložená práca sa zameriava na prehľad kozmetických prípravkov, ich zloženie a využitie. V práci sú stručne charakterizované vybrané enkapsulačné metódy a aplikácia enkapsulácie surovín, ktoré sú využívané pri výrobe kozmetických produktov, rôznymi enkapsulačnými materiálmi.

1 Kozmetické prípravky

1.1 Krémy a masti

1.1.1 Krémy a telové mlieka

Krémy a telové mlieka sú emulzie, ktoré sa vyskytujú v dvoch formách. V zložení emulzie typu olej-vo-vode vodná fáza obsahuje deionizovanú vodu, zvlhčovadlá, konzervačné látky, vo vode rozpustné emulgátory, zahusťovadlá, zvláčňujúce činidlá, chelatačné činidlá. Olejovitá fáza obsahuje zmäkčujúci systém ako oleje, estery a silikóny, emulgátory, antioxidanty. Ďalej tieto emulzie obsahujú vône, esenciálne oleje, farbivá, konzervačné látky a látky na úpravu pH.^{1,2}

1.1.2 Hydratačné prípravky na tvár

Krémy na tvár by mali podporovať prirodzenosť ochranného plášt'a pokožky. Tento ochranný plášť je hydro-lipidový film tvorený tukmi, voskami a vlhkosťou, udržiava vláčnosť a odolnosť rohovinovej vrstvy kože. Základné zložky formulácie krémov dopĺňajú ďalšie látky, ktoré dopomáhajú dosiahnutiu požadovaného efektu, ako napríklad vitamíny.^{3,4}

1.1.3 Krémy na ruky a nohy

Krémy na nohy a ruky sú určené na ochranu a regeneráciu pokožky a tiež ako prevencia proti kožným ochoreniam a suchej pokožke. Dôležitými zložkami krémov sú okluzívne lipofilné substancie a hydrofilné činidlá.^{2,4}

1.1.4 Opaľovacie prípravky

Opaľovacie prípravky sú využívané na ochranu kože pred UVA a UVB žiarením, ktoré spôsobujú poškodenia pokožky alebo až dlhodobé ochorenia ako rakovina kože. Ako aktívne látky v opaľovacích prípravkoch sa využívajú UVA, UVB filtre.¹⁻⁵

1.1.5 Masky na tvár

Masky sa aplikujú periodicky, majú rýchly a viditeľný účinok. Masky sú kombináciou prírodných a syntetických látok, Masky sa podľa účelu rozdeľujú na regeneračné, tonizujúce, upokojujúce, protizápalové, bieliace, čistiace a zmäkčujúce.^{1,3,4,5}

1.1.6 Masti

Masti sú to zásady, ktoré neobsahujú vodu, a ktorých základy sú tvorené z tukov, voskov, živočíšnych a rastlinných olejov, z tuhých a kvapalných uhl'ovodíkov.²

1.2 Hygienické produkty, čistiace produkty

1.2.1 Čistiace mydlové prostriedky

Mydlá sú účinné čistiace prostriedky, ktoré sú tvorené povrchovo aktívnymi látkami. V posledných rokoch sa začali využívať mydlá na bázy syntetických tenzidov. Kozmetické mydlá majú prospešné činidlá zapuzdrené v mydlovej matrici. Plášť kapsule je vyrobený z mydlovej matrice alebo je na jeho výrobu použitý materiál rozpustný vo vode. Ako činidlá sú využívané upokojujúce materiály a kozmetické činidlá.^{1-4,6}

1.2.2 Čistenie tela

Čistiace prostriedky na telo obsahujú ako hlavnú zložku vodu a povrchovo aktívne látky. Ďalšími pridanými zložkami, ktoré ovplyvňujú zloženie a stabilitu sú polyméry, soli, silikóny, chelatačné činidlá a antioxidanty. Ďalšou dôležitou súčasťou sú farbivá a vône.^{2,4}

1.2.3 Čistenie pleti

Čistenie pleti zahŕňa odstraňovanie odumretej pokožky, prachu a mazu. Prostriedky na čistenie pleti obsahujú dve základne kategórie látok a to povrchovo aktívne látky a rozpúšťadlá, ktoré zabezpečujú čistenie pleti. Prísada alkoholu znižuje povrchové napätie medzi vodou a kožou a teda napomáha lepšej zmáčanlivosti kožného povrchu a zvyšuje rozpustnosť tukových nečistôt. Prostriedky na čistenie pleti sú rozdelené do kategórií podľa spôsobu odstraňovania nečistôt a zloženia¹⁻⁵

Peniace čistiace prostriedky

Odstraňovanie nečistôt a olejov prebieha na princípe emulgácie. Bývajú vo forme gélov, vôd a krémov.⁴

Čistiaci olej

Čistiace oleje sú hydrofilné, obsahujú až 50% emulgátorov a vodnej zložky. Čistia pleť šetrne.³

Čistiace mlieka

Čistiace prostriedky, ktorých mechanizmus pôsobenia je založený na rozpúšťaní nečistôt. Odstraňujú každý druh nečistoty a líčidiel.^{3,4,5}

Skraby a peelingy

Peelingy obsahujú jemné zrníčka a rozpúšťacie zložky vďaka ktorým obrusujú rohovinovú vrstvu kože, čistia a vyhladzujú pleť, chránia póry pred upchávaním a znižujú pravdepodobnosť tvorby vyrážok.^{3,4}

Pleťové toniká

Sú určené na čistenie, prekrvovanie, dezinfikovanie pleti a na minimalizáciu výskytu pórov. Obsahujú vodu, podiel alkoholu, vonné výťažky a iné prísady ako mentol, gáfor, glycerín.⁵

1.2.4 Čistenie rúk, dezinfekcie

Do kategórie týchto výrobkov patria tekuté mydlá, tekuté mydlá antimikrobiálne, dezinfekčné prostriedky bez alkoholu alebo na bázy alkoholu.²

1.3 Samoopaľovacie prípravky

Medzi samoopaľovacie prípravky patria krémy, telové mlieka a gély, ktoré po aplikácii na kožu, vytvárajú efekt prirodzene opálenej pokožky. Najdôležitejšia zložka samoopaľovacích prípravkov je dihydroxyacetón (DHA), ktorého koncentrácia v prípravkoch ovplyvňuje intenzitu zafarbenia.²

1.4 Farebná tvárová kozmetika

1.4.1 Make-up

Makeup je na aplikovaný s cieľom vyrovnania a zakrytia nedokonalostí tváre, vrások, pigmentových škvŕn a pórov. Základné rozdelenie make-upov je na tekuté a kompaktné make-upy. Zloženie tekutých make-upov zahŕňa olej vo vode (O/W) a emulziu voda v oleji (W/O). Kompaktné make upy sú zložené z voskov a olejov, v ktorých sú rozptýlené pigmenty.^{1,2}

1.4.2 Kompaktné púdre

Aplikujú sa na vrstvu make-upu za účelom úplného pokrytia a zmatnenia pleti, pohltenia kožného mazu.^{1,2}

1.4.3 Korektory

Korektory sú využívané na zakrytie defektov tváre, jaziev a na maskovanie problematickej pleti.²

1.4.4 Produkty na pery

Rúže sú produkty na zvýraznenie pier, ktoré sú zložené z bezvodých pást ako oleje a vosky, texturačných činidiel, farbív, pigmentov, konzervačných činidiel, antioxidantov, stabilizátorov, prípravkov na parfumáciu a účinných látok.^{1,2}

1.4.5 Produkty na oči a očné okolie

Maskary

Cieľom aplikácie maskary je predĺženie, stmavnutie a zahustenie rias. Maskary obsahujú rozpúšťadlá, formovacie povlaky, farbivá-pigmenty, vosky/ily, povrchovo aktívne látky/emulgátory.^{1,2}

Produkty na úpravu obočia

Tieto produkty využívajú spotrebitelia na dotváranie obočia, jeho zvýraznenie alebo vyplnenie riedkeho obočia.^{1,2}

Očné tiene

Očné tiene sa vo forme prášku aplikujú na horné viečka. Očné tiene obsahujú neprchavé spojivo, ktoré viaže pigmenty, perly a plnivá.²

Očné linky

Očné linky sa aplikujú na horné a dolné viečka na zvýraznenie línie oka. Očné linky sú vyrábané vo forme ceruziek a vo forme tekutej, gélovej.^{1,2}

1.5 Prípravky na nechty

1.5.1 Laky na nechty

Aplikuje sa v niekoľkých vrstvách na nechtové platničky s účelom vylepšiť vzhľad, zakryť nedostatky alebo za účelom spevnenia a ako ochrana pred poškodením. Bežné laky na nechty sú zlúčeninami nitrocelulóзовých lakov, zmäkčovadiel, farieb, pigmentov, prírodných živíc, olejov a voskov a rozpúšťadiel. ^{1,2,5}

1.5.2 Odlakovače

Aplikujú sa na vatový tampón a odstraňujú vrstvy laku bez poškodzovania. Obsahujú acetón, butylacetát a ako hydratačná zložka môže slúžiť lanolín alebo syntetické oleje. ²

1.6 Antiperspiranty a dezodoranty

Na základe obsahu funkčných aktívnych látok sú antiperspiranty rozdelené na dve skupiny- na báze hliníka a zirkónia. Toto zloženie dopĺňa neaktívna matrica, ktorá spĺňa estetické požiadavky spotrebiteľov. Dezodoranty spájajú účinky antiperspirantu a majú tiež účinky dezinfekčné. ^{1,2}

1.7 Prípravky na vlasy

1.7.1 Šampóny

Sú produkty, ktoré majú za úlohu udržiavanie hygieny pokožky hlavy a skrášľovanie vzhľadu vlasov. Zloženie šampónov obsahuje lipofilné a hydrofilné miesta. K mazu a nečistotám, ktoré sú rozpustné v oleji sa viažu lipofilné časti a na vodu sa viažu hydrofilné miesta čo umožňuje vymytie mazu. ^{1,2,5}

1.7.2 Kondicionéry

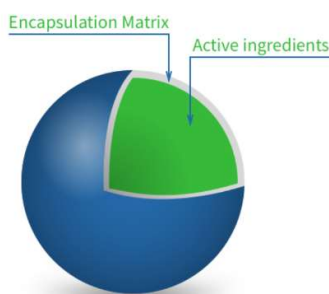
Pôsobia na vlasy ako maz, ktorý ich robí poddajnejšími a lesklými. Kondicionéry zlepšujú kvalitu poškodených vlasov približovaním drene a kôry v rozštiepených končekoch. ²

2 Proces enkapsulácie

Enkapsulácia, mikroenkapsulácia patrí medzi rozvíjajúce sa technológie, ktoré napomáhajú vzniku inovatívnych produktov, ktoré sú dôležité pre stále sa rozrastajúce trhy s potravinami, kozmetikou, produktami osobnej starostlivosti a samozrejme trhy s liečivami. Trh s kozmetikou a produktami osobnej starostlivosti zaznamenal rast napríklad v Brazílii, Číne, Indii, Indonézii a Argentíne. Enkapsulácia dodáva produktom nové funkčné vlastnosti a tým zvyšuje ich pridanú hodnotu. ⁷

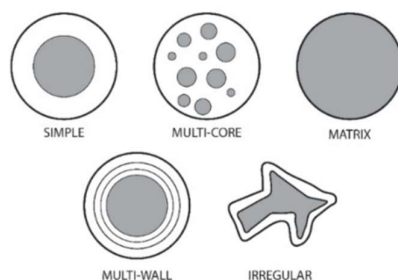
Enkapsulácia je proces uzatvárania pevných častíc alebo plynov do inertného polymérneho obalu, ktoré sú tým chránené a izolované pred vonkajším prostredím. Enkapsulácia sa uskutočňuje na ochranu citlivých látok pred vonkajším prostredím, pred oxidáciou spôsobenou teplom, svetlom, vlhkosťou, kontaktom s inými látkami, maskovanie organoleptických vlastností ako farba, chuť a vôňa látky. Enkapsulácia sa využíva na predĺženie životnosti produktov, zabraňuje odparovaniu prchavých zlúčenín. Enkapsulácia sa využíva na dosahovanie riadeného uvoľňovania látok, na zlepšenie práce s toxickými materiálmi a na obmedzenie alebo zamedzenie pôsobenia nežiadúcich účinkov. ⁷⁻¹⁰

Enkapsuláciou tiež dochádza k úprave hustoty, zmene skupenstva, izolácii dvoch nekompatibilných zlúčenín, ktoré musia koexistovať na rovnakom médiu. Enkapsulované častice, kapsule sa skladajú z dvoch častí- jadra a obalu. Jadro obsahuje účinnú látku, ktorou môžu byť farmaceutické látky, proteíny, peptidy, esenciálne oleje, potravinárske materiály, pigmenty, farbivá, monoméry, katalyzátory, pesticídy a obal chráni túto látku. Látka, ktorá sa využíva na enkapsuláciu sa nazýva tiež povlak, membrána, obal, kapsula, nosný materiál, vonkajšia fáza alebo matrica. ⁷⁻¹¹



Obrázok 1 Schematické znázornenie enkapsulovanej častice ¹²

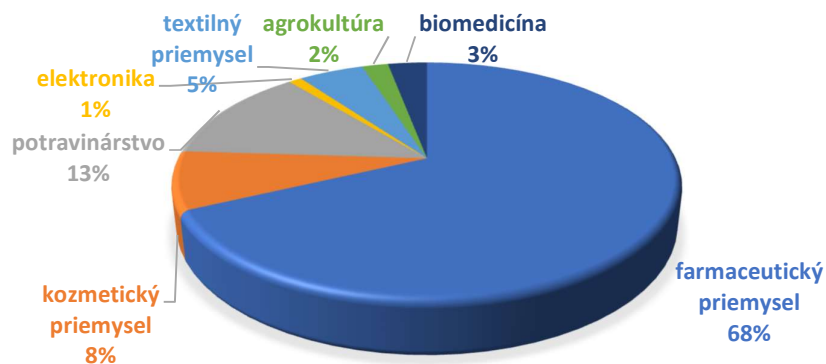
Tieto látky môžu byť zapuzdrené do obalových materiálov ako je škrob, alginát sodný, polyestery, chitosany, cyklodextríny, lipozómy, polyfenoly. Častice získané enkapsuláciou môžu mať rôznu morfológiu a štruktúru, medzi ktoré patrí napríklad strešná membrána, sférická, nepravidelná a viacvrstvová štruktúra alebo štruktúra početných jadier. Štruktúra a morfológia závisí na použitých enkapsulačných materiáloch a od použitej techniky.¹⁰



Obrázok 2 Schéma znázorňujúca príklady štruktúry enkapsulovaných častíc¹³

Častice veľkosti v rozmedzí 3-800 μm , ktoré vznikajú enkapsuláciou sa nazývajú mikročastice, mikrokapsuly. Častice menšie ako 1 μm sa nazývajú nanočastice, nanokapsuly alebo nanosféry a častice, ktoré vznikli enkapsuláciou a majú veľkosť viac ako 1000 μm sa nazývajú makročastice. Existujú rôzne techniky enkapsulácie a jej účinnosť závisí od rôznych faktorov, medzi ktoré patrí koncentrácia polyméru, rozpustnosť polyméru v rozpúšťadle, rýchlosť odstránenia rozpúšťadla a rozpustnosť organického rozpúšťadla vo vode.⁸

Enkapsulácia má mnoho priemyselných aplikácií, medzi ktoré patrí samoprepisovací papier, vzorkovanie vôní, „inteligentné“ textílie, kontrolované uvoľňovanie liečiv, pesticídov a kozmetických aktívnych látok.⁸



Obrázok 3 Schematické znázornenie štatistického rozdelenia enkapsulácie v oblastiach použitia, vyjadrené v percentách¹⁴

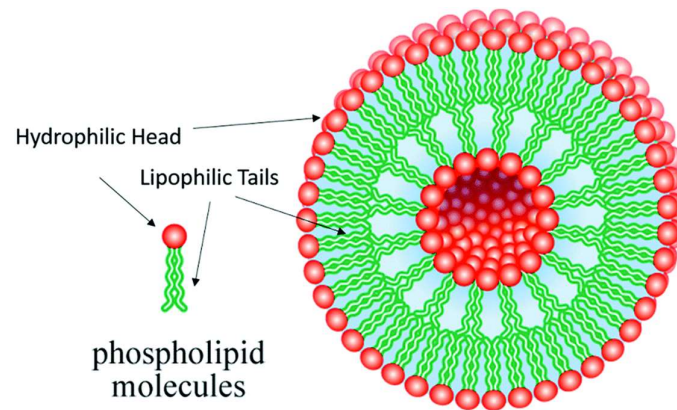
Zapuzdrené činidlo sa uvoľňuje z kapsule rôznymi mechanizmami ako napríklad mechanickým pôsobením, teplom, difúziou, zmenou pH , biologickým rozkladom a rozpúšťaním.⁸

Lokálna a transdermálna aplikácia aktívnych kozmetických prípravkov vyžaduje využívanie netoxických prostriedkov, ktoré nespôsobujú podráždenia a pôsobia na cieľové miesta. Počas prípravy, skladovania a aplikácie produktu je nevyhnutná konzervácia účinných látok. Enkapsulácia sa využíva na ochranu pred nežiadúcou degradáciou, pretože väčšina biologicky aktívnych látok je nestabilná, citlivá na teplotu, zmenu pH , svetlo a oxidáciu. Ďalší význam enkapsulácie v kozmetickom priemysle je uvoľňovanie účinnej látky, ktoré môže byť jej vplyvom špecificky cieleň a kontrolované.¹¹

2.1 Lipozómy

Lipozómy sú malé kruhové vezikuly s veľkosťou častíc v rozsahu od 30 nm do niekoľkých mikrometrov, ktorú môžu byť vytvárané z cholesterolu alebo z prírodných netoxických fosfolipidov. Lipozómy sú tvorené jednou alebo viacerými lipidovými (tukovými) dvojvrstvami, ktoré obklopujú vodné jednoty. Zložky, ktoré vytvárajú dvojvrstvu ovplyvňujú jej pevnosť, tekutosť a náboj. Dvojvrsty, ktoré sú tvorené nenasýtenými fosfatidylcholínovými druhmi získaných z prírodných zdrojov ako vajíčka alebo sójové bôby, sú priepustnejšie a menej stabilné. Dvojvrstvy tvorené nasýtenými fosfolipidmi, ktoré majú dlhé acylové reťazce vytvárajú tuhé a skôr nepriepustné dvojvrstvy. Lipozómy sú biokompatibilné, biologicky odbúrateľné, majú nízku toxicitu a sú používané ako nosiče mnohých molekúl v kozmetickom,

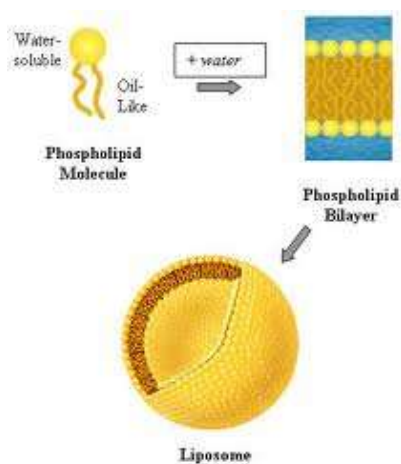
farmaceutickom priemysle, potravinárstve a v poľnohospodárskom priemysle. Lipozómy nie sú špecifické látky, sú transportné systémy, ktoré zabezpečujú prienik látok kožou, pokožkou do hlbších vrstiev. Lipozómy sú schopné zachytávať hydrofóbne a hydrofilné zlúčeniny, zabráňovať rozkladu látok, ktoré zachytávajú a cielene uvoľňovať zachytené látky. Hĺbka prieniku látky dopravovanej lipozómami závisí na veľkosti a stabilite. Malé, stabilné lipozómy sú schopné transportovať látky až do krvného obehu, s rastúcou veľkosťou a so znižujúcou sa stabilitou klesá hĺbka prieniku do pokožky.^{1,15} Lipozómové vezikuly sú tiež schopné dodávať účinné látky pomerne rýchlo a vo vyšších koncentráciách ako iné topické prípravky napríklad krémy, vody, gély, emulzie.¹⁶



Obrázok 4 Štruktúra lipozómu¹⁷

Lipozómy majú potenciál k vytvoreniu radikálnych zmien v oblasti dodávania kozmetických prípravkov, ako bolo už spomenutú vyššie. Výhoda lipozómov je, že sú schopné enkapsulovať veľké množstvo účinných látok a štruktúrna podoba ich dvojvrstvy s bunkovými membránami zabezpečuje ich interakciu s kožnými bunkami. Táto vlastnosť sa využíva v topických prípravkoch a dermatokozmetike. Lecitíny rôzneho pôvodu sú fosfolipidy, ktoré patria medzi najviac využívané v biologických štúdiách. Pôvod lecitínov ovplyvňuje ich vlastnosti a spôsobuje ich odlišnosti v zložení, dĺžke reťazca, stupňa nasýtenia a tiež v skupinách s polárnou hlavou. Rôzne štúdie sa zaoberali tým, ako chemickú stabilitu lipozómov ovplyvňuje pôvod fosfolipidov, z ktorých sú pripravené. Pri použití lipozómov na enkapsuláciu, pripravených z vaječného lecitínu a z sójového lecitínu, neboli pozorované rozdiely v ich nosnej kapacite účinnej zložky. Naopak chemické zloženie lipidov môže ovplyvňovať fyzikálno-chemické vlastnosti lipozómov a tiež ich interakciu s prísadami,

migráciu a difúziu molekúl, uvoľňovanie a prienik kožou. Pri použití vaječného lecitínu na prípravu lipozómovej formulácie boli zistené vyššie hydratačné účinky ako pri použití sójového lecitínu. Pôvod lecitínu nemá však vplyv na viskozitu, povrchové napätie a uhol rozprašovania lipozomálnych prípravkov. Pri použití týchto dvoch lipidov je možné pozorovať zmeny v hodnotách pH lipozomálnych suspenzií. Použitie vaječného lecitínu ako zdroja lipidov je výhodnejšie, pretože jeho fyziologické účinky na koži sú výrazne lepšie ako pri použití sójového lecitínu.¹⁶



Obrázok 5 Formulácia lipozómu¹⁸

3 Aplikácia enkapsulácie v kozmetickom priemysle

Enkapsulačných techník existuje veľké množstvo a sú prispôsobované typom použitých materiálov jadra a plášťa a požadovanej výslednej veľkosti častíc ako aj rôznej priepustnosti, chemickej stability, koncentrácie, rýchlosti a mechanizmu uvoľňovania účinnej látky, a tiež nákladov na výrobu, Enkapsulačné techniky sú rozdelené do základných skupín a to na fyzikálne metódy, fyzikálne chemické metódy a chemické metódy.^{8,11}

Medzi fyzikálne mechanické metódy patria sprejové sušenie, pot'ahovanie vo fluidnom lôžku, odparovanie rozpúšťadla, extrúzia a odstredivá extrúzia, procesy využívajúce superkritickú tekutinu a ďalšie. Fyzikálno-chemické metódy zahŕňajú chladenie rozprašovaním, potiahnutie taveninou za tepla, iónové gélovanie, extrakciu rozpúšťadlom, jednoduchú alebo komplexnú koacerváciu. Medzi chemické metódy patrí medzifázová polykondenzácia, in situ polymerizácia, medzifázová polymerizácia, medzifázové zosieťovanie a ďalšie. Vybrané metódy sú popísané v ďalšej kapitole.^{8,11}

3.1 Popis vybraných enkapsulačných techník.

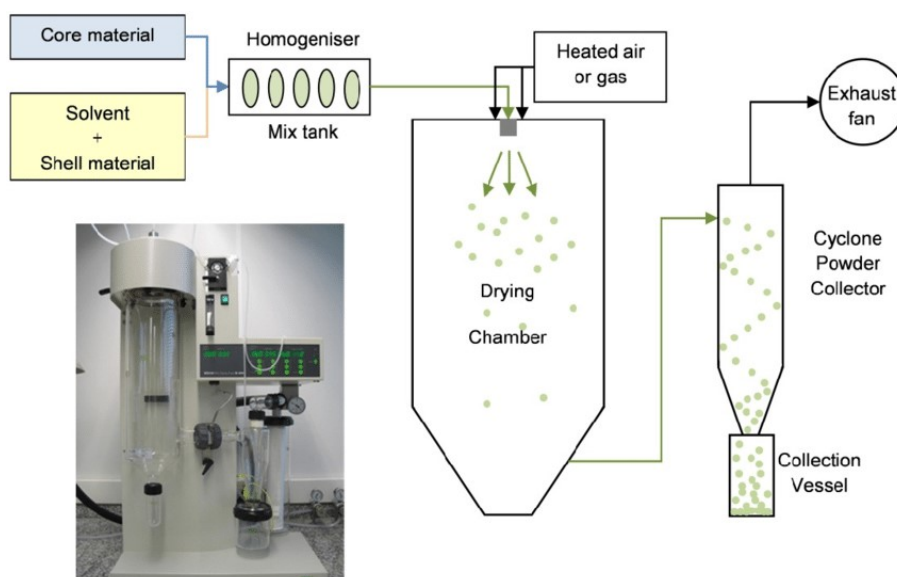
3.1.1 Sprejové sušenie

Sprejové sušenie je fyzikálno-mechanická technika vyvinutá v 30. rokoch minulého storočia, ktorá je všestranným procesom enkapsulácie. Je to proces, ktorý je prispôsobiteľný širokému spektru surovín a produktov, môže byť používaný s roztokmi, suspenziami, taveninami a pastami.⁷

Technika sprejového sušenia je realizovaná pomocou zariadenia, ktoré umožňuje tvorbu častíc z disperzie aktívnej zlúčeniny v roztoku pot'ahovacieho činidla. Kvapalná formulácia, ktorá obsahuje povlakové činidlo a aktívnu látku v rozpúšťadle môže byť rozprašovaná dvoma spôsobmi. K atomizácii kvapalného prúdu dochádza pomocou dýzy, ktorá využíva stlačený plyn na atomizáciu privádzanej kvapaliny alebo pomocou rotačného rozprašovača s kolesom, ktoré sa točí vysokou rýchlosťou. K odparovaniu rozpúšťadla dochádza po kontakte atomizovaného prúdu a zahriatým procesným plynom pomocou plynového dispergátora. Pri odparovaní kvapaliny z kvapôčky, dochádza k tvorbe častice, ktorá dopadá na dno komory. Cyklón alebo vreckový filter sa využívajú na získavanie práškoveho produktu, ktorý zostal v odvádzaných plynach. Táto technológia je cenovo nenáročná a flexibilná, využívaná

v priemysle na výrobu mikrokapsúl alebo mikrosfér podľa toho, aký je charakter pôvodnej rozprašovanej kvapaliny. Sprejové sušenie má však aj nevýhody, a to priestorovo veľké používané zariadenie, potreba následného spracovania vzniknutých mikrokapsúl a nízka tepelná účinnosť.^{9,11}

Sprejové sušenie sa využíva pri príprave mikrokapsúl, ktoré obsahujú zelený kávový olej. Zelený kávový olej sa využíva v kozmetike v opaľovacích krémoch a v hydratačných prípravkoch na tvár.^{19,20}

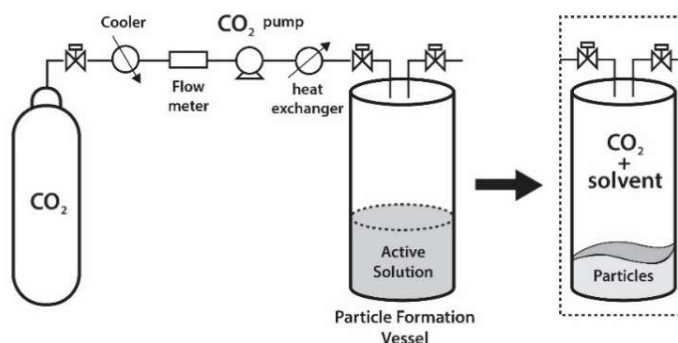


Obrázok 6 Schematické a reálne znázornenie zariadenia na techniku sprejovým sušením²¹

3.1.2 Metóda využívajúca superkritické tekutiny

Enkapsulačné techniky využívajúce superkritickú tekutinu boli vyvíjané v posledných rokoch. Superkritická tekutina sa definuje ako intermediát medzi kvapalinou a plynom, ktorej vlastnosti sa dajú meniť zmenami tlaku a teploty. Medzi najrozšírenejšiu superkritickú tekutinu patrí oxid uhličitý (CO₂) vďaka jeho nízkej kritickej teplote a tlaku. Je vhodný na spracovanie materiálov, ktoré sú citlivé na teplo. Superkritický CO₂ je netoxický, nehorľavý a cenovo dostupný. Procesy, ktoré využívajú superkritickú tekutinu sú rozdelené do troch skupín v závislosti na použití superkritickej tekutiny, ktorá môže byť použitá ako rozpúšťadlo, anti-rozpúšťadlo a rozpúšťaná látka. Medzi metódy, kedy je superkritická tekutina použitá ako rozpúšťadlo patrí metóda rýchlej expanzie superkritických roztokov. Pri použití ako anti-rozpúšťadlo sa využívajú metódy superkritického anti-rozpúšťadla, a pri použití tekutiny ako rozpúšťanej látky sa využívajú metódy častíc z roztokov nasýtených plynom.^{11, 12}

Metóda superkritického anti-rozpúšťadla sa napríklad využíva na syntézu častíc, ktoré obsahujú extrakt zo zeleného čaju¹¹. Zelený čaj má priaznivý účinok na problémy s pleťou a pôsobí tiež na mastnú pleť. Vyskytuje sa napríklad v pleťových tonikách.²²

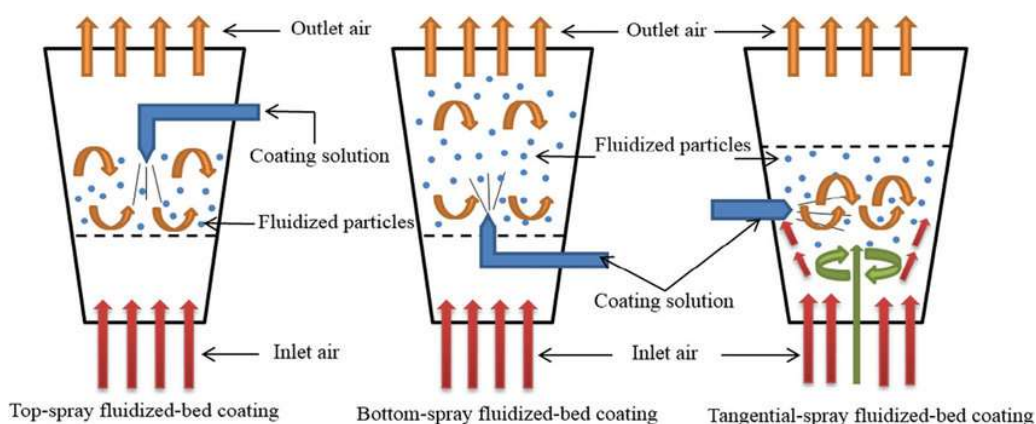


Obrázok 7 Schematické znázornenie zariadenia využívaného na enkapsuláciu pomocou superkritickej tekutiny CO₂²³

3.1.3 Technológia fluidného lôžka

Táto metóda je založená na nastriekaní kvapalného povlaku na častice a rýchlom odparovaní, ktoré umožňuje tvorbu vonkajšej vrstvy, a ktorej hrúbka a formulácia sa získavajú podľa potreby. Prístroje na tvorbu povlaku pomocou fluidného lôžka môžu obsahovať horný sprej, spodný sprej a tangenciálny sprej. Pri využívaní horného spreja sa potáhový materiál rozprašuje smerom nadol na pevné alebo porézne častice pohybujúce sa do potáhovacej oblasti, ktoré sú týmto procesom zapuzdrené. Následné odkvapkávanie enkapsulovaných častíc závisí od použitého potáhovacieho materiálu. Spodný sprej sa po svojom vynálezcovi nazýva tiež „Wurster's coater“ a využíva na enkapsuláciu povlakovú komoru s valcovou dýzou a perforovanou spodnou doskou. Dýza sa využíva na striekanie potáhového materiálu na častice, ktoré prechádzajú cez perforovanú spodnú dosku k dýze. K príľnutiu materiálu k častici dochádza odparovaním rozpúšťadla alebo chladením častice. Tento proces sa môže opakovať až do dosiahnutia požadovanej hrúbky a hmotnosti, čo je jedna z výhod tejto metódy, pretože dochádza k zníženiu defektu častíc. Tangenciálny sprej obsahuje rotujúci disk v spodnej časti komory, ktorý po zdvihnutí vytvorí medzeru medzi komorou, dýzou ktorá je umiestnená nad ním. Častice, ktoré sa majú enkapsulovať sa pohybujú medzerou do postrekovej zóny.⁸

Technológiou fluidného lôžka sa pripravujú mikročastice pseudo-ceramidov, ktoré sú veľmi efektívnej pri regenerácii poškodenej kože.²⁴

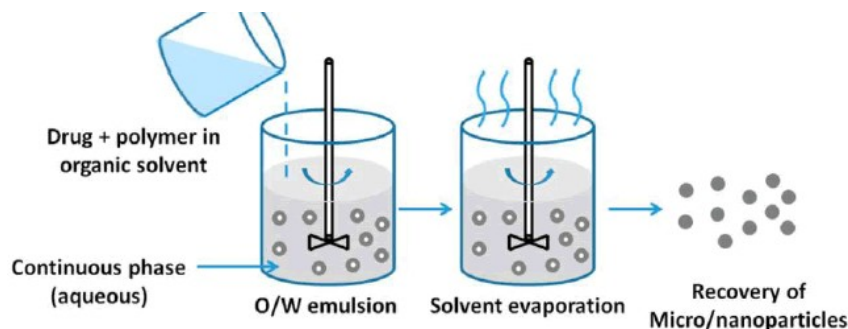


Obrázok 8 Schematické zobrazenie typov sprejov využívaných pri enkapsulačnej metóde fluidného lôžka²⁵

3.1.4 Odparovanie rozpúšťadla

V prípade enkapsulačnej metódy odparovania rozpúšťadla sú v systéme prítomné 3 fázy, jadro, povrchový materiál a nosič na výrobu kvapalín (LMV). Materiál jadra je rozpustený alebo dispergovaný v roztoku povlakového činidla. Zmes je za miešania pridávaná do fázy LMV a je zahrievaná aby dochádzalo k odparovaniu rozpúšťadla. Po odparení sa obal zmršťuje a obaluje jadro.⁸

Metóda odparovanie rozpúšťadla sa využíva pri tvorbe mikrokapsúl, ktoré obsahujú olej z hroznových jadier z *Vitis vinifera* L. Tento olej zabezpečuje hydratáciu pokožky a môže sa využívať v rôznych kozmetických prípravkoch.²⁶



Obrázok 9 Schéma znázorňujúca enkapsulačnú metódu odparovanie rozpúšťadla²⁷

3.1.5 Emulzifikačne-rozpúšťadlová odstraňovacia metóda.

Táto metóda je založená na odparovaní alebo extrakcii vnútornej fázy emulzie, po ktorom dochádza k zrážaniu polymérneho povlaku vo forme častíc, ktorý je v tejto fáze rozpustený.

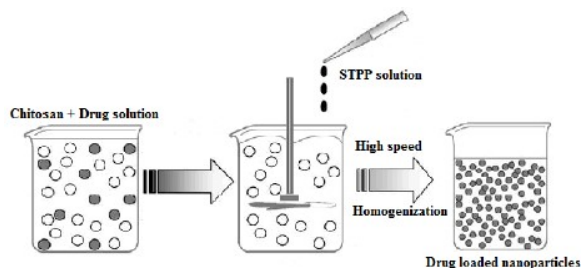
V organickom rozpúšťadle sa rozpustí materiál, ktorý má vytvárať maticu častíc. Rozpúšťadlo určené na odparovanie musí mať nízku miešateľnosť s vodou. Nasleduje rozpustenie aktívnej látky v roztoku polyméru. K emulgácii dochádza jemne vo vode, ktorá obsahuje povrchovo aktívne látky aby došlo k vzniku emulzie olej vo vode (O/W) . Rozpúšťadlo sa odparí zahrievaním. Pri metóde extrakcie rozpúšťadla, nanoprecipitácií, je roztok polyméru, ktorý obsahuje účinnú látku, vstrekaný do kontinuálnej vodnej fázy, ktorá obsahuje povrchovo aktívnu látku. Pri zrážaní polyméru a zachytávaní aktívnych častíc dochádza k tvorbe nanočastíc, ktoré sú teda tvorené spontánnou difúziou rozpúšťadla do vodnej fázy. Častice sa po odstránení rozpúšťadla premyjú, oddelia filtráciou alebo odstredovaním, a potom sú vysušené alebo lyofilizované.¹¹

Táto metóda má aplikáciu v enkapsulovaní kurkumínu kopolymérom kyseliny mliečnej a glykolovej. Kurkumín pôsobí proti starnutiu pleti, vráskam, napomáha pri regenerácii pokožky a môže byť využívaný ako farbivo v prípravkoch na starostlivosť o nechty a pery.²⁸

3.1.6 Metóda iónovej tvorby gélu

Iónové gélovanie je metóda, pri ktorej dochádza k extrudovaniu vodného roztoku polyméru pomocou ihly alebo trysky s rozpusteným aktívnym materiálom. Kvapky sú získané v dispergačnej fáze a po reakcii sú transformované na gélové častice.¹¹

Iónové gélovanie, je metóda, ktorá sa využíva pri enkapsulácii linalolu chitosanom a tiež sa používa pri tvorbe nanočastíc chitosanu s anattom alebo šafránom. Tieto častice sú vhodné na prípravu emulzií krémov na opaľovanie.^{29,30}



Obrázok 10 Schéma znázorňujúca metódu iónového gélovania³¹

3.1.7 Koacervácia

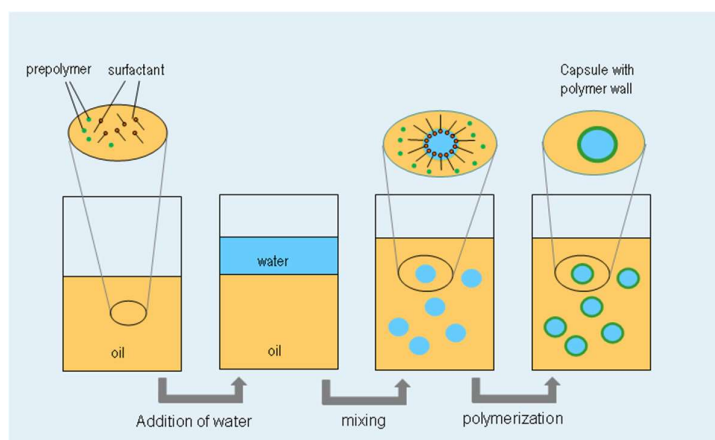
Koacervácia patrí medzi najstaršie a najpoužívanejšie enkapsulačné metódy, ktorá zahŕňa elektrostatickú príťažlivosť medzi dvoma biopolymérmi s opačnými nábojmi a prebieha v úzkom rozmedzí pH . V tejto technike sa kvapalná fáza oddeľuje od na polymér bohatej koacervátovej fázy. Koacervačná technika sa využíva v potravinárskom, farmaceutickom priemysle, kozmetike a pri výrobe pesticídov. Koacervácia je definovaná ako čiastočná desolvatácia polymérneho roztoku na fázu bohatú na polymér, ktorá sa nazýva koacervát a fázu na polymér chudobnú, ktorá ma tiež označenie koacervačné médium. Koacervačné metódy sú rozdelené na jednoduché a komplexné koacervácie. Tvorba kapsúl je pre oba tieto procesy rovnaká, rozdielny je spôsob separácie fáz. Pri jednoduchej koacervácii dochádza k nasýteniu polymérov pôsobením elektrolytov alebo dochádza k desolvatácii polymérov pridaním nesolventu, ktorý je miešateľný s vodou alebo zvýšením, znížením teploty. Jednoduchá koacervácia sa s výhodou používa pri enkapsulácii hydrofóbných látok. Komplexná koacervácia je metóda, ktorá zahŕňa 2 opačne nabité polyméry. Komplexná koacervácia zahŕňa tri základné procesy, medzi ktoré patrí tvorba troch nemiešateľných fáz, nanášanie povlaku a jeho následné tuhnutie. V prvom kroku dochádza k vytváraniu fáz kvapalného nosiča, materiálu jadra a materiálu povlaku. Materiál jadra sa disperguje v roztoku povlakového polyméru. K tvorbe fázy povlakového materiálu dochádza pomocou zmeny teploty v roztoku polyméru, pridaním soli, pridaním nesolventu, pridaním nekompatibilného polyméru alebo indukciou interakcie polyméru s polymérom. Ďalším krokom dochádza k nanášaniu kvapalného polyméru na materiál jadra. Pripravené mikrokapsuly sa stabilizujú zosieťovaním, desolvatáciou alebo sú tepelne spracované. Komplexná koacervácia má využitie v priemyselnom meradle aj vďaka nízkym nákladom na prevedenie, jednoduchosti, prevedení bez rozpúšťadiel a má široký rozsah.^{8,32}

Metódou koacervácie sa pripravujú mikrokapsuly bieleho tymianového oleja v kopolyméry kyseliny mliečnej a glykolovej. Tymianový olej patrí medzi esenciálne oleje, ktoré majú v kozmetike široké využitie.³³

3.1.8 Medzifázová polymerizácia

Pri technike medzifázovej polymerizácie dochádza k tvorbe kapsuly na povrchu kvapôčky alebo častice pomocou polymerizácie reaktívnych monomérov. Všeobecne sú využívané multifunkčné monoméry ako izokyanáty a chloridy kyselín. Použitý multifunkčný monomér sa rozpúšťa v kvapalnom materiály jadra a je dispergovaný vo vodnej fáze, ktorá obsahuje dispergačné činidlo. Po pridaní amínu dochádza k polymerizácii na rozhraní a k vytvoreniu obalu kapsuly.⁸

Medzifázová polymerizácia je aplikovaná pri enkapsulácii vitamínú C pomocou polyamidu. Vitamín C sa vyskytuje najmä v produktoch proti starnutiu pleti, pretože stimuluje tvorbu kolagénu a má bieliaci účinok.³⁴



Obrázok 11 Schéma krokov medzifázovej polymerizácie mikroemulzie vody v oleji pre mikrokapsuly s vodným jadrom.³⁵

3.1.9 Polymerizácia In situ

Metóda polymerizácie in situ sa najčastejšie využíva na prípravu mikrokapsúl a syntézu funkčných vlákien. Pri tejto polymerizácii dochádza k vytváraniu obalu pridávaním reaktantu do vnútra alebo do vonkajšej časti materiálu jadra. Polymerizácia in situ sa od ostatných polymerizačných metód odlišuje tým, že v materiáli jadra nie sú prítomné reaktanty. Všetky typy polymerizácie prebiehajú v kontinuálnej fáze alebo na strane kontinuálnej fázy ak je rozhranie medzi materiálom jadra a kontinuálnou fázou. Po vytvorení prepolymeru s nízkou molekulovou hmotnosťou dochádza k jeho rastu a ukladaniu na povrch materiálu jadra, a tým dochádza k vytvoreniu pevného obalu kapsuly.^{8,32}

Polymerizácia in situ sa využíva napríklad pri enkapsulácii oleja z ľanových semienok s melamín-močovino-formaldehydovým obalom. Pripravené mikrokapsuly sa môžu využívať v kozmetických prípravkoch.³⁶

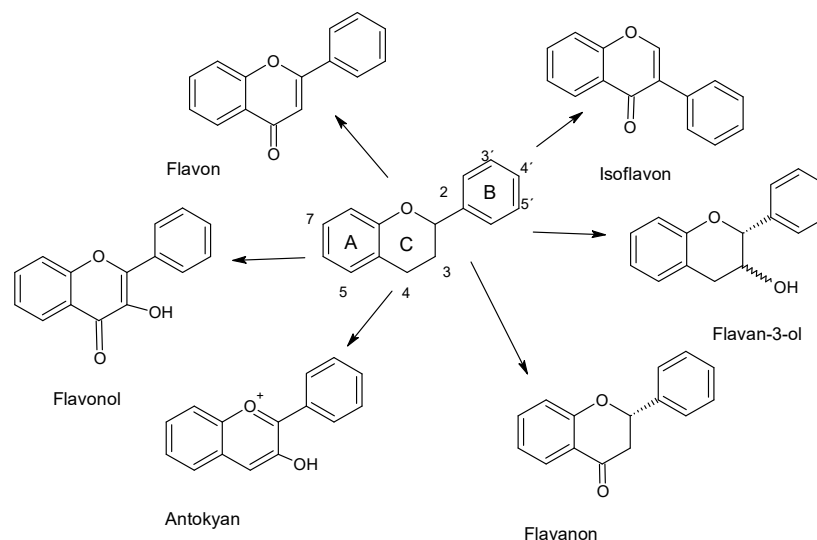
3.2 Aktívne látky používané na enkapsuláciu v kozmetickom priemysle

Na enkapsuláciu aktívnych zložiek v kozmetike sa využívajú biologicky odbúrateľné, syntetické aj prírodné, polyméry. Ich výhodami je, že po kontakte s ľudským telom nedochádza k reakciám, rozkladajú sa a metabolizujú a odstraňujú sa z tela bežnými metabolickými dráhami. Medzi biologicky odbúrateľné polyméry patria polyestery, polyalkylkyanoakryláty, PAMAM dendriméry, ale aj škrob, chitosan, algináty a cyklodextríny. Ďalším používaným materiálom môžu byť polyfenoly.³⁷

3.2.1 Polyfenoly

Polyfenoly sú sekundárne metabolity, ktoré sú prítomné vo všetkých cievnatých rastlinách, sú skupinou všadeprítomných a početných zlúčenín, ktoré majú veľkú variabilitu štruktúr, od najjednoduchších až po zložitejšie. Spoločným znakom štruktúr polyfenolov je prítomnosť benzénového kruhu a jednej alebo viacerých hydroxylových skupín. Polyfenoly majú schopnosť vychytávať radikálové kyslíky, čo umožňuje aplikáciu polyfenolov pri liečení rôznych druhov ochorení a aj v kozmetických prípravkoch proti starnutiu pleti. Polyfenoly sú však vďaka týmto vlastnostiam nestabilné, citlivé na svetlo a teplo, majú nízku rozpustnosť vo vode a môžu mať horkú chuť. Na zlepšenie týchto nepriaznivých vlastností sa využíva enkapsulácia ako sľubná metóda.¹¹

Flavonoidy a fenolové kyseliny sú polyfenolové zlúčeniny, ktoré sú zložkami kozmetických prípravkov na starostlivosť o pokožku, ktorá bola vystavená slnečnému žiareniu. Ich lokálna aplikácia je účinná na inhibíciu kožného erytému. Flavonoidy a fenolové kyseliny, terpenoidy a aminokyseliny pôsobia ako blokátory UV žiarenia.³⁸



Obrázok 12 Prehľad štruktúrnych vzorcov flavonoidov

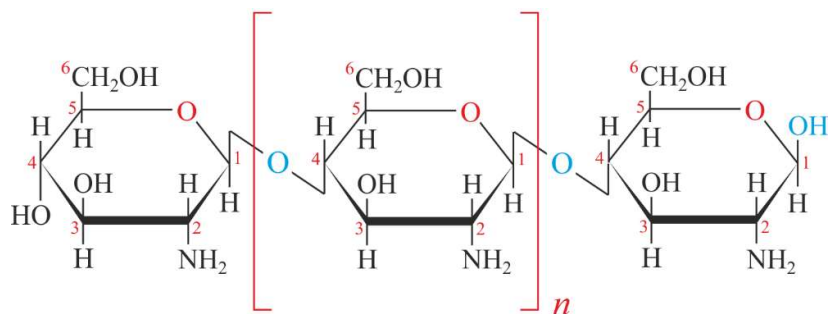
Flavonoidy majú tiež antioxidantné účinky a redukujú oxidatívny stres rôznymi mechanizmami. Krémy proti starnutiu majú hydratačné schopnosti a obsahujú prírodné zložky, pôsobia na znižovanie počtu vrások a línií, ktoré vznikli pôsobením slnečného žiarenia a sú rastúcou položkou na spotrebiteľskom trhu. Vďaka vychytávacím schopnostiam sú prírodné polyfenoly zaujímavými zložkami pre účely tvorby prípravkov proti starnutiu pleti. Zdrojom polyfenolov je aj hrozno (*Vitis vinifera* L.), a práve extrakt z hroznových jadier patrí k najbežnejším botanickým prípravkom, ktoré sa nachádzajú v omladzovacích krémoch.³⁸

3.2.2 Polysacharidy, oligosacharidy

Chitosan

V dnešnej dobe sa v dôsledku vnímania ekologických problémov upriamuje vývoj a štúdie na prírodné zložky prípravkov. Jedna zo štúdií sa zameriava na vývoj polymérnej matice z chitosanu, ktorá zachytáva antioxidantné aktívne zlúčeniny a vitamín C. Potenciálom je liečba proti starnutiu pleti vo forme pleťových masiek, ktoré sú rastúcou kategóriou v oblasti produktov na starostlivosť o pleť. Pri starnutí kože dochádza k biochemickým zmenám, ako je znížená produkcia kolagénu a kyseliny hyaluronovej, znížené množstvo vody v pokožke, poškodenie žiarením alebo pôsobenie voľných radikálov. Starnutie kože zahŕňa degradáciu extracelulárnej matrice, ktorá sa prejaví na povrchu kože.³⁹

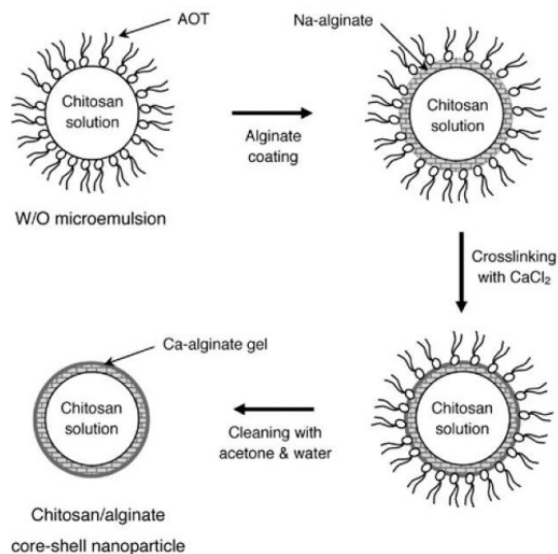
Chitosan je rozpustný v kyslých vodných roztokoch. Môže vytvárať rôzne konformácie ako mikro, nano a mili častice, filmy, skafoldy a vlákna. Chitosan a jeho deriváty sa využívajú vo vlasovej kozmetike a taktiež v starostlivosti o pleť.⁴⁰



Obrázok 13 Štruktúra chitosanu⁴¹

Chitosan je ideálnou zložkou polymérneho obalu olejových nanokapsúl, pretože má výhodné biologické vlastnosti, ako je biokompatibilita, biodegradabilita, antimikrobiálna aktivita, nízka toxicita a zvýšená priepustnosť. Chitosan sa môže využívať aj pri enkapsulácii linalolu, ktorý je hlavnou zložkou esenciálnych olejov využívaných v kozmetike a vykazuje priaznivé účinky, je však nestabilný, prchavý, ľahko oxiduje, a preto sa využíva jeho enkapsulácia. Enkapsuláciou je citlivá látka zachytená v membráne kapsule a tým sa zamedzí priebehu vedľajšej reakcie.²⁹

Nanočastice chitosan- alginát preukazujú antimikrobiálnu aktivitu voči *P. acnes*, tým že indikujú narušovanie bunkovej steny baktérie a tiež vykazujú protizápalové účinky inhibíciou produkcie protizápalového cytokínu v monocytoch vyvolaného *P.acnes*. Bežný spôsob terapie akné je využívanie benzoylperoxidu, pretože naň zatiaľ nebola preukázaná bakteriálna rezistencia kmeňa *P. acnes*. Účinná liečba akné je spojená s podráždením kože ako nežiadúcim účinkom. Po enkapsulácii benzoylperoxidu chitosan-alginátom bolo zistené, že dochádza k zlepšeniu antimikrobiálnych účinkov už pri nižších koncentráciách, ktoré sú teda menej dráždivé ku pokožke. Enkapsulovaním je poskytovaná vysoko účinná molekula, ktorá vykazuje väčšie poškodenie bunkovej steny *P.acnes* a zároveň menšie podráždenie kože pri liečbe.⁴²



Obrázok 14 Schematické znázornenie nanočastíc chitosan-alginát jadro-obal ⁴³

Cyklodextríny

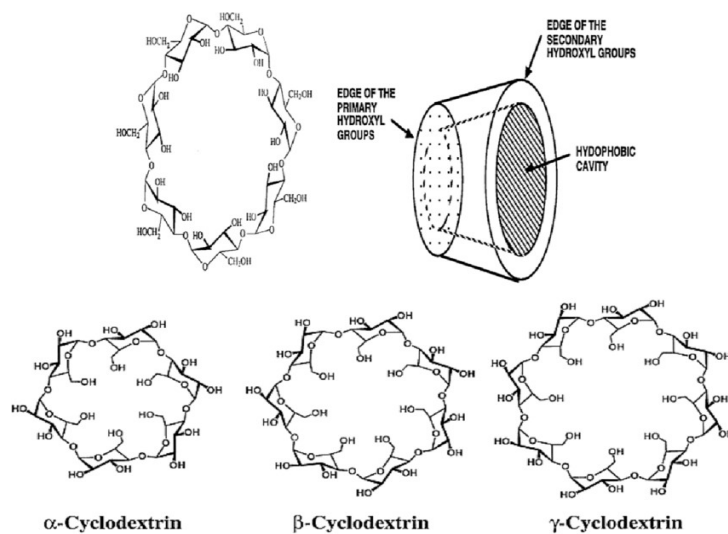
Cyklodextríny sú cyklické oligosacharidy. Sú produkované hromadne enzymatickým pôsobením na škrob. Vyskytujú sa vo forme α , β , γ , ktoré predstavujú 6, 7 alebo osem glukopyranózových jednotiek. ^{37,44}

Cyklodextríny môžu byť kombinované s anorganickými alebo organickými molekulami, vytvárajú inklúzne komplexy typu host'-hostiteľ. Sú zložené z vnútornej dutiny, ktorá je hydrofóbná a z hydrofilného vonkajšieho povrchu. ⁴⁵

Kozmetické prípravky obsahujú olejové suroviny, zvlhčovadlá, polyméry, absorbenty UV žiarenia, antioxidanty, farbivá, vonné materiály, konzervačné látky a vonné zložky, ktoré prenikajú kožou spolu s biologicky aktívnymi látkami ako sú vitamíny, hormóny a aminokyseliny. Kozmetické materiály sú málo rozpustné vo vode, a preto sa používajú ako solubizéry povrchovo aktívne látky. Pri prenikaní kožou môžu konzervačné látky, vonné látky, a tiež povrchovo aktívne látky vyvolávať podráždenia, alergie kože a dermatitídy. Používanie bezpečnejších solubizačných činidiel s biadaptabilitou a multifunkčnými vlastnosťami je spojené s využívaním cyklodextrínov v kozmetike. ⁴⁶

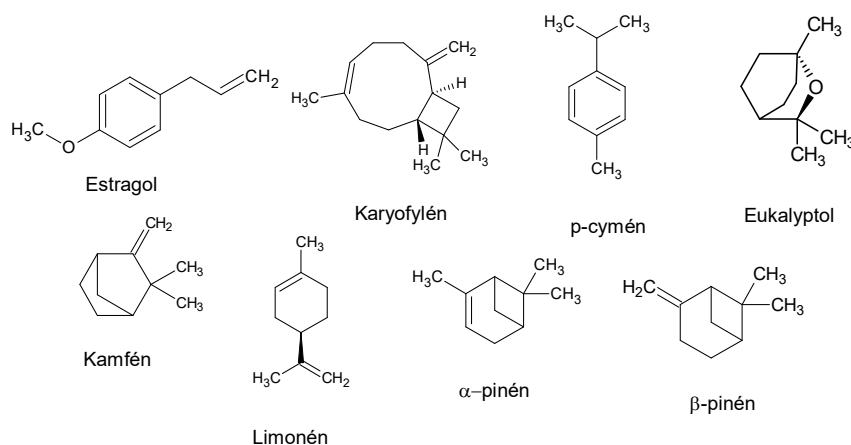
Cyklodextríny majú v kozmetike široké využitie a to na kontrolované uvoľňovanie vôní, znižovanie dermálnej penetrácie konzervačných látok. Hydroxypropyl cyklodextríny zvyšujú rozpustnosť kozmetických materiálov vo vode a spomaľujú uvoľňovanie vôní. Medzi ďalšiu

aplikáciu cyklodextrínov patrí maskovanie zápachu, stabilizácia kozmetických materiálov, podieľajú sa na vytváraní stabilných emulzií a suspenzií. ⁴⁶



Obrázok 15 Prehľad štruktúry cyklodextrínov⁴⁷

Esenciálne oleje a ich jednotlivé zložky majú niekoľko biologických vlastností a využívajú sa aj v kozmetickom priemysle. Ich použitie je obmedzené kvôli prchavosti, zlej rozpustnosti vo vode a stabilite. Tieto obmedzenia rieši enkapsulácia esenciálnych olejov s Captisolom[®] (sulfobutyléter- β -cyklodextrín, SBE- β -CD) a Captisolom-G[®] (sulfobutyléter- γ -cyklodextrín, SBE- γ -CD). Enkapsuláciou sa zvyšuje rozpustnosť esenciálnych olejov vo vode, vytvára sa systém s riadením uvoľňovaním a dochádza k zapuzdreniu hlavných prchavých zložiek, ako napríklad kamfén, β -karyofylén, p-cymén, eukalyptol, limonén, α -pinén, β -pinén a γ -terpinén.⁴⁸



Obrázok 16 Prehľad štruktúrnych vzorcov prchavých zložiek enkapsulovaných cyklodextrínami

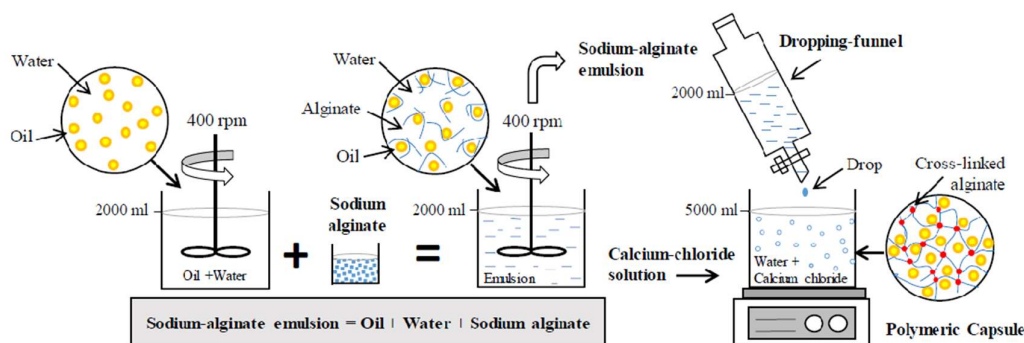
Algináty

Algináty sú vlákna tvorené lineárnym polymérom, ktorý obsahuje dva epiméry kyseliny urónovej, kyselinu mannurónovú a gulurónovú kyselinu. Algináty môžu byť extrahované z bunkových stien hnedých morských rias alebo z určitých druhov baktérií.^{37,49}

V kozmetickom priemysle sa využívajú alginátové kapsule, ktoré sa vyrábajú gélovaním vodných roztokov rozpustných alginátových solí, ako soli draslíka, horčíka, amoniaka, sodíka, alebo vodných roztokov ich derivátov, ako sú ich parciálne estery, pomocou určitých polyvalentných kovových kationov. Priamy spôsob prípravy alginátových kapsúl sa realizuje tak, že sa roztok alginátu nechá kvapkať pomocou dýzy do roztoku viacmocnej soli kovu. Kvapky sú teda gélovité a tvoria kapsuly, ktoré sa extrahujú zo sieťovacieho média, napríklad preosievaním alebo odkvapkávaním. Nadbytočné sieťovacie ióny sa môžu odstrániť opláchnutím vodou, ktorá sa odstráni sušením. Kapsuly môžu byť po opláchnutí a vysušení potiahnuté vrstvou viac alebo menej lepidelového polyméru v roztoku alebo suspenzii. V kompozícií využívanej v kozmetike môže byť vonkajšou fázou gél, emulzia, roztok, olej alebo olejovo kozmeticky prijateľný excipient. Vonkajšia fáza môže tiež zahŕňať akýkoľvek typ prísady alebo účinnej látky v kozmetickom zmysle.⁵⁰

Vodný roztok alginátu obsahuje aspoň jednu vo vode rozpustnú alebo dispergovateľnú kozmetickú prísadu, účinnú látku alebo prísady rozpustné v tukoch, minerálne alebo organické pevné látky, ktoré zostávajú v disperzii alebo v suspenzii v alginickej matici. Účinné látky zahŕňajú biologické zlúčeniny, rastlinné alebo živočíšne extrakty, farebné alebo bezfarebné pigmenty, minerálne plnivá, činidlá na ochranu pred slnečným žiarením, rozpustné alebo nerozpustné polyméry, kvetinové vody, éterické oleje, parfúmy, látky na bukalnu hygienu a zubnú starostlivosť.⁵⁰

Morská voda, soľ a bahno sa už po stáročia využívali na skrášľovanie, preto sa ich aktívne zložky využívajú ako komponenty v kozmetických výrobkoch. Ako prísady sa využívajú látky získané z rias, mikrorias, morských špongií, koralov a mikroorganizmov. Látky ako karagén, agar a algináty, ktoré sú získavané z rias sú využívané ako zvlčovadlá, zahusťovadlá. Extrakty z rias hydratujú pokožku, pôsobia ako ochrana pred UV žiarením, znižujú začervenania, minimalizujú vrásky a pôsobia aj na celulitídu.⁵¹



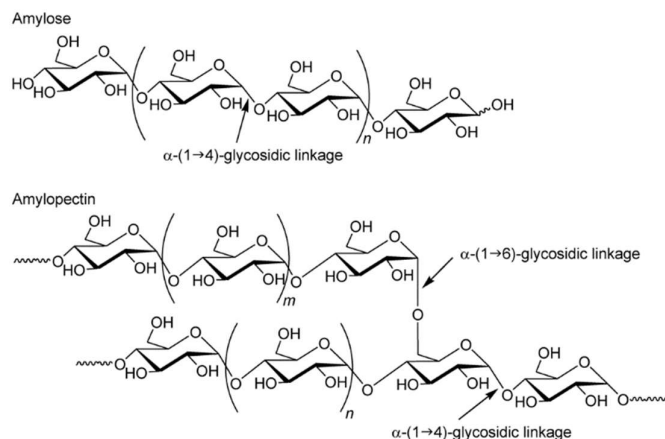
Obrázok 17 Spôsob prípravy kapsúl kalcium-alginátu pomocou iónotropného gélovania⁵²

Škrob

Škrob sa skladá z amylázy a amylopektínu, ktoré sú homopolyméry D-glukózy. Na reťazci škrobu sa nachádza množstvo -OH skupín. Hydroxylové skupiny reťazca vykazujú špecifickú reaktivitu, môžu byť oxidované, redukované alebo vytvárajú vodíkové väzby, étery a estery. V škrobe sa vyskytujú rôzne pomery amylózy a amylopektínu v rozsahu od približne 10 - 20% amylózy a 80 - 90% amylopektínu. Tento pomer závisí na zdroji škrobu. Škrob je biologicky odbúrateľný. Natívny škrob sa nevyužíva priamo, pretože má slabú spracovateľnosť a nízku rozmerovú stabilitu.^{37,53}

Esenciálne oleje majú charakteristickú vôňu a biologickú aktivitu. Sú antioxidantami, protizápalovými látkami a sú tiež využívané ako účinné látky v kozmetike. Ako bolo spomenuté predtým, esenciálne oleje majú sklon k prchavosti a oxidácií, a preto sa na ich stabilizáciu a predĺženie životnosti používa enkapsulácia biopolymérmi, medzi ktoré patrí aj škrob. Medzi enkapsulované esenciálne oleje patria oleje thymiánu, škoric, klinčekov. Škrob využívaný na enkapsuláciu môže byť škrob zo sladkých zemiakov, kukurice, kasavy (*M. esculenta*) a z yamu (*D. rotundata*), ktorý je podrobený hydrolyze a lipofilizácií čo zvyšuje kapacitu tohto emulgátora. Po enkapsulácii je konečný kozmetický produkt emulgovaného

typu, ktorý obsahuje esenciálny olej, stabilnejší a má zachovanú antioxidačnú aktivitu. Využívanou enkapsulačnou metódou je sprejové sušenie.⁵⁴



Obrázok 18 Štruktúra amylozy a amylopektínu⁵⁵

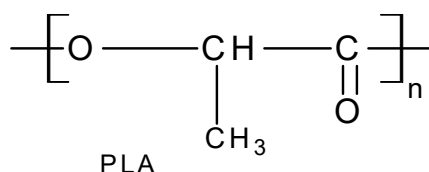
Mikročastice alginátu sodného a škrobom sa používajú ako abrazívne činidlá, ktoré odlupujú odumreté bunky kože. Táto vlastnosť je aplikovaná v kozmetických prípravkoch na čistenie pleti- peelingoch. Výrobky na peeling, ktoré sú dostupné na trhu a využívajú sa v kozmetických prípravkoch obsahujú syntetické mikrogulôčky ako abrazívne činidlá, ktoré sú neodbúrateľné a nemajú priaznivý vplyv na vodné ekosystémy. Vhodnou alternatívou na tieto syntetické látky je využívanie alginátu sodného a škrobom, ktoré sú biologicky odbúrateľné a ekologicky nezávadné. Sférické mikročastice alginátu sodného a zmesi alginátu sodného a škrobu sa získali využitím enkapsulácie. Pridávanie škrobu zvyšuje drsnosť a nepravidelnosť povrchu týchto mikročastíc. Získané častice majú pravidelný guľovitý tvar, ktorý minimalizuje riziko podráždenia kože počas aplikácie a pôsobia rovnako účinne ako syntetické guľičky. Vplyvom pôsobenia peelingu, dochádza k zlepšeniu hydratácie kože.⁵⁶

3.2.3 Polyestery

Kyselina polymliečna, polylaktid, PLA

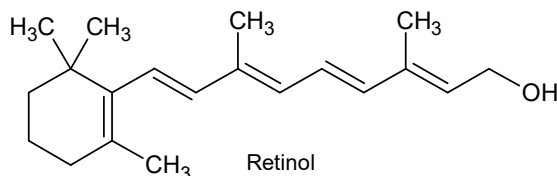
Vzhľad kože sa mení s vekom, ale jeho zmenu tiež spôsobuje UV žiarenie, ktoré vyvoláva starnutie pleti. Starnutie pleti je charakterizované vznikom vyššieho množstva vrások, neelasticitou, drsnosťou, suchosťou a tiež vznikom pigmentových škvŕn. Kyselina retinová

a retinol sú účinnými prostriedkami proti vzniku vrások, ale ich použitie je obmedzené. Obmedzenie je dané nestabilitou retinolu na svetle, teplom, v prítomnosti kyslíka a vedľajšími účinkami kyseliny retinovej. Na zlepšenie týchto nedostatkov sa využíva retinyl retinoátova mikrosféra, ktorá sa pripravuje enkapsuláciou s kyselinou polymliečnou, biologicky odbúrateľným polymérom. Porézny polymér chráni látky náchylné na oxidáciu alebo pred pôsobením atmosférickej vlhkosti a vystupuje ako nový kozmetický dodávací systém. Tento systém využíva mikroentrapmentovú technológiu, v ktorej majú častice otvorenú a poréznu štruktúru a kontrolujú tak uvoľňovanie aktívnych zložiek.^{37,57}



Obrázok 19 Štruktúrny vzorec kyseliny polymliečnej

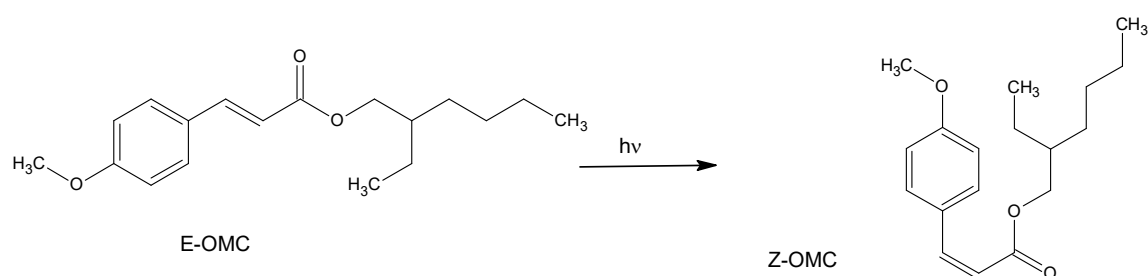
Formulácia retinyl retinoátovej mikrosféry s kyselinou polymliečnou môže zvyšovať rýchlosť prestupovania retinoidnej zložky a môže poskytovať rýchlejšie zlepšenie vrások. Táto látka môže byť použitá v kozmetických produktoch na prevenciu, zlepšovanie starnutia pokožky ale aj na liečbu kožných problémov.^{37,57}



Obrázok 20 Štruktúrny vzorec retinolu

Dlhodobá expozícia UV žiarenia je faktorom, ktorý prispieva k vzniku melanómu, karcinómov skvamóznych a bazálnych buniek a tiež ovplyvňuje starnutie pleti. K starnutiu pleti dochádza pôsobením vonkajších faktorov, medzi ktoré patrí poškodenie kože UV-žiarením, teda vplyv životného prostredia ale aj vnútorných faktorov. Opaľovacie krémy sú prípravky určené na ochranu pokožky pred ultrafialovým svetlom, bežne obsahujúce organické a anorganické účinné látky. Opaľovacie krémy sú efektné ak ich ochranný filter priľne k pokožke, zostáva na stratum corneum a je dosiahnutá akumulácia UV absorbérov s minimálnou permeáciou do obehového systému. Jedným z najpoužívanejších UV filtrov

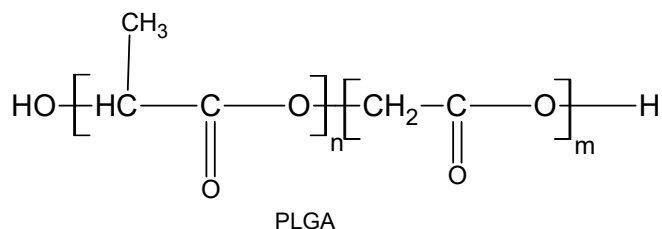
opaľovacích krémov je oktylmetoxycinnamát (OMC), ktorý však môže tiež pôsobiť ako senzibilizátor alebo alergén. Pôsobením slnečného žiarenia sa mení trans izomér oktyl-p-metoxy-trans-cinnamátu (E-OMC) na oktyl-p-metoxy-cis-cinnamát (Z-OMC), čo vedie k zníženiu účinnosti UV filtrácie. Fotostabilita je najdôležitejšou charakteristikou účinných opaľovacích krémov a je ovplyvnená zložkami formulácie a technologickými stratégiami. Využitie polymérnej enkapsulácie prináša chemickú stabilizáciu a tiež môže znižovať kontakt medzi opaľovacím krémom a povrchom kože, čo obmedzuje alergické reakcie. Enkapsulácia OMC do nanočastíc z PLA ma za následok redukciu fotodegradácie, ochranu účinnej zložky a znižuje stupeň fotoizomerizácie. Je teda dokázané, že nanoenkapsulácia OMC nosičom PLA zlepšuje stabilitu OMC bez toho aby znižovala ochranný faktor- silu.⁵⁸



Obrázok 21 Reakcia vyjadrujúca premenu trans izoméru oktyl-p-metoxycinnamátu na cis izomér pôsobením žiarenia.

Kopolymér kyseliny mliečnej a glykolyvej, PLGA

Kyselina PLGA sa využíva na enkapsuláciu močoviny. Tieto mikročastice pripravené spôsobom odparovania rozpúšťadla sa vyskytujú v krémoch. Enkapsuláciou dochádza k stabilizácii močoviny a tiež zabezpečuje pomalšie uvoľňovanie aktívnej látky.^{37,59}



Obrázok 22 Štruktúrny vzorec polyméru PLGA

Ďalším využitím PLGA je mikroenkapsulácia tymianového oleja. Tymianový olej patrí medzi esenciálne oleje, ktoré môžu pôsobiť protizápalovo, antioxidačne, antimikrobiálne

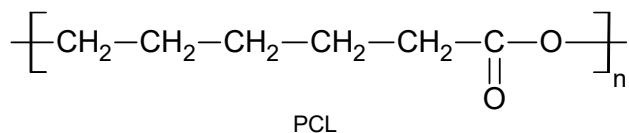
a majú aromatické vlastnosti. Tymianový olej pochádza z *Thymus vulgaris* L. a vyskytuje sa v dvoch formách, červenej a bielej. Na enkapsulovanie tymianového oleja sa využíva PLGA, ktorá sa skladá z kyseliny mliečnej a kyseliny glykolovej a je biologicky odbúrateľný a biokompatibilný polymér. Enkapsuláciou tymianového oleja pomocou PLGA dochádza k vzniku mikrokapsúl, ktoré sú využívané v kozmetickom priemysle a majú silné antimikrobiálne vlastnosti v dôsledku trvalého uvoľňovania tymianového oleja z kapsúl.⁶⁰

Aromatické rastliny levandule majú široké využitie vo farmaceutickom, kozmetickom priemysle, a tiež na výrobu parfumov. Ich bioaktívne zlúčeniny sú však nestabilné, a preto sa na stabilizáciu využíva enkapsulácia. Esenciálne oleje z druhu *L. stoechas* ssp. *Luisieri* a *Lavandula pedunculata* majú antifungálne, protizápalové a antioxidantné účinky, antibakteriálne účinky a tiež sú schopné inhibovať anticholinesterázy. Extrakty z druhov levandúľ sa tiež využívajú ako látky proti starnutiu pleti alebo ako látky určené na kožnú liečbu, pretože interakcia antioxidantných a protizápalových látok s radikálmi znižuje bunkové poškodenie a oxidatívny stres. Na enkapsuláciu metanolových extraktov *Lavandula stoechas* ssp. *luisieri* a *L. pedunculata*, boli použité nanočastice PLGA. Enkapsuláciou týchto rastlinných extraktov z levandúľ sa dosahuje vyššej stability, antioxidantnej aktivity a lepšej účinnosti pri liečbe ochorenia kože (akné), ale aj prevencie proti starnutiu pleti, čo je sľubné pre nové kozmetické a dermatologické prípravky.⁶¹

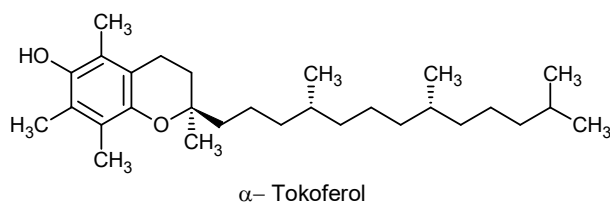
Polykaprolaktón, PCL

Polykaprolaktón (PCL) je semikryštalický, alifatický polyester, ktorý je biokompatibilný a biologicky vstrebateľný materiál a využíva sa v biomedicínskych aplikáciách. PCL a PNIPAM, ktorý je jeden z najpoužívanejších termostabilných polymérov, a ktorý má aplikáciu pri výrobe biomedicínskych zariadení, spolu vytvárajú amfifilný termosenzitívny trojblokový kopolymér PNIPAM-b-PCL-b-PNIPAM. Tento kopolymér sa získava radikálovou polymerizáciou atómového prenosu, ktorá umožňuje vznik materiálov s kontrolovaným zložením, molekulovou hmotnosťou a disperziou. Blokované kopolyméry, ktoré sú zložené z hydrofilných segmentov zabezpečujú koloidnú stabilitu hydrofóbných segmentov, ktoré poskytujú kopolymérom schopnosť enkapsulácie hydrofóbných látok. α -Tokoferol má vysokú biologickú účinnosť, je to komponent, ktorý je funkčný v potravinárstve, kozmetike, ale aj vo farmaceutickom priemysle. α -Tokoferol má nízku rozpustnosť vo vodnom prostredí, je nestabilný, citlivý na svetlo a kyslík, čo obmedzuje jeho aplikáciu. Amfifilné termosenzitívne trojblokové kopolyméry PNIPAM-b-PCL-b-PNIPAM sú schopné enkapsulovať α -Tokoferol.

Táto enkapsulácia umožňuje riadené uvoľňovanie α -Tokoferolu z nanočastíc, a vo vodnom médiu vykazuje antioxidantné vlastnosti.⁶²



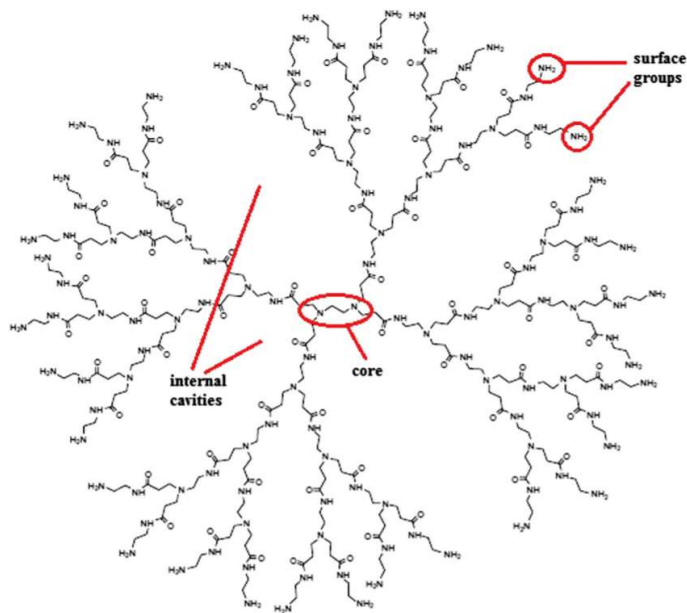
Obrázok 23 Štruktúrny vzorec polykaprolaktónu (PCL)



Obrázok 24 Štruktúrny vzorec α -Tokoferolu (vitamínu E)

3.2.4 Polyamidoamín (PAMAM) dendriméry

Dendriméry PAMAM sú konštrukty v nanoúrovni, ktoré majú množstvo potenciálnych aplikácií v biomedicíne.⁶³



Obrázok 25 Štruktúra dendrimérov⁶⁴

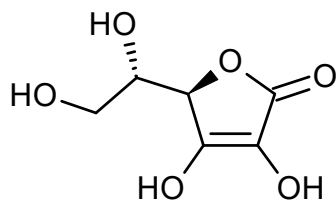
Generácie PAMAM dendrimérov sú odvodené z dvoch chemikálií: metylakrylátu a EDA. Jadro dendriméru môže byť tvorené EDA (etyléndiamín), diaminobutánom, 1,12-diaminododekánom alebo cysteamínom. Syntéza Dendrimérov PAMAM s jadrom EDA prebieha najprv reakciou EDA s metylakrylátom, po ktorej nasleduje postupné pridávanie EDA a metylakrylátu, aby bola dosiahnutá požadovaná generácia a povrchové skupiny, ktorými môžu byť skupiny amínové, hydroxylové, karboxylátové, pyrrolidinové, cysteamínové alebo polyetylénglykolové. Rast dendrimérov z otvorených, nižších generácií do uzavretých vyšších generácií poskytuje rôzne štrukturálne vlastnosti. Nižšie generácie sú otvorené štruktúry, ktoré nemajú vnútorné medzery a sú flexibilné. Stredné generácie obsahujú vo vnútri prázdne priestory a majú sférické oblasti a vyššie generácie majú hustý vonkajší povrch a neprístupný interiér. Dendriméry sa vytvárajú spájaním malých molekúl sub-nano dimenzií, aby sa dosiahol rozmer nanoúrovne. Dendriméry majú presnú štruktúru, a na rozdiel od typických polymérov vykazujú jedinečné vlastnosti ako definovaná vysoká hustota, nízka viskozita, schopnosť zavádzania vhodných kombinácií periférnych skupín na dosahovanie optimálnych vlastností, a majú tiež vlastnosti nanokontajneru, ktoré sú vhodné pre nanoreaktory, a tiež na kontrolované uvoľňovanie zapuzdrených látok. PAMAM dendriméry sú biokompatibilné a sú vysoko rozpustné. Dendriméry môžu pracovať ako excipienty so schopnosťou zvýšiť rozpustnosť, stabilitu, permeabilitu, zachytávanie liečiva alebo činidiel využívaných v kozmetickom priemysle.⁶⁵

Množstvo zachytávaných hosťiteľských molekúl závisí na ich veľkosti, tvare a aj od veľkosti dutín dendriméru.⁶³

Enkapsulácia vitamínu C

Enkapsulácia vitamínu C má využitie v kozmetickom priemysle, farmácií, organickej chémii a zelenej chémii. Vitamíny majú veľké využitie vo farmácií a kozmetickom priemysle, pretože sú zahrnuté v biologických a fyziologických procesoch esenciálnych pre naše telo. Vitamín C (kyselina askorbová) má tonizujúce vlastnosti, pôsobí proti únave a má tiež vplyv na imunitný systém, boj proti infekciám, môže tiež pôsobiť ako prevencia proti anémiám. Vitamín C sa zúčastňuje syntézy kožného kolagénu, ktorý je nevyhnutný pri hojení rán. Vitamín C poskytuje ochranu tela od voľných radikálov a pred oxidatívnou degradáciou, pretože pôsobí ako antioxidant. Jeho aplikácia v kozmetickom priemysle je široká, aj vďaka tomu, že má fotochranný efekt a tiež stimuluje bunkový metabolizmus. Vitamín C si naše telo nedokáže vyprodukovať samo, a tiež je to krehká zlúčenina, degradovaná svetlom, teplom a vzdušným

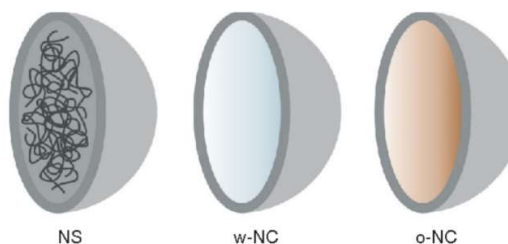
kyslíkom. Problém využitia Vitamínu C je jeho nedostatočná stabilita, rýchla eliminovateľnosť v tele, limitovaná spotreba výrobkov, ktoré ho obsahujú. Molekuly vitamínu C sú enkapsulované dendrimermi, ktoré ich stabilizujú a chránia pred externým médiom začlenením molekúl do kapsúl, ktoré sú chránené hydrofilnou korunkou. Dendriméry sú vhodné na transpost molekúl vitamínu C. Multivalencia dendrimérov sa využíva na pripojenie targentných a solubilizačných skupín a látok na perifériu. Táto väzba potom umožňuje udržiavanie molekúl vitamínu C v jadre alebo na periférii dendrimérov. K uvoľneniu Vitamínu C môže dochádzať vo vode alebo v ethanole. Separáciu molekúl vitamínu C od dendrimérov umožňuje použitie poréznej semipermeabilnej membrány. V kozmetických produktoch sa využívajú tieto konjugované dendriméry na zabezpečenie dodávania vitamínu C do kože za účelom ochrany a regenerácie. Enkapsulácia vitamínu C sa využíva aj v kozmetických prípravkoch proti starnutiu pleti a proti vráskam. ⁶⁶



Obrázok 26 Štruktúrny vzorec vitamínu C

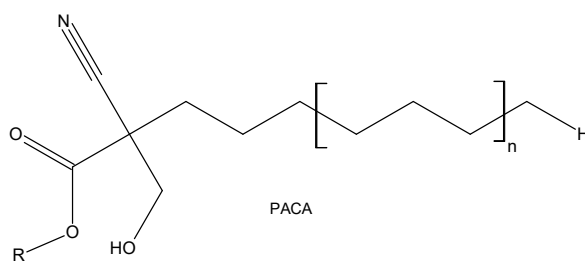
3.2.5 Polyalkylkyanoakryláty (PACA)

V kozmetike sa často využívajú produkty obsahujúce oleje, ktoré sa aplikujú na kožu, a ktoré sú aktívnymi látkami, alebo obsahujú účinné látky. Oleje sa využívajú vo forme emulzií- voda v oleji a olej vo vode. Oleje sú schopné prenikať cez stratum corneum, preto sú aplikované topicky a využívajú sa na liečenie a ošetrovanie horných vrstiev epidermy a povrchu kože. Polyméry, ktoré sú biologicky odbúrateľné sa využívajú na enkapsuláciu, teda zachytenie, zapuzdrenie aktívnej látky, aby bolo umožnené terapeutické využitie týchto látok. Medzi polyméry vhodné na výrobu nanočastíc patria polyalkylkyanoakryláty, ktoré sa využívajú na zapuzdrenie oleja alebo účinnej látky dispergovanej v oleji. ⁶⁷



Obrázok 27 Schematické zobrazenie nanosfér, nanokapsúl obsahujúcich vodu, nanokapsúl obsahujúcich olej⁶⁸

Nanočastice, ktoré sú topicky aplikované zostávajú prevažne na povrchu kože, čo sa využíva aj pri enkapsulácii parfumov, u ktorých enkapsulácia spôsobuje dlhšie pretrvávanie vône. Medzi účinné látky, ktoré sú vo forme oleja patrí tokoferol, tokoferol acetát, triglyceridy bohaté na kyselinu linolovú a / alebo linolénovú, klofibrát, linoleát tokoferolu, rybí olej, olej z lieskových orechov, bisabolol, farnesyl acetát, etyl linoleát a etylhexyl para-metoxycinnamát. Medzi inaktívne oleje, ktoré majú nosnú funkciu patria jednoduché alebo modifikované triglyceridy. Do aktívnych a aj do inaktívnych olejov je možné zavádzať účinné latky, ktoré sú využívané v kozmetických prípravkoch a to zmäkčovadlá, zvlhčovadlá, činidlá inhibujúce voľné radikály, protizápalové činidlá, vitamíny, depigmentačné činidlá, činidlá proti akné, antiseborémy, keratolytiká, činidlá na farbenie pokožky a činidlá na ochranu pred slnkom, kyselina linolová, retinol, kyselina retinová, alkylestery kyseliny askorbovej, polynenasýtené mastné kyseliny, estery kyseliny nikotínovej, tokoferol nikotinát, sója alebo ceramidy. Kompozícia môže mať formu tekutiny, mlieka, vodného, vodného-alkoholového, olejovitého gélu, emulzie vody v oleji, alebo oleja vo vode. Nanočastice, ktoré využívajú ako polymér alkylkyanoakrylát sa pripravujú medzifázovou polymerizáciou mikroemulzie oleja vo vodnom alkoholovom médiu vstrekaním do vodnej fáze, ktorá obsahuje povrchovo aktívnu látku, oleje a látky, ktoré majú byť enkapsulované, alkylkyanoakrylát a rozpúšťadlo. ⁶⁸



Obrázok 28 Štruktúry vzorec polyméru polyalkylkyanoakrylátu (PACA), kde R je alkylová skupina

3.2.6 Enkapsulácia Aloe vera

Gélový extrakt získaný z listov Aloe vera má široké využitie v kozmetike a farmácii vďaka jeho širokospektrálnej starostlivosti o pokožku. Na zvýšenie biologickej dostupnosti tohto extraktu sa využívajú lipozómy, ktoré enkapsulujú tieto extrakty. Lipozómy, ktoré sa využívajú na enkapsuláciu gélového extraktu z Aloe vera boli pripravené zo sójového lecitínu a na prípravu bola použitá Bangham metóda alebo mechanicko-chemická metóda prevádzaná pomocou homogenizátoru a mikrofluidizátoru. Aloe barbadensis M. (Aloe vera) sa využíva na rôzne terapeutické účely, ako doplnok v strave, v kozmetických a farmaceutických materiáloch vo forme číreho gélu. Gél obsahuje niekoľko účinných zložiek, ktoré ovplyvňujú epidermálny obrat alebo pôsobia na indukciu proliferácie a syntézu kolagénu typu I. Kolagén typu I. je štruktúrny proteín, ktorý sa nachádza v rôznych častiach tela, najmä v pokožke a jeho pokles vyvoláva tvorbu vrások. Gél Aloe vera patrí medzi vysoko účinné zložky pri starostlivosti o pleť. Prenikanie hydrofilných zložiek čistého gélu cez vrstvu pokožky stratum corneum je minimalizované vďaka jej vodeodolnosti. Na vyriešenie tohto problému sa využíva enkapsulácia pomocou lipozómov. Lipozómy sú schopné zadržiavať hydrofilné látky vo vnútornej vodnej fáze a hydrofóbne látky v dvojvrstve. Pri vzniku lipozomálneho gélu z aloe vera dochádza k zlepšeniu proliferácie a syntézy kolagénu typu I. v porovnaní s používaním gélu samostatne. Zapuzdrením lipozómami teda dochádza k zlepšeniu biologickej dostupnosti a lepšej starostlivosti o pokožku, čo sa aplikuje v prípravkoch na ochranu proti starnutiu a regeneráciu pokožky.⁶⁹

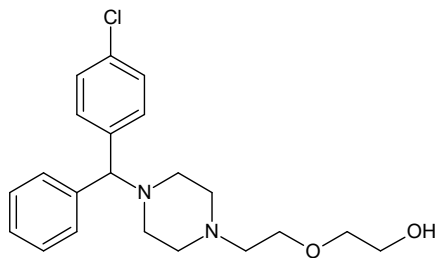
3.2.7 Enkapsulácia extraktov Labisia pumila a Ficus deltoidea

Kožná bariéra stratum corneum je ochranná vrstva, ktorá zabraňuje zlúčeninám z vonkajšieho prostredia prenikať do kože. Lipozómy sa využívajú na transport účinných látok cez túto kožnú bariéru vďaka svojej dvojvrstvovej štruktúre. Lipozómové vezikuly boli v tomto prípade pripravené metódou hydratácie lipidového filmu. Ako hlavná zložka formulácie lipozómov bol použitý L- α -fosfatidylcholín zo sóje. Lipozómy sú transdermálne nosiče pre rastlinné extrakty získané z rastlín Labisia pumila a Ficus deltoidea, ktoré sú potom využívané v kozmetických prípravkoch. Extrakty z rastliny Labisia pumilla preukázali tiež pozitívne vlastnosti proti starnutiu pleti vďaka obnove syntézy kolagénu ľudského fibroblastu po vystavení buniek žiareniu UV B. Výťažky z Ficus deltoidea napomáhajú účinnosti vitamínu C

a majú anti-melanogénne vlastnosti a podobne ako extrakty z *Labisia pumilla* pôsobia proti starnutiu pleti.⁷⁰

3.2.8 Enkapsulácia Hydroxyzínu

Hydroxyzín patrí medzi H1- antihistaminiká, ktoré sa využívajú pri liečení kožných alergických porúch. H1 antihistaminiká sa používajú v mastiach a krémoch už dlhú dobu, problémom je systémová absorpcia, ktorá môže viesť k vedľajším účinkom. Na zníženie nepriaznivých účinkov a systémovej absorpcie sa využívajú nosiče liečiv ako sú lipozómy. Lipozómy zapuzdria liečiva a tým sa zvýši ich prenikanie cez stratum corneum, zabezpečujú uvoľňovanie v epiderme a znižujú množstvo liečiva absorbovaného do systémovej cirkulácie a tým, že vytvárajú okluzívne filmy prispievajú k zvýšenej hydratácii kože. Lipozómy sa skladajú s fosfolipidov, ktoré sa tiež nachádzajú v bunkových membránach a tým pôsobia ako zvlhčujúce činidlá. Enkapsulácia H1 antihistaminika v lipozómoch by poskytovala okamžitý nástup a predĺžený účinok. Na prípravu vezikúl lipozómov bol použitý 95% L- α -fosfatidylcholín z vajícok. Malé unilamelárne vezikuly boli pripravené metódou etanolovej injekcie a multilamelárne vezikuly boli pripravené metódou hydratácie lipidového filmu.⁷¹



Obrázok 29 Štruktúrny vzorec hydroxyzínu

4 ZÁVER

Enkapsulácia je metóda široko využívaná v kozmetickom priemysle a nie len v ňom. Na formuláciu kozmetických prípravkov sa využívajú syntetické aj prírodné látky, ktoré v mnohých prípadoch vykazujú nestabilitu, napríklad sú citlivé na teplotu, vlhkosť, oxidáciu, kontakt s inými látkami. Enkapsulácia je metóda, ktorá rieši tieto nedostatky a zlepšuje prenikanie, alebo zabezpečuje riadené uvoľňovanie. Techniky, ktoré sa využívajú na enkapsuláciu sú prispôsobené napríklad použitým materiálom jadra alebo obalu, a tiež veľkosti pripravovaných častíc. V práci boli opísané príklady využívaných materiálov, medzi ktoré patria polyfenoly, polysacharidy, oligosacharidy, polyestery, polyamidoamín dendriméry, polyalkylkyanoakryláty a lipozómy, ktoré sú samostatnou skupinou a správajú sa ako nosiče aktívnych látok. Medzi látky, ktoré sú enkapsulované a využívané v kozmetike, patria vitamíny, esenciálne oleje, extrakty z rastlín, ale aj látky ako kyselina retinová, oktylmetoxycinamát. Sú to látky, ktoré priaznivo vplývajú na pleť, liečia nedokonalosti pleti, zabraňujú alebo spomaľujú starnutie pleti, vyživujú pleť, chránia pred škodlivým žiarením, alebo ktoré majú estetickú funkciu v kozmetických prípravkoch. Enkapsulácia je metóda, ktorá sa vyskytuje aj v iných odvetviach ako napríklad farmaceutický priemysel a potravinárstvo, kde je tiež veľmi dôležitá. Enkapsulácia je teda metóda, ktorá skvalitňuje prípravky a umožňuje používanie nových produktov, ktoré sa vyskytujú v každodennom živote. Na základe vypracovanej rešerše je nutné si uvedomiť, že enkapsulácia je perspektívnou metódou finalizácie aktívnych látok v kozmetických prípravkoch.

5 POUŽITÁ LITERATÚRA

1. FERTEKOVA, Vlasta a kol. *Kosmetika v teorii a v praxi*. 4 vydání. Praha: MAXDORF, 2005. ISBN 80-7345-046-1.
2. DRAELOS MD, Zoe Diana. *Cosmetic Dermatology Products and Procedures*. Durham: Blackwell Publishing Ltd, 2010. ISBN 978-1-4051-8635-3
3. BOLZOVA, Elke. *Perfektná pleť: Optimálna starostlivosť. Vhodné prípravky. Problémová pleť. Krása zvnútra*. Bratislava: Ikar, 1996. ISBN 80-7118-259-1.
4. OSTROVOVÁ, Ricki. *Starostlivosť o pokožku*. Bratislava: Ikar, 2000. ISBN 80-7118-836-0
5. VOSMÍK, František. *Nemoci kůže: prevence a léčba v kosce*. Vydání 1. Praha: Grada Publishing, 1995. ISBN 80-7169-100-3
6. Erez Zabari. Cosmetic soaps containing encapsulated beneficial agents. PCT/IL2006/001449. WO 2007/077552 A3. 12. 07. 2007.
7. MARTINS, Isabel M., BARREIRO, Maria F., COELHO, Manuel, RODRIGUES, Alírio E. Microencapsulation of essential oils with biodegradable polymeric carriers for cosmetic applications. *Chemical Engineering Journal*. **2014**, 245, 191-200. ISSN 1385 8947
8. JYOTHI, N. Venkata Naga, PRASANNA, P. Muthu, SAKARKAR, Suhas Narayan, PRABHA, K. Surya, RAMAIAH, P. Seetha, SRAWAN, G. Y. Microencapsulation techniques, factors influencing encapsulation efficiency. *Journal of Microencapsulation*. **2010**, 27(3), 187–197. ISSN 0975-766X
9. NEDOVICA, Viktor, KALUSEVICA, Ana, MANOJLOVICB, Verica, LEVICA, Steva, BUGARSKI, Branko. An overview of encapsulation technologies for food applications. *Procedia Food Science*. **2011**, 1, 1806–1815. ISSN 2211–601X
10. SILVA, Eric Keven, MEIRELES, M. Angela A. Encapsulation of Food Compounds Using Supercritical Technologies: Applications of Supercritical Carbon Dioxide as an Antisolvent. *Food and Public Health*. **2014**, 4(5), 247-258. ISSN 2162-9412.
11. MUNIN Aude, EDWARDS-LÉVY Florence. Encapsulation of Natural Polyphenolic Compounds. *Pharmaceutics*. **2011**, 3 (4), 793-829. ISSN 1999-4923
12. Microencapsulation Technology. In: *Watson* (online). Watson Inc. ©2006-2019 (cit. 14.6.2019) Dostupné z <https://www.watson-inc.com/our-capabilities/microencapsulation/>
13. Morphologies of particles obtained using encapsulation processes. In: *Encapsulation of Food Compounds Using Supercritical Technologies: Applications of Supercritical Carbon Dioxide as an Antisolvent*. (online) Scientific & Academic Publishing. © 2014. (cit. 14.6.2019) Dostupné z <http://article.sapub.org/10.5923.j.fph.20140405.06.html>.
14. Schematic representation of the statistical distribution of microencapsulation over different fields of application. In: *Sciencedirect* (online). Elsevier B.V. 2019. (cit. 23.5.2019) Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894714001703>
15. AKBARZADEH, Abolfazl, REZAEI-SADABADY, Rogaie, DAVARAN, Soodabeh, WOO JOO, Sang, ZARGHAMI, Nosratollah, HANIFEHPOUR, Younes, SAMIEI, Mohammad, KOUHI, Mohammad, NEJATI-KOSHKI, Kazem. Liposome: classification, preparation, and applications. *Nanoscale Research Letters*. **2013**, 8(1), 1-8. ISSN 1931 7573
16. BUDAI, Livia, KASZÁS, Nóra, GRÓF, Pál, LENTI, Katalin, MAGHAMI, Katayoon, ANTAL, István, KLEBOVICH, Imre, PETRIKOVICS, Ilona, BUDA, Marianna. Liposomes for Topical Use: A Physico-Chemical Comparison of Vesicles Prepared from Egg or Soy Lecithin. *Scientia Pharmaceutica*. **2013**, 81(4), ISSN 1151-1166
17. Structure of liposome. In: *Small molecule therapeutic-loaded liposomes as therapeutic carriers: from development to clinical applications*. (online) © The Royal Society of Chemistry 2016. (cit. 15.6.2019) Dostupné z <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2016/ra/c6ra09854a>

18. Lipid Bilayer Formation. In: *Chapter 3: Bio Membrane and Cell Surface- Lipid Bilayer*. (online) Wordpress. 2011. (cit. 15.6.2019) Dostupné z <https://animalcellbiology.wordpress.com/2011/07/31/chapter-3-bio-membrane-and-cell-surface/>
19. NOSARIA, Anna B.F.L, LIMAB, Juliana F., SERRAB, Osvaldo A., FREITAS, Luis Alexandre P. Improved green coffee oil antioxidant activity for cosmetical purpose by spray drying microencapsulation. *Revista Brasileira de Farmacognosia*. **2015**. 25 (3), 307-311. ISSN 0102-695X.
20. WAGEMAKER, Tais Aleriana Lucon, CARVALHO, Cássia Regina Limonta, MAIA, Nilson Borlina, BAGGIO, Sueli Regina, FILHO, Oliveira Guerreiro. Sun protection factor, content and composition of lipid fraction of green coffee beans. *Industrial Crops and Products*. **2011**, 33(2), 469-473. ISSN 0926-6690
21. Schematic diagram of a spray-dry encapsulation process and image of a Mini Spray Dryer B290 (BÜCHI), available at TECNALIA. In: *Probiotics* (online). ResearchGate 2019. (cit. 24.5.2019) Dostupné z https://www.researchgate.net/figure/Schematic-diagram-of-a-spray-dry-encapsulation-process-and-image-of-a-Mini-Spray-Dryer_fig1_233540980
22. MEETHAM, Pathompong, KANLAYAVATTANAKUL, Mayuree, LOURITH, Nattaya. Development and clinical efficacy evaluation of anti-greasy green tea tonner on facial skin. *Revista Brasileira de Farmacognosia*. **2018**, 28 (2), 214-217. ISSN 0102-695X
23. Simplified scheme of the GAS process. In: *Food and Public Health* (online). 2014 Scientific & Academic Publishing Co. (cit 24.5.2019) Dostupné z <http://article.sapub.org/10.5923.j.fph.20140405.06.html>.
24. KIM, Do-Hoon, PARK, Woo Ram, KIM, Jeong Hwan, CHO, Eun Chul, AN, Eun Jung, KIM, Jin-Woong, OH, Seong-Geun. Fabrication of pseudo-ceramide-based lipid microparticles for recovery of skin barrier. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. **2012**, 94, 236-241. ISSN 0927-7765
25. Schematic diagram to show top, bottom, and tangential-spray fluidized-bed coating. In: *Microencapsulation of Oils: A Comprehensive Review of Benefits, Techniques, and Applications*. (online). © ResearchGate 2019. (cit. 25.5.2019). Dostupné z https://www.researchgate.net/publication/289488566_Microencapsulation_of_Oils_A_Comprehensive_Review_of_Benefits_Techniques_and_Applications_Volume_15_Issue_1_pages_143-182_January_2016
26. SURINI, Silvia, NURSATYANI, Khansa, RAMADON, Delly. Gel Formulation Containing Microcapsules of Grape Seed Oil (*Vitis vinifera* L.) for Skin Moisturizer. *Journal of Young Pharmacists*. **2018**, 10(1), 41-47. ISSN 0975-1483
27. Solvent evaporation technique. In: *An Overview of Preparation*. (online) © 2019 Research and Reviews. (cit 26.5.2019). Dostupné z <http://www.rroij.com/open-access/nanoparticles-an-overview-of-preparation-.php?aid=82205>
28. RAFIEE, Zahra, NEJATIAN, Mohammad, DAEIHAMED, Marjan, JAFARI, Seid Mahdi. Application of curcumin-loaded nanocarriers for food, drug and cosmetic purposes. *Trends in Food Science & Technology*. 2019. 88. 445-458. ISSN 0924-2244
29. XIAO, Zuobing, XU, Ziqi, ZHU, Guangyong. Production and characterization of nanocapsules encapsulated linalool by ionic gelation method using chitosan as wall material. *Food Science and Technology*. **2017**. 37 (4). ISSN 1678- 457X
30. NTOHOGIAN, Sonia, GAVRILIADOU, Viktoria, CHRISTODOULOU, Evi, NANAKI, Stavroula, LYKIDOU, Smaro, NAIDIS, Panagiotis, MISCHOPOULOU, Lily, BARMPALEXIS, Panagiotis, NIKOLAIDIS, Nikolaos, BIKIARIS, Dimitrios N. Chitosan Nanoparticles with Encapsulated Natural and UF-Purified Annatto and Saffron for the Preparation of UV Protective Cosmetic Emulsions. *Molecules*. **2018**, 23 (9). 2107. ISSN 1420-3049
31. Ionic gelation method. In: *Nanoparticles: An Overview of Preparation*. (online) © 2019 Research and Reviews. (cit 26.5.2019). Dostupné z <http://www.rroij.com/open-access/nanoparticles-an-overview-of-preparation-.php?aid=82205>

32. BAKRY, Amr M., ABBAS, Shabbar, ALI, Barkat, MAJEED, Hamid. ABOUELWAFa, Mohamed Y, MOUSA, Ahmed, LIANG, Li. Microencapsulation of Oils: A Comprehensive Review of Benefits, Techniques, and Applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. **2016**, 15(1), 143-182. ISSN 1541 4337
33. MOREIRA, Ana C. G., MARTINS, Isabel M., FERNANDES, Isabel, BARREIRO, Maria F., RODRIGUES, Alírio E. Microencapsulation of Red and White Thyme Oil in Poly(lactic-co-glycolic) Acid: Assessment of Encapsulation Efficiency and Antimicrobial Capacity of the Produced Microcapsules. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*. **2016**, 94(3), 469-465. ISSN 0008 4034
34. RIPOLL, Lionel, CLEMENT, Yohann. Polyamide Microparticles Containing Vitamin C by Interfacial Polymerization: An Approach by Design of Experimentation. *Cosmetics*. **2016**, 3(4), 38. ISSN 2079-9284
35. Schematic of the steps involved in the interfacial polymerization of water-in-oil microemulsion process for water core microcapsules. Oil is shown in yellow and water in blue. Smart Coating for In: *Corrosion Indication and Prevention: Recent Progress*. (online). © ResearchGate 2019. (cit 25.5.2019) Dostupné z https://www.researchgate.net/figure/Schematic-of-the-steps-involved-in-the-interfacial-polymerization-of-water-in-oil_fig4_255171537
36. ASADI, Amir Khalaj , EBRAHIMI, Morteza, MOHSENI, Mohsen. Preparation and characterisation of melamine-urea-formaldehyde microcapsules containing linseed oil in the presence of polyvinylpyrrolidone as emulsifier. *Pigment and Resin Technology*. **2017**, 46(4), 318-326. ISSN 0369 9420
37. AMMALA, Anne. Biodegradable polymers as encapsulation materials for cosmetics and personal care markets. *International Journal of Cosmetic Science*, **2013**, 35, 113–124. ISSN 0142-5463
38. SOTO, María Luisa, FALQUÉ, Elena, DOMÍNGUEZ, Herminia. Relevance of Natural Phenolics from Grape and Derivative Products in the Formulation of Cosmetics. *Cosmetics* **2015**, 2(3), 259-276. ISSN 2079 9284
39. AFONSO, C.R, HIRANO, R.S, Gaspar, A.L., CHAGAS, E.G.L., CARVALHO R.A., SILVA, F.V., LEONARDI, G.R., LOPES, P.S., SILVA, C.F., YOSHIDA, C.M.P. Biodegradable antioxidant chitosan films useful as an anti-aging skin mask. *International Journal of Biological Macromolecules*. **2019**, 132, 1262-1273. ISSN 0141-8130
40. ARANAZ, Inmaculada, ACOSTA, Niuris, CIVERA Concepción, ELORZA, Begoña, MINGO, Javier, CASTRO, Carolina, LLANOS GANDÍA, María de los, CABALLERO, Angeles Heras. Cosmetics and Cosmeceutical Applications of Chitin, Chitosan and Their Derivatives. *Polymers* **2018**, 10(2), 213. ISSN 2073-4360
41. Chitosan. In: *Chemistry glossary* (online). © 2018 Eni Generalic. (cit 14.6.2019) Dostupné z https://glossary.periodni.com/download_image.php?name=chitosan.png&source=chitosan
42. FRIEDMAN, Adam J., PHAN, Jenny, SCHAIRER, David, CHAMPER, Jackson, QIN, Min, PIROUZ, Aslan, BLECHER, Karin, OREN, Ami, LIU, Phil, MODLIN, Robert L, KIM, Jenny. Antimicrobial and anti-inflammatory activity of chitosan-alginate nanoparticles: a targeted therapy for cutaneous pathogens. *J Invest Dermatol*. **2013**, 133(5), 1231–1239. ISSN 0022- 202X
43. Schematic illustration of chitosan–alginate core-shell nanoparticles prepared by reverse microemulsion template. In: *Efficient gene transfection using chitosan–alginate core-shell nanoparticles*. (online) National Center for Biotechnology Information. (cit. 14.6.2019) Dostupné z <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2426794/>
44. KURKOV, Sergey V., LOFTSSON, Thorsteinn. Cyclodextrins. *International Journal of Pharmaceutics*. **2013**, 453(1), 167-180, ISSN: 0378-5173
45. YAOYAO, Han, WEICONG, Liu, JIANJING, Huang, SHUOWEN, Qiu, HUARUI, Zhong, DONG, Liu, JIANQIANG Liu. Cyclodextrin-Based Metal-Organic Frameworks (CD-MOFs) in Pharmaceutics and Biomedicine. *Pharmaceutics* **2018**, 10(4), 271. ISSN:
46. HAJIME Matsudaa, HIDETOSHI, Arima. Cyclodextrins in transdermal and rectal delivery. *Advanced Drug Delivery*. **1999**, 36 (1), 81-89. ISSN 1999 4923

47. Pictorial representations of a chemical structure of a cyclodextrin molecule and the different types of cyclodextrin molecule. In *Carbohydrate Polymers* (online) © ResearchGate 2019. Dostupné z https://www.researchgate.net/figure/Pictorial-representations-of-a-chemical-structure-of-a-cyclodextrin-molecule-and-the_fig1_311633181
48. KFOURY, Miriana, PIPKIN, J.D., ANTLE, Vince, FOURMENTIN, Sophie. Captisol®: an efficient carrier and solubilizing agent for essential oils and their components. *Flavour and Fragrance Journal*. **2017**, 32(5), 340-346. ISSN 0882 5734
49. WILCOX, Matthew D., BROWNLEE, Iain A., RICHARDSON J. Craig, DETTMAR Peter W., PEARSON, Jeffrey P. The modulation of pancreatic lipase activity by alginates. *Food Chemistry*. **2014**, 146, 479-484. ISSN 0308 8146
50. L'OREAL, PARIS. Process for the preparation of alginate capsules, apparatus for producing SAID capsules and cosmetic compositions containing SAID capsules. Inventors: Rose-Marie HANDJANI et al. US005204111A. 20.4.1993.
51. EMETI, A., VASILJEVIĆ, D., PRIMORAC, M., VULETA, G., Cosmetic ingredients from the sea in skin care products. *Arhiv za Farmaciju*. **2015**. 65(5), 316-325. ISSN: 0004 1963
52. Encapsulation procedure of the calcium-alginate capsules by ionotropic gelation. In *Physical, thermal and mechanical properties of polymeric calcium-alginate capsules for asphalt self-healing* (online) © ResearchGate 2019. (cit.15.6.2019) Dostupné z https://www.researchgate.net/figure/Encapsulation-procedure-of-the-calcium-alginate-capsules-by-ionotropic-gelation_fig1_327381848
53. LU, D.R., XIAO, C.M., XU, S.J. Starch-based completely biodegradable polymer materials. *EXPRESS Polymer Letters*. **2009**. 3(6), 366-375. ISSN 1788-618X.
54. LEON-MÉNDEZ, Glicerio, OSORIO-FORTICH, Maria, ORTEGA-TORO, Rodrigo, PAJARO-CASTRO, Nerlys, TORRENEGRA-ALARCÓN, Miladys, HERRERA-BARROS, Adriana. Design of an Emulgel-Type Cosmetic with Antioxidant Activity Using Active Essential Oil Microcapsules of Thyme (*Thymus vulgaris* L.), Cinnamon (*Cinnamomum verum* J.), and Clove (*Eugenia caryophyllata* T.). *International Journal of Polymer Science*. **2018**. 1-16. ISSN 1687 9422
55. Structures of amylose and amylopectin. In: *Polymers* (online) © 1996-2019 MDPI (cit 15.6.2019) Dostupné z <https://www.mdpi.com/2073-4360/4/1/116/htm>
56. KOZŁOWSKA, Justyna, PRUS, Weronika, STACHOWIAK, Natalia. Microparticles based on natural and synthetic polymers for cosmetic applications. *International Journal of Biological Macromolecules*. **2019**, 129, 952-956. ISSN 0141-8130
57. KIM, H., KIM, M., QUAN, Y., MOON, T., MUN, J., CHO, H., PARK, N., MOON, W., LEE, H., Kim, H., LEE, J., RYOO, H., JUNG, H. Novel anti-wrinkle effect of cosmeceutical product with new retinyl retinoate microsphere using biodegradable polymer. *Skin Research and Technology*. **2012**, 18(1), 70–76. ISSN 1600-0846
58. VETTOR, M., PERUGINI, P., SCALIA, S., CONTI, B., GENTA, I., MODENA, T., PAVANETTO, F. Poly(D,L-lactide) nanoencapsulation to reduce photoinactivation of a sunscreen agent. *International Journal of Cosmetic Science*. **2008**, 30 (3), 219–227. ISSN
59. HADDADI, Azita, ABOOFAZELI, Reza, ERFAN, Mohammad, SADAT, Farboud. Topical delivery of urea encapsulated in biodegradable PLGA microparticles: O/W and W/O creams. *Journal of Microencapsulation*. **2008**, 25(6), 379-386. ISSN 0265-2048
60. Ana C. G. MOREIRA, Ana C. G., MARTINS, Isabel M., FERNANDES, Isabel, BARREIRO, Maria F., RODRIGUES, Alirio E. Microencapsulation of Red and White Thyme Oil in Poly(lactic-coglycolic) Acid: Assessment of Encapsulation Efficiency and Antimicrobial Capacity of the Produced Microcapsules. *The canadian journal of chemical engineering*. **2016**, 94(3), 469-465. ISSN 0008 4034
61. PEREIRA, Filipe, BAPTISTA, Rafael, LADEIRAS, Diogo, MADUREIRA, Ana M., TEIXEIRA, Generosa, ROSADO, Catarina, Ana S.FERNANDES, Ana S., ASCENSÃO, Lia, SILVA, Catarina Oliveira, REIS, Catarina Pinto, RIJO, Patrícia. Production and characterization of nanoparticles containing methanol extracts of Portuguese Lavenders. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*. **2015**, 74, 170-177. ISSN 0263 2241

62. QUINTERO, Cirley, VERA, Ricardo, PEREZ, Leon Dario. α -Tocopherol loaded thermosensitive polymer nanoparticles: preparation, *in vitro* release and antioxidant properties. *Polímeros*. **2016**, 26(4), 304-312. ISSN 1678-5169
63. NAHA, Pratap C., MUKHERJEE, Sourav P., BYRNE, Hugh J. Toxicology of Engineered Nanoparticles: Focus on Poly(amidoamine) Dendrimers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. **2018**, 15(2), 338. ISSN 1661 1727
64. Dendrimer structure. In *Bioapplications of poly(amidoamine) (PAMAM) dendrimers in nanomedicine*. (online) © ResearchGate 2019. (cit. 15.6.2019) Dostupné z https://www.researchgate.net/figure/Dendrimer-structure_fig1_278701800
65. CHAUHAN, Abhay S. Dendrimer nanotechnology for enhanced formulation and controlled delivery of resveratrol. *Annals of the New York Academy of Sciences*. **2015**, 1348(1), 134-140. ISSN 0077 8923
66. Centre National de la Recherche Scientifique CNRS. Encapsulation of vitamin c into water soluble dendrimers. Inventors: Didier ASTRUC, Jaime Ruiz ARANZAES, Élodie BOISSELIER, Didier ASTRUC, Jaime Ruiz ARANZAES, Élodie BOISSELIER. PCT/FR09/00064. US 2011/0021626A1. 21.1.2011.
67. L'Oreal, Paris. Composition for the cosmetic and/ or pharmaceutical treatment of the upper layers of the epidermis by topical application to the skin, and corresponding preparation proces. Rose-Marie HANDJANI and Alain RIBIER. US 6203802 B1. 20.3.2001.
68. Schematic representation of nanospheres (NS), water-containing nanocapsules (w-NC), and oil-containing nanocapsules (o-NC). In: *Synthesis of poly(alkyl cyanoacrylate)-based colloidal nanomedicines*. (online) 1999-2019 John Wiley & Sons. (cit 15.6.2019) Dostupné z <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/wnan.15>
69. TAKAHASHI, Makoto, KITAMOTO, Dai, ASIKIN, Yonathan, TAKARA, Kensaku, WADA, Koji. Liposomes Encapsulating Aloe vera Leaf Gel Extract Significantly Enhance Proliferation and Collagen Synthesis in Human Skin Cell Lines. *Journal of Oleo Science*. 2009, 58 (12), 643-650. ISSN 1345 8957
70. ROSLAN, Nur Zatul Iradah, GHANI, Siti Maria Abdul, YUSOF, Nurul Bashirah, AZIZ, Azila Abd. Liposome as transdermal carrier for labisia pumila and ficus deltoidea water extracts. *Jurnal Teknologi*. 2017, 79(7), 161-166. ISSN 0127 9696
71. ELZAINY, Abeer AW, GU, Xiaochen, SIMONS, F. Estelle R., SIMONS, Keith J. Hydroxyzine From Topical Phospholipid Liposomal Formulations: Evaluation of Peripheral Antihistaminic Activity and Systemic Absorption in a Rabbit Model. *AAPS PharmSci*. 2003, 5 (4), ISSN 1522 1059.