

Mikroinkapsuliranje aktivnih tvari i mirisa za primjenu u tekstilnim materijalima

Emilia Adamowicz, doktorand
Prof. dr. sc. **Krzysztof Śmigielski**, dip.ing.
Dr.sc. **Michał Frydrysiak**, dipl.ing.
Lodz University of Technology
Faculty of Biotechnology and Food Sciences
Institute of Chemical Technology of Food
Faculty of Material Technologies and Textile Design
Lodz, Poland
e-mail: emilia.adamowicz@gmail.com
Prispjelo 15.5.2014.

UDK 677.047.6
Stručni rad

Mikroinkapsuliranje tvari za primjenu na tekstilnim materijalima je relativno nova metoda s mnogim prednostima primjenjiva u različitim područjima. Postoji više učinkovitih pristupa mikroinkapsuliranju za postupno otpuštanje ugodnih mirisa i aktivnih tvari kao što su esencijalna ulja i kozmetički sastojci primjenom ciklodekstrina, stanica kvasca, hitozana, melamin-formaldehida ili poli(L-laktida) kao nosača (materijala za ovojnica). Neke metode inkapsuliranja su: kompleksna koacervacija, fazna separacija, međufazna i in-situ polimerizacija, sušenje raspršivanjem, zamrzavanje raspršivanjem i oblaganje taljenjem. Trgovački proizvodi tekstila s mikrokapsulama uključuju kozmetičke tekstile, tekstile za aromaterapiju, kućanski tekstil, sportsku i modnu odjeću, mogu se dobiti raznim tehnikama: impregnacijom, naslojavanjem, raspršivanjem ili iscrpljenjem iz kupelji. Svrha je proizvesti tekstile s mikrokapsulama koje bi trebale izdržati što veći broj ciklusa pranja i sušenja, odnosno predviđene njege tekstilnog proizvoda.

Ključne riječi: mikroinkapsuliranje, aktivne tvari, mirisi, primjene u tekstilu

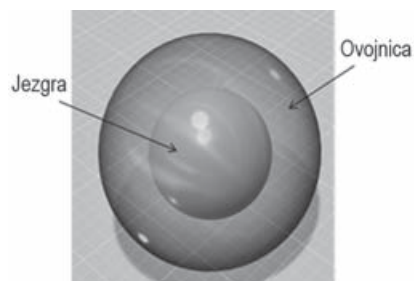
1. Uvod

Mikroinkapsuliranje je proces izrade mikrokapsula, odnosno oblaganja malih kapljica tekućina ili krutih čestica tankom ovojnicom načinjenom od različitih polimernih materijala. Vanjski dio mikrokapsula naziva se ovojnica ili ljuska, odnosno opna ili stijenka, a ispunjena unutrašnjost jezgra, sl.1. Izbor materijala za ovojnica ovisi o materijalu koji sačinjava jezgro, o načinu otpuštanja (propuštanja) i upotrebi proizvoda [1, 2].

Mikrokapsule se upotrebljavaju u mnogim različitim područjima, npr. farmaceutskim, kozmetičkim, agrokemijskim, u području mirisa, začina, parfema (esencija). Neke vrste mikrokapsula se stvaljaju u hranu, neke u kozmetičke proizvode, npr. gelove za tuširanje, dok se neke vrste upotrebljavaju za tekstilne materijale. Neke od najuobičajenijih tvari koje se upotrebljavaju u obliku mikrokapsula su omekšivači kože, repelenti, antimikrobna sredstva, bojila, vitamini, hormoni i drugi lijekovi kao i mi-

risi [2, 3]. Materijali za primjenu mikrokapsula osim tekstila su papir, flasteri i dr.

S dodavanjem mirisa u tekstilne proizvode započelo se već prije mnogo godina, ali su mirisi bili prisutni samo kraće vrijeme, odnosno do jednog ili dva ciklusa pranja. Upotrebom mikrokapsula s jezgrom od mirisnih tvari omogućeno je zadržavanje mirisa na tekstilima čak do 30-50 ciklusa pranja, ili do 3-5 godina ako je proizvod odložen [4]. Većina mikrokapsula s mirisom primijenjivala se



Sl.1 Struktura mikrokapsule

za “zagrebi i pomiriši” majice i za ženske čarape. Znatna je primjena mikrokapsula s mirisom u naslonjačima, zavjesama, jastucim, prekrivačima i nekim igračkama. U posljednje vrijeme, primjena im je znatna i u izradi obloga za komode (ladića), papirnatih maramica, papira za zamatanje poklona, papirnatoj robi, čestikama, oglašivačkim brošurama, knjigama, kartonima i oznakama [3]. Tekstilni proizvodi s mikrokapsulama na tržištu, između ostalih, uključuju kozmetičke tekstile, tekstile za aromaterapiju, kućanske tekstile, tekstil za sportsku i za modnu odjeću [5]. U prvoj skupini često se primjenjuju mikrokapsule sa sredstvima za vlaženje kože, vitaminima, provitaminima i sredstvima za sprječavanje nastanka bora, a djelovanje im se izražava u kontaktu s kožom. U drugim skupinama se nalaze tekstili s mikroinkapsuliranim mirisima, ili i s tvarima za sprječavanje nastanka neugodnih mirisa, odn. dezodoransima kao npr. u kućanskom tekstilu [6]. U ovom radu se navode aktivne tvari za mikroinkapsuliranje, koje se posebno upotrebljavaju za tekstilne materijale.

2. Sastav mikrokapsula

Postoji više učinkovitih načina mikroinkapsuliranja, odnosno vrsta mikrokapsula s odgođenim otpuštanjem mirisa, a mikrokapsule s ovojnicom od ciklodekstrina (CD) su najbolje s obzirom na sigurnost, odnosno zaštitu čovjekovog zdravlja. CD ne izaziva iritaciju, senzibilizaciju ili mutagene učinke na koži [7]. Mogućnosti primjene ciklodekstrina

u tekstilnoj industriji postaju sve zanimljivije [8].

Wang i Chen su radili istraživanja na tekstilima s aromaterapeutskim svojstvima. Istraživali su otpuštanje mirisnih tvari ukomponiranih u mikrokapsule s ciklodekstrinima nanijete na pamučne materijale konvencionalnom postupkom impregnacije i termofiksiranja uz dodatak niskotemperaturnog polimernog veziva. Otpuštanje mirisa je mjereno svakih 5 dana tijekom jednog mjeseca. Iako je intenzitet mirisa smanjen, otpuštanje mirisa je trajalo više od 30 dana [7]. Lee i sur. su β -ciklodekstrin kao akrilamidometil-ciklodekstrin nasložili na celulozna vlakna upotrebom kemijskog umjesto fizikalnog vezivanja. Jezgra mikrokapsula sadržavala je benzojevu (benzenkarboksilnu) kiselinu koja ima antimikrobno djelovanje i aromu vanilije. Antimikrobno djelovanje je određivano na prisutnost bakterija *Escherichia coli* i *Staphylococcus aureus*. Antimikrobnost je bila zadržana i nakon 10 ciklusa pranja. Miris inkapsulirane arome vanilije ostao je prisutan i nakon 7-dnevnog skladištenja na sobnoj temperaturi, te sljedećih 7 dana na temperaturi od 80 °C [9].

Ideju izrade mikrokapsula s ovojnicom od hitozana patentirali su Cope-
te Vidal i sur. Membrana (ovojnica) je bila izrađena upotrebom soli alginata i glikolne kiseline.

Mikrokapsule koje sadrže različite aktivne tvari bile su nasložene na vlakna uz dodatak veziva. U istraživanju je utvrđeno da dodatak veziva za naslojavanje mikrokapsula smanjuje stupanj otpuštanja aktivnih tvari s vlakana u strojnom i u ručnom pranju [10].

Nelson je upotrijebio otpadne stanice pivskog kvasca u mikroinkapsuliranju za primjenu na tekstilu. Nakon inkapsuliranja materijala za jezgru, stanice kvasca su pričvršćene na pamučna i vunena vlakna upotrebom sredstva za umrežavanje i veziva [3, 11].

Hong i Park su pripremili mikrokapsule s ovojnicom od melamin-formal-

dehida i s jezgrom od mirisnog ulja Migrin, te su ih primijenili na pamučni materijal. Mikrokapsule su izrađene in-situ polimerizacijom. Jedan od istraživanih parametara kapsula s mirisnim uljem bila je veličina čestica, koja je ostala prosječno 10 μ m i nakon 15 ciklusa pranja [12]. Hong i Park su istraživali i poli(L-laktidne) mikrokapsule s mirisom šumske kiše, koje su izradili međufaznom taložnom metodom, evaporizacijom otapala iz emulzija tipa (voda/ulje)/voda na pamučnim materijalima. Veličine čestica su bile uglavnom manje od 5 μ m, a slična veličina zadržana je i nakon 15 ciklusa pranja [13].

3. Metode mikroinkapsuliranja

Kod mikroinkapsuliranja esencijalnih ulja i mirisa važno je pronaći način kako zadržati sve sastojke u kapsulama [6].

Neke od metoda inkapsuliranja su: kompleksna koacervacija, fazna separacija (odvajanje faza), polimerizacija na granici faza i *in situ* polimerizacija, sušenje raspršivanjem, zamrzavanje raspršivanjem i naslojavanjem u komorama [11, 14, 15].

3.1. Kompleksna koacervacija

Kompleksna koacervacija je metoda mikroinkapsuliranja kod koje je jezgra potpuno okružena kontinuiranim slojem ovojnice. Ovom metodom moguće je inkapsuliranje do 99 % aktivne tvari unutar ovojnice [11, 16, 17].

Uglavnom se upotrebljava za inkapsuliranje tvari hidrofobnih svojstava, budući da se temelji na interakciji između različitih polimera suprotnog naboja. U interakciji nastaju netopljivi kompleksi i separacija (odvajanje) faza, i ovisi (između ostalog) o naboju koje nose biopolimeri, njihovim omjerima, pH koacervacijske mješavine, jakosti iona, te mogućnosti naboja da stupi u reakciju. Nakupljanje ovakvih kompleksa oko hidrofobnih jezgri stvara barijeru, koja

omogućuje inkapsuliranje. Biopolimeri koji se upotrebljavaju u koacervacijskom procesu imaju hidrofilno-koloidna svojstva, topljivi su u vodenim otopinama, trebaju imati odgovarajuću gustoću naboja i linearnost molekulnog lanca [17, 18].

Mikrokapsule dobivene koacervacijskim procesom imaju izvrsna svojstva kontroliranog otpuštanja i otpornosti na toplinu [19]. U usporedbi s drugim tehnologijama mikroinkapsulacije, kao što je sušenje raspršivanjem, koacervacija je blag proces jer nema potrebe za velikim zagrijavanjem, odnosno ne radi se na visokim temperaturama. Zbog toga, ovaj proces je pogodan za inkapsuliranje mirisnih ulja, ali i ribljih ulja, nutrienata, vitamina, prezervativa, enzima i sl. [17].

3.2. Odvajanje faza

Odvajanje, odnosno separacija faza je fizikalno-kemijski proces dobivanja mikrokapsula, koji omogućuje veličine čestica od 2-5000 μm i tekuću (kapljevit) jezgru [15].

Dva polimera koja se ne miješaju jedan s drugim se otapaju u uobičajenim otapalima. Ovi polimeri tvore dvije odvojene faze. Jedna faza je bogata polimerom i načinjena tako da izgrađuje ovojnicu kapsule, a druga sadržava inkompatibilni polimer. Inkompatibilni polimer se uvodi u sustav kako bi potaknuo formiranje dviju faza. Nije dizajniran da bi bio dio ovojnice kapsule, iako manji dio može zaostati u finalnoj kapsuli kao nečistoća (primjesa). Proces se najčešće provodi u organskim otapalima i upotrebljava se za inkapsuliranje krutih tvari s određenim stupnjem topljivosti u vodi [11].

3.3. Polimerizacija na granici faza

Polimerizacijom na granici faza ovojnicu se formira od multifunkcionalnih monomera koji su otopljeni u tekućem materijalu jezgre te dispergirani u vodenu fazu pomoću sredstva za dispergiranje. Brza reakcija polimerizacije se odvija na granici faza što na kraju dovodi do nastanka

ovojnice kapsule. Iako se ovom metodom mogu inkapsulirati tekuće i krute tvari, kemizam polimerizacije je različit [11, 15, 20].

Ova metoda ima široku primjenu u industriji, ali se ne može primijeniti za inkapsuliranje osjetljivih aktivnih tvari [20].

3.4. *In situ* polimerizacija

Slično polimerizaciji na granici faza *in situ* polimerizacija uključuje izgradnju ovojnice kapsule polimerizacijom monomera koji su dodani u reaktor za inkapsuliranje. Međutim, aktivna tvar se ne dodaje u materijal za jezgru [11, 15].

Polimerizacija se odvija samo na strani kontinuirane faze međupovršine formirane od dispergiranog materijala jezgre i kontinuiranih faza. Predpolimer male molekularne mase nastaje tijekom procesa polimerizacije i s porastom molekularne mase odlaze se na površinu dispergiranog materijala za jezgru te ga inkapsulira. Tamo gdje se odvija polimerizacija umrežavanjem, nastaju kapsule s krutom ovojnicom [11, 15].

3.5. Sušenje raspršivanjem

Sušenje raspršivanjem je fizikalno-mehanička metoda često upotrebljavana za mikroinkapsuliranje kad su aktivne tvari otopljene ili suspendirane u talinu ili otopinu polimera i ostanu za zatvorene u osušenoj čestici [11, 12]. Veličine kapsula dobivene ovom metodom su u rasponu od 1 do 150 μm [21].

U ovom postupku emulzija za obradu se izrađuje od tekućih tvari, noseće tvari i filmogene otopine. Izrađena emulzija se raspršuje u obliku malih kapljica u vrući zrak. Na visokoj temperaturi otapalo isparava pri čemu ostaje čvrsta matrica okružena dispergiranom drugom fazom. To uzrokuje pohranu malih kapljica proizvoda u nosećoj tvari, naslojenoj tankim filmom [22].

Glavni parametri procesa su materijali za jezgru i ovojnicu, temperatura zraka za sušenje na ulazu i izlazu, stupanj protoka plina, distribucija

temperature i vlažnost unutar sušionika, vrijeme boravka, te geometrija komore za sušenje [21].

Poželjno je da materijal za ovojnicu ima dobra svojstva emulgiranja i mogućnost stvaranja filma, da se lako može sušiti uz nisku viskoznost i visoku koncentraciju krutih čestica te da je kemijski inertan [21]. Prednost ovog procesa je kratko vrijeme kontakta u sušioniku, što omogućava njegovu upotrebu u inkapsuliranju labilnih materijala. Postoji mogućnost upotrebe plina dušika za vrući plin umjesto zraka, ako se inkapsuliraju tvari osjetljive na djelovanje kisika. Tako neke aromatske tvari s nižim temperaturama vrenja mogu biti razorene u procesu sušenja raspršivanjem [11, 23].

3.6. Zamrzavanje raspršivanjem

Zamrzavanje raspršivanjem sastoji se od atomiziranja fluida unutar nekog okruženja na temperaturama nižim od onih pri kojim dolazi do taljenja. Atomizacija dovodi do oblikovanja istaljenih kapljica koje se zatim skrutnjaju hlađenjem, te finalno nastaju mikročestice [14].

3.7. Naslojavanje u komorama

Naslojavanje u komorama taljenjem polimera za ovojnicu (engl. Pan coating) ima vrlo široku primjenu u farmaceutskoj industriji. Ovom metodom se izrađuju tablete, kapsule, lijekovi sa sustavom više čestica i kristala [11].

Naslojavanje je proces u kojem se otopina za naslojavanje nanosi na kruti materijal za jezgru (npr. tablete) u komori sa zagrijavanjem površina tablete koje se prekrivaju s polimernim filmom. Tijekom sušenja površine tableta, nanos se mijenja od ljepljive tekućine do ljepljive polukrutine, pa na kraju sve do neljepljive površine. Cijeli proces naslojavanja se provodi u seriji mehanički upravljanih komora za naslojavanje. Manje komore se upotrebljavaju za eksperimente, razvoj proizvoda i za pilotna postrojenja, a velike komore se upotrebljavaju za industrijsku proizvodnju [15].

4. Primjena za tekstil i u proizvodima vezanima za tekstil

Mikrokapsule se mogu primijeniti na tekstil fulardiranjem, naslojavanjem, raspršivanjem, namakanjem ili iscrpljenjem. Vezivno sredstvo je nužno u svim postupcima nanošenja. Vezivno sredstvo može biti akrilno, poliuretansko, silikonsko, škrobno i dr., a njegova je uloga da povezuje kapsule s tekstilnim materijalom i drži ih vezanima tijekom nošenja i pranja, odnosno njege. Mikrokapsule se mogu nanijeti na različite vrste vlakana, prirodna i umjetna [3, 4].

Mehanizmi za otpuštanje tvari iz jezgre kod kozmetičkih tekstila su trenje, pritisak, biodegradacija, a kod aromaterapeutskog tekstila i tekstila s mirisima najčešći mehanizam je trenje, odnosno trljanje i difuzija kroz ovojnica [11].

Materijali s promjenom faza – PCM materijali i antimikrobni materijali se proizvode s kasnijom injekcijom mikrokapsula u vlakno, do njihovog sadržaja u vlaknu od 5-10%. Na taj se način eliminiraju procesi, npr. pređenje, pletenje, ili bojadisanje, a ovom metodom se ne mijenjaju normalna svojstva vlakana (čvrstoća, mekoća i drapiranje) [24].

Što su mikrokapsule manje, veća je pokrivenost proizvoda i dulje trajanje mirisa, budući da treba dulje vrijeme do rupture kapsula pod djelovanjem pritiska [3]. U praksi je cilj proizvesti tekstil s mikrokapsulama koje će trajati u što više ciklusa pranja.

U tvrtki Matsui Shikiso Chemical Co iz Kjota razvijen je poseban način fiksiranja mikrokapsula s aromama na tekstilnim materijalima. Materijal se prvo obrađuje kationskim tvarima na bazi dušika, a ovojnice mikrokapsula su proizvedene tako se adhezijski prijanjaju na taj sloj. Veličine kapsula su od 0,1 do 100 µm a proizvedene su metodom polimerizacije na granici faza ili *in situ* polimerizacijom. Tipične inkapsulirane tvari su parfemi [3].

Konvencionalno fiksiranje tijekom oplemenjivanja materijala povezano

je s visokom temperaturom, koja može razoriti mirise. Li i sur. pripravili su pamučnu tkaninu s inkapsuliranim mirisom limuna koji su fiksirali smolama pomoću ultraljubičastog zračenja (UV smole) uz dodatak inicijatora. UV smole mogu se primijeniti na niskim temperaturama. Znanstevnici koji su proučavali te smole uz upotrebu inicijatora utvrdili su da na tako obrađenim materijalima mirisi ostaju i nakon više od 50 ciklusa pranja, što su uspoređivali s materijalom obrađenim konvencionalnim toplinskim postupkom koji je zadržavao miris do 25 ciklusa pranja [25].

Tržišni proizvodi mikroinkapsuliranja na tekstilu, koji su tema ovoga rada, uključuju kozmetički tekstil, aromaterapijski i kućanski tekstil, sportsku odjeću i opremu te modnu, konvencionalnu odjeću [5].

U prvoj skupini tekstilnih proizvoda najčešće se mikroinkapsuliraju sredstva za vlaženje kože, vitamini, provitamini i tvari protiv starenja. Namijenjeni su za direktan dodir s kožom. U drugim skupinama su tekstili s mikroinkapsuliranim mirisima ili kao u slučaju kućanskog tekstila, i dezodorirajućih tvari [6]. Postoje mnoge tvrtke koje proizvode mirisne i kozmetičke tekstile, od prirodnih ili umjetnih vlakana za odjeću, donje rublje, namještaj, posteljno rublje, modne dodatke i sl. Mikrokapsule s aktivnim sadržajem ili esencijalnim uljima imaju polimerne ovojnice, a njihov promjer je oko 2 µm. Na tekstilne materijale nanose se na fularu, postupcima namakanja, raspršivanja ili ponovnog punjenja. Sadržaj jezgre mikrokapsule se otpušta tijekom nošenja zbog rupture ovojnica mikrokapsula. Linija kozmetičkog tekstila uključuje i tekstil za aromaterapiju, za poboljšanje ugodnosti nogu, energiziranje, relaksaciju i respiracijski tretman [26]. Neke tvrtke tiskaju kozmetičke kataloge s mirisnim papirima za isprobavanje mirisa parfema. Da bi se tiskale takve stranice, upotrebljava se mirisni lak u kojem se nalaze mikrokapsule s aromatičnim uljima u jezgi. One se akti-

viraju trljanjem, odnosno grebanjem kojima se oštećuje ovojnica, pri čemu se otvara mirisni sadržaj jezgre [27]. Postoji još mnogo više tvrtki koje proizvode vlakna s mikrokapsulama s mirisima ili kozmetičkim sredstvima. Oni proizvode proizvode kao npr. ogrtače, prekrivače, parfemirane haljine, grudnjake, steznike za vlaženje i energiziranje, te donje rublje s mikrokapsulama s aktivnim tvarima protiv celulita ili za njegu kože [3, 28].

Kao što je navedeno, inkapsulirati se mogu ne samo mirisi, esencijalna ulja ili kozmetički preparati, već se u jezgre mikrokapsula mogu ugrađivati hormoni i vitamini. Bilo bi dobro primijeniti lijekove na tekstilnim materijalima koji bi se nosili kada bi to bilo potrebno, te se ne bi moralo brinuti oko uzimanja pilula s takvim ljekovitim svojstvima, a koja mogu imati štetno djelovanje na jetru ili probavu.

Međutim, postoje i neki problem vezani za mikroinkapsuliranje tvari. Najčešći je problem kako povećati trajnost (postojanost) kapsula na pranje i sušenje, odnosno predviđene postupke njege proizvoda. Prema istraživačima, danas ovakvi proizvodi zadržavaju svojstva tijekom oko 30 ciklusa pranja. Povećanje trajnosti zahtijeva odgovarajući odabir materijala za ovojnica i načina izrade i primjene mikrokapsula na materijal. Ova područja mikroinkapsuliranja u stalnom su razvoju.

Razmatrajući mikroinkapsuliranje mirisa i esencijalnih ulja, postoji rizik od alergija koje mogu nastupiti u njihovom kontaktu s ljudskom kožom. Ove tvari, uglavnom esencijalna ulja koja su prirodne tvari, mogu sadržavati 26 potencijalno alergeni mirisnih tvari, koje osim ostalog, mogu izazvati iritaciju kože, svrbež ili nateknuće.

5. Zaključak

Mikroinkapsuliranje tvari za primjenu na tekstilnim materijalima je relativno novo, a ima mnoge prednosti.

Omogućuje kreiranje inovativnih proizvoda s novim svojstvima. Međutim, postoje i neki nedostaci, od kojih su najčešći trajnost i mogućnost alergijskih reakcija.

Unatoč tome, mikroinkapsuliranje za tekstilne primjene je inovativna metoda koja može imati utjecaj u mnogim područjima i ima velike mogućnosti razvoja u kozmetičkom i tekstilnom području. Također postoji velika mogućnost primjene mikroinkapsuliranja za tekstila u farmaceutskom i medicinskom sektoru.

(Prevela A. Vinčić)

Literatura:

- [1] Jyothi SriS. et al.: Microencapsulation: A Review. *International Journal of Pharma and Bio Sciences* 3 (2012) 1, 510-531
- [2] Hammad U. et al.: Microencapsulation: Process, Techniques and Applications. *International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences* 2011, 2 (2): 474-481
- [3] Nelson G.: Application of microencapsulation in textiles. *International Journal of Pharmaceutics* (2002) 242, 55-62
- [4] Ocepek B., P. Forte-Tavčer: Microencapsulation in textiles. XVIth International Conference on Bioencapsulation 2008, Ireland: 1-4
- [5] Desai AA.: Medical Textiles: Healthcare And Hygiene Products. www.fibre2fashion.com, December (2013)
- [6] Bolenwar P. et al.: Fragrance finishing of textiles. www.fibre2fashion.com, November (2013)
- [7] Wang CX., ShL. Chen: Aroma-chemistry and its Application in the Textile Field, *Fibres & Textiles in Eastern Europe* January (2005) 13, 6 (54): 41-44
- [8] Shahba AF.: Production and Characterization of Novel Perfumed Curtain Fabrics. *RJTA* 12 (2008) 4, 31-40
- [9] Lee MH. et al.: Grafting onto Cotton Fiber with Acrylamidomethylated -Cyclodextrin and Its Application. *Journal of Applied Polymer Science* (2000) 78, 1986-1991
- [10] Vidal C. et al.: Equipped fibers and textile surface structures. Patent 0150056 A1, USA 2005
- [11] Cheng SY. et al.: Development of Cosmetic Textiles Using Microencapsulation Technology. *RJTA* 12 (2008) 4, 41-51
- [12] Hong K., S. Park: Melamine resin micro-capsules containing fragrant oil: synthesis and characterization. *Materials Chemistry and Physics* 58 (1999) 128-131
- [13] Hong K., S. Park: Preparation of poly(L-lactide) microcapsules for fragrant fiber and their characteristics. *Polymer* 41 (2000) 4567-4572
- [14] Passarini N. et al.: Solid Lipid Microparticles Produced by Spray Congealing: Influence of the Atomizer on Micro-particle Characteristics and Mathematical Modeling of the Drug Release. *Journal of Pharmaceutical Sciences* 99 (2010) 2, 916-931
- [15] Jyothi NVN. et al.: Microencapsulation techniques, factors influencing encapsulation efficiency, *Journal of Microencapsulation* 27 (2010) 3, 187-197
- [16] Lee-Fong S., O. Chee-Sian: Effect of pH on Garlic Oil Encapsulation by Complex Coacervation, *J Food Process Technol* 4 (2013) 1, 1-5
- [17] Gouin S.: Microencapsulation: industrial appraisal of existing technologies and trends, *Trends in Food Science & Technology* (2004) 15, 330-347
- [18] Alvim ID., CRF. Grosso: Microparticles obtained by complex coacervation: influence of the type of reticulation and the drying process on the release of the core material, *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 30 (2010) 4, 1069-1076
- [19] Xiao J.-Xia et al.: Microencapsulation of sweet orange oil by complex coacervation with soybean protein isolate/gum Arabic, *Food Chemistry* 125 (2011) 1267-1272
- [20] Perignon C., G. Ongmayeb: Interfacial polymerization versus cross-linking microencapsulation, *Bioencapsulation Innovations*, March (2013) 8-10
- [21] Oliveira WP. et al.: Food and herbal products. In: *Spray Drying Technology* 1. Singapore (2010) pp. 132-133
- [22] Training Papers Spray Drying. www.uechi-prd-web.unic24.net (December 2013).
- [23] Li YO.: Development of microencapsulation-based technologies for micronutrient fortification in staple foods for developing countries, PhD Thesis, University of Toronto, Canada, 2009
- [24] Nelson G.: Microencapsulation in textile finishing. *Rev. Prog. Color.* 31 (2001) 57-64
- [25] Li S. et al.: UV curing for encapsulated aroma finish on cotton, *Journal of The Textile Institute* 96 (2005) 6, 407-411
- [26] www.euracli.fr
- [27] www.avonpolska.pl
- [28] www.nordcell.pl

SUMMARY

Microencapsulation of active substances and fragrances in textile material applications

E. Adamowicz, K. Śmigielski, M. Frydrysiak

Microencapsulation of substances applied on textiles is a relatively new method with many advantages applied in many different fields. There are many effective approaches to microencapsulation for decreasing release of fragrances and active substances such as essential oils and cosmetic ingredients using cyclodextrins, yeast cells, chitosans, melamine-formaldehyde or poly(L-lactide) as wall materials. Some of the methods for encapsulating are: complex coacervation, phase separation, interfacial polymerization and *in situ* polymerization, spray drying, spray congealing and pan coating. Market products for textiles with microcapsules include cosmetotextiles, aromatherapy textiles, home textiles, sports wears and apparel and microcapsules can be applied to these textiles by padding, coating, spraying or immersion exhaustion techniques. In practice the aim is to produce textiles with microcapsules which would last for as much wash and dry cycles as possible.

Key words: microencapsulation, active substances, fragrances, textile applications

Lodz University of Technology

Faculty of Biotechnology and Food Sciences

Institute of Chemical Technology of Food

Faculty of Material Technologies and Textile Design

Lodz, Poland

e-mail: emilia.adamowicz@gmail.com

Received May 15, 2014

Mikroverkapselung von aktiven Substanzen und Düften in textilen Anwendungen

Mikroverkapselung von auf Textilien angewendeten Substanzen ist eine relativ neue Methode mit vielen Vorteilen, die in vielen verschiedenen Bereichen angewendet werden. Es gibt viele wirksame Ansätze zu Mikroverkapselung, um die Freigabe von Düften und aktiven Substanzen wie Ölen und kosmetischen Zutaten mit Hilfe von Cyclodextrinen, Hefezellen, Chitosanen, Melaminformaldehyden oder Poly(L-lactide) als Wandmaterialien zu vermindern. Einige Methoden zur Verkapselung sind: komplexe Koazervation, Phasenseparation, Grenzflächenpolymerisation, *In-Situ* Polymerisation, Sprühtrocknung, Sprühkühlung und Pfannenbeschichtung. Marktprodukte für Textilien mit Mikrokapselformen sind: Kosmetotextilien, Textilien zur Aromatherapie, Heimtextilien, Sportkleidung und Bekleidung. Mikrokapselformen können für diese Textilien durch Imprägnierung, Beschichtung, Sprühen oder Eintauch- sowie Ausziehverfahren angewendet werden. In der Praxis ist das Ziel, Textilmaterialien mit Mikrokapselformen zu produzieren, die unzählige Wasch- und Trocknungszyklen überstehen würden.