

Osnovna šola Frana Roša Celje

VPLIV VEZIVA NA PREPUSTNOST STENE MIKROKAPSUL

Avtorji:

Eva BALA, 9.a

Larisa GORENJAK, 9.a

Jernej I. PILIH, 9.a

Mentorica:

Irena Zbašnik Zabovnik, predm. učit. ke - bi

Mestna občina Celje, Mladi za Celje

Celje, 2007

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujemo direktorici Programa PPP v podjetju Aero d. o.o., gospe Mileni Kukovič, univ. dipl. ing. kemijske tehnologije, za možnost opravljanja eksperimentalnega dela naloge v laboratoriju Aera.

Za praktično pomoč in prijetno sodelovanje se zahvaljujemo vodji raziskovalne skupine v podjetju Aero d. o.o., gospodu Emilu Knezu, univ. dipl. ing. kemijske tehnologije.

Hvala gospe Editi Klemenčič, kem. tehniku, za pomoč pri izdelavi ladjic.

Hvala tudi našim staršem za vzpodbudo in podporo pri delu.

Najbolj pa se želimo zahvaliti gospe Ireni Zbašnik Zabovnik, predmetni učiteljici kemije in biologije, naši prizadevni mentorici, za vsestransko podporo in potrpežljivost, neusahljivo energijo, spodbudo ter usklajevanje našega dela.

KAZALO

ZAHVALA	2
KAZALO	3
POVZETEK	4
1 UVOD	5
1.1 Hipoteze	5
1.2 Metode dela.....	6
2 TEORETIČNI DEL	7
2.1 Mikrokapsule in mikrokapsuliranje	8
2.2 Postopki mikrokapsuliranja.....	10
2.3 Odvračala	11
2.4 Parfumsko olje Daphne	12
2.5 Veziva.....	12
2.6 Prepustnost in difuzija.....	13
3 EKSPERIMENTALNI DEL	14
3.1 Potek dela	15
3.1.1 Priprava mikrokapsul	15
3.1.2 Priprava vzorcev mikrokapsul in veziv	16
3.1.3 Spremljanje sproščanja parfumskega olja Daphne iz mikrokapsul v različnih časovnih intervalih	20
3.2 Rezultati	22
3.2.1 Primerjava sproščenih deležev jedra iz različnih mikrokapsul glede na vrsto dodanega veziva.....	22
3.2.2 Primerjava sproščenih deležev jedra iz enakih mikrokapsul glede na vrsto dodanega 15 %deleža veziva	29
3.2.3 Mikrokapsule A brez veziva in z dodanima različnima vrstama veziva v različnih razmerjih med mikrokapsulami in vezivom	35
3.3 Analiza rezultatov	37
4 ZAKLJUČEK	39
5 VIRI IN LITERATURA	41

POVZETEK

V svoji raziskovalni nalogi smo preučevali vpliv veziva na prepustnost sten mikrokapsul. Ekperimentalni del smo opravili v laboratoriju podjetja Aero d.o.o. Pripravili smo mikrokapsule, ki so se med seboj razlikovale v debelini stene in velikosti por v stenah, jedro pa je bilo pri vseh mikrokapsulah zapolnjeno s parfumskim oljem Daphne.

Želeli smo narediti mikrokapsule, ki bi imele takšne lastnosti, da bi bile čim bolj obstojne na premazanih površinah v naravi in bi se parfumsko olje Daphne, ki ga uporabljajo kot odvrčalo (repellent) za divjad, sproščalo čim dlje v najbolj ustrezni količini, s katero bi dosegli njegovo učinkovitost in s tem ne bi škodovali okolju.

Mikrokapsule smo sušili in izračunavali delež jedra, ki se je sprostil med sušenjem po določenem časovnem intervalu. Nekaterim našim mikrokapsulam nismo dodali veziva, drugim mikrokapsulam pa smo dodali dve vrsti veziv (zamrežujoče in nezamrežujoče).

Pričakovali smo, da bodo najbolj prepustne stene mikrokapsul s tanko steno in da bo dodano vezivo, predvsem zamrežujoče, upočasnilo sproščanje jedra iz mikrokapsul. Rezultati so pokazali, da so bile mikrokapsule s tanko steno res najbolj prepustne, vezivi pa sta nasprotno od naših pričakovanj povečali prepustnost sten mikrokapsul.

Menimo, da bi bilo treba v prihodnosti izboljšati veziva ali postopke dodajanja različnih veziv, tako da bodo mikrokapsule ohranile svoje lastnosti, veziva pa jim bodo povečala obstojnost v naravi.

1 UVOD

Neverjetno je, kako si znamo ljudje prilagoditi okolje in si podrediti živalski in rastlinski svet po svoji meri. Živalim določamo poti gibanja in s tem tudi prehrabene poti. Pred mnogimi leti so imele živali svoj prostor (gozdove, travnike, polja), kjer so se počutile varne in imele ugodne pogoje za življenje. Ljudje smo jim z izsekavanjem gozdov krčili življenjski prostor, zato so začele pogosteje prihajati v bližino človeških bivališč. V nasade sadnega drevja in ostalih vrtnin prihajajo po hrano, posledična škoda pa prizadene predvsem ljudi, ki jim je poljedelstvo in sadjarstvo glavni vir dohodka. Da bi se izognili temu, smo začeli uporabljati odvrčala in pesticide, ki sicer res odganjajo divjad in druge škodljivce, vendar pa po drugi strani močno onesnažujejo okolje. V želji po nadomestitvi škodljivih odvrčal in pesticidov, smo ustvarili mikrokapsule, ki so vsestransko uporabni majhni delci. Z njihovo uporabo lahko neposredno nadzorujemo količino in hitrost sproščanja učinkovin, ki jih le te vsebujejo.

Podjetje Aero se že veliko let ukvarja z mikrokapsuliranjem eteričnih olj in parafinov, v zadnjih letih pa tudi z mikrokapsuliranjem odvrčal, natančneje s parfumskim oljem Daphne, ki odganja divjad. Mikrokapsule so oblikovali tako, da bi podaljšali čas sproščanja parfumskega olja Daphne in s tem njegovo učinkovitost. V ta namen so začeli mikrokapsulam dodajati vezivo (lateks).

Za cilj naše raziskovalne naloge smo si postavili preučiti vpliv veziv na prepustnost sten mikrokapsul. Za osnovo mikrokapsul smo izbrali parfumsko olje Daphne, ki se v kmetijstvu uporablja kot odvrčalo za divjad. Te mikrokapsule imajo tanko steno in se pripravljajo po ustaljenem postopku, tako da so kljub melamin-formaldehidni smoli v steni prepustne.

Kot mladi raziskovalci smo želeli bolj natančno raziskati kakšna je prepustnost sten mikrokapsul (s tanko steno in majhni porami, z debelo steno in majhnimi porami ter z debelo steno in večjimi porami) brez veziva in z dvema različnima vrstama veziva.

1.1 HIPOTEZE

1. Prepustnost mikrokapsul je glede na debelino stene različna.
2. Vezivo zmanjša prepustnost mikrokapsul.
3. Zamrežujoče vezivo bolj zmanjša prepustnost mikrokapsul kot nezamrežujoče.

1.2 METODE DELA

- Zbiranje podatkov iz različnih virov,
- priprava mikrokapsul,
- tehtanje,
- sušenje vzorcev,
- beleženje podatkov,
- računanje,
- primerjanje podatkov,
- analiziranje podatkov,
- zapis ugotovitev.



Slika 1: Tehtanje in beleženje podatkov

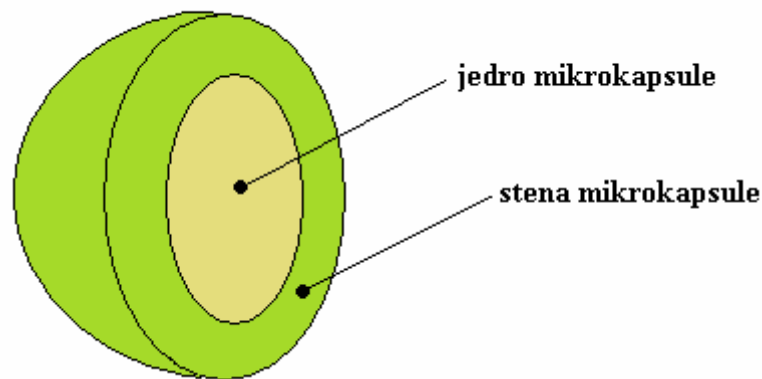


Slika 2: Sušenje vzorcev

2 TEORETIČNI DEL

2.1 MIKROKAPSULE IN MIKROKAPSULIRANJE

Mikrokapsule so mikroskopsko majhni delci, sestavljeni iz jedra in ovojnice. Jedro je lahko plinasto, tekoče ali trdno, ovojnica pa je vedno trdna. Ovojnica oziroma stena ščiti jedro pred zunanjimi vplivi. Mikrokapsula lahko ima tudi več ovojnic, ki jo še dodatno zaščitijo. Velikost mikrokapsul je različna in niha med enim mikrometrom ter nekaj sto mikrometri. V enem gramu mikrokapsul je približno 15 milijard mikrokapsul. Če bi en gram mikrokapsul razmazali po ravni površini, bi mikrokapsule pokrile površino 3,5 m², če pa bi jih postavili v ravno vrsto drugo za drugo, bi bila vrsta dolga kar 75 km.



Slika 3: Zgradba mikrokapsule

Mikrokapsule predstavljajo skladišče določene snovi na mikroskopskem nivoju. Mikrokapsule se zato uporabljajo v različne namene. Njihove lastnosti se razlikujejo glede na velikost jedra in ovojnice, njuno kemično zgradbo in postopek mikrokapsuliranja.

Mikrokapsule se danes uporabljajo skoraj povsod. Uporabljajo jih v tiskarstvu, fotografiji, farmaciji, kozmetiki, elektroniki, kemični industriji, biotehnologiji, prehrabeni industriji, agrikulturi, gradbeništvu, tekstilni industriji in na mnogih drugih področjih.

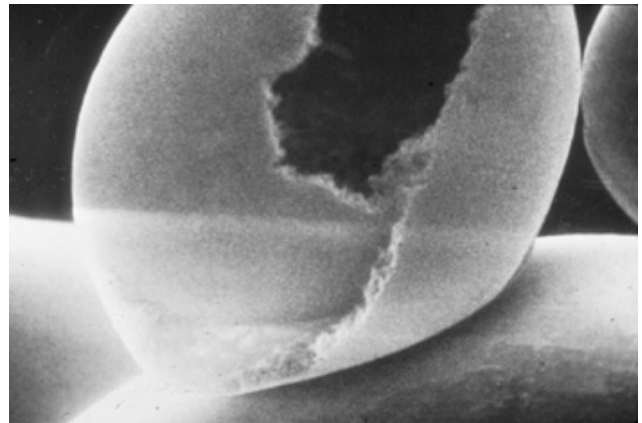
Mikrokapsuliranje omogoča številne prednosti. Delo s strupeni snovmi je lažje, podaljša se uporabnost izdelkov, zmanjša se onesnaževanje okolja, itd. Namen mikrokapsuliranja je zaščititi jedro pred zunanjimi vplivi in tako nadzorovati sproščanje snovi iz jedra ter s tem doseči podaljšano sproščanje snovi iz jedra v okolico. Z različnimi postopki mikrokapsuliranja in dodajanjem različnih količin sestavin lahko vplivajo na hitrost sproščanja skozi stene mikrokapsul.

S pomočjo mikrokapsuliranja na primer v vložek za obutev vgradijo mikrokapsule, ki vsebujejo eterična olja sivke, žajblja in rožmarina. Eterična olja se s pritiskom stopala pri hoji počasi in sorazmerno z obremenitvijo sproščajo iz mikrokapsul. Vložek ostane pri tem popolnoma suh. Eterična olja zagotavljajo dolgotrajen deodorantni in baktericidni učinek. Vedno bolj se uporabljajo mikrokapsule z vgrajenimi PCM (Phase Change Materials) materiali za sprejemanje in oddajanje toplote v tekstilijah. Mikrokapsule so tudi pričeli dodajati v stenske barve, z namenom da bi zadržale toploto. S tem bi privarčevali denar za energijo in še pomembneje, poraba toplotne energije bi bila manjša.

Na sproščanje jedrnega materiala iz mikrokapsul vpliva veliko dejavnikov. Poznamo dva glavna načina sproščanja jedrnega materiala iz mikrokapsul.

1. POŠKODOVANJE STENE:

- mehanska poškodba stene,
- raztopitev stene v vodi ali drugem topilu,
- encimski razkroj,
- raztalitev pod vplivom toplote ali svetlobe.



Slika 4: Mehansko poškodovana mikrokapsula

2. SPROŠČANJE SKOZI STENO Z DIFUZIJO (sproščanje z difuzijo je lahko bolj kontrolirano):

- počasno sproščanje,
- zadrževano sproščanje.

2.2 POSTOPKI MIKROKAPSULIRANJA

Cilj postopkov mikrokapsuliranja je, da se okoli jedra naredi ovojnica, ki bi ustrezala namenu mikrokapsul. Mikrokapsule lahko pripravimo z različnimi postopki, ki se delijo na dve glavni veji.

❖ mehanski postopki

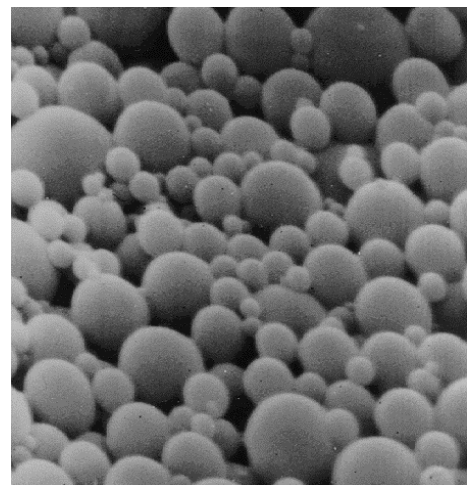
❖ kemijski postopki

- koacervacijski
- polimerizacijski

Mehanski postopki so: razpršilno sušenje, razpršilno hlajenje, odpravljanje topil, odpravljanje reverzne faze, nalaganje v vakumu, elektrostatsko deponiranje in drugi.

Pri kemijskih postopkih morajo biti pozorni na to, da snovi, ki jih mikrokapsulirajo ne reagirajo z dodanimi snovmi, ki so potrebne za mikrokapsuliranje. Reakcije lahko spremenijo ali celo uničijo jedro, kar posledično naredi mikrokapsule neuporabne.

Pri »in situ« polimerizaciji, ki jo uporabljajo v Aeru z lastno tehnologijo, se da v posodo emulgator, smolo (največkrat formaldehidne smole), snov, ki sestavlja jedro (parafin ali parfumsko olje) in vodo. Snovi se mešajo v mešalu, hitrost mešanja pa je odvisna od naših zahtev. Če želimo manjše mikrokapsule, mora biti hitrost mešanja večja, v nasprotnem primeru pa manjša. Postopek emulgiranja traja približno 20 minut. Po končanem emulgiranju se vklopi grelec, doda se še toliko vode, kot je predvideno, da bo izhlapela med postopkom segrevanja. Med segrevanjem se vodna raztopina smole polimerizira in tvori trdno ovojnico. Bistvo postopka je prisotnost posebnega emulgatorja - modifikatorja, ki omogoča, da poteka polimerizacija stenskega materiala na površini oljnih kapljic. Mikrokapsule, ki nastanejo, so v obliki vodne emulzije. Na velikost mikrokapsul, porazdelitev mikrokapsul, debelino in strukturo stene lahko vplivajo s pogoji mikrokapsuliranja in količino dodanih snovi med postopkom mikrokapsuliranja.



Slika 5: Mikrokapsule pridobljene s polimerizacijo »in situ«

2.3 ODVRAČALA

Odvračala ali repelenti so snovi, katerih vonj odvrta živali od posameznih predmetov, območij, ljudi, rastlin in drugih živali.

Ljudje uporabljamo odvrtačala v različne namene, vedno pa delujejo tako, da se jih živali izogibajo. S tem preprečimo, da bi nam uničevale pridelke (npr. divjad), škodovale našemu zdravju ali zdravju naših hišnih ljubljencev (npr. klopi, bolhe).

Poznamo naravna odvrtačala (npr. tigrov urin, ki odganja vse vrste živali, eterično olje citronke in melise, ki odganja žuželke...), kemijska odvrtačala (npr. Aromit MK, ki odganja divjad) in odvrtačala, ki so mešanica obojega.



Slika 6: Citronka



Slika 7: Melisa

Kemijska odvrtačala posnemajo naravne substance, ki odganjajo živali.

Popolno odvrtačalo naj bi bilo tako, da bi odganjalo le eno vrsto živali oz. škodljivca in ne bi onesnaževalo okolja. Vendar je tako odvrtačalo zelo težko narediti, saj lahko v naravo vnesene snovi vplivajo na celotno okolje in ne le na škodljivce.

S pripravo odvrtačal se ukvarjajo različne kemične tovarne npr. Agroruše d.o.o. (npr. odvrtačalo Aromit MK), s pripravo mikrokapsuliranih odvrtačal za živali pa Aero.

V praktični uporabi Aromit-a MK (odvrtačalo z mikrokapsuliranim oljem Daphne) poteka difuzija jedrnih sestavin iz jeder mikrokapsul v zrak, kjer se močno razredčijo.

2.4 PARFUMSKO OLJE DAPHNE

Parfumsko ali eterično olje Daphne je mešanica različnih spojin. Glavne sestavine so citronelol, hidroksivitronelal, cinamil alkohol, feniletanol in druge. Olje Daphne je razredčeno z mešanico nearomatskih ogljikovodikov – Shellsol D70 in skupaj z njimi predstavlja jedro naših mikrokapsul. Olje samo ni nevarno, vendar ni priporočljivo za uživanje ali nanašanje na kožo, še posebej na bolj občutljiva mesta (oko, sluznice itd.). Olje Daphne ima neprijeten vonj, ki v dovolj veliki koncentraciji odvrča divjad (srne, jelene, divje svinje, zajce in divje koze), zato se v trgovinah pod imenom Aromit MK prodaja kot odvrčalo. Aromit MK je bela tekočina s pH vrednostjo 7,6. V preveliki koncentraciji lahko vonj, ki je običajno skrajno neprijeten, čuti tudi človek. Zaradi tega je uporabljen v razmerju 1 liter Aromit-a MK na 100 litrov navadne vode. Parfumsko olje Daphne je glavna komponenta Aromit-a MK, saj predstavlja kar 27,5% njegove vsebine. Aromit MK v normalnih okoliščinah ni reaktiven. Uporablja se v sadovnjakih, vinogradih in nasadih krompirja, paradižnika, fižola ter zelja v času vegetacije (april, maj, junij, julij, avgust in september). Aromit-u običajno dodajajo tudi vezivo, da zmanjšajo možnosti spiranja s površine.

2.5 VEZIVA

Veziva za nanašanje mikrokapsul so snovi (lateksi), ki jih dodajo emulziji mikrokapsul, da bi zaščitili mikrokapsule pred odnašanjem in spiranjem (dež, veter) s površin, kamor jih nanesejo.

Veziva, oziroma postopek priprave mikrokapsul z vezivi, lahko vplivajo tudi na prepustnost stene mikrokapsul. Poznamo nezamrežujoča veziva (npr. Acronal) in zamrežujoča veziva (npr. Acrylem) za mikrokapsule. Zamrežujoče vezivo tvori okoli mikrokapsule še dodatno ovojnico.



Slika 8: Primerjava vzorcev mikrokapsul brez veziva (na levi) in z vezivom (na desni)

2.6 PREPUSTNOST IN DIFUZIJA

Prepustnost je lastnost stene, ki nam pove koliko snovi oziroma energije prehaja skozi steno pri podanih okoliščinah (koncentraciji prehajajoče snovi na obeh straneh stene, toploti ter tlaku). Odvisna je od mehanskih dimenzij stene ter od kemijskih/fizikalnih interakcij med steno in snovjo, ki prehaja. Prepustnost je obratna vrednost upornosti.

$$P = \frac{k \cdot S}{d}$$

P – prepustnost

k – konstanta prepustnosti (odvisna od kemijskih lastnosti stene in prehajajoče snovi)

S – površina stene

d – debelina stene

Difuzija je spontano gibanje delcev ali energije od področja z visoko koncentracijo do področja z nižjo koncentracijo, ki poteka dokler ni koncentracija snovi v sistemu povsod enaka. Difuzija povzroča stalno gibanje molekul, posledica pa je razširjanje (npr. dišav). Hitrost difuzije (t.j. hitrost s katero se vzpostavi ravnovesje v sistemu) je odvisna od temperature, razlike koncentracij, snovi, ki potuje, medija, v katerem snov potuje ter pri plinih tudi tlaka.

3 EKSPERIMENTALNI DEL

3.1 POTEK DELA

Naše raziskovalno delo je potekalo v laboratoriju podjetja Aero d.o.o. v Celju. Pri delu nam je pomagal gospod Emil Knez.

Naše raziskovalno delo je potekalo v petih fazah:

1. priprava mikrokapsul,
2. priprava vzorcev mikrokapsul in veziv,
3. spremljanje sproščanja parfumskega olja Daphne iz mikrokapsul v različnih časovnih intervalih,
4. izračun in zapis rezultatov,
5. analiza rezultatov.

3.1.1 PRIPRAVA MIKROKAPSUL

Poznamo več različnih načinov mikrokapsuliranja. Pri našem delu smo pri pripravi mikrokapsul uporabili poseben polimerizacijski postopek »in situ«. Pripravili smo 3 različne vrste mikrokapsul, pri čemer smo vedno uporabili enak postopek, le da smo spreminjali količino posameznih komponent, ki sestavljajo mikrokapsule. V kovinsko posodo s prostornino 2,5 litra smo vlili zahtevane količine emulgatorja, melaminformaldehidne smole, vode, 20% raztopino NaOH, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ in parfumskega olja Daphne z dodatkom mešanice nearomatskih ogljikovodikov – Shellsol D70, ki je v našem primeru predstavljalo jedro mikrokapsul.

Posodo smo dali v električno mešalo dissolver. Hitrost obratov mešala smo nastavili na 1500 obratov na minuto. Snov je med 20 minutnim mešanjem pri sobni temperaturi emulgirala. Po dvajsetih minutah mešanja smo emulzijo segreli na 80°C in pri tej temperaturi mešali še eno uro. S segrevanjem smo aktivirali utrjevanje melamin-formaldehidne smole, okoli jedra je nastala stena in tako so nastale mikrokapsule. Med segrevanjem smo z lijem ločnikom postopoma dodajali 300 ml vode, da bi preprečili izsuševanje emulzije v zmesi, saj takšna količina vode pri omenjenem postopku predvidoma izhlapi. Po eni uri smo emulzijo ohladili na 50°C . Dodali smo raztopino NaOH, da je potekla nevtralizacija, na koncu pa smo dodali še 25% raztopino $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ za vezavo formaldehida, ki je nastal pri utrjevanju melamin-formaldehidne smole.

Opisani postopek smo opravili trikrat, pri čemer smo spreminjali količino sestavin za pripravo mikrokapsul po recepturi podjetja Aero d.o.o. Na ta način smo dobili 3 različne vrste mikrokapsul:

- mikrokapsule A – tanka stena, majhne pore,
- mikrokapsule B – debela stena, majhne pore,
- mikrokapsule C – debela stena, velike pore.

3.1.1.1 OPIS APARATURE ZA PRIPRAVO MIKROKAPSUL

- Dissolver mešalo 0,75 kW (Volrrath) z zobato dissolver ploščo 80 mm,
- kovinska posoda s premerom 150 mm in višino 210 mm,
- možnost spreminjanja obratov 1200-6000,
- vodna kopel s kontaktnim termometrom in relejem.



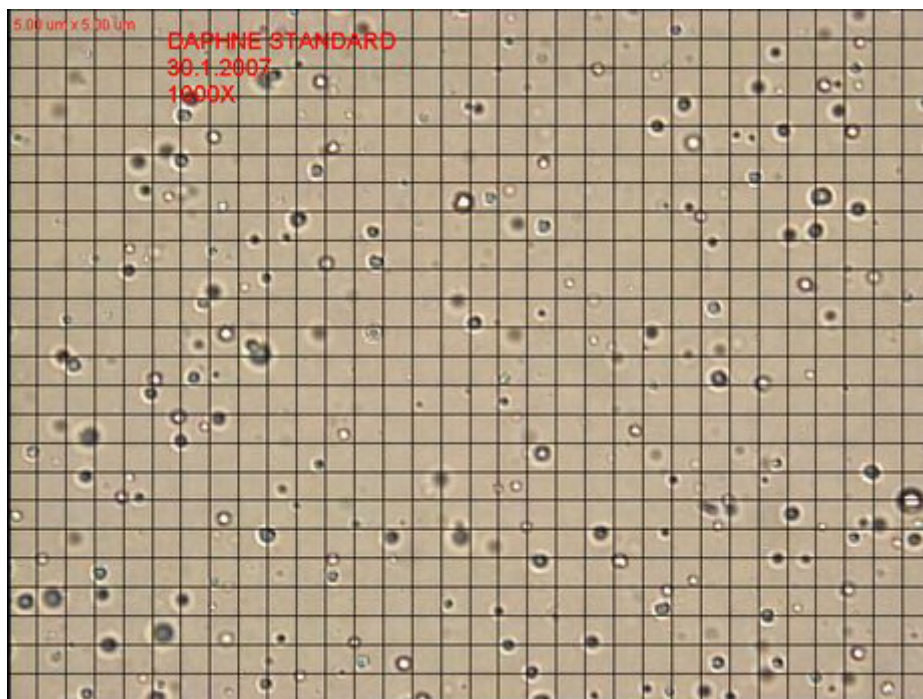
Slika 9: Mešalo dissolver

3.1.2 PRIPRAVA VZORCEV MIKROKAPSUL IN VEZIV

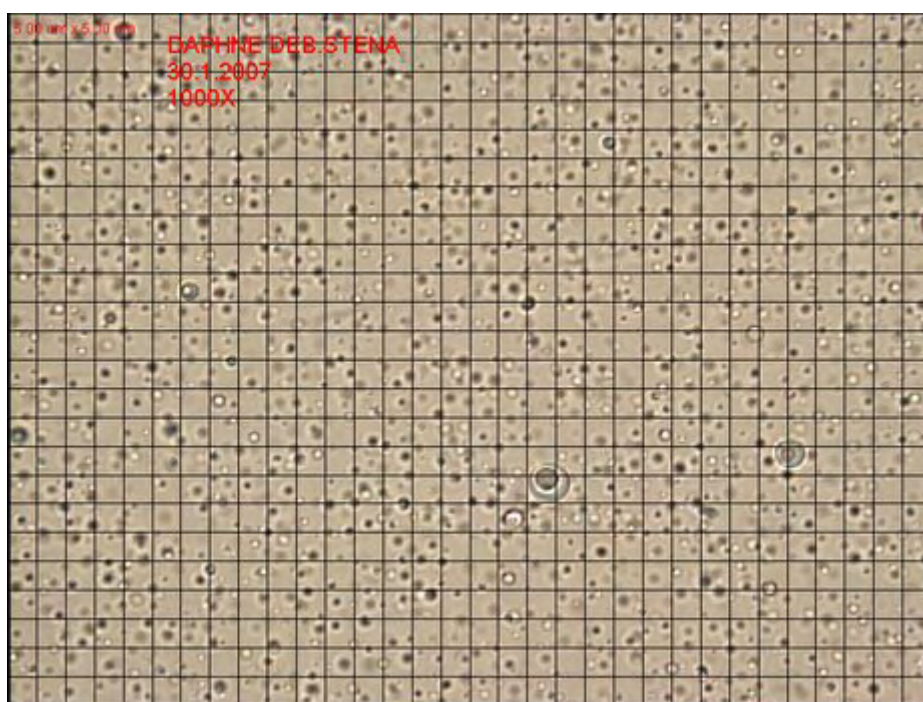
Vsaki vrsti mikrokapsul smo dodali dve različni vrsti veziv in sicer eno zamrežujoče vezivo (Acrylem) in eno nezamrežujoče (Acronal). Razlika v delovanju obeh veziv je v tem, da zamrežujoče vezivo naredi okoli stene mikrokapsule še dodatno ovojnico. Tako smo dobili 9 različnih vzorcev mikrokapsul, ki so naštetih v tabeli.

	Brez dodanega veziva	Vezivo Acrylem (zamrežujoče)	Vezivo Acronal (nezamrežujoče)
Mikrokapsule A (tanka stena, majhne pore)	Vzorec A1	Vzorec A2	Vzorec A3
Mikrokapsule B (debela stena, majhne pore)	Vzorec B1	Vzorec B2	Vzorec B3
Mikrokapsule C (debela stena, velike pore)	Vzorec C1	Vzorec C2	Vzorec C3

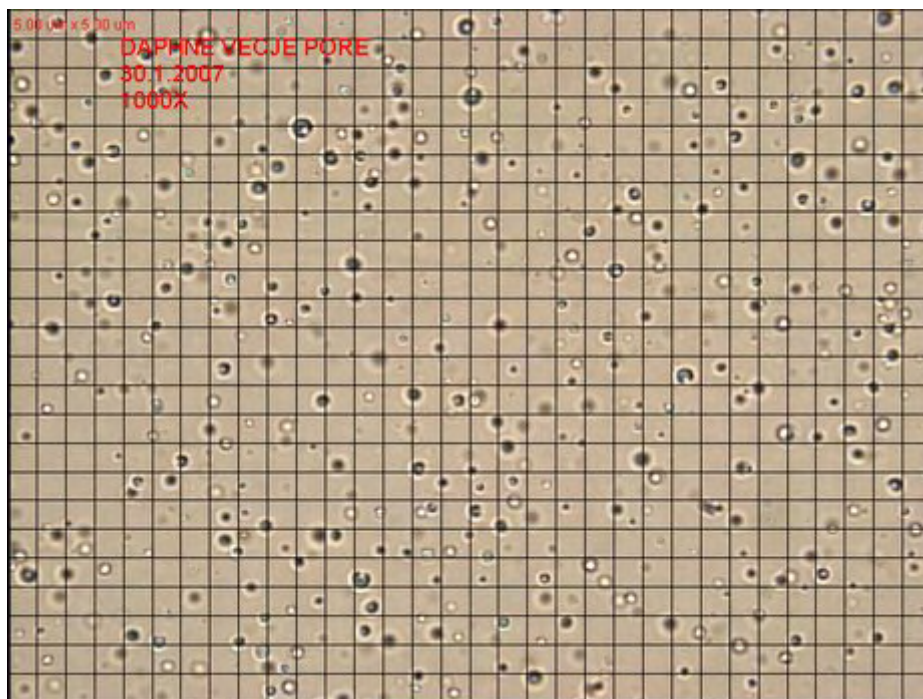
Tabela 1 : Vrste vzorcev mikrokapsul in veziv



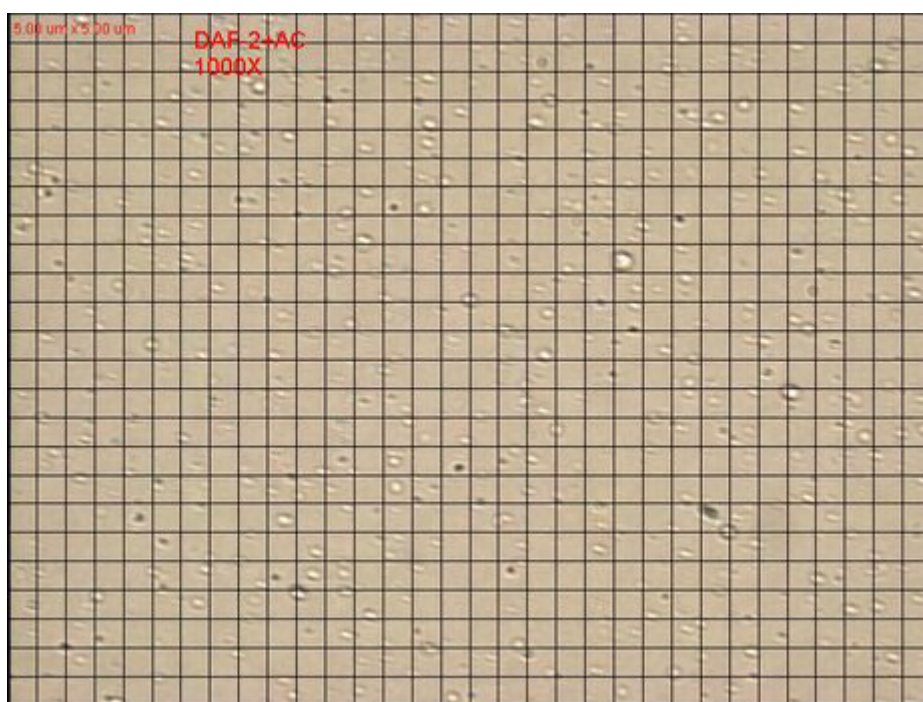
Slika 10: Mikrokapsule A s tanko steno in majhnimi porami pod mikroskopsko povečavo (1000x)



Slika 11: Mikrokapsule B z debelo steno in majhnimi porami pod mikroskopsko povečavo (1000x)



Slika 12: Mikrokapsule C z debelo steno in velikimi porami pod mikroskopsko povečavo (1000x)



Slika 13: Mikrokapsule B z debelo steno in majhnimi porami z dodanim vezivom Acronal pod mikroskopsko povečavo (1000x)

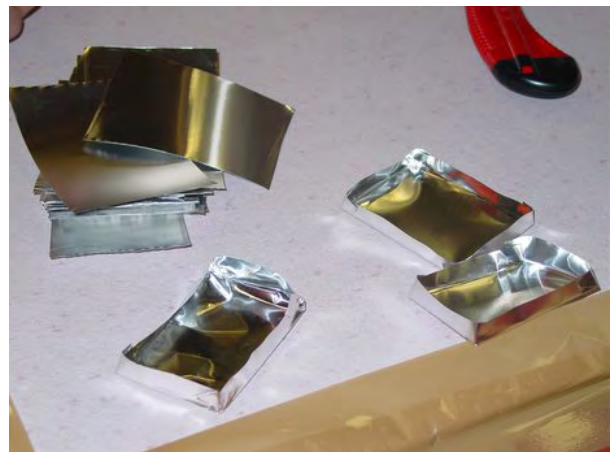
Dobljene vzorce smo dali v pripravljene aluminijaste ladjice, ki so služile kot posodice med segrevanjem v sušilniku.

3.1.2.1 PRIPRAVA ALUMINIJASTIH LADJIC

Poznamo dva načina priprave ladjic. Prvi način je, da aluminijasto folijo ovijemo okoli dna čaše. Folija se oblikuje v obliki kroga, okoli katerega je dvignjen rob iz folije. Mi smo uporabili drug, bolj preprost način izdelave. Odrezali smo kose srednje trde aluminijaste folije v obliki pravokotnika, nato pa smo upogibali robove, tako da je ladjica dobila obliko posodice. Morali smo paziti, da so bili vsi robovi dobro stisnjeni in dovolj visoki, da vsebina ne bi iztekala. Aluminijasto folijo smo obrnili tako, da je bila notranjost posodice svetleča. To je bilo pomembno, ker smo tako drugo stran lahko označili.



Slika 14: Izdelovanje ladjic



Slika 15: Ladjice

3.1.3 SPREMLJANJE SPROŠČANJA PARFUMSKEGA OLJA DAPHNE IZ MIKROKAPSUL V RAZLIČNIH ČASOVNIH INTERVALIH

Sproščanja parfumskega olja Daphne iz mikrokapsul smo spremljali tako, da smo od vsake vrste mikrokapsul vzeli dva vzorca za primerjavo – tako smo dobili 18 vzorcev.



Slika 16: Vstavljanje vzorcev v sušilnik

Prej pripravljene ladjice smo stehali z analitsko tehtnico in si zapisali njihove mase. Nato smo v vsako oštevilčeno ladjico vlili pripadajoči vzorec mikrokapsul, ponovno stehali in zapisali podatke v tabelo. Ladjice z vzorci smo dali v ventilacijski sušilnik, ki smo ga predhodno nastavili na temperaturo 120° C. To temperaturo smo izbrali, saj so to najbolj optimalni pogoji za sušenje mikrokapsul in je to običajna temperatura, pri kateri se mikrokapsule sušijo. Vzorcev nismo sušili pri sobni temperaturi, saj bi sušenje trajalo predolgo in ne bi podalo točnih rezultatov. Vsake pol ure (po 30-ih, 60-ih in 90-ih minutah) smo vzeli ladjice z vzorci iz sušilnika in jih ohladili v eksikatorju, ki je tudi preprečil, da bi se vzorci navlažili. Ko so se ohladili, smo jih znova stehali. Vse podatke smo sprti zapisovali v tabelo. Maso mikrokapsul v posamezni ladjici (pred in po sušenju) smo izračunali po naslednji enačbi:

$$m_3 = m_2 - m_1$$

m_1 = masa ladjice

m_2 = masa ladjice z vzorcem

m_3 = masa vzorca



Slika 17: Eksikator



Slika 18: Analitska tehtnica

V program Microsoft Excel smo vnesli podatke o masi vzorcev pred sušenjem, po sušenju in delež jedra v posameznih vzorcih. Računalniški program Microsoft Excel nam je izračunal delež snovi, ki ga je stena v določenem času prepustila iz jedra mikrokapsul po enačbi, ki jo uporabljajo v Aeru.



Slika 19: Tehtanje vzorcev

3.2 REZULTATI

Po opravljenem laboratorijskem delu in zapisu vseh podatkov v računalnik smo medsebojno primerjali deleže sproščenega jedra iz različnih vzorcev mikrokapsul. Rezultate smo prikazali v preglednicah in grafično.

3.2.1 PRIMERJAVA SPROŠČENIH DELEŽEV JEDRA IZ RAZLIČNIH MIKROKAPSUL GLEDE NA VRSTO DODANEGA VEZIVA

Za boljšo preglednost rezultatov smo najprej med seboj primerjali različne vzorce mikrokapsul, ki pa so imeli dodano enako količino veziva in enako vezivo, oziroma veziva sploh ni bilo. Tako smo lažje razbrali, kako določena vrsta veziva deluje na prepustnost stene pri različnih mikrokapsulah.

Za lažje razumevanje podanih tabel smo še enkrat napisali preglednico v kateri piše, kaj pomenijo kratice za različne vzorce mikrokapsul.

	Brez dodanega veziva	Vezivo Acrylem (zamrežujoče)	Vezivo Acronal (nezamrežujoče)
Mikrokapsule A (tanki stena, majhne pore)	Vzorec A1	Vzorec A2	Vzorec A3
Mikrokapsule B (debeli stena, majhne pore)	Vzorec B1	Vzorec B2	Vzorec B3
Mikrokapsule C (debeli stena, velike pore)	Vzorec C1	Vzorec C2	Vzorec C3

Tabela 2 : Vrste vzorcev mikrokapsul

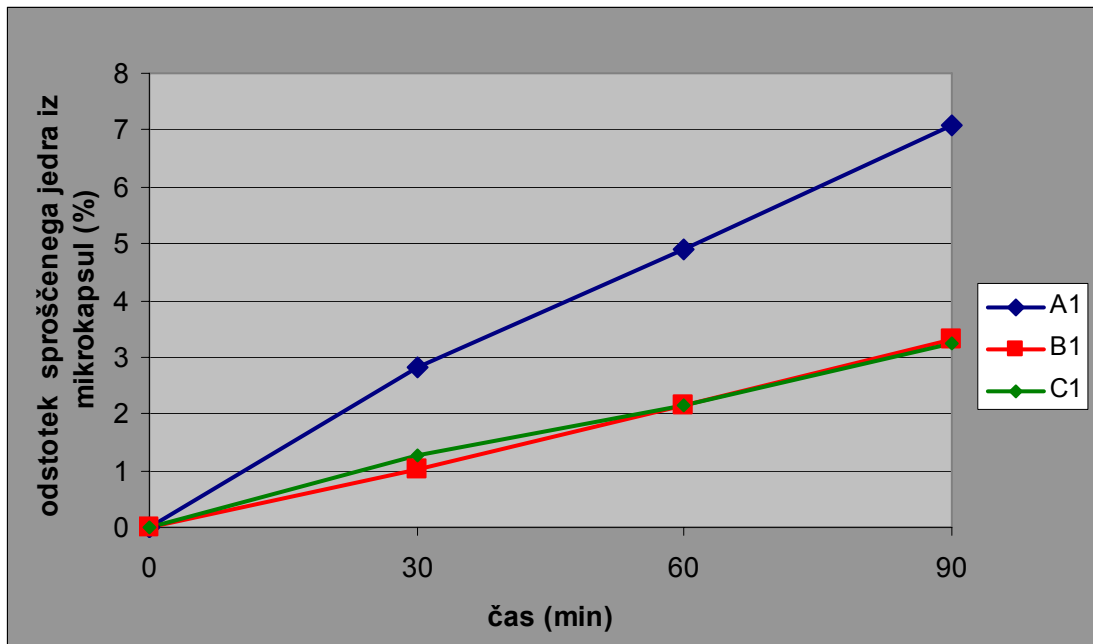
3.2.1.1 VZORCI MIKROKAPSUL BREZ VEZIVA

Vrsta mikrokapšul	Vezivo	Razmerje mikrokapšule/vezivo	Temp. sušenja	Delež jedra (%)	0 min ***	30 min ***	60 min ***	90 min ***
A1 – vzorec 1	brez	100/0	120°C	83,64	0,00	2,79	5,67	8,29
A1 – vzorec 2	veziva	100/0	120°C	83,64	0,00	2,85	4,12	5,90
A1 – povprečje					0,00	2,82	4,90	7,10
B1 – vzorec 1	brez	100/0	120°C	75,88	0,00	0,90	1,96	3,18
B1 – vzorec 2	veziva	100/0	120°C	75,88	0,00	1,17	2,33	3,44
B1 - povprečje					0,00	1,04	2,15	3,31
C1 – vzorec 1	brez	100/0	120°C	78,87	0,00	1,03	1,89	2,70
C1 – vzorec 2	veziva	100/0	120°C	78,87	0,00	1,49	2,41	3,76
C1 - povprečje					0,00	1,26	2,15	3,23

Tabela 3: Primerjava deležev sproščenega jedra iz različnih vrst mikrokapšul brez veziva med sušenjem

***OPOMBA: Delež jedra, ki ga je prepustila stena mikrokapšule v podanem času.

Dobljene povprečne vrednosti deležev jedra, ki so se sprostile skozi steno mikrokapsul, smo prikazali tudi grafično.



Graf 1: Primerjava deležev sproščenega jedra iz različnih vrst mikrokapsul brez veziva med sušenjem

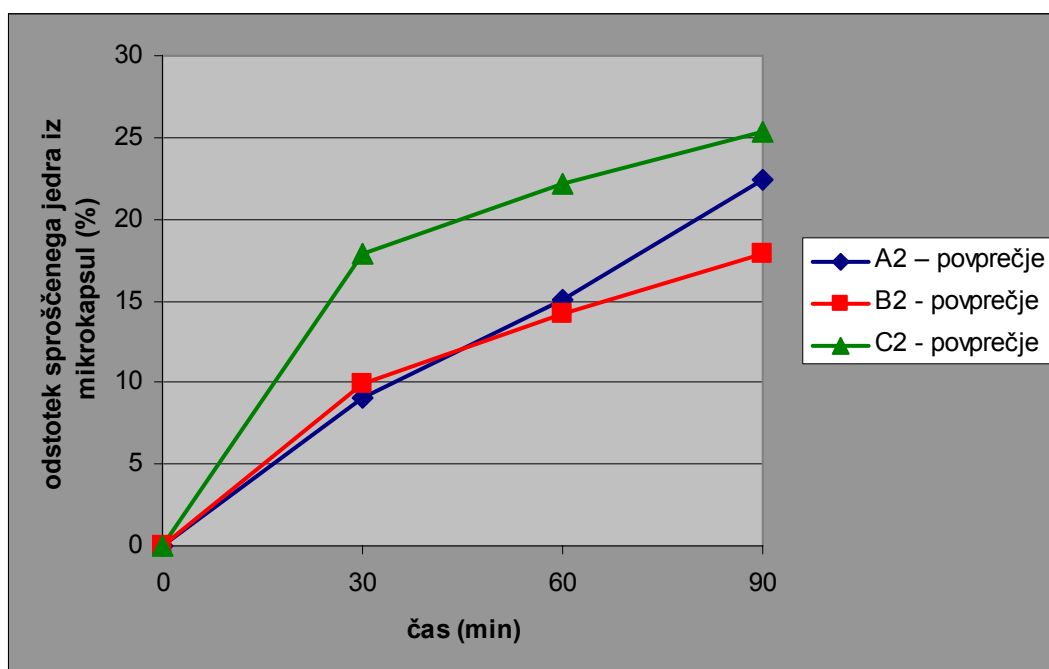
Pri primerjavi deležev sproščenega jedra iz vzorcev različnih mikrokapsul, ki niso imeli dodanega veziva, je iz grafa 1 jasno razvidno, da se je v procesu sušenja pri 120° C največ jedra sprostilo skozi steno mikrokapsul A1. To so kapsule s tanko steno in majhnimi porami. Razlika pri sproščanju jedra iz vzorcev mikrokapsul B1 (debela stena, majhne pore) in C1 (debela stena, velike pore) je bila majhna. Povprečni delež sproščenega jedra po 90-ih minutah sušenja je pri mikrokapsulah A1 znašal 7,10 %, pri mikrokapsulah B1 3,31 % in pri mikrokapsulah C1 3,23 %.

3.2.1.2 VZORCI MIKROKAPSUL Z DODANIM 15 % DELEŽEM VEZIVA ACRYLEM (ZAMREŽUJOČE)

Vrsta mikrokapsul	Vezivo	Razmerje mikrokapsule/vezivo	Temp. sušenja	Delež jedra (%)	0 min ***	30 min ***	60 min ***	90 min ***
A2 – vzorec 1	Acrylem 2606	85/15	120°C	70,81	0,00	5,90	12,70	20,60
A2 – vzorec 2		85/15	120°C	70,81	0,00	12,23	17,31	24,31
A2 – povprečje						0,00	9,07	15,01
B2 – vzorec 1	Acrylem 2606	85/15	120°C	64,27	0,00	10,37	14,86	18,64
B2 – vzorec 2		85/15	120°C	64,27	0,00	9,55	13,52	17,09
B2 – povprečje						0,00	9,96	14,19
C2 – vzorec 1	Acrylem 2606	85/15	120°C	66,80	0,00	16,34	20,86	24,48
C2 – vzorec 2		85/15	120°C	66,80	0,00	19,33	23,57	26,24
C2 – povprečje						0,00	17,84	22,22

Tabela 4: Primerjava deležev sproščenega jedra iz različnih vrst mikrokapsul z vezivom Acrylem med sušenjem

***OPOMBA: Delež jedra, ki ga je prepustila stena mikrokapsule v podanem času.



Graf 2: Primerjava deležev sproščenega jedra iz različnih vrst mikrokapsul z vezivom Acrylem med sušenjem

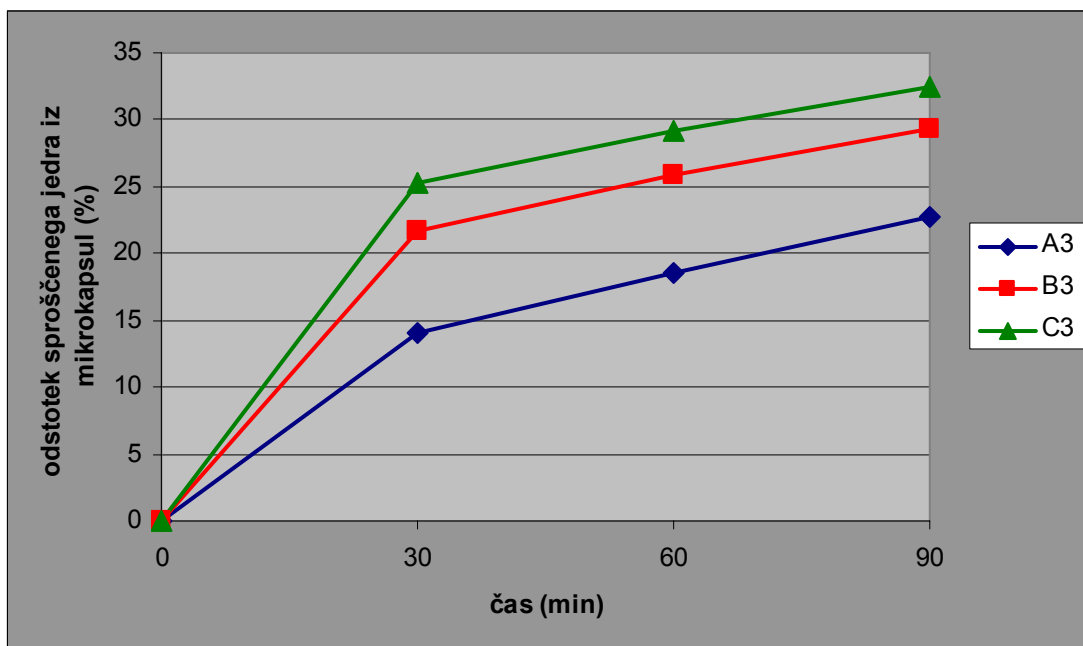
Pri primerjavi deležev sproščenega jedra iz vzorcev različnih mikrokapsul, ki so imeli dodano zamrežujoče vezivo Acrylem, je iz grafa 2 razvidno, da se je v procesu sušenja pri 120° C največ jedra sprostil skozi steno mikrokapsul C2. To so kapsule z debelo steno in velikimi porami. Pri sproščanju jedra iz vzorcev mikrokapsul A2 (tanka stena, majhne pore) in B2 (debela stena, majhne pore) se je razlika pokazala šele v zadnjih 30-ih minutah sušenja, prej pa ni bila opazna. Povprečni delež sproščenega jedra po 90-ih minutah sušenja je pri mikrokapsulah C2 znašal 25,36 %, pri mikrokapsulah A2 22,46 % in pri mikrokapsulah B2 17,87 %.

3.2.1.3 VZORCI MIKROKAPSUL Z DODANIM 15 % DELEŽEM VEZIVA ACRONAL (NEZAMREŽUJOČE)

Vrsta mikrokapsul	Vezivo	Razmerje mikrokapsule/vezivo	Temp. sušenja	Delež jedra (%)	0 min ***	30 min ***	60 min ***	90 min ***
A3 – vzorec 1	Acronal 290D	85/15	120°C	70,81	0,00	13,92	19,03	23,74
A3 – vzorec 2		85/15	120°C	70,81	0,00	14,31	18,01	21,84
A3 – povprečje						0,00	14,12	18,52
B3 – vzorec 1	Acronal 290D	85/15	120°C	64,27	0,00	14,60	19,04	22,76
B3 – vzorec 2		85/15	120°C	64,27	0,00	28,81	32,71	35,99
B3 - povprečje						0,00	21,71	25,88
C3 – vzorec 1	Acronal 290D	85/15	120°C	66,80	0,00	27,32	32,02	34,84
C3 – vzorec 2		85/15	120°C	66,80	0,00	23,22	26,23	29,93
C3 - povprečje						0,00	25,27	29,13

Tabela 5: Primerjava deležev sproščenega jedra iz različnih vrst mikrokapsul z vezivom Acronal med sušenjem

***OPOMBA: Delež jedra, ki ga je prepustila stena mikrokapsule v podanem času.



Graf 3: Primerjava deležev sproščenega jedra iz različnih vrst mikrokapsul z vezivom Acronal med sušenjem

Pri primerjavi deležev sproščenega jedra iz vzorcev različnih mikrokapsul, ki so imeli dodano nezamrežujoče vezivo Acronal, je iz grafa 3 razvidno, da se je v procesu sušenja pri 120° C največ jedra sprostito skozi steno mikrokapsul C3 (debela stena, velike pore). Delež sproščenega jedra pri mikrokapsulah B3 (debela stena, majhne pore) je rahlo nižji kot pri vzorcu C3. Najmanj jedra mikrokapsule se je pri sušenju sprostito iz vzorca A3 (tanke stene, majhne pore). Povprečni delež sproščenega jedra po 90-ih minutah sušenja je pri mikrokapsulah C3 znašal 32,39 %, pri mikrokapsulah B3 29,38 % in pri mikrokapsulah A3 22,79 %.

3.2.2 PRIMERJAVA SPROŠČENIH DELEŽEV JEDRA IZ ENAKIH MIKROKAPSUL GLEDE NA VRSTO DODANEGA 15 % DELEŽA VEZIVA

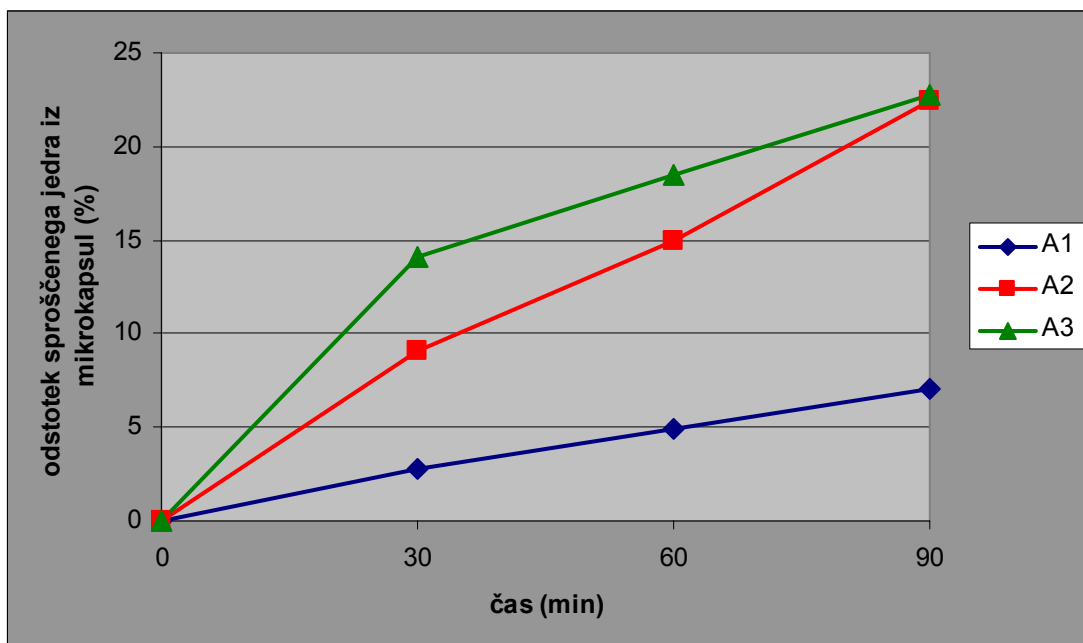
V naslednjem koraku smo primerjali povprečne sproščene deleže med enakimi mikrokapsulami, ki so imele dodana različna veziva, ali teh ni bilo. Tako smo razbrali, kako posamezno vezivo ali njegova odsotnost vpliva na prepustnost sten pri enakih mikrokapsulah.

3.2.2.1 MIKROKAPSULE A BREZ VEZIVA IN Z DODANIMA RAZLIČNIMA VRSTAMA VEZIVA

Vrsta mikrokapsul	Vezivo	Razmerje mikrokapsule/vezivo	Temp. sušenja	Delež jedra (%)	0 min ***	30 min ***	60 min ***	90 min ***
A1 – vzorec 1	brez veziva	100/0	120°C	83,64	0,00	2,79	5,67	8,29
A1 – vzorec 2		100/0	120°C	83,64	0,00	2,85	4,12	5,90
A1 – povprečje						0,00	2,82	4,90
A2 – vzorec 1	Acrylem 2606	85/15	120°C	70,81	0,00	5,90	12,70	20,60
A2 – vzorec 2		85/15	120°C	70,81	0,00	12,23	17,31	24,31
A2 – povprečje						0,00	9,07	15,01
A3 – vzorec 1	Acronal 290D	85/15	120°C	70,81	0,00	13,92	19,03	23,74
A3 – vzorec 2		85/15	120°C	70,81	0,00	14,31	18,01	21,84
A3 – povprečje						0,00	14,12	18,52

Tabela 6: Primerjava deležev sproščenega jedra iz mikrokapsul A (tanki stena, majhne pore) brez veziva, z vezivom Acrylem in vezivom Acronal med sušenjem

***OPOMBA: Delež jedra, ki ga je prepustila stena mikrokapsule v podanem času.



Graf 4: Primerjava deležev sproščenega jedra iz mikrokapsul A (tanki stena, majhne pore) brez veziva, z vezivom Acrylem in vezivom Acronal med sušenjem

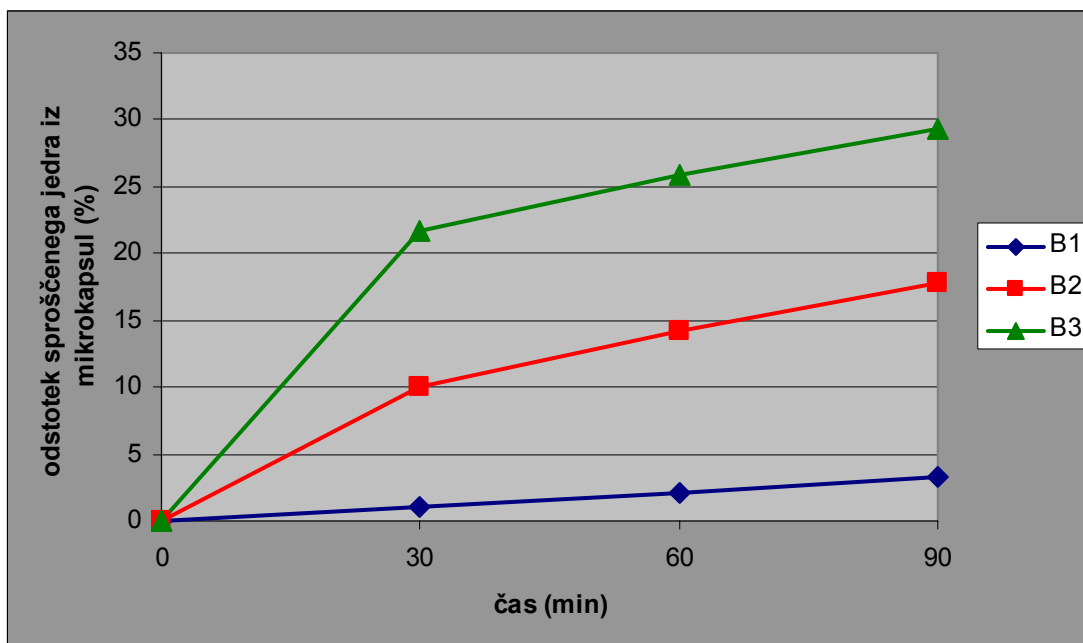
Pri primerjavi sproščanja jedra iz vzorcev mikrokapsul s tankimi stenami in majhnimi porami, ki so imeli dodana različna veziva ali dodanega veziva ni bilo, smo ugotovili, da se je ob sušenju pri 120° C najmanj jedra sprostilo iz vzorca A1, v katerem ni bilo dodanega veziva, medtem ko se je iz vzorcev A2 (dodano zamrežujoče vezivo Acrylem) in A3 (dodano nezamrežujoče vezivo Acronal) sprostil približno enak delež jedra, ki je bil občutno večji kot sproščen delež pri vzorcu A1. Povprečni delež sproščenega jedra po 90-ih minutah sušenja je pri mikrokapsulah A3 znašal 22,79 %, pri mikrokapsulah A2 22,46 % in pri mikrokapsulah A1 7,10 %.

3.2.2.2 MIKROKAPSULE B BREZ VEZIVA IN Z DODANIMA RAZLIČNIMA VRSTAMA VEZIVA

Vrsta mikrokapsul	Vezivo	Razmerje mikrokapsule/vezivo	Temp. sušenja	Delež jedra (%)	0 min ***	30 min ***	60 min ***	90 min ***
B1 – vzorec 1	brez veziva	100/0	120°C	75,88	0,00	0,90	1,96	3,18
B1 – vzorec 2		100/0	120°C	75,88	0,00	1,17	2,33	3,44
B1 - povprečje						0,00	1,04	2,15
B2 – vzorec 1	Acrylem 2606	85/15	120° C	64,27	0,00	10,37	14,86	18,64
B2 – vzorec 2		85/15	120°C	64,27	0,00	9,55	13,52	17,09
B2 - povprečje						0,00	9,96	14,19
B3 – vzorec 1	Acronal 290D	85/15	120°C	64,27	0,00	14,60	19,04	22,76
B3 – vzorec 2		85/15	120°C	64,27	0,00	28,81	32,71	35,99
B3 - povprečje						0,00	21,71	25,88

Tabela 7: Primerjava deležev sproščenega jedra iz mikrokapsul B (debela stena, majhne pore) brez veziva, z vezivom Acrylem in vezivom Acronal med sušenjem

***OPOMBA: Delež jedra, ki ga je prepustila stena mikrokapsule v podanem času



Graf 5: Primerjava deležev sproščenega jedra iz mikrokapsul B (debela stena, majhne pore) brez veziva, z vezivom Acrylem in vezivom Acronal med sušenjem

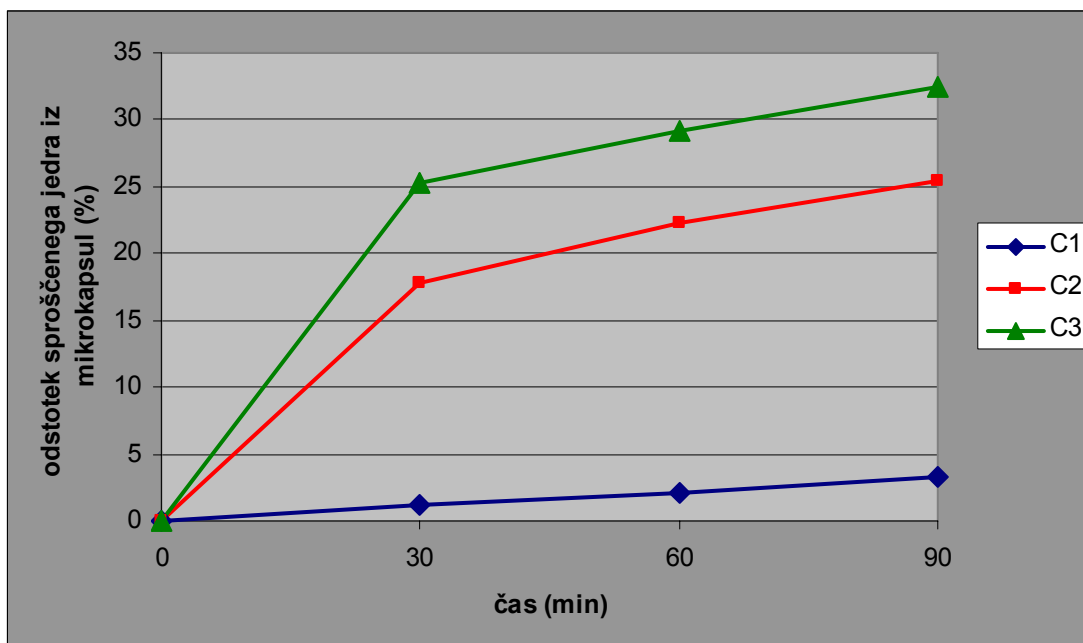
Pri primerjavi sproščanja jedra iz vzorcev mikrokapsul z debelimi stenami in majhnimi porami, ki so imeli dodana različna veziva ali dodanega veziva ni bilo, smo ugotovili, da se je ob sušenju pri 120° C najmanj jedra sprostil iz vzorca B1, v katerem ni bilo dodanega veziva, medtem ko se je iz vzorcev B2 (dodano zamrežujoče vezivo Acrylem) in B3 (dodano nezamrežujoče vezivo Acronal) sprostil občutno večji delež kot pri vzorcu B1. Povprečni delež sproščenega jedra po 90-ih minutah sušenja je pri mikrokapsulah B3 znašal 29,38 %, pri mikrokapsulah B2 17,87 % in pri mikrokapsulah B1 3,31 %.

3.2.2.3 MIKROKAPSULE C BREZ VEZIVA IN Z DODANIMA RAZLIČNIMA VRSTAMA VEZIVA

Vrsta mikro kapsul	Vezivo	Razmerje mikro kapsule/ vezivo	Temp. sušenja	Delež jedra (%)	0 min ***	30 min ***	60 min ***	90 min ***
C1 – vzorec 1	brez veziva	100/0	120°C	78,87	0,00	1,03	1,89	2,70
C1 – vzorec 2		100/0	120°C	78,87	0,00	1,49	2,41	3,76
C1 - povprečje						0,00	1,26	2,15
C2 – vzorec 1	Acrylem 2606	85/15	120°C	66,80	0,00	16,34	20,86	24,48
C2 – vzorec 2		85/15	120°C	66,80	0,00	19,33	23,57	26,24
C2 - povprečje						0,00	17,84	22,22
C3 – vzorec 1	Acronal 290D	85/15	120°C	66,80	0,00	27,32	32,02	34,84
C3 – vzorec 2		85/15	120°C	66,80	0,00	23,22	26,23	29,93
C3 - povprečje						0,00	25,27	29,13

Tabela 8: Primerjava deležev sproščenega jedra iz mikro kapsul C (debela stena, velike pore) brez veziva, z vezivom Acrylem in vezivom Acronal med sušenjem

***OPOMBA: Delež jedra, ki ga je prepustila stena mikro kapsule v podanem času.



Graf 6: Primerjava deležev sproščenega jedra iz mikrokapsul C (debela stena, velike pore) brez veziva, z vezivom Acrylem in vezivom Acronal med sušenjem

Pri primerjavi sproščanja jedra iz vzorcev mikrokapsul z debelimi stenami in velikimi porami, ki so imeli dodana različna veziva ali dodanega veziva ni bilo, smo ugotovili, da se je ob sušenju pri 120° C najmanj jedra sprostil iz vzorca C1, v katerem ni bilo dodanega veziva, medtem ko se je največ jedra sprostil iz vzorca C3 (dodano nezamrežujoče vezivo Acronal), nekaj manj pa iz vzorca C2 (dodano zamrežujoče vezivo Acrylem). Povprečni delež sproščenega jedra po 90-ih minutah sušenja je pri mikrokapsulah C3 znašal 32,39 %, pri mikrokapsulah C2 25,36 % in pri mikrokapsulah C1 3,23 %.

3.2.3 MIKROKAPSULE A BREZ VEZIVA IN Z DODANIMA RAZLIČNIMA VRSTAMA VEZIVA V RAZLIČNIH RAZMERJIH MED MIKROKAPSULAMI IN VEZIVOM

Mikrokapsulam A smo dodali različno količino veziva, da bi ugotovili kako ta vpliva na mikrokapsule. Primerjali smo vzorce mikrokapsul A brez veziva, vzorce mikrokapsul A z razmerjem med mikrokapsulami in vezivom 85/15 ter vzorce mikrokapsul z razmerjem med mikrokapsulami in vezivom 71/29.

Med mikrokapsulami je približno 25 % praznega prostora. Tega smo želeli zapolniti z vezivom. Vzeli smo dve različni razmerji med mikrokapsulami in vezivoma. 15 % delež veziva naj bi zapolnil približno polovico praznega prostora, 29 % pa ves prostor.

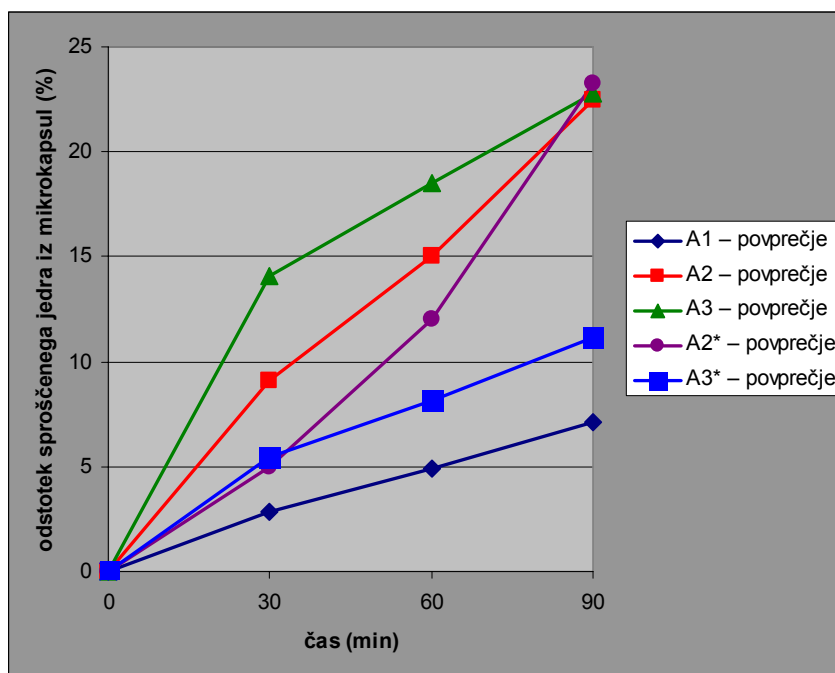
To primerjavo smo naredili le na mikrokapsulah A (tanki stena, majhne pore), saj so najbolj običajne in se najpogosteje uporabljajo.

Vrsta mikrokapsul	Vezivo	Razmerje mikrokapsule/vezivo	Temp. sušenja	Delež jedra (%)	0 min ***	30 min ***	60 min ***	90 min ***
A1 – vzorec 1	brez veziva	100/0	120°C	83,64	0,00	2,79	5,67	8,29
A1 – vzorec 2		100/0	120°C	83,64	0,00	2,85	4,12	5,90
A1 – povprečje					0,00	2,82	4,90	7,10
A2 – vzorec 1	Acrylem 2606	85/15	120°C	70,81	0,00	5,90	12,70	20,60
A2 – vzorec 2		85/15	120°C	70,81	0,00	12,23	17,31	24,31
A2 – povprečje					0,00	9,07	15,01	22,46
A3 – vzorec 1	Acronal 290D	85/15	120°C	70,81	0,00	13,92	19,03	23,74
A3 – vzorec 2		85/15	120°C	70,81	0,00	14,31	18,01	21,84
A3 – povprečje					0,00	14,12	18,52	22,79
A2* – vzorec 1	Acrylem 2606	71/29	120°C	59,64	0,00	5,24	12,95	25,50
A2* – vzorec 2		71/29	120°C	59,64	0,00	4,80	11,03	21,00
A2* – povprečje					0,00	5,02	11,99	23,25
A3* – vzorec 1	Acronal 290D	71/29	120°C	59,64	0,00	6,03	8,79	11,96
A3* – vzorec 2		71/29	120°C	59,64	0,00	4,90	7,48	10,37
A3* – povprečje					0,00	5,47	8,14	11,17

Tabela 9: Primerjava deležev sproščenega jedra iz mikrokapsul A (tanki stena, majhne pore) brez veziva in z dvema različnima vrstama veziva (Acrylem, Acronal) v dveh različnih razmerjih med mikrokapsulami in vezivom (85/15 in 71/29)

***OPOMBA: Delež jedra, ki ga je prepustila stena mikrokapsule v podanem času.

OPOMBA: Pri vzorcih A2 in A3* je bilo razmerje med mikrokapsulami in vezivom drugačno, kot pri vzorcih A2 in A3, saj je bilo dodanega več veziva, kar je razvidno iz tabele.



Graf 7: Primerjava deležev sproščenega jedra iz mikrokapsul A (tanka stena, majhne pore) brez veziva in z dvema različnima vrstama veziva (Acrylem, Acronal) v dveh različnih razmerjih med mikrokapsulami in vezivom (85/15 in 71/29)

OPOMBA: Pri vzorcih A2 (dodano vezivo Acrylem) in A3* (dodano vezivo Acronal) je bilo dodanega več veziva (razmerje med mikrokapsulami in vezivom 71/29) kot pri vzorcih A2 (dodano vezivo Acrylem) in A3 (dodano vezivo Acronal), pri katerih je bilo razmerje med mikrokapsulami in vezivom 85/15.

Pri primerjavi sproščanja jedra iz vzorcev mikrokapsul A s tankimi stenami in majhnimi porami, ki niso imeli dodanega veziva ali so imeli dodana različna veziva, smo ugotovili, da se je ob sušenju pri 120° C najmanj jedra sprostil iz vzorca A1, v katerem ni bilo dodanega veziva. Iz grafa je razvidno tudi, da se je po 90-ih minutah pri vzorcih A2 (dodano zamrežujoče vezivo Acrylem) in A3 (dodano nezamrežujoče vezivo Acronal), ki sta imela razmerje med mikrokapsulami in vezivom 85/15 ter vzorcu A2* (dodano zamrežujoče vezivo Acrylem), ki je imel razmerje med mikrokapsulami in vezivom 71/29, sprostil približno enak delež jedra iz mikrokapsul, pri vzorcu A3* (dodano nezamrežujoče vezivo Acronal), ki je imel razmerje med mikrokapsulami in vezivom 71/29, pa se je sprostil manjši delež jedra iz mikrokapsul, vendar vseeno večji, kot pri mikrokapsulah A1 brez dodanega veziva.

Povprečni delež sproščenega jedra po 90-ih minutah sušenja je pri mikrokapsulah A1 znašal 7,10 %, pri mikrokapsulah A3* 11,17%, pri mikrokapsulah A2 22,46 %, pri mikrokapsulah A3 22,79 % in pri mikrokapsulah A2* 23,25 %.

3.3 ANALIZA REZULTATOV

Iz dobljenih rezultatov smo na vzorcih mikrokapsul brez dodanega veziva (A1, B1, C1) ugotovili, da se je iz mikrokapsul A1 (tanka stena, majhne pore) sprostil največji delež jedra. Pri povprečju vzorcev B1 (debela stena, majhne pore) in C1 (debela stena, velike pore) se je iz mikrokapsul sprostil približno enak delež jedra, ki je bil skoraj za polovico manjši od povprečja vzorcev A1.

Primerjali smo tudi vpliv enakega veziva v enakem razmerju med mikrokapsulami in vezivom na vseh treh vrstah mikrokapsul in ugotovili, da se je vezivo pri vseh treh vrstah obnašalo podobno. Pri vseh treh povprečjih vzorcev (A2, B2 in C2) se je namreč prepustnost zaradi dodanega zamrežujočega veziva Acrylem povečala v primerjavi s povprečnimi podatki vzorcev brez dodanega veziva. Najbolj se je to izrazilo pri vzorcih mikrokapsul C2 (debela stena, velike pore), malo manjši delež jedra se je sprostil v povprečju vzorcev A2 (tanke stene, majhne pore), najmanjši delež pa pri povprečju vzorcev B2 (debela stena, majhne pore).

Prav tako smo primerjali vpliv nezamrežujočega veziva Acronal v enakem razmerju med mikrokapsulami in vezivom na vseh treh vrstah mikrokapsul in ugotovili, da se je vezivo pri vseh treh vrstah obnašalo podobno. Prav tako se je prepustnost zaradi dodanega nezamrežujočega veziva Acronal povečala, najbolj pri povprečju vzorcev C3 (debele stene, velike pore), nekaj manj pri povprečju vzorcev B3 (debele stene, majhne pore) in najmanj pri povprečju vzorcev A3 (tanke stene, majhne pore).

Razlike med posameznimi vzorci mikrokapsul z različnimi stenami in dodanim vezivom Acronal so bile večje kot pri posameznih vzorcih z dodanim vezivom Acrylem. Obe vezivi sta najbolj povečali prepustnost mikrokapsulam C z debelo steno in velikimi porami, razlika med vezivoma je bila pri mikrokapsulah B (debele stene, majhne pore), in A (tanke stene, majhne pore), kjer je Acrylem bolj povečal prepustnost mikrokapsulam A kot B, medtem ko je Acronal bolj povečal prepustnost mikrokapsulam B v primerjavi z mikrokapsulami A.

Ugotovili smo, da pri vseh treh posameznih vrstah mikrokapsul (A, B, C) obe vezivi zelo povečata prepustnost stene mikrokapsul. Pri mikrokapsulah A (tanke stene, majhne pore) vezivi približno enako povečata prepustnost, pri mikrokapsulah B (debele stene, majhne pore) vezivo Acronal bolj poveča prepustnost kot vezivo Acrylem, pri mikrokapsulah C (debele stene, velike pore) pa je med vezivoma Acronal in Acrylem manjša razlika, vendar vseeno Acronal prepustnost bolj poveča.

Na koncu smo naredili še primerjavo med vzorci mikrokapsul s tanko steno in majhnimi porami (mikrokapsule A) brez veziva, in z dodanima vezivoma Acronal in Acrylem v različnem razmerju do samih mikrokapsul. Ugotovili smo, da je dodano vezivo povečalo prepustnost vseh vzorcev mikrokapsul. Po 90-ih minutah se je pri vzorcih A2 (dodano zamrežujoče vezivo Acrylem) in A3 (dodano nezamrežujoče vezivo Acronal), ki sta imela razmerje med mikrokapsulami in vezivom 85/15 ter vzorcu A2* (dodano zamrežujoče vezivo Acrylem), ki je imel razmerje med mikrokapsulami in vezivom 71/29, sprostil približno enak delež jedra iz mikrokapsul, torej količina dodanega zamrežujočega veziva Acrylem v končni fazi ni vplivala na prepustnost stene mikrokapsul, čeprav je na začetku prepustnost stene mikrokapsul pri večji količini veziva manjša kot pri manjši količini veziva. Na prepustnost stene mikrokapsul v celotnem poteku sušenja in tudi po končanem sušenju pa je vplivala količina dodanega nezamrežujočega veziva Acronal, saj je bila prepustnost ob večji količini dodanega veziva Acronal manjša kot pri manjši količini dodanega veziva.

4 ZAKLJUČEK

S svojim raziskovalnim delom smo prišli do konca. Naše delo je bilo zelo zanimivo, saj je vključevalo tako teoretični kot eksperimentalni del. Eksperimentalni del smo opravili v pravem kemijskem laboratoriju podjetja Aero d.o.o. Ukvarjali smo se z mikrokapsuliranjem parfumskega olja Daphne in preverjali kakšen vpliv imajo različna veziva na prepustnost stene različnih vzorcev mikrokapsul.

Mikrokapsule se nam ravno zaradi svoje majhnosti zdijo zelo zanimive, saj so kljub temu tako pomembne in uporabne. Z dodajanjem veziv smo vzorcem mikrokapsul s parfumskim oljem Daphne želeli povečati obstojnost, vendar pa ohraniti tudi njihove prvotne lastnosti.

Pred začetkom eksperimentalnega dela smo si postavili tri hipoteze, z eksperimentalnim delom pa smo prišli do presenetljivih ugotovitev.

Sušili smo vzorce različnih mikrokapsul brez veziva. Ko smo vse podatke primerjali med seboj smo ugotovili, **da je prepustnost mikrokapsul glede na debelino stene različna**, s čimer smo **potrdili našo prvo hipotezo**. Iz podatkov smo razbrali tudi, da je prepustnost skozi steno vzorcev mikrokapsul A s tanjšo steno brez veziva večja, kot prepustnost skozi steno vzorcev mikrokapsul B in C, ki so imele debelejšo steno. Pričakovali smo, da bodo vzorci mikrokapsul C, ki so imele večje pore v steni kot vzorci mikrokapsul B, bolj prepustne, vendar ni bilo tako. Deleži sproščenih snovi iz jedra so bili pri vzorcih mikrokapsul B in C brez veziva približno enaki, kljub temu, da so imele mikrokapsule C stene z večjimi porami kot mikrokapsule B.

Kot je znano iz izsledkov drugih raziskovalcev, ki se ukvarjajo z mikrokapsuliranjem, naj bi veziva zmanjšala prepustnost sten mikrokapsul. V Aeru so namreč opravljali podobne meritve kot mi tudi na drugih vrstah mikrokapsul. Njim so rezultati vzorcev mikrokapsul z dodanim vezivom pokazali, da vezivo zmanjša prepustnost sten mikrokapsul in poveča obstojnost mikrokapsul ob uporabi. Tudi mi smo to domnevali, vendar smo po dobljenih rezultatih morali našo **drugo hipotezo, da vezivo zmanjša prepustnost sten mikrokapsul, ovreči**. Obe vezivi sta namreč povečali prepustnost sten mikrokapsul, kljub temu, da smo ju dodajali različnim vrstam mikrokapsul v različnih količinah.

Predvidevali smo, da bo zamrežujoče vezivo Acrylem bolj zmanjšalo prepustnost kot nezamrežujoče vezivo Acronal. To ni bilo res, saj nobeno vezivo ni zmanjšalo prepustnosti stene mikrokapsul, zato smo morali ovreči tudi našo tretjo hipotezo. Smo pa vseeno dokazali razliko med zamrežujočim vezivom Acrylem in nezamrežujočim vezivom Acronal. Pri vseh vzorcih mikrokapsul, kjer je bilo dodano zamrežujoče vezivo Acrylem, je bila namreč prepustnost sten mikrokapsul manjša kot pri vzorcih mikrokapsul, kjer je bilo dodano nezamrežujoče vezivo Acronal, čeprav še vedno večja kot pri mikrokapsulah brez veziva.

Ker smo našo drugo in tretjo hipotezo spoznali za napačno, smo se vprašali, zakaj je vezivo vplivalo na stene mikrokapsul ravno nasprotno kot smo pričakovali. Prišli smo do zaključka, da so se ob dodajanju veziv najverjetneje poškodovale stene mikrokapsul. To pojasni, zakaj so stene mikrokapsul z dodanim vezivom prepuščale več snovi iz jedra kot mikrokapsule brez veziv.

Primerjali smo tudi mikrokapsule s tanko steno z dodanima dvema vezivoma v dveh različnih količinah. Ugotovili smo, da ima zamrežujoče vezivo Acrylem ob dodani večji količini enak končen vpliv kot pri manjši količini dodanega veziva, čeprav je na začetku prepustnost stene mikrokapsul pri večji količini veziva manjša kot pri manjši količini veziva. Razlika v celotnem poteku sušenja in tudi po končanem sušenju pa se je pojavila pri nezamrežujočem vezivu Acronal, kjer je vezivo, ko smo ga dodali več, manj povečalo prepustnost sten mikrokapsul. Iz teh ugotovitev sklepamo, da je ob večji količini dodanega nezamrežujočega veziva Acronal vezivo manj poškodovalo stene mikrokapsul, kot pri drugi vrsti veziva in drugačnem razmerju.

Sklepamo, da se naše raziskave ne ujemajo z večino ostalih raziskav v Aeru, ker smo mi delali na posebnih mikrokapsulah z mikrokapsuliranim parfumskim oljem Daphne, ki imajo že same po sebi tanjšo steno kot ostale mikrokapsule. Zato so verjetno veziva negativno vplivala na stene mikrokapsul in jim preveč povečala prepustnost.

V prihodnosti bi bilo potrebno izpopolniti veziva ali postopke dodajanja različnih veziv mikrokapsulam s parfumskim oljem Daphne, da bi ohranili obstojnost stene teh mikrokapsul. S tem bi lahko dosegli obstojnost premazov iz teh mikrokapsul in njihovo pričakovano učinkovitost s kontroliranim sproščanjem.

5 VIRI IN LITERATURA

1. BOH, B. 1996. Mikrokapsulirani proizvodi v agrikulturi. Celje: Aero d.o.o.
2. *Kemija zakonitosti in uporaba*. 1995. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.
3. KNEZ, E., BOH, B. 1998. *Razvoj mikrokapsuliranih živalskih odvračal za uporabo v kmetijstvu in gozdarstvu*. Celje: Aero d.o.o.
4. KNEZ, E. 1988. *Postopek za pripravo mikrokapsul*. Ljubljana.
5. LALIČ, D., PILIH, A. K., MARCEN, N., KOKALJ, M. 2001. *Destilacija eteričnih olj citronke in melise ter možnost uporabe*. Celje: OŠ Frana Roša.
6. LALIČ, D., PILIH, A. K., MARCEN, N. 2002. *Uporaba mikrokapsuliranih parafinov za sprejemanje in oddajanje toplote na tekstilijah*. Celje: OŠ Frana Roša.
7. LALIČ, D., PILIH, A. K., MARCEN, N. 2003. *Merjenje toplotnih tokov v tekstilijah z vgrajenimi mikrokapsuliranimi parafini in ocena mehanske odpornosti mikrokapsul*. Celje: OŠ Frana Roša.
8. *Veliki slovar tujk*. 2002. Ljubljana: Cankarjeva založba
9. Citronka – *Aloysia triphylla*. [online]. [Citirano 21. feb. 2007]. Dostopno na URL naslovu: <http://www.trebnik.com/zelisca/citronka.php>
10. Melisa. [online]. [Citirano 21. feb. 2007]. Dostopno na URL naslovu: <http://www.bahce.biz/bitki/baharat/baharatlar/melisa.htm>
11. Mikrokapsulirani izdelki. [online]. [Citirano 19. jan. 2007]. Dostopno na URL naslovu: http://www.aero.si/ps/prg_mikrokap.htm

AVTORJI:

Eva Bala
Larisa Gorenjak
Jernej I. Pilih

MENTORICA:

Irena Zbašnik Zabovnik

RAČUNALNIŠKA OBDELAVA:

Eva Bala
Larisa Gorenjak

FOTOGRAFIRANJE:

Larisa Gorenjak
Jernej I. Pilih

VEZAVA:

CETIS CELJE

OŠ FRANA ROŠA

CELJE

ŠTEVILO IZVODOV: 7