

Proizvodnja praškastih biljnih ekstrakata sušenjem raspršivanjem

Jurić, Mateja

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology / Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:546886>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-20**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology](#)



Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Preddiplomski studij Prehrambena tehnologija

Mateja Jurć

6602/PT

PROIZVODNJA PRAŠKASTIH BILJNIH EKSTRAKATA SUŠENJEM
RASPRŠIVANJEM
ZAVRŠNI RAD

Modul: Začinsko i aromatsko bilje

Mentor: prof.dr.sc. Verica Dragović-Uzelac

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu

Prehrambeno-biotehnološki fakultet

Preddiplomski sveučilišni studij Prehrambena tehnologija

Zavod za Prehrambeno-tehnološko inženjerstvo

Laboratorij za procese konzerviranja i preradu voća i povrća

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti

Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

PROIZVODNJA PRAŠKASTIH BILJNIH EKSTRAKATA SUŠENJEM RASPRŠIVANJEM

Mateja Jurić 0058201977

Sažetak: Cilj ovog rada je objasniti način dobivanja praškastih biljnih ekstrakata odnosno biljnih prahova postupkom sušenja raspršivanjem. Sušenje raspršivanjem se odvija u posebnim uređajima gdje se tekući ekstrakt raspršuje u sitne kapljice, a one se u struji vrućeg zraka suše u čestice suhog praškastog ekstrakta. Kako nebi došlo do nepoželjnih pojava tijekom procesa dodaju se nosači. Nosači su tvari koje se dodaju radi poboljšanja postupka sušenja i dobivanja proizvoda bolje kvalitete. U radu je kao nosač korišten maltodekstrin kako bi ispitali utjecaj različitih uvjeta sušenja i koncentracija dodanog maltodekstrina na fizikalna i kemijska svojstva dobivenog praha ekstrakta bobica sumaka. Iz ekstrakata s 10% TSS i ulaznom/izlaznom temperaturom od 160/80 °C dobiveni su prahovi najbolje kvalitete i fizikalno kemijskih svojstava.

Ključne riječi: biljni ekstrakti, biljni prahovi, sušenje raspršivanjem, sumak bobice

Rad sadrži: 24 stranice, 7 slika, 1 tablicu, 51 literaturni navod

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je u tiskanom i elektroničkom obliku pohranjen u knjižnici

**Prehrambenobiotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 23, 10 000
Zagreb**

Mentor: prof.dr.sc. Verica Dragović-Uzelac

Pomoć pri izradi: dr.sc. Ivona Elez Garofulić

Datum obrane: Lipanj, 2017

BASIC DOCUMENTATION CARD

Bachelor thesis

University of Zagreb

Faculty of Food Technology and Biotechnology

University undergraduate study Food Technology or Biotechnology or Nutrition

Department of Food Engineering

Laboratory for Technology of Fruits and Vegetables Preservation and Processing

Scientific area: Biotechnical Sciences

Scientific field: Food Technology

SPRAY DRYING OF HERBAL EXTRACTS

Mateja Jurić 0058201977

Abstract: Purpose of this paper is to explain the way to produce powdered herbal extracts or plant powders by spray drying. Spray drying takes place in special devices where the liquid extract is scattered in drops, and they are sprayed into the particles of dry powder extract in the hot air stream. In order to avoid undesirable appearance during the process, the carriers are added. Carriers are substances added to improve the drying process and obtain better quality products. In the paper, maltodextrin was used as a carrier to examine the effect of different drying conditions and the concentration of added maltodextrin on the physical and chemical properties of obtained powder from berry sumac extract.

Keywords: herbal extract, powder, spray drying, , sumac extract

Thesis contains: 24 pages, 7 figures, 1 table, 51 references

Original in: Croatian

Thesis is in printed and electronic form deposited in the library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

Mentor: PhD Verica Dragović-Uzelac

Technical support and assistance: PhD Ivona Elez Garofulić

Defence date: June, 2017

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. TEORIJSKI DIO.....	2

2.1. Biljni ekstrakti.....	2
2.1.1. Postupci sušenja biljnih ekstrakata.....	3
2.2. Sušenje raspršivanjem.....	4
2.2.1. Važnost sušenja raspršivanje.....	4
2.2.2. Princip sušenja raspršivanjem.....	5
Specifični postupci sušenja raspršivanjem.....	7
2.2.3. Parametri koji utječu na sušenje raspršivanjem.....	8
2.2.4. Nosači.....	9
2.3. Svojstva prahova biljnih ekstrakata i njihova primjena.....	10
3. EKSPERIMENTALNI DIO	11
3.1. Materijali i metode.....	11
3.1.1. Biljni materijal.....	11
3.1.2. Priprema ekstrakta sumak bobica za sušenje raspršivanjem.....	12
3.1.3. Sušenje raspršivanjem.....	12
3.1.4. Fizikalna i kemijska analiza.....	12
3.2. Rezultati i rasprava.....	13
3.2.1. Rezultati analize za fizikalna i kemijska svojstva.....	13
3.2.1.1. Aktivnost vode.....	15
3.2.1.2. Sadržaj pepela.....	15
3.2.2. Analiza svojstava praha.....	17
4. ZAKLJUČAK.....	19
5. LITERATURA.....	20

1.UVOD

Biljni ekstrakti su koncentrirani pripravci tekuće, krute ili guste konzistencije dobiveni iz sirovina biljnog podrijetla (svježeg ili suhog bilja). Dobivaju se maceracijom, perkolacijom ili drugim pogodnim metodama koristeći etanol ili drugo prikladno otapalo. Tekući ekstrakti mogu se standardizirati ili se često prevode u stabilnije oblike poput prahova koji se najčešće proizvode postupkom sušenja raspršivanjem. Sušenje raspršivanjem ili **"spray drying"**, je sušenje u posebnim uređajima gdje se tekući ekstrakt raspršuje u sitne kapljice, a one se u stupcu vrućeg zraka osuše u male čestice suhog ekstrakta. Sušenje raspršivanjem je proces tijekom kojeg otopina prelazi u suhi praškasti produkt raspršivanjem u struju zagrijanog sušnog medija.

Osim otopina, u struju zraka mogu se raspršivati suspenzije, emulzije ili paste. Sušenje raspršivanjem bazira se na smanjivanju sadržaja i aktiviteta vode čime se osigurava mikrobiološka stabilnost proizvoda, smanjuje se rizik kemijske i biološke degradacije, smanjuju se troškovi skladištenja i transporta te se dobije proizvod specifičnih svojstava (Gharsallaoui i sur., 2007).

Biljni ekstrakti sadrže organske kiseline, lipide i smole te manje šećere, koji mogu uzrokovati sljepljivanje i stvaranje aglomerata tijekom sušenja. Stoga se prije sušenja u otopinu ekstrakta dodaju nosači radi poboljšanja postupka sušenja i dobivanje proizvoda bolje kvalitete (Souza i Oliveira, 2006). Od nosača u sušenju raspršivanjem najčešće se koriste maltodekstrin, guma arabika te koloidni silicijev dioksid.

Maltodekstrini su topljivi hidrolizati škroba dekstroznog ekvivalenta manjeg od 20. Dekstrozni ekvivalent (DE) označava stupanj hidrolize molekule škroba (Madene i sur., 2006). Maltodekstrin je odličan izbor nosača zbog blagog okusa, niske viskoznosti pri visokim koncentracijama, dobrog omjera cijene i učinkovitosti (Apintanapong i Noomhorm, 2003). S druge strane, nedostaci upotrebe maltodekstrina su slaba emulgirajuća svojstva te mala mogućnost zadržavanja hlapljivih spojeva (Madene i sur., 2006). Koriste se maltodekstrini u obliku bijelog praha ili koncentrirane otopine (Kenyon, 1995). Gume su najčešće blagog okusa ili ga nemaju, no mogu značajno utjecati na okus i aromu hrane. Guma arabika često se koristi kao nosač zbog dobre topljivosti, niskog viskoziteta, dobrih emulgirajućih svojstava te dobre sposobnosti zadržavanja hlapljivih spojeva. Najveći nedostatak ovog nosača je cijena koja je viša od maltodekstrina i ponekad dostupnost materijala. Stoga se često koristi kombinacija maltodekstrina i gume arabike (Madene i sur., 2006). Suhi produkt može biti praškasti, granule ili aglomerati. Sušionik s raspršivanjem primjenu nalazi u mnogim industrijskim granama a najznačajnije su farmaceutska i prehrambena industrija.

Cilj ovog rada je objasniti način dobivanja praškastih biljnih ekstrakata odnosno biljnih prahova postupkom sušenja s raspršivanjem.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Biljni ekstrakti

Biljni ekstrakti definiraju se kao sastojci dobiveni različitim postupcima ekstrakcije iz svježeg ili sušenog bilja, a dijelovi biljaka koji se mogu koristiti su: lišće, cvijetovi, sjemenke, korijen i kora. (Vinatoru, 2001).

Razlikujemo:

1. Tekuće ekstrakte (*extracta fluida*) koji se pripremaju potapanjem biljaka u neko otapalo (voda, alkoholi glicerol i etanol, te smjese etanola, vode i/ili glicerola) kako bi se iz biljke izolirali aktivni sastojci, a uklonile balastne tvari (celuloza). Kod njih je odnos biljnog materijala i otapala 1:1.
2. Guste ekstrakte (*extracta spissa*) koji sadrže najmanje 70% suhe tvari.
3. Suhe ekstrakte (*extracta sicca*) kod kojih je udio suhe tvari najmanje 95% (Dragović-Uzelac).

Kod ekstrakata koji su finalni ljekoviti oblici biljke te su pogodni odmah za korištenje nakon priprave, poput infuza, dekokta, tinktura, glicerolnih ekstrakata dopuštena su samo netoksična otapala (voda, etanol, glicerol, biljne ili životinjske masnoće).

Ekstrakti koji su međuproizvod iz kojih se kasnije dobivaju drugi tipovi ekstrakata, najčešće su suhi ekstrakti.

Postupak ekstrakcije je ključan korak pri dobivanju tekućih ekstrakata te izolaciji biološki aktivnih spojeva iz biljnog materijala o kojemu ovise daljnji koraci, odvajanje i identifikacija spojeva. Jedan od najčešće korištenih postupaka ekstrakcije je klasični postupak ekstrakcije vodom ili vodenim otopinama alkohola. Otapala poput metanola i acetona se koriste u pripravi biljnih ekstrakata zbog veće efikasnosti ekstrakcije aktivnih tvari iz biljnog materijala, što se teže potiče otapalima poput etanola i vode (Bucić-Kojić i sur., 2011).

Odabir otapala ovisi o fizikalno-kemijskim svojstvima aktivnih tvari, prije svega o topljivosti ljekovitih tvari u vodi i drugim otapalima a topivost ovisi o polarnosti, kako molekule tako i otapala. Sušenje biljnih ekstrakata provodi se s ciljem spriječavanja kvarenja, razgradnje aktivnih supstanci, povećanja produktivnosti, bolje kontrole nad procesom i očuvanja kvalitete namirnica.

Izbor postupka sušenja ovisi o tipu svojstvima materijala koji se procesira i željenim svojstvima finalnog proizvoda.

2.1.1. Postupci sušenja biljnih ekstrakata

Ekstrakcijom dobijemo tekući ekstrakt koji se daljnom preradom može prevesti u gusti ekstrakt, iz kojeg sušenjem dobijemo suhi ekstrakt (Savić, 2014). Cilj sušenja biljnih ekstrakata je povećati produktivnost, osigurati bolju kontrolu nad procesom i očuvati kvalitetu namirnice. Također sušenje biljnih ekstrakata olakšava korištenje takvog ekstrakta koji se u suhom stanju može formulirati u

tablete ili kapsule. Izbor postupka sušenja/opreme ovisi o tipu i svojstvima materijala koji se procesira i željenim svojstvima finalnog proizvoda.

Postoji nekoliko postupaka kojima se može provesti sušenje biljnih ekstrakata: u običnim i vakuum sušarama, sušenjem preko grijanih valjaka, sušenjem uz vakuum i transportne trake, sušenje raspršivanjem i liofilizacijom.

Od svih navedenih postupaka za sušenje biljnih ekstrakata najčešće se koristi postupak sušenja liofilizacijom, sušenje uz primjenu vakuuma i sušenje raspršivanjem.

Liofilizacija ili "freeze drying" je noviji postupak odstranjivanja vode iz materijala, koji podrazumijeva prvo smrzavanje proizvoda, a zatim sublimacijsko i desorpcijsko sušenje pod vakuumom. Ovim je onemogućena migracija vode, dislokacija suhe materije i koncentriranje u površinskom sloju materijala. U toku sušenja klasičnim postupcima, koncentriranje površinskog sloja otežava razmjenu materijala na graničnoj površini, a kod osušenog proizvoda rehidraciju. Niska temperatura, oko -30°C , na kojoj se vrši sublimacija i uklanja preko 80% prisutne vode, kao i relativno niska temperatura desorpcije, osiguravaju maksimalno očuvanje komponenti osjetljivih na visoku temperaturu. Liofilizacijom se može uspješno sušiti i osjetljivo voće uz minimalne promjene u zapremini, kemijskom sastavu i senzorskim svojstvima. Prednost ovog postupka sušenja je u tome što se voda uklanja sublimacijom, čime se dobije vrlo porozna struktura osušenog materijala uz minimalne promjene (Mašović i sur, 2000).

Vakuum sušenje ili sušenje pod sniženim tlakom je pogodna metoda za sušenje materijala osjetljivih na visoke temperature ili materijale sklone oksidaciji, te u slučajevima kada je materijal jako skup i ima ga u malim količinama pa nije poželjan njegov gubitak (npr. u farmaceutskoj industriji). Smanjenjem tlaka smanjuje se vrelište vlage u krutini, a time se smanjuje brzina štetnih procesa kao što je kemijska razgradnja u prisutnosti većeg sadržaja kisika. Kod vakuum sušenja, sniženjem tlaka, smanjuje se vrelište vode znatno ispod 100°C (A.G.Hill, 1967). U vakuum sušioniku vakuum se može postići upotrebom mehaničkog kompresora, vakuum pumpe, strujom vode ili pare (vakuum sisaljkom). Vodena para ili druge komponente koje lako isparavaju u materijalu se trebaju kondenzirati da bi se mogao održavati stalni vakuum unutar komore. Toplina se vlažnom materijalu dovodi kroz ogrijevnu površinu koja može biti mirujuća ili pokretna. Isparena vlaga odvodi se iz sušionika pomoću inertnog plina (zrak) koji služi kao nosioc vlage. Takvi sušionici obično se sastoje od zatvorene, najčešće čelične komore, a mogu sadržavati i posebno postavljene police unutar sušionika za što više nosača uzoraka. Nedostatak je što nisu pogodni za sušenje pri jako niskim temperaturama. Nisu prikladni ni za sušenje toksičnih materijala zbog problema pri punjenju i pražnjenju uređaja (A.S. Mujumdar, 1995).

2.2. Sušenje raspršivanjem

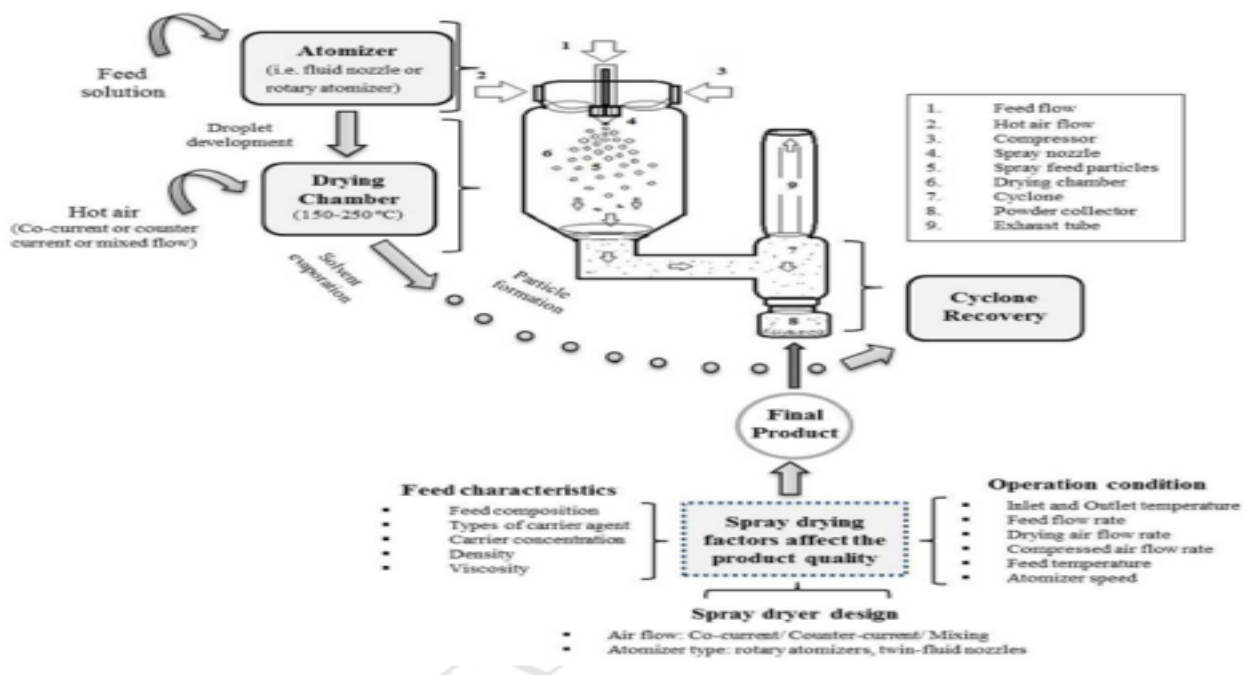
Proces sušenja raspršivanjem je stariji nego što se to obično može zamisliti. Najraniji opisi potječu iz 1860. godine s prvim patentiranim dizajnom zabilježenim 1872. godine. Sušenje raspršivanjem definira se kao prevođenje materijala iz tekućeg stanja u kruto tj. u formu praha. To se postiže disperzijom kapljica proizvoda unutar komora za sušenje gdje dolazi u kontakt sa vrućim zrakom (Rodriguez Hernandez I sur., 2005).

Sušenjem raspršivanjem primjenjujemo energiju koja djeluje na tekućinu uzrokujući rasipanje tekućine na mnoštvo kapljica, što se naziva raspršivanje (Finney, 2002).

Sušenje s raspršivanjem je proces tijekom kojeg otopina prelazi u suhi praškasti produkt raspršivanjem u struju zagrijanog sušnog medija. Osim otopina, u struju zraka mogu se raspršivati suspenzije, emulzije ili paste. Suhi produkt može biti praškasti, granule ili aglomerati što ovisi o svojstvima materijala, dizajnu sušionika te radnim uvjetima. Sušionik s raspršivanjem se koristi u mnogim industrijskim granama, a najznačajnije su prehrambena i farmaceutska industrija. Proces uključuje atomizaciju otopine u struju vrućeg zraka gdje dolazi do isparavanja otapala. Zbog velikih brzina isparavanja, temperatura produkta je znatno niža od zraka koji izlazi iz sušionika tako da produkt nije izložen visokim temperaturama te ne dolazi do razgradnje (isparavanje uzrokuje hlađenje). Cilj postupka je raspršivanje kapljica idealnog omjera mase i volumena te brzo i jednoliko uklanjanje vode.

2.2.1 Važnost sušenja raspršivanjem

Sušenje raspršivanjem smatra se najsuvremenijom tehnikom sušenja zbog niske razine operativnih rashoda. Prema izvješću tvrtke Hammami & René (1997), industrijska usporedba mjerenja pokazala je da je proces sušenja raspršivanjem do 5 puta ekonomičniji od procesa sušenja zamrzavanjem zbog manje potrošnje električne energije i kratkog vremena sušenja. Sušenje raspršivanjem ima za cilj očuvanje osjetljivih svojstava kvalitete-hranjivih tvari, boje i okusa (Rodríguez-Hernández i sur, 2005). Kvaliteta gotovog proizvoda ovisi o uvjetima sušenja raspršivanjem: koncentraciji proizvoda, temperaturi ulaznog i izlaznog zraka, brzini protoka materijala, brzini protoka kompresora, brzini sušenja zraka, vrsti raspršivača i brzini raspršivanja (Fazaeli i sur, 2012; Kha, Nguyen, & Roach, 2010; Goula i sur, 2008). Proizvodi dobiven sušenjem raspršivanjem su visoko stabilni, zbog niskog sadržaja vlage i aktivnosti vode. Iznimno su otporni na mikrobiološku i oksidativnu degradaciju, oksidaciju lipida, autooksidaciju i druge enzimske aktivnosti (Marques i sur, 2007;). Sušenjem raspršivanjem dobijemo čestice male veličine, što rezultira većom gustoćom volumena konačnog proizvoda (Barbosa-Cánovas & Juliano, 2005). Dokazano je kako kupci preferiraju proizvode osušene raspršivanjem zbog njihove bolje stabilnosti i povećane topljivosti.



Slika 1. Shema procesa sušenja raspršivanjem

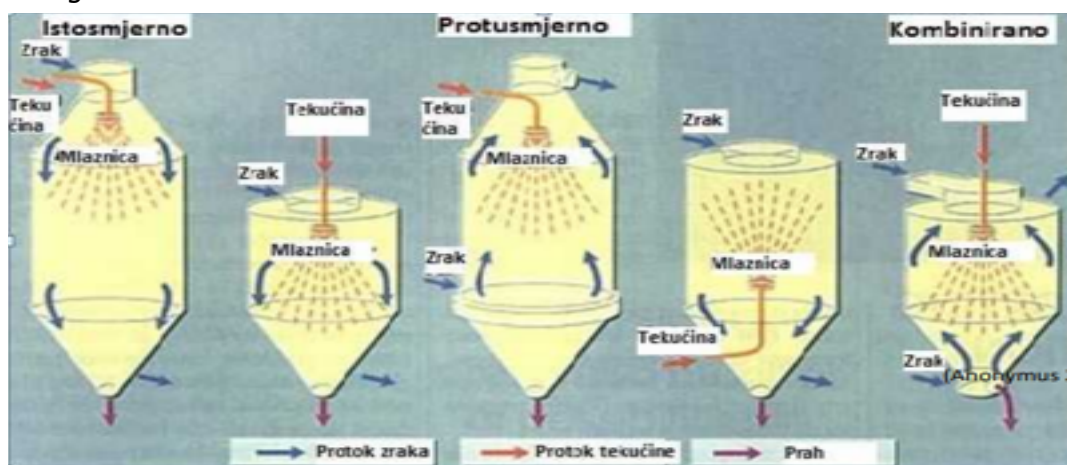
2.2.2 Princip sušenja raspršivanjem

Postupak sušenja raspršivanjem obuhvaća 4 osnovne faze:

1. Raspršivanje tekuće namirnice za sušenje (Atomizacija)
2. Miješanje tekuće namirnice i medija za sušenje (zrak/inertni plin)
3. Sušenje
4. Odvajanje gotovog proizvoda i zraka

Tijekom atomizacije, tekući materijal prolazi kroz raspršivač u komoru za sušenje i raspoređuje se u male tekuće čestice u velikom volumenu. Formiranjem sitnih kapljica iste veličine povećava se površina za prijenos topline između vrućeg zraka i tekućine, a time se povećava brzina prijenosa mase i topline što rezultira učinkovitijim sušenjem (Gharsallaoui i sur., 2007). Svojstva konačnog proizvoda ovise o dizajnu raspršivača i njegovoj izvedbi (Phisut, 2012). Najčešći komercijalni raspršivači su rotirajući, tlačne mlaznice i mlaznice s dvije tekućine. Tlak ili mlaznice s dvostrukom tekućinom stvaraju sitne kapljice s većom raspodjelom volumena od rotacijskih raspršivača. Stoga su poželjne kada želimo postići što manju veličinu čestica. Druga faza je kada se atomizirane kapljice i vrući zrak susreću se u komori za sušenje. Vrući zrak povećava temperaturu kapljica što

dovodi do isparavanja vode iz kapljica. Suhi sloj se razvija na površini kapljica dok sadržaj vlage u kapljicama ne dosegne kritičnu točku.



Slika 2. Prikaz istosmjernog, protusmjernog i kombiniranog strujanja zraka i kapljica (Elez Garofulić, 2015).

Kapljice tekućine i vrući zrak mogu strujati istosmjerno, protusmjerno i kombinirano.

Paralelan tok podrazumijeva da zrak za sušenje i kapljice imaju isti smjer. Takav smjer protoka izlaže kapi mnogo većim temperaturama u usporedbi s drugim vrstama protoka. Poželjan je kod spojeva osjetljivih na toplinu, kada materijal prolazi atomizaciju zrakom za sušenje temperature (150°C - 220°C) i konačan prah je izložen temperaturi od 50°C do 80°C (Gharsallaoui i sur, 2007). Nakon završetka sušenja, osušene čestice se odvajaju od vlažnog zraka kroz ciklon, te se skupljaju na kraju ciklona u posudama za skupljanje. Kod protustrujnog toka, kapljice i zrak za sušenje imaju suprotan smjer unutar komore. Takav način strujanja izlaže čestice materijala koje su gotovo suhe, višim temperaturama, što može rezultirati s jako suhim proizvodom. Kombiniranim sušenjem materijal se atomizira u uzlaznom smjeru a zrak se unosi od ispod. Takav materijal inicira aglomeraciju. Na primjer, kod proizvodnje instant proizvoda, nakon sušenja u spreju materijal se aglomerira u fluidiziranoj površini. U početku sušenja dolazi do isparavanja vlage s površine kapljice konstantnom brzinom sušenja (Gharsallaoui i sur., 2007). Stupanj difuzije vode iz unutrašnjosti kapljice prema površini je konstantan i jednak stupnju isparavanja vode s površine kapljice. Kad sadržaj vode u kapljici dosegne kritičnu vrijednost, formira se čvrsti površinski sloj kroz koji voda teško isparava i stupanj difuzije vode iz unutrašnjosti kapljice se smanjuje te slijedi nagli pad brzine sušenja. Sušenje je u principu završeno u trenutku kad je temperatura čestice izjednačena s temperaturom zraka (Gharsallaoui i sur., 2007). Sljedeći je korak odvajanje praškastog proizvoda od vlažnog zraka. Postoje tri sustava za regeneraciju praškastih čestica: filtri u obliku vreća, elektrostatičko taloženje i skupljanje pomoću ciklona (Matioli i Rodriguez-Amaya, 2002). Veće čestice praha padaju na dno komore za sušenje, dok se za izdvajanje sitnih čestica

praha koriste cikloni. Rezultirajuće praškaste čestice mogu biti sferičnog ili ovalnog oblika s glatkom ili grubom površinom ovisno o karakteristikama proizvoda i uvjetima sušenja (Tonon i sur, 2008).

Specifični postupci sušenja raspršivanjem:

a) Birsov ili Husmanov postupak je nastao kao rezultat usavršavanja procesa raspršivanja. To je postupak jednostupanjskog raspršivanja u kojem se za dehidraciju primjenjuje odvlaženi zrak relativne vlažnosti do 3% i temperature do 30 °C. Sušenje se vrši u tornjevima velikih dimenzija, visine oko 70 m i promjera 15 m i više. Ulazni materijal je primjenom odgovarajućeg tlaka i sapnica već raspršen u kapljice željenih dimenzija i on pada sa vrha tornja. U protustruji prema gore se kreće odvlaženi filtrirani sterilni zrak koji oduzima vlagu materijalu i usporava njegovo kretanje. Brzina kretanja zraka je od 4.5 do 90 cm/s, zrak izlazi na vrhu tornja sa relativnom vlažnošću od 80 do 90%, vrijeme pada kapljice je 90 do 200 sekundi i za to vrijeme se ona potpuno osuši. Ovdje voda difundira do slobodne površine puno sporije nego kod raspršivanja zbog djelovanja kapilarnih i osmotskih sila. Time je u znatnoj mjeri smanjen gubitak hlapivih tvari okusa i mirisa, koji je inače neizbježan. Osušeni materijal se sa dna tornja odvodi u sistem ciklona, kvaliteta je vrlo dobra i lako se rekonstituira zbog primjenjenog temperaturnog režima. Zbog velikih investicionih troškova ovaj postupak je ograničen samo u slučaju kada ima dovoljno materijala da se iskoristi kapacitet. Najviše se koristio za dobivanje paradajza u prahu u nekih proizvoda na bazi mlijeka.

b) UTAG postupak je modifikacija Husmanovog postupka od strane jedne njemačke firme, a po efektu je usporediva sa liofilizacijom. Provođi se u tri faze u dva odvojena uređaja: prve dvije faze raspršivanje i fluidizacija se vrše u tornju od oko 15 m, a treća faza finalizacije se odvija u odvojenom uređaju za fluidizaciju. Sličnost sa Birsovim postupkom je u primjeni odvlaženog zraka za dehidraciju, a razlika je primjena više početne temperature zraka od 90 °C i manje dimenzije tornja. U prvoj fazi se čestice djelomično aglomeriraju i skupljaju u perforiranom dnu tornja gdje se podvrgavaju fluidizaciji sa odvlaženim zrakom temperature od oko 50 °C. Nakon što se u drugoj fazi postigne željena vlažnost proizvoda on se prebacuje u uređaj za fluidizaciju gdje se u trećoj fazi dosušuje do konačne vlažnosti. Upotrijebljeni zrak zasićen parom se pročišćava i odvlažuje sa LiCl, regenerira toplim zrakom i ponovo uvodi u proces. Troškovi kod ovog procesa su 25 do 50% manji nego kod liofilizacije (Anonymus 2).

2.2.3. Parametri koji utječu na sušenje raspršivanjem

Na postupak sušenja raspršivanjem utječu brojni parametri, a među najvažnije spadaju:

1. Temperatura sušenja
2. Brzina protoka zraka za sušenje
3. Brzina raspršivača
4. Vrste nosača
5. Koncentracija nosača

Temperatura sušenja najvažniji je čimbenik koji utječe na fizikalno-kemijska svojstva praha dobivenog sušenjem raspršivanjem.

Visoka temperatura sušenja osigurava više topline za komoru za sušenje, što povećava brzinu sušenja i smanjuje sadržaj vlage u česticama. Dokazano je da se povećanjem temperature sušenja od 120 do 200°C smanjuje sadržaj vlage od 5,29% do 3,88% (Kha, Nguyen, & Roach, 2010). Veličina čestica sušenog materijala ovisi o ulaznoj temperaturi sušenja. Povećanje temperature sušenja uzrokuje brže isparavanje vode, i razvijaju se mikrosfere ne dopuštajući skupljanje sfera, što rezultira većim česticama. Vezano za gustoću praha, ona se smanjuje s većom temperaturom. Veće čestice mogu biti šuplje iznutra ili porozne zbog brzog isparavanja vode. Općenito, porozna ili fragmentirana čestica ima manju gustoću u odnosu na pravilnu česticu poželjnih svojstava (Kalbasi Ashtari, & Omid, 2012, Chegini & Ghobadian, 2007). Dokazano je da prah proizveden na višoj temperaturi ima niži sadržaj vlage nego prah proizveden na nižoj temperaturi, i da čestice praha manje veličine imaju veću nasipnu gustoću. Temperatura ciklona, gdje se čestice praha odvajaju od vlažnog zraka i pohranjuju na dno ciklona, naziva se izlazna temperatura ili temperatura izlaznog zraka. Temperatura izlaznog zraka je jedan od najbitnijih ako ne i najbitniji parametar sušenja raspršivanjem što je indikator brzine sušenja. Ispitivana je povezanost temperature izlaznog zraka i brzine sušenja. Porast temperature izlaznog zraka povećava se povećanjem temperature ulaznog zraka i zraka za sušenje, i smanjuje se s povećanjem brzine protoka materijala i protoka zraka za raspršivanje (Maa i sur 1997).

Temperatura izlaznog zraka ima značajan utjecaj na svojstva praha. Povišena temperatura smanjuje sadržaj vlage i povećava prinos postupka. Niža temperatura poboljšava sferičnost čestica praha (Maury i sur, 2005).

Temperatura sušenja utječe na pigmente i druge spojeve osjetljive na toplinu. Sadržaj spojeva osjetljivih na toplinu opada s povećanjem temperature zbog termalne i oksidacijske degradacije. Sastav materijala koji se suši od iznimne je važnosti, jer ako se ne koriste nosači može doći do nepoželjnih svojstava materijala. Viskoznost materijala je također važan parametar, koji se može kontrolirati dodavanjem veće količine nosača. Veća koncentracija maltodekstrina povećava viskozitet hrane, što u konačnici smanjuje prinos praha i rezultira većim česticama. (Tonon, Brabet i Hubinger, 2008). Veća brzina raspršivača smanjuje sadržaj vlage u prahu i stvaraju se manje kapljice jer se povećava dodirna površina.

Ponašanje sušenja mjeri se na temelju ukupnog čvrstog sadržaja materijala i rezultirajućeg praha s brzinom protoka. Omjer sušenja definira se kao omjer čvrstog sadržaja praha i čvrstog sadržaja početnog materijala. Brzina sušenja odnosi se na omjer omjera sušenja i produktivnosti.

Nadalje, ukupni postotak prinosa je omjer gubitka vlage od ukupne težine praha (Cai & Corke, 2000).

2.2.4. Nosači

Sušenje hrane i ostalih materijala raspršivanjem ima mnogo izazova kao što su: ljepljivost, taloženje, nizak prinos i drugi. Problemi se javljaju zbog prisutnosti šećera i organskih kiselina koji imaju malu molekularnu masu (Bhandari i sur, 1997; Fazaeli i sur, 2012), ali i zbog adhezivnih svojstava namirnice koju sušimo, može doći do stvaranja aglomerata i lijepljenja za površine uređaja, što može rezultirati termalnom razgradnjom proizvoda, neispravnog rada uređaja za sušenje te niskog prinosa. Stoga se prije sušenja u otopinu ekstrakta dodaju nosači koji poboljšavaju učinak sušenja i tehnološka svojstva gotovog proizvoda (Souza i Oliveira, 2006). Ovi problemi se više javljaju kod sušenja voćnih sokova dok su manje prisutni kod sušenja biljnih ekstrakata (Elez Garofulić i sur, 2016).

Nosači se koriste u sušenju raspršivanjem, jer povećavaju Tg- temperaturu staklastog prijelaza, koja se definira kao temperatura pri kojoj se amorfni sustav mijenja od staklastog do gumoznog stanja. U staklenom stanju visoka viskoznost matrice ne dopušta pojavu reakcije kontrolirane difuzijom.

Također povećavaju postotak prinosa i smanjuju ljepljivost i higroskopnost praškastih produkata. Moraju biti topljivi u otapalu koje se koristi u procesu, imati adekvatnu sposobnost stvaranja filmova i stvarati nisko viskozne otopine. Za proces sušenja raspršivanjem moraju imati veliku molekularnu masu i visoku temperaturu staklastog prijelaza kako bi se u konačnici spriječilo lijepljenje tj. sljepljivanje proizvoda. Nosači bi trebali štititi osjetljive spojeve od topline, kisika, svjetlosti i vlage (Desai & Park, 2005), trebali bi imati dobra emulgirajuća svojstva i sposobnost formiranja membrane oko aktivne tvari te visoku učinkovitost.

Odabir nosača ovisi o ciljevima procesa i fizikalno-kemijskim svojstvima materijala koji se suši. Nosači moraju biti certificirani kao materijali sigurni za primjenu u radu s hranom i moraju biti biorazgradivi (Barlow, 2013).

Kod sušenja raspršivanjem često se koriste nosači koji su ugljikohidratni polimeri:

1. Škrob i njegovi derivati (maltodekstrini, dekstrini, ciklodekstrin)
2. Gume (arapska guma, karaja guma)

3. Celuloza i njeni derivati (karboksimetilceluloze, hidroksipropilmetil celuloza)

Škrob i njegovi derivati imaju dobra svojstva za sušenje raspršivanjem, npr. visoka molekularna masa i visoka temperatura staklastog prijelaza, visoko su topljivi u hladnoj vodi s niskom viskoznošću, ne lijepe se i moguće je dobiti relativno guste prahove.

Međutim, imaju sposobnost formiranja niskih filmova, što je važno za učinkovitost sušenja i posebno za očuvanje osjetljivih spojeva.

Za razliku od škroba, gume imaju veliku sposobnost oblikovanja filmova, ali temperatura staklastog prijelaza je relativno niska. Celuloza i njeni derivati formiraju dobar film ali nisu probavljivi. Kombiniranjem škroba i guma postiže se poboljšano sušenje raspršivanjem, s time da sadržaj gume treba biti niži od škroba. Kod sušenja raspršivanjem sadržaj vode u materijalu uvjetuje krajnji udio vlage u prahu. Nizak krajnji udio vlage u prahu može biti rezultat upotrebe krutih sirovina u kojima je smanjen udio vode ali se to može postići i korištenjem nosača poput maltodekstrina i arapske gume koji zbog velike molekulske mase smanjuju higroskopnost konačnog praha i s time udio vlage u prahu (Miller & Gil, 2012).

2.3 Svojstva prahova biljnih ekstrakata i primjena

Ključna svojstva praškastih ekstrakata su: veličina čestica, nasipna gustoća, topljivost, disperzibilnost. Rukovanje s praškastim ekstraktima ovisi o njihovim fizikalno-kemijskim svojstvima, i poznavajući ih možemo postići učinkovitiju obradu praha (Hou I Sun, 2008). Adhezijske i kohezijske sile praha ovise o intrinzičnim svojstvima materijala (površinske funkcionalne grupe, površinska energija, plastičnost) i svojstvima čestica (veličina čestica, oblik, površinska hrapavost) (Kaerger i sur., 2004; Kumar i sur., 2013). Jedan od najvažnijih parametara praškastih ekstrakata je veličina čestica. Veličina čestica može utjecati na protok u spremniku, miješanje različitih komponenti, zbijanje i segregaciju smjese kada manje čestice ostaju na dnu a veće na površini. Veličina čestica praha utječe i na svojstva konačnog proizvoda kao što su: aroma, tekstura i izgled (O'Hagan et al., 2005). Smanjenjem veličine čestica povećava se površinski sloj čestica što omogućuje veći afinitet vlage i sposobnost aglomeriranja čestica (Tóth i Pallai-Varsányi, 2006).

S druge strane svojstva praha ovise i o načinu i uvjetima obrade praha. Mljevenje može uzrokovati lomljenje čestica što rezultira površinskim defektima i nepravilnim oblikom čestica što utječe na interakciju među česticama (Williams, 2015). Poznato je da svojstva praha utječu na interakcije među česticama i u konačnici na protok praha. Postoje dva osnovna mehanizma interakcija među česticama koje određuju cjelokupno ponašanje praha. Interakcije uključuju silu trenja i silu adhezije među česticama ili između čestica i dodirne površine. Interakcija među česticama događa se pri različitim operacijama tijekom proizvodnog procesa. Interakcije su poželjne tijekom operacija

poput: granulacije i rada valjaka (zbijanje). Nepoželjne su kod visoko kohezivnih prahova jer mogu uzrokovati neželjene gubitke. Površina, veličina i oblik čestica znatno utječu na ukupnu koheziju među česticama (Fichtner i sur., 2008; Kaerger i sur., 2004). Utvrđeno je da se kohezija među česticama povećava sa smanjenjem veličine čestica i povećanjem površine (Farley i Valentin, 1968). Oblik čestica utječe na nasipnu gustoću samih čestica praha, ali i na segregaciju tijekom protoka praha. Različite frakcije veličina čestica u smjesi mogu dovesti do smanjenja protoka praha kao i do segregacije tijekom procesa (Guo et al., 2011).

Površinska svojstva čestica imaju veliki utjecaj na interakcije među česticama. Bitno je razumijeti učinak pojedinih površinskih svojstava čestica (oblika, površinske hrapavosti, površinske energije) na interakcije među samim česticama kako bi se odredili uvjeti i strategija upravljanja procesom proizvodnje. Hrapavost površine je svojstvo čestica koje ima značajan utjecaj na interakcije među česticama. Hrapavost povećava udaljenost između čestica i smanjuje dodirnu površinu što rezultira smanjenom interakcijom među česticama.

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. Materijali i metode

3.1.1 Biljni materijal

Svježe sumak bobice (*Rhus coriaria* L.) odvojene su od stabljike i prosijane. Bobice su prethodno sušene na suncu i čuvane na hladnom do upotrebe za eksperiment.

3.1.2. Priprema ekstrakta sumak bobica za sušenje raspršivanjem

Sumak bobice su oprane, osušene i samljevene u blenderu. Zatim su miješane s vodom u omjeru 1:1, 1:2 i 1:4, 2 h na sobnoj temperaturi i takva otopina je filtrirana kroz naborani filter papir. Topljivi čvrsti dio ekstrakta izmjeren je refraktometrom kao $12,4 \pm 0,06$, $7,8 \pm 0,06$ i $3,5 \pm 0$ ° Bx. Prinosi ekstrakcije otopine izračunati su kao 35, 65 i 81,25% za omjere 1: 1, 1: 2 i 1: 4. Zbog velikog kapaciteta sumak bobica da apsorbiraju vodu najveći prinos ekstrakcije dobiven je iz omjera 1:4 sumak bobica i vode, i ovaj omjer je korišten tijekom daljnjeg eksperimenta. Kao nosač u procesu sušenja raspršivanjem korišten je maltodekstrin s DE vrijednosti od 10-12. Željeni ukupni sadržaji topljivog čvrstog dijela (TSS) otopine podešeni su na 10, 15, 20 i 25% (w / w) TSS dodavanjem odgovarajućih količina maltodekstrina, uzimajući u obzir sadržaj vlage maltodekstrina.

3.1.3. Sušenje raspršivanjem

Postupak sušenja raspršivanjem proveden je u pilot postrojenju. Ekstrakt sumak bobica je atomiziran kroz rotacijski atomizer u vertikalnu komoru za sušenje promjera 0,87 m i visine 1,2 m pri različitim radnim uvjetima. Ulazna i izlazna temperatura zraka bila je u rasponu od 160,180,200 °C i 80, 90 i 100 °C. Kontrola temperature izlaznog zraka regulirana je podešavanjem protoka materijala. Atomizacijski zrak i protok zraka bili su konstantni na 392 kPa i 1,54 m³ / min. Osušeni prahovi su sakupljeni iz ciklonskog separatora i nakon hlađenja na sobnu temperaturu pakirani su u staklene posude i čuvane na tamnom i hladnom mjestu.

3.1.4. Fizikalna i kemijska analiza

Količina vlage u praškastom ekstraktu sumaka ispitana je tako što je 3-4 g uzorka sušeno na 105°C do postizanja konstantne težine. Vrijednosti aktivnosti vode izmjerene su korištenjem uređaja za mjerenje relativne vlažnosti i temperature (Testo-AG 400). Određen je sadržaj pepela praškastog ekstrakta sumaka prema AOAC (1995). pH vrijednost sumak ekstrakta i praha mjerena je pomoću pH metra (Inolab WTW PH 720, Njemačka) nakon otapanja 0,2 g praha u 48.8 g deionizirane vode (Bayram i sur, 2005). Boja ekstrakta sumaka (L^* , a^* i b^*) mjerena je pomoću Minolta CR-400 kolorimetra a rezultati su izraženi u skladu s CIE Lab sustavom.

3.2. Rezultati i rasprava

3.2.1. Rezultati analize za fizikalna i kemijska svojstva

Cilj sušenja ekstrakta sumaka bio je dobiti začín u čistom i jednostavnom obliku za korištenje. Sušenje raspršivanjem je najprikladnija metoda za sušenje materijala koji su u formi otopine. Za sušenje raspršivanjem korišten je maltodekstrin kao nosač kako bi se proces sušenja poboljšao. Postupak sušenja najprije je proveden uz korištenje minimalne koncentracije maltodekstrina kako bi se dobio zadovoljavajući praškasti produkt. Dakle, ukupna suha tvar (TSS) ekstrakta sumaka (3,5%) (w/w) podešena je na 5% uz dodatak maltodekstrina te je učinkovito sušenje provedeno pri 160/80°C i 180/90°C ulaznoj/izlaznoj temperaturi zraka. Međutim, zbog problema s ljepljivošću dobivene su male količine praha. Sušenjem pri ulaznoj/izlaznoj temperaturi 200/100 °C nije dobiven prah jer je dolazilo do ljepljenja čestica za površinu i izgaranja. Iz tog razloga, povećana je

TSS ekstrakta sumaka na 10%, 15% i 25% s dodatkom maltodekstrina. Brzina protoka podešena je na 33.50, 33.50, 36.00 i 41.50 ml / min, za uzorke kako bi i do se dobile željene izlazne temperature (80°C i 90°C). S druge strane, kako bi se postigla izlazna temperatura od 100 °C, protok zraka podešen je na 39.25, 39.75, 41.00 i 43.50 ml / min za ekstrakte s 10%, 15%, 20% i 25% TSS. Prosječna vremena sušenja ekstrakta sumaka (po kilogramu materijala) su: 30.5 min za 10% TSS, 26.3 min za 15% TSS, 25.8 min za 20% TSS i 25.6 min, za 25% TSS. Učinkovitost procesa izračunata je kao omjer količine dobivenog praha i početnog ekstrakta sumaka i dobiveno je: 70.21%, 86.77%, 97.45% i 98.5% za ekstrakte s 10,15, 20 i 25% TSS. Vrijednost učinkovitosti za ekstrakt koji sadrži 5% TSS je 31.68% a razlog je ljepljivost za površinu. Rezultati su pokazali da kako se povećava koncentracija nosača i s tim u vezi i sadržaj TSS-a dolazi do bolje učinkovitosti procesa. Ljepljivost se javlja kod ekstrakata koji sadrže velike količine šećera (glukoza, fruktoza i saharoza) i organskih kiselina (limunska, jabučna i vinska) zbog niske temperature staklastog prijelaza. Uporabom nosača povećava se temperatura staklastog prijelaza i time se rješava problem ljepljivosti. Ekstrakt sumaka ne sadrži velike količine šećera, ali je sadržaj organskih kiselina visok. Zbog toga, dodatkom maltodekstrina povećava se prinos proizvoda jer se smanjuje adhezija ekstrakta sumaka na stijenkama sušionika. Tonon i sur., (2008) došli su do saznanja da povećanjem koncentracije nosača dolazi do smanjenja učinkovitosti procesa zbog povećanja viskoznosti. U istraživanju Nadeem i sur.,(2011) prinos proizvoda porastao je za 217% i 36% kada su povećali koncentraciju nosača od 0 do 3g/100g i od 3 do 5g/100g. Po rezultatima ovog istraživanja svakim povećanjem udjela TSS za 5% povećavao se pad prinosa proizvoda (121.6, 23.59, 12.31 i 1.08%). Učinak ulazne temperature na prinos proizvoda je proučavan u mnogim radovima (Chegini i Ghobadian, 2005; Nadeem i sur.,2011; Tonon i sur., 2008). Nadeem i sur. (2011) i Chegini i Ghobadian (2005) su dokazali da povećanje temperature ulaznog zraka uzrokuje smanjenje prinosa. Slični rezultati su dobiveni za ekstrakte s 5 i 25% TSS. Međutim, prinos ekstrakta s 10% TSS povećavao se ovisno o temperaturi zraka. Ovaj rezultat je u skladu s rezultatima Tonon i sur. (2008). Za uzorak koji sadrži 15 i 20% TSS utjecaj temperature na prinos nije dokazan. Rezultati pokazuju kako sušenje raspršivanjem može biti primjenjeno za sušenje ekstrakta sumaka za dobivanje praha. Upotreba nosača pospješuje učinkovitost sušenja.

Tablica 1. Utjecaj različitih čimbenika sušenja (ulazna/izlazna temperatura) i koncentracije maltodekstrina na fizikalna svojstva prahova ekstrakta sumaka.

Ulazna/izlazna temperatura (°C)	Ukupna topiva suha tvar ekstrakta (%)	Sadržaj vlage (%)	Aktivitet vode	Udio pepela (%)	pH
---------------------------------	---------------------------------------	-------------------	----------------	-----------------	----

160/80	10	2.94±0.09	0.187±0	3.20±0.16	3.13±0.01
	15	2.86±0.00	0.165±0.00	2.05±0.07	3.19±0.04
	20	2.72±0.11	0.166±0.00	1.51±0.08	3.21±0.01
	25	2.92±0.11	0.174±0.00	1.21±0.01	3.22±0.04
180/90	10	2.93±0.12	0.197±0.00	3.07±0.04	3.13±0.06
	15	2.73±0.01	0.215±0.00	1.90±0.11	3.17±0.08
	20	2.69±0.24	0.157±0	1.51±0.06	3.20±0.04
	25	2.89±0.13	0.200±0.001	1.15±0.09	3.21±0.01
200/100	10	2.82±0.05	0.180±0.003	3.37±0.06	3.15±0.04
	15	2.36±0.08	0.204±0.003	2.05±0.16	3.16±0.03
	20	1.89±0.11	0.164±0.0007	1.53±0.02	3.20±0.01
	25	2.65±0.10	0.190±0.004	1.19±0.19	3.23±0.01

Prosječne vrijednosti eksperimentalnih rezultata fizikalno-kemijskih svojstava ekstrakta sumaka sušenog raspršivanjem su prikazane u Tablici 1. Sadržaj vlage dobivenog praha varira od 1.89 do 2.94%. Rezultati su slični onima za guava koncentrirane prahove dobivene sušenjem raspršivanjem s 4 različite koncentracije maltodekstrina (30,40,50 i 60%) i pri ulaznoj temperaturi od 160 °C i izlaznoj od 80 °C (Mahendran,2010). Rezultati su pokazali da se povećanjem ulazne/ izlazne temperature smanjuje sadržaj vlage u prahovima zbog velike brzine prijenosa pri visokim radnim temperaturama (Chegini i Ghobadian, 2005; Goula i Adamopoulos,2008a; Kha i sur., 2010; Quek i sur., 2007; Tonon i sur., 2008). Povećanje ulaznih/ izlaznih temperatura značajno utječe na sadržaj vlage ekstrakata sumaka s 15 i 20% TSS. Na sadržaj vlage utječe koncentracija maltodekstrina kod eksperimenata provedenih na 200/100 °C. Osim kod prahova koji su dobiveni iz ekstrakata koji sadrže 25% TSS, gdje visoke koncentracije maltodekstrina dovode do smanjenja sadržaja vlage u prahu. Ukupni topljivi čvrsti sadržaj ekstrakata povećan je povećavajući količinu maltodekstrina i zbog toga se udio isparene vode smanjio. Dakle, preostali udio vlage u prahu je smanjen. Tijekom sušenja ekstrakata s 25% TSS brzina protoka povećana je kako bi dostigla izlaznu temperaturu što je rezultirano kraćim vremenom kontakta između ekstrakta i zraka za sušenje. Iz tog razloga, zbog smanjene učinkovitosti prijenosa topline, manjeg stupnja isparavanja zabilježen je rast udijela vlage. Razlog visokog sadržaja vlage objasnili su i Goula i Adamopoulos (2008a) i Adhikari i sur. (2004) kao poteškoću za molekule vode da difundiraju pored većih molekula maltodekstrina.

3.2.1.1. Aktivitet vode

Aktivitet vode smatra se jednim od najvažnijih čimbenika kvalitete posebice zbog dugoročnog skladištenja. Aktivitet vode povezan je sa sadržajem vlage i odgovorna je za razne biokemijske reakcije (Quek et al., 2007). Vrijednost aktiviteta vode ispod 0,6 općenito se smatra mikrobiološki stabilnim (Quek et al., 2007) i pri 0,20 i 0,4 je osigurana postojanost proizvoda protiv tamnjenja i hidrolitičkih reakcija, oksidacije lipida, autooksidacije i enzimatske aktivnosti (Marques i sur, 2007). Vrijednosti vodene aktivnosti praha ekstrakta sumaka bile su između 0.157 i 0.215. Takvi prahovi se mogu prihvatiti kao mikrobiološki i oksidativno stabilni. U usporedbi sa vrijednostima ekstrakta planinskog čaja koji je sušen raspršivanjem pri tri različite ulazne temperature (145,155 i 165°C), koncentracijama nosača (0, 3 i 5%) i četiri različita nosača (ciklodekstrin, arapska guma, MD12 i MD19) vrijednosti za prah ekstrakta sumaka bile su niže (Nadeem i sur, 2011). Povećanje količine maltodekstrina i ulazne i izlazne temperature znatno utječe na vodenu aktivnost praha ekstrakta sumaka ($P < 0.05$).

3.2.1.2. Sadržaj pepela

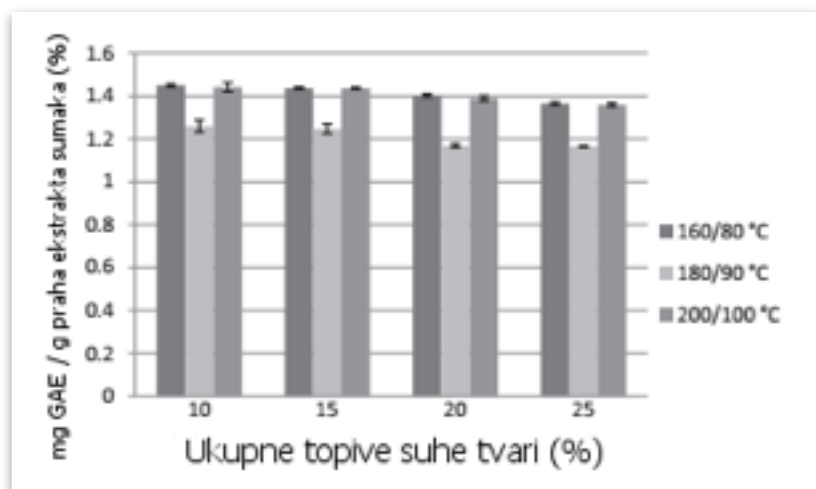
Sadržaj pepela praha sumak ekstrakta je između 1.15 i 3.37% na vlažnoj osnovi (Tablica 1). Sadržaj pepela se smanjuje ovisno o povećanju udijela maltodekstrina. Povećanjem sadržaja maltodekstrina rezultira značajnim smanjenjem sadržaja pepela u prahu ($P < 0.05$). Povećanje ulaznih i izlaznih temperatura značajnije utječe samo na uzorke prahova koji su sadržavali 10% TSS u ekstraktu sumaka.

PH vrijednost ekstrakta sumaka bila je 3.01 a dobivenog praha 3.13-3.23. Rezultati su pokazali da povećanjem količine maltodekstrina dolazi do porasta pH vrijednosti prahova ekstrakta sumaka.

Boja je važan čimbenik kvalitete jer odražava senzoričku atraktivnosti i kvalitetu praha (Quek i sur, 2007). Funkcionalna hrana potrošačima nudi mnoge zdravstvene beneficije, ali bez vizualne privlačnosti nije zanimljiva tržištu. Iz tog razloga boja prerađenih proizvoda trebala bi ostati nepromijenjena nakon proizvodnje kako bi podsjećala potrošače na izvornu sirovinu. Općenito, na vrijednosti boje (L^* , A^* , i b^*) praškastog ekstrakta sumaka sušenog raspršivanjem utjecala je koncentracija maltodekstrina i ulazna i izlazna temperatura. Kada bi povećali koncentraciju maltodekstrina došlo bi do povećanja L^* vrijednosti ali do smanjenja A^* i b^* vrijednosti.

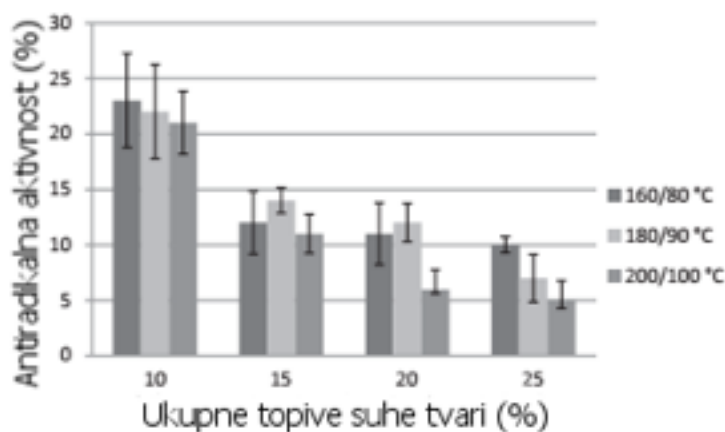
Sumak bobice sadrže veliku količinu antioksidansa i antimikrobnih komponenti kao što su fenolne kiseline, flavonoidi, tanini, antocijanini i organske kiseline (Kosar i sur, 2007; Lee i sur., 2002) što čini sumak bobice atraktivnima za potrošače. Iz tog razloga važno je utvrditi učinak djelovanja sušenja raspršivanjem na fenolni sadržaj ekstrakta sumaka. Ekstrakt sumaka ukupno sadrži oko 2.95 mg GAE/ g fenolnih spojeva, što je niže od procijenjene TPC vrijednosti za vodeni ekstrakt sumaka. Bursal i Koksar (2011) objasnili su da različiti procesi ekstrakcije utječu na konačan sadržaj fenolnih spojeva. Ukupan sadržaj fenolnih spojeva u ekstraktima sumaka je 2.328, 2.258,

2.245 i 2.237 mg GAE / g sumak ekstrakta za ekstrakte koji sadrže 10%, 15%, 20% i 25% TSS. Istraživanja su pokazala da povećanje količine nosača smanjuje ukupni sadržaj fenolnih spojeva u konačnom produktu. Međutim, smanjenje se javlja samo zbog efekta razrijeđenja.



Slika 3. Utjecaj različitih čimbenika sušenja (ulazna/izlazna temperatura) i koncentracije maltodekstrina na TPC praha ekstrakata sumaka.

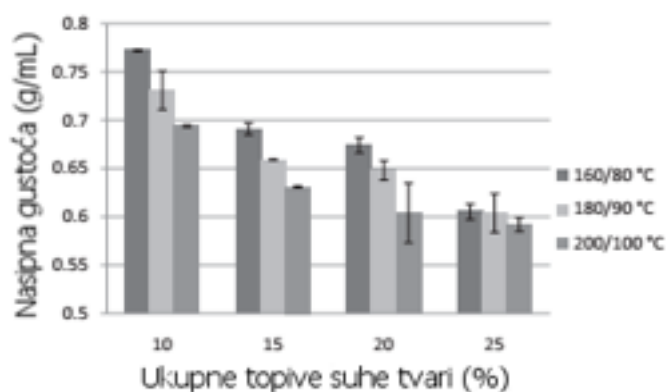
Uklanjanje slobodnih radikala (RSA) je važno svojstvo zbog inhibicije slobodnih radikala u hrani i biološkim sustavima i pokazatelj je antioksidacijskog kapaciteta. Sumak bobice bogat su izvor fenolnih kiselina, flavonoida, tanina i antocijanina koji su jaki antioksidansi. RSA(%) metanolnog ekstrakta (20µg/ml) sumaka je 74.84% a RSA vodenog ekstrakta sumaka u različitim koncentracijama (10,20 i 30 µg/ml) dobiven je kao 15.8%, 23.2% i 41.2%. Istraživanja su pokazala da je RSA etanolnog ekstrakta sumaka lošiji od vodenog ekstrakta. Utjecaj različitih uvjeta sušenja raspršivanjem(ulazna/izlazna temperatura) i koncentracije maltodekstrina na RSA(%) ekstrakta sumaka prikazan je na slici 4. RSA (%) ekstrakta sumaka sušenog raspršivanjem se smanjio povećanjem koncentracije maltodekstrina i ulazne/izlazne temperature. Komponente polifenola koje se nalaze u sumaku koje imaju antioksidacijsko djelovanje lako se oksidiraju u procesu sušenja raspršivanjem.



Slika 4. Utjecaj različitih čimbenika sušenja (ulazna/izlazna temperatura) i koncentracije maltodekstrina na antiradikalnu aktivnost(%) praha sumak ekstrakta.

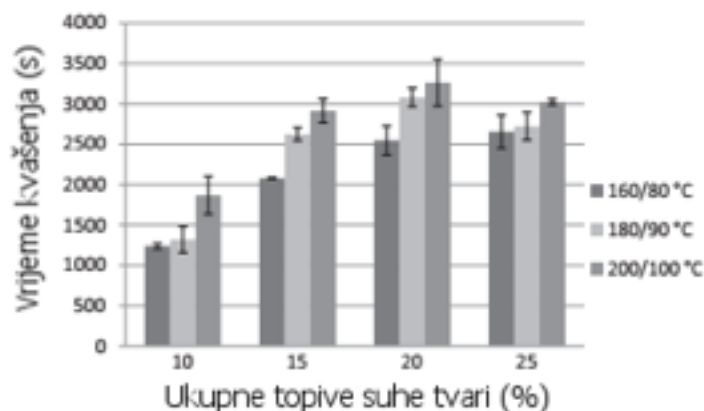
3.2.2. Analiza svojstava praha

Nasipna gustoća, prosječno vrijeme kvašenja i topljivost su prikazani kao funkcija ulaznih/izlaznih temperatura i dodatka maltodekstrina na slikama 5-7. Na ova svojstva praha utječu svojstva materijala (sadržaj krute tvari, viskoznost,temperatura) i radni uvjeti. Poznavanje nasipne gustoće prehrambenog proizvoda važan je parametar za transport, skladištenje, pakiranje i miješanje. Nasipna gustoća praha sumak ekstrakta kreće se između 0.592 i 0.772 g/ml, dok je nasipna gustoća soka od grožđa sušenog raspršivanjem 0.64-0.67 g/cm³ (Papadakis i sur, 2006). S druge strane, vrijednosti nasipne gustoće soka od rajčice je 0.091-0.271 g/ml koji je sušen pri tri ulazne temperature (130,140 i 150 °C) (Goula i Adamopoulos,2008). Povećanje koncentracije maltodekstrina dovodi do značajnog smanjenja nasipnih gustoća praha. Smatra se da je razlog tome nizak sadržaj vlage u sušenim prahovima.



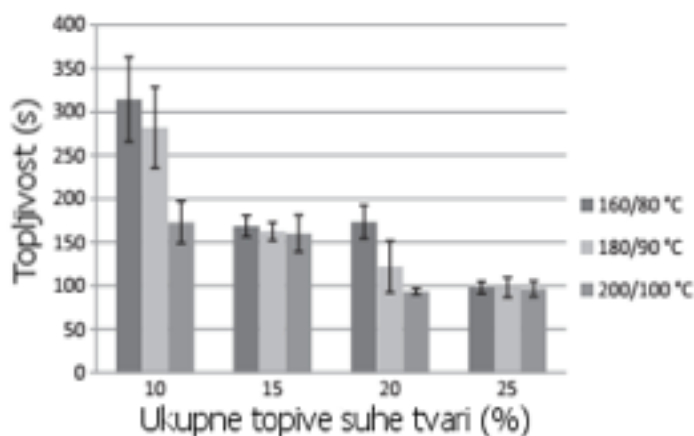
Slika 5. Utjecaj različitih čimbenika sušenja (ulazna/izlazna temperatura) i koncentracije maltodekstrina na nasipnu gustoću (g/ml) praha sumak ekstrakta.

Kvašenje je sposobnost čestica praha da prevladaju površinsku napetost između njih i vode. Kako bi postigli visoke vrijednosti kvašenja, velika poroznost ili velike pore su poželjne. Osim utjecaja fizikalnih svojstava, i kemijski sastav praha utječe na kvašenje ovisno o sadržaju masti, proteina i ugljikohidrata na površini. Vrijeme kvašenja praha sumak ekstrakta varira od 1239 do 3263 s.



Slika 6. Utjecaj različitih čimbenika sušenja (ulazna/izlazna temperatura) i koncentracije maltodekstrina na vrijeme kvašenja (s).

Topljivost je važan kriterij za procjenu ponašanja proizvoda u vodenoj fazi, jer prahovi koji se koriste kao hrana moraju biti dobro topivi u vodi kako bi bili korisni i funkcionalni. Topljivost je posljednji korak otapanja praha i smatra se ključnom odrednicom cjelokupnog sustava rekonstitucije (Chen i Patel, 2008; Fang i sur., 2008). Vrijeme topljivosti praškastog ekstrakta sumaka variralo je od 93.5 do 314.5 s (Slika 7).



Slika 7. Utjecaj različitih čimbenika sušenja (ulazna/izlazna temperatura) i koncentracije maltodekstrina na topljivost praha sumak ekstrakta.

4. ZAKLJUČAK

U radu se opisuje mogućnost proizvodnje praha ekstrakta sumaka sušenjem raspršivanjem i kako fizikalna, kemijska i svojstva praha ovise o promjenama ulazne/izlazne temperature zraka i koncentracijama dodanog maltodekstrina. Rezultati su pokazali da postoje poteškoće u procesu sušenja čistog sumak ekstrakta. Korištenjem nosača proces sušenja se poboljšava i postaje učinkovit. Iz tog razloga, maltodekstrin se pokazao kao prikladan nosač u procesu sušenja raspršivanjem ekstrakta sumaka. Na fizikalna, kemijska i svojstva praha značajno su utjecale ulazna/izlazna temperatura i dodatak maltodekstrina. Najveća učinkovitost i najkraće vrijeme sušenja dobiveni su za ekstrakt s 25% TSS. Međutim, koncentracija dodanog maltodekstrina utjecala je negativno na čimbenike kvalitete kao što su: boja, ukupni fenolni spojevi, RSA (%) i vrijeme kvašenja. Povećanja ulazne i izlazne temperature rezultirala su gubitcima na kvaliteti praha. Iz ekstrakata s 10% TSS i ulaznom/izlaznom temperaturom od 160/80 °C dobiveni su prahovi najbolje kvalitete i fizikalno kemijskih svojstava.

5. LITERATURA

Anonymous 1-<http://www.eurotherm.com/spray-drying>

Anonymous 2-<http://documents.tips/download/link/dehidracija>

A.G. Hill, Drying System and Equipment, Theory and Calculations, Chem. Eng. 19, 1967.

Adhikari, B., Howes, T., Bhandari, B.R., Troung, V., 2004. Effect of addition of maltodextrin on drying kinetics and stickiness of sugar and acid-rich foods during convective drying: experiments and modelling. J. Food Eng. 62, 53–68.

Apintanapong i Noomhorm, (2003): The use of spray drying to microencapsulate 2-acetyl-1-pyrroline, a major flavour component of aromatic rice

Barlow, S. M. (2013). European legislative framework controlling the use of food additives. 813 In M. Saltmarsh, M. Saltmarsh, & S. Barlow (Eds.), Essential guide to food additives 814 (pp. 44–53). Cambridge: RSC Publishing.

- Bayram, O.A., Bayram, M., Tekin, A.R. (2005): Spray drying of sumac flavor using sodium chloride, sucrose, glucose and starch as carriers. *J. Food Eng.* 69, 253–260.
- Bayram, O.A., Bayram, M., Tekin, A.R., 2008. Whey powder as a carrier in spray drying of sumac concentrate. *J. Food Process Eng.* 31, 105–119.
- Barbosa-Cánovas & Juliano, (2005): Physical and chemical properties of food powders
- Bursal, E., Koksall, E., 2011. Evaluation of reducing power and radical scavenging activities of water and ethanol extracts from sumac (*Rhus Coriaria* L.). *Food Res. Int.* 44, 2217–2221.
- Bhandari, B. R., Datta, N., & Howes, T. (1997). Problems associated with spray drying of 832 sugar-rich foods. *Drying Technology*, 15, 671–684.
- Bucic-Kojic, Ana; Planinic, Mirela; Tomas, Srecko; Jokic, Stela; Mujic, Ibrahim (2011) : Effect of Extraction Conditions on the Extractability of Phenolic Compounds from Lyophilised Fig Fruits (*Ficus Carica* L.)
- Castellanos, A., 2005. The relationship between attractive interparticle forces and bulk behaviour in dry and uncharged fine powders. *Adv. Phys.* 54, 263–376.
- Cai, Y., & Corke, H. (2000). Production and properties of spray-dried amaranthus betacyanin 837 pigments. *Journal of Food Science*, 65, 1248–1252.
- Chegini, G.R., Ghobadian, B., 2005. Effect of spray drying conditions on physical properties of orange juice powder. *Drying Technol.* 23, 657–668.
- Chen, X.D., Patel, K.C., 2008. Manufacturing better quality foodpowders from spray drying and subsequent treatments. *Drying Technol.* 26, 1313–1318.
- Desai, K. G. H., & Park, H. J. (2005). Recent developments in microencapsulation of food 885 ingredients. *Drying Technology*, 23, 1361–1394.
- Dragović-Uzelac, V. (2016): Nastavni materijal iz modula Začinsko i aromatsko bilje, Prehrambeno-biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu
- Fazaeli, M., Emam-Djomeh, Z., Kalbasi Ashtari, A., & Omid, M. (2012). Effect of spray 897 drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry 898 juice powder. *Food and Bioproducts Processing*, 90
- Farley, R., Valentin, F.H.H., 1968. Effect of particle size upon the strength of powders. *Powder Technol.* 1, 344–354.
- Fichtner, F., Mahlin, D., Welch, K., Gaisford, S., Alderborn, G., 2008. Effect of surface energy on powder compactibility. *Pharm. Res.* 25, 2750–2759.

John W. Finney, Anne Moyer, Carolyn E. Swearingen, Pamela Vergun: Brief interventions for alcohol problems: a meta-analytic review of controlled investigations in treatment-seeking and non-treatment-seeking populations

Guo, Y., Wu, C.Y., Kafui, K.D., Thornton, C., 2011. 3D DEM/CFD analysis of size-induced segregation during die filling. *Powder Technol.* 206, 177–188.

Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Voilley, C. O., & Saurel, R. (2007). Applications of spray 909 drying in microencapsulation of food ingredients. *Food Research International*, 40, 910 1107-1121.

Goula, A.M., Adamopoulos, K.G., 2008a. Effect of maltodextrin addition during spray drying of tomato pulp in dehumidified air. II. Powder properties. *Drying Technol.* 26 (6), 726–737.

Goula, A.M., Adamopoulos, K.G., 2008b. Effect of maltodextrin addition during spray drying of tomato pulp in dehumidified air. I. Drying kinetics and product recovery. *Drying Technol.* 26 (6), 714–725.

Hou, H., Sun, C.C., 2008. Quantifying effects of particulate properties on powder flow properties using a ring shear tester. *J. Pharm. Sci.* 97, 4030–4039.

Igual, M., Ramires, S., Mosquera, L. H., & Martínez-Navarrete, N. (2014). Optimization of 944 spray drying conditions for lulo (*Solanum quitoense* L.) pulp. *Powder Technology*, 256, 945 233-238.

Kornak, J., O'Hagan, A. and Haggard, M. (2005). A Bayesian multiplicative Markov random field model for determining activated areas in functional magnetic resonance imaging studies

Kaerger, J.S., Edge, S., Price, R., 2004. Influence of particle size and shape on flowability and compactibility of binary mixtures of paracetamol and microcrystalline cellulose. *Eur. J. Pharm. Sci.* 22, 173–179.

Kenyon, Scott J, Hartmann, Lee (1995): Pre-main Sequence Evolution

Kosar, M., Bozan, B., Temelli, F., Baser, K.H.C., 2007. Antioxidant activity and phenolic composition of sumac (*Rhus coriaria* L.) extracts. *Food Chem.* 103, 952–959.

Kha, Nguyen, & Roach, (2010): Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder

Lee, J.C., Lim, K.T., Jang, Y.S.,(2002): Identification of *Rhus verniciflua* stokes compounds that exhibit free radical scavenging and anti-apoptotic properties. *BBA Gen. Subjects* 1570 (3), 181–191.

Steve O'Hagan, Warwick B. Dunn, Marie Brown, Joshua D. Knowles , and Douglas B. Kell (2005): Closed-Loop, Multiobjective Optimization of Analytical Instrumentation: Gas Chromatography/

Time-of-Flight Mass Spectrometry of the Metabolomes of Human Serum and of Yeast Fermentations

Marques, L.G., Ferreira, M.C., Freire, J.T., (2007): Freeze-drying of acerola (Malpighia glabra L.). Chem. Eng. Process. 46, 451–457.

Michael Maury, Keith Murphy, (2005): Effects of process variables on the powder yield of spray-dried trehalose on a laboratory spray-dryer

Mahendran, T., (2010): Physico-chemical properties and sensory characteristics of dehydrated guava concentrate: effect of drying method and maltodextrin concentration. Trop. Agric. Res. Extension 13 (2).

Madene, Scher, Jacquot, Desorbry, (2006): Flavour encapsulation and controlled release

Masovic, Jankovic, Radulovic (2000): Ispitivanje promena kvaliteta jabuka konzervisanih sušenjem, sušenjem -smrzavanjem i liofilizacijom.

A.S. Mujumdar, (1995): Handbook of Industrial Drying, Second Edition, Revised and Expanded, Opseg 1

Miller, Gil, (2012): Estimating updraft velocity components over large spatial scales: contrasting migration strategies of golden eagles and turkey vultures

Nadeem, H.S., Torun, M., Ozdemir, F., (2011): Spray drying of the mountain tea (Sideritis strica) water extract by using different hydrocolloid carriers. LWT Food Sci. Technol. 44, 1626–1635.

Joan Sánchez-Hernández, Juan Ybarra, Ignasi Gich, Alberto De Leiva, Xavier Rius, Jose Rodríguez-Espinosa, Antonio Pérez: Effects of Bariatric Surgery on Vitamin D Status and Secondary Hyperparathyroidism: A Prospective Study

Phisut (2012): Spray drying technique of fruit juice powder: some factors influencing the properties of product

Savić, Lj. (2014): Metode ekstrakcije biljnih materijala: usporedna analiza cirkulatorne ekstrakcije i ekstrakcije primenom superkritičnog ugljen-dioksida, Institut za proučavanje lekovitog bilja "Dr Josif Pančić", Beograd

G Matioli, DB Rodriguez-Amaya - Braz. J. Food Technol, (2002): Licopeno encapsulado em goma arábica e maltodextrina: estudo da estabilidade

Tonon, R.V., Brabet, C., Hubinger, M.D. (2008): Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (Euterpe oleraceae Mart.) powder produced by spray drying. J. Food Eng. 88, 411–418.

Quek, S.Y., Chok, N.K., Swedlund, P., (2007): The physicochemical properties of spray- dried watermelon powders. *Chem. Eng.Process.* 46, 386–392.

Mircea Vinatoru, (2001): An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs

Williams, D.R., (2015): Particle Engineering in Pharmaceutical Solids Processing: Surface Energy Considerations. *Curr. Pharm. Des.* 21, 2677–2694.

Yue-Xing Chang, Jing-Jing Yang, Rui-Le Pan, Qi Chang, Yong-Hong Liao (2014): Anti-hygroscopic effect of leucine on spray-dried herbal extract powders

Izjava o izvornosti

Izjavljujem da je ovaj završni rad izvorni rezultat mog rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.

____Mateja Jurić____

ime i prezime studenta