

Fizikalno-kemijska svojstva praha proizvedenog iz ekstrakta tropa aronije

Brkljačić, Marta

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

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:159:419706>

Rights / Prava: [Attribution-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-04**



Repository / Repozitorij:

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



**Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Preddiplomski studij Prehrambena tehnologija**

Marta Brkljačić
0058213777

**Fizikalno-kemijska svojstva praha proizvedenog iz
ekstrakta tropa aronije**

ZAVRŠNI RAD

Naziv znanstveno-istraživačkog ili stručnog projekta: Izolacija i analiza polifenola iz ploda i preradevina aronije, proizvodnja prahova i određivanje stabilnosti polifenola u okviru projekta “Biofracta” KK.01.2.1.02.0032; Poziv: „Povećanje razvoja novih proizvoda i usluga koji proizlaze iz aktivnosti istraživanja i razvoja (IRI) – faza II“; Europski fond za regionalni razvoj; Operativni program-Konkurentnost i kohezija 2014.-2020.

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

Zagreb, 2022.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Preddiplomski sveučilišni studij Prehrambena tehnologija

Zavod za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo
Laboratorij za kemiju i tehnologiju voća i povrća

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

**Fizikalno-kemijska svojstva praha proizvedenog iz ekstrakta tropa aronije
Marta Brkljačić, 0058213777**

Sažetak:

Plodovi aronije (*Aronia melanocarpa*) se rijetko konzumiraju u svježem obliku zbog svog trpkog okusa te se zbog toga najčešće prerađuje dalje u sok. Trop koji zaostaje kao nusproizvod proizvodnje soka aronije izvrsna je baza za proizvodnju tekućih ili suhih ekstrakata bogatih bioaktivnim molekulama poput fenola i naročito antocijana koji imaju potencijalne zdravstvene benefite. Stoga je cilj ovog rada bio proizvesti prah ekstrakta tropa aronije te procijeniti njegovu stabilnost nakon pakiranja u dvije vrste ambalaže različitih materijala i debljine (PP/PP MET; 0,04 mm i PET/ALU/PE; 0,07 mm) te pratiti promjene udjela vlage, ukupne koncentracije antocijana i promjenu boje praha tijekom skladištenja pri temperaturama skladištenja 4 °C, 20 °C i 37 °C kroz period od 3 mjeseca. Na temelju dobivenih rezultata zaključeno je da su obje vrste ambalaže prikladne za skladištenje navedenih prahova pri čemu je njihova stabilnost vrlo visoka na temperaturama od 4 do 20 °C. Viša temperatura značajno utječe na degradaciju antocijana te posljedično i boje prahova, što je naročito vidljivo nakon dužeg vremena skladištenja.

Ključne riječi: aronija, trop, prah, antocijani, stabilnost

Rad sadrži: 33 stranica, 7 slika, 7 tablica, 50 literaturnih navoda, 0 priloga

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je u tiskanom i elektroničkom obliku pohranjen u knjižnici Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

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

Pomoć pri izradi: Mag. ing. Sanja Lončarić

Datum obrane: 8. srpnja 2022.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Undergraduate thesis

University of Zagreb
Faculty of Food Technology and Biotechnology
University undergraduate study Food Technology

Department of Food Engineering
Laboratory for Chemistry and Technology of Fruits and Vegetables

Scientific area: Biotechnical Sciences
Scientific field: Food Technology

Physico-chemical properties of powder produced from chokeberry pomace extract
Marta Brkljačić, 0058213777

Abstract:

The fruits of chokeberry (*Aronia melanocarpa*) are rarely consumed in fresh form due to their bitter taste and therefore are most often further processed into juice. Pomace, which lags behind as a by-product of chokeberry juice production, is an excellent base for the production of liquid or dry extracts rich in bioactive molecules such as phenols and especially anthocyanins, which have potential health benefits. Therefore, the aim of this study was to produce powder of chokeberry extract and to assess its stability after packaging in two types of packaging of different materials and thicknesses (PP / PP MET; 0.04 mm and PET / ALU / PE; 0.07 mm) and to monitor changes in moisture content, total anthocyanin concentrations and color change of the powder during storage at storage temperatures of 4 °C, 20 °C and 37 °C for a period of 3 months. Based on the obtained results, it was concluded that both types of packaging are suitable for storage of these powders, where their stability is very high at temperatures from 4 to 20 °C. Higher temperatures significantly affect the degradation of anthocyanins and consequently the color of powders, which is especially visible after a longer storage time.

Keywords: chokeberry, pomace, powder, anthocyanins, stability

Thesis contains: 33 pages, 7 figures, 7 tables, 50 references, 0 supplements

Original in: Croatian

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

Mentor: Verica Dragović-Uzelac, PhD, Full Professor

Technical support and assistance: Sanja Lončarić, MSc

Thesis defended: July 8, 2022

Sadržaj

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	2
2.1. ARONIJA (<i>Aronia melanocarpa</i>).....	2
2.1.1. Bioaktivni spojevi aronije	3
2.1.2. Proizvodnja ekstrakta i prahova iz nusproizvoda.....	6
2.1.3. Postupci sušenja raspršivanjem	7
2.1.4. Stabilnost prahova tijekom skladištenja.....	8
3. EKSPERIMENTALNI DIO	10
3.1. Materijali	10
3.1.1. Proizvodnja prahova ekstrakta tropa aronije primjenom sušenja raspršivanjem	10
3.1.2. Uvjeti skladištenja praha ekstrakta tropa aronije	11
3.2. Metode.....	12
3.2.1. Određivanje sadržaja vlage	12
3.2.2. Ekstrakcija antocijana.....	13
3.2.3. Određivanje antocijana	13
3.2.4. Određivanje boje kolorimetrom	15
3.2.5. Statistička obrada.....	16
4. REZULTATI I RASPRAVA	17
4.1. Određivanje sadržaja vlage	17
4.2. Određivanje antocijana	19
1.1. Određivanje boje kolorimetrom	22
5. ZAKLJUČCI	26
6. POPIS LITERATURE	27

1. UVOD

Aronija (*Aronia melanocarpa*) je jedan od najbogatijih poznatih izvora bioaktivnih nutrijenata i antioksidansa, no zbog svog trpkog i neprimamljivog okusa rijetko se konzumira u svježem obliku pa se plodovi najčešće prerađuju u različite proizvode, najčešće sok. Plodovi aronije su zbog visokog udjela vode lakopokvarljiva sirovina te se stoga zamrzavaju ili odmah prerađuju u visokokvalitetne sokove stvarajući pri tome znatnu količinu nusproizvoda (trop). Svježi plodovi aronije i prerađevine sadrže značajan udio bioaktivnih molekula poput različitih skupina polifenola, među kojima su najznačajniji antocijani. Fenolni spojevi su u visokim koncentracijama prisutni i u tropu aronije koji je izvrsna sirovina za proizvodnju tekućih ili suhih ekstrakata (prahova ekstrakta aronije). Ekstrakti aronije proizvode se primjenom konvencionalnih ili naprednih tehnika ekstrakcije, a za prevođenje u stabilniju formu praha koriste se tehnike sušenja raspršivanjem pri čemu je važno očuvati bioaktivne molekule u što većoj koncentraciji, ali i fizikalno-kemijska svojstva prahova. Budući da su prahovi dobiveni sušenjem raspršivanjem vrlo higroskopni, a antocijani kao jedna od najznačajnijih skupina bioaktivnih molekula nestabilni važno je definirati adekvatnu ambalažu i uvjete skladištenja kako bi se osigurala stabilnost praha kroz što dulje vrijeme. Ambalažni materijali koji se najčešće preporučuju za ovu vrstu uzoraka su polietilen niske gustoće (LDPE), poliester (PET), orijentirani polipropilen (OPP) i polipropilen (PP), ovisno o njihovoj sposobnosti adsorpcije vlage.

U skladu s novijim trendovima u prehrambenoj industriji i odgovorno gospodarenje otpadom, nusproizvodi od prerade voća predstavljaju izvrsnu bazu za proizvodnju funkcionalne hrane i/ili dodataka prehrani s visokim udjelom bioaktivnih molekula-antioksidansa, što zahtjeva sistematičan pristup i ujedno izazov u izboru tehnoloških postupaka prerade i uvjeta skladištenja koji će osigurati stabilnost bioaktivnih molekula.

Stoga je cilj ovog rada utvrditi optimalne uvjete skladištenja tj. utjecaj vrste ambalaže i primijenjenih uvjeta skladištenja (temperatura, vrijeme) na fizikalno-kemijska svojstva praha ekstrakta tropa aronije dobivenog procesom mikroinkapsuliranja s maltodekstrinom kao nosačem. Uzorci su skladišteni na temperaturama 4 °C, 20 °C i 37 °C u dva tipa ambalaže različitih materijala i debljine; PP/PP MET (0,04 mm) i PET/ALU/PE (0,07 mm). Udio vlage, ukupna koncentracija antocijana i promjena boje praha praćeni su u vremenskom periodu od 3 mjeseca, a mjerenja su provedena u razmaku od mjesec dana.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. ARONIJA (*Aronia melanocarpa*)

Aronija (*Aronia melanocarpa*), poznata i kao crna aronija, grm je obitelji *Rosaceae* porijeklom iz Sjeverne Amerike koji je u Europu uveden prije otprilike jednog stoljeća (Chrubasik i Li, 2010). Mladi grmovi aronije su kompaktni, dok stariji imaju izgled rasprostranjenog stabla na kojem ovalni listovi prekrivaju grane. U proljeće i ljeto su zeleni, ali u jesen postaju crvenkasto smeđe boje. Krajem kolovoza i rujna grozdasti plodovi su potpuno zreli. Na vanjskom i poprečnom presjeku zreli plodovi aronije su crne i plave boje. Sfernog su oblika i njihov promjer i masa variraju ovisno o sorti (Ochmian i sur., 2012). Plodovi aronije su jedan od najbogatijih poznatih izvora proantocijanidina i antocijana, a u usporedbi s drugim bobičastim voćem, npr. bazge i crnog ribizla zastupljeni su u značajno većim koncentracijama (Veberić i sur., 2015; Kulling i Rawel, 2008). Zbog svog trpkog okusa, svježi plodovi crne aronije rijetko se konzumiraju u svježem, neprerađenom obliku, ali se zato prerađuju u sokove, sirupe, vina, džemove, voćne čajeve i dodatke prehrani (Vagiri & Jensen, 2017). Više od 50 % ukupnog sadržaja antocijana ploda aronije ostaje u nusproizvodu nakon postupka prešanja (Oszmanski i Wojdylo, 2005). Nusproizvod (trop) koji zaostaje nakon prešanja plodova se uglavnom sastoji od sjemenki, pokožice i peteljkovine su dobar izvor vrijednih bioaktivnih spojeva kao što su polifenoli, karotenoidi, dijetalna vlakna, vitamini, enzimi i ulja. Trop koji zaostaje kao nusproizvod prerade soka, može se učinkovito koristiti za izolaciju antocijana, biljnih pigmenata koji se koriste kao prirodna bojila te zamjena za umjetna bojila u prehrambenoj industriji. Budući da je trop bogat izvor antocijana, posljednjih godina ispituju se nove mogućnosti njegovog iskorištavanja uz primjenu konvencionalnih te posebno naprednih tehnika ekstrakcije, a s ciljem maksimalnog iskorištavanja potencijala ovog vrijednog nusproizvoda te smanjivanja negativnih utjecaja na okoliš (Sagar i sur., 2018).

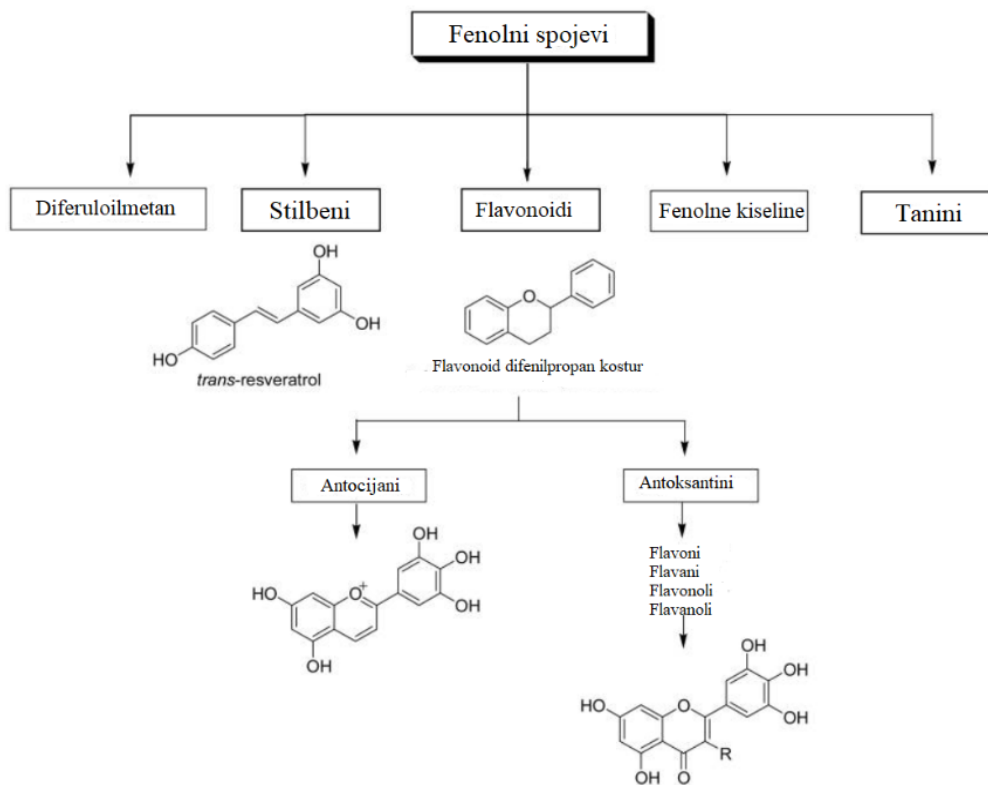
Prema znanstvenim istraživanjima ekstrakti tropa aronije zbog specifičnog sastava antocijana u sinergiji s ostalim bioaktivnim spojevima pokazuju snažnu antioksidacijsku aktivnost, važni su u prevenciji i ublažavanju simptoma kardiovaskularnih oboljenja, a također pokazuju i protuupalno, antidijabetičko, antikancerogeno djelovanje (Sosnowska i sur., 2015; Chrubasik i sur., 2010; Kulling i Rawel, 2008).

2.1.1. Bioaktivni spojevi aronije

Plodove aronije odlikuje visoka biološka i nutritivna vrijednost. Sadrže vitamine B skupine (B1, B2, B6, niacin, pantotensku kiselinu), vitamin C, β -karoten, tokoferole, značajnu količinu dijetalnih vlakana (55 g/kg prema Kulling i Rawel 2008), minerala (4,4–5,8 g/kg kao vrijednost pepela), 16-18 % ugljikohidrata (glukoza, fruktoza, sorbitol) i 1-1,5 % organskih kiselina (jabučna, kininska, limunska). Prepoznatljiv miris badema daje cijanogeni glikozidi- amigdalin (20 mg/100 g svježe sirovine) (Kulling i Rawel, 2008). Aronija sadrži aminokiseline kao što su arginin, tirozin, histidin, lizin, cistein, alanin, asparagin, serin, glutaminska kiselina i treonin, a većina ih je određena i u tropu aronije (Boncheva i sur., 2013). Također, sadrži i makroelemente (K, Ca, P, Mg i Na), esencijalne elemente u tragovima (Zn, Fe, Se, Cu, Mo, Cr) i elemente u tragovima (Mn, Si, Ni, B, V) (Červenka, 2011; Borycka i Stachowiak, 2008). Ochmian i sur. (2012) utvrdili su da plodovi aronije sadrže oko 17 % ukupne suhe tvari, od čega 16 % čini topljiva suha tvar. Ugljikohidrati i dijetalna vlakna tropa aronije čine oko 70 % ukupne suhe tvari. Prema nekim istraživanjima sušeni trop aronije sadrži 90,21 % suhe tvari (Pieszka i sur., 2015), dok prah proizveden iz osušenog tropa aronije sadrži 96,86 % suhe tvari (Oszmiański i sur., 2016). Također, trop sadrži i masne kiseline, a najviše zastupljene su linolna i oleinska. Steroli i fosfolipidi nalaze se u ulju sjemenki aronije (Dulf i sur., 2012).

Na sastav i zdravstvenu vrijednost ploda aronije utječu brojni čimbenici, uključujući sortu, zrelost te okolišne i klimatske uvjete (Sidor i sur., 2019). Utjecaji okoline imaju izravan utjecaj na primarne metabolite, kao što su šećeri, aminokiseline i masne kiseline, koji sudjeluju u metabolizmu vezanom za rast i razvoj ploda, a time i kvalitetu plodova u smislu nutritivnih i organoleptičkih svojstava (Kim i sur., 2010; Schwartz i sur., 2009). Primarni i sekundarni metaboliti su i međuprodukti i krajnji produkti metabolizma, a njihove koncentracije mogu biti povezane s odgovorima bioloških sustava na promjene okoliša (Pereira i sur., 2005). Isti utjecaj okoline ima utjecaj i na fenolne spojeve, sekundarne biljne metabolite. Fenolni spojevi sadrže aromatski prsten na koji mogu biti vezani brojni supstituenti. Osnovnu strukturu čini benzenski prsten na koji je vezana jedna ili više hidroksilnih skupina, a prema osnovnoj kemijskoj strukturi dijele se na flavonoide i neflavonoide (fenolne kiseline i srodni spojevi). Na temelju osnovnog kostura (broj C-atoma) dijelimo ih u nekoliko skupina: jednostavni fenoli i benzokinoni (C_6), fenolne kiseline (C_6-C_1), acetofenoni i feniloctene kiseline (C_6-C_2), hidroksicimetne kiseline, fenilpropani i kumarini (C_6-C_3), naftokinoni (C_6-C_4), ksantoni ($C_6-C_1-C_6$), stilbeni i antrakinoni ($C_6-C_2-C_6$), flavonoidi ($C_6-C_3-C_6$), lignani i neolignani ($(C_6-C_3)_2$), lignini ($(C_6-C_3)_n$) (Reis Giada, 2013). Imaju mnoga svojstva slična alkoholima (hidroksilna

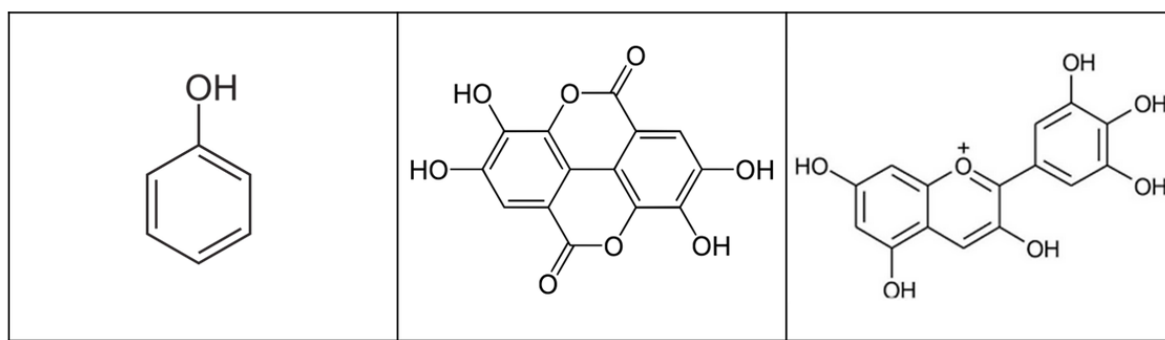
skupina nije vezana na zasićeni atom ugljika, već direktno na aromatski prsten), ali i neka drugačija svojstva koja potječu od aromatskog karaktera (značajno su kiseliji od alkohola). Najjednostavniji predstavnik je fenol (C_6H_5-OH). Podjela fenolnih spojeva prikazana je na slici 1.



Slika 1. Podjela fenolnih spojeva (Han, Shen i Lou, 2007.)

Kompleksnije strukture fenolnih spojeva koji sadrže više od jedne fenolne skupine nazivaju se polifenolima. Osim hidroksilnih skupina često sadrže i druge supstituente kao što su eterske i esterske skupine (*Slika 2.*). Brojni predstavnici skupina polifenola koje uključuju antocijanine, flavonole, flavanole, proantocijanidine i fenolne kiseline, zastupljeni su u značajnim koncentracijama u plodovima aronije (Gramza-Michałowska i sur., 2017; Oszmiański, i sur., 2016; Dudonné, i sur., 2015; Denev i sur., 2013). Plodovi aronije sadrže i značajne količine fenolnih kiselina od kojih su najzastupljenije klorogenska i neoklorogenska, dok su uz njih prisutne i kriptoklorogenska kiselina, *p*-kumarinska kiselina i derivati, kafeinska kiselina i derivati, protokatehinska, vanilinska, ferulinska, salicilna, siringinska, 4-hidroksibenzojeva i elaginska kiselina. Također, metil esteri klorogenske i neoklorogenske kiseline, 2,4,6-trihidroksibenzaldehid, 3-hidroksibenzojeva kiselina i derivati feniloctene kiseline su određeni u osušenom soku i tropu aronije (Li i sur., 2012). Proizvodi aronije i nusproizvodi poput tropa

također su bogat izvor polifenola (Tolić i sur., 2017; Ćujić i sur., 2016). Plod aronije ima tamnoplavu boju zbog visoke razine antocijana, podskupine flavonoida, koji uključuju cijanidin 3-glukozid, 3-galaktozid, 3-ksilozid i 3-arabinozid. Osim navedenih prisutni su pelargonidin-3-galaktozid i pelargonidin-3-arabinozid u manjim koncentracijama (Kim i sur., 2013). Cijanidin-3-galaktozid je identificiran kao glavni fenolni spoj, sa znatnim sadržajem u crnoj aroniji, što je u korelaciji s njezinim antioksidativnim svojstvima i učinkom uklanjanja radikala. Veberić i suradnici (2015) navode da tamno obojeno voće sadrži visoke udjele antocijana te da nema razlika u sastavu između kultiviranih i samoniklih vrsta, dok se koncentracije mogu značajno razlikovati. Ekstrakti crne aronije mogu se smatrati dobrim izvorom prirodnih antioksidansa i funkcionalnih sastojaka hrane (Hwand i sur., 2014).



Slika 2. Primjeri jednostavnih i kompleksnih fenolnih spojeva (Anonymus)

Polifenoli aronije doprinose visokom antioksidativnom potencijalu plodova aronije, koji je obično veći od ostalih procijenjenih biljnih materijala (Strugała, i sur., 2016). Osim plodova aronije, antioksidativni potencijal pokazuju i proizvodi od plodova aronije te nusproizvodi koji zaostaju nakon prerade. Analiza antiradikalne aktivnosti ploda, soka i tropa aronije pokazala je najveću aktivnost tropa, a zatim ploda i soka. Antiradikalna aktivnost je u korelaciji sa sadržajem polifenola u analiziranom materijalu (Oszmanski i Wojdyło, 2005). Prema Pieszki i sur. (2015) sušeni trop aronije pokazao je bolja antioksidativna svojstva od tropa jabuke, crnog ribiza, jagode i mrkve. Brojne studije potvrdile su povoljne učinke konzumacije sorte *Aronia melanocarpa* L. na hipertenziju, poremećaje metabolizma glukoze, dislipidemiju, proupalna stanja i smanjenje čimbenika rizika od metaboličkog sindroma. Rezultati su također pokazali vjerojatni potencijal crne aronije da inhibira razvoj nekih vrsta raka (Sidor i Gramza-Michałowska, 2019). Sikora i sur. (2012) proveli su studiju na pacijentima liječenim ekstraktom ploda aronije (3×100 mg/dan) tijekom dva mjeseca. Kao rezultat toga, pacijentima su smanjeni SBP, LDL lipoprotein i kolesterol. Rezultati istraživanja koje su proveli Zhao i sur. (2017) potvrdili su da zaštitna uloga voća (uključujući crnu aroniju) protiv kardiovaskularnih

bolesti uključuje zaštitnu funkciju vaskularnog endotela, modulaciju krvnog tlaka, regulaciju metabolizma lipida, smanjenje oksidativnog stresa, slabljenje upale, inhibiciju funkcije trombocita i supresiju od tromboze. Ove i slične spoznaje od iznimne su važnosti u budućim istraživanjima funkcionalne hrane na bazi crne aronije.

2.1.2. **Proizvodnja ekstrakta i prahova iz nusproizvoda**

Bobice se obično prešaju, tretiraju pektolitičkim enzimima i zagrijavaju prije prešanja soka (Mayer-Miebach i sur., 2012), a dijelovi plodova koji ostaju u ostatku prešanja uglavnom su sjemenke, kožica i peteljke. Trop bobičastog voća se često kompostira, koristi kao hrana za stoku, iz njega se proizvodi bioplin ili se baca (Rohm i sur., 2015). Prema Tolić i sur. (2018) u prahu dobivenom iz tropa aronije nalazi se $29,40 \pm 0,97$ mg/100 g dm kvercetina, $0,12 \pm 0,03$ mg/100 g dm kaempferola, $31,69 \pm 6,84$ mg/100 g dm klorogenske kiseline i $100,82 \pm 4,43$ mg/100 g dm *p*-kumarinske kiseline što implicira na značajan gubitak nutritivnih komponenti. Da bi industrija u potpunosti iskoristila ovaj resurs, potrebno je više znanja o tome kako kvaliteta tropa aronije varira ovisno o postupcima koji se koriste u prešanju soka i kakva se kvaliteta ekstrakta može dobiti iz tropa. Budući da trop bobičastog voća ima udio vlage od približno 50% i sadrži mnoge aktivne komponente koje su u tekućem stanju nestabilne, vrlo je sklon mikrobnoj kvarenju. Zbog toga je neophodna početna obrada tropa kako bi se osigurao zadovoljavajući rok trajanja. Prilikom proizvodnje ekstrakta ključan je odabir temperature pri kojoj će se odvijati ekstrakcija, odabir i omjer korištenih otapala, vrijeme trajanja ekstrakcije, te odabir prikladne tehnike ekstrakcije koji uvelike utječu na sastav i kvalitetu dobivenog ekstrakta.

Neke od metoda koje se koriste za ekstrakciju polifenolnih spojeva iz aronije uključuju maceraciju, Soxhlet ekstrakciju, hidrodestilaciju i mehaničko tretiranje otapalima, kao što su diklormetan, etanol, metanol, i aceton/voda (60/40) na sobnoj temperaturi. Ove konvencionalne metode obično zahtijevaju relativno velike količine organskih otapala (uz iznimku hidrodestilacije) i dugo vrijeme ekstrakcije uz nisku učinkovitost ekstrakcije. Stoga je sve veća potražnja za razvojem ekološki prihvatljivih procesa ekstrakcije uz smanjenu potrošnju organskih otapala i energije. Ekstrakcija se može provoditi i primjenom naprednih tehnika poput ekstrakcije potpomognute mikrovalovima, ultrazvukom, otapalima pri povišenom tlaku, a neki od učinkovitih zelenih tehnika ekstrakcije su ekstrakcija eutekničnim otapalima potpomognuta mikrovalovima, ekstrakcija visokonaponskim električnim pražnjenjem, ekstrakcija superkričnim CO₂ te ekstrakcija vodom u supkričnom stanju

(Pavlović, 2020). Ekstrakcija potpomognuta ultrazvukom (UAE) percipira se kao brza i učinkovita metoda ekstrakcije s pojednostavljenim radom, smanjenom upotrebom otapala i kraćim vremenom ekstrakcije. Prikladniji je za ekstrakciju aktivnih tvari s toplinskom nestabilnošću radi zaštite strukture i aktivnosti ekstrakata (Xu i sur., 2016).

Dobiveni tekući ekstrakti su zbog nižeg udjela suhe tvari te visokog udjela vode relativno nestabilni te se često prevode u suhe ekstrakte i stabilniju formu praha.

Suhi ekstrakti mogu se proizvesti korištenjem različitih procesa sušenja, uključujući sušenje raspršivanjem, sušenje u vakuumu, sušenje smrzavanjem i sušenje u podlozi. Velika stabilnost prašaka ili granula dobivenih iz tekuće hrane u jednoj fazi učinila je sušenje raspršivanjem popularnim za proizvodnju biljnih prahova (De Oliveira i sur., 2009). Prah aronije koji se dobije odabranim postupkom sušenja sadrži koncentrirane bioaktivne molekule poput antocijana i ostalih fenolnih spojeva te kao takav ima izrazitu biološku vrijednost. Može se koristiti u prehrambenoj industriji kao prirodni izvor boja ili u farmaceutskoj industriji za proizvodnju dodataka prehrani.

2.1.3. Postupci sušenja raspršivanjem

Mikroinkapsulacija predstavlja tehnologiju kojom se tekući ekstrakti prevode u stabilniju formu praha čime se može očuvati stabilnost polifenola tijekom skladištenja, produžava se rok trajanja, a također se povećava i biorasploživost polifenola. Među mnogim tehnikama mikroinkapsuliranja, sušenje raspršivanjem je često korištena metoda zbog svoje jednostavnosti, preciznosti, učinkovitosti i niskih operativnih troškova procesa (Ćujić-Nikolić i sur., 2019). Sušenje raspršivanjem uključuje raspršivanje hrane, dovođenje u kontakt s raspršenim zrakom, sušenje i zatim odvajanje osušenog proizvoda od zraka za sušenje. Kapljice nastaju kada se tekućina rasprši i prođe kroz struju vrućeg zraka. Proces sušenja za takve kapljice je brz, s povećanim isparavanjem vlage na površini, što omogućuje pripremu praha bez termičkih oštećenja čak i pri relativno visokim temperaturama zraka (Mani i sur., 2002).

Za poboljšanje učinkovitosti procesa sušenja raspršivanjem, te za poboljšanje svojstava proizvedenog praha koriste se različiti ekscipijenti (sredstva za sušenje). Dodavanje sredstava za sušenje utječe na: učinkovitost i cijenu procesa sušenja, fizikalna svojstva tekuće hrane, fizikalna svojstva proizvedenog praha, te kemijska svojstva praha, rok trajanja i stabilnost, kao i senzorska svojstva dobivenih proizvoda. Stoga je neophodan odabir adekvatnih pomoćnih tvari i odgovarajuće količine pomoćnih tvari tj. njihov omjer u odnosu na ispitivanu tvar. Najčešće korištene pomoćne tvari u sušenju raspršivanjem biljnih proizvoda su ugljikohidrati

visoke molekularne težine, kao što su škrob, modificirani škrob, dekstran, maltodekstrini (MD), kruti kukuruzni sirupi, arapska guma, ciklodekstrini itd. Chang i sur. (2014) navode da dodavanje pomoćnih tvari u tekuću hranu koja se suši smanjuje prljanje na stijenku (problem taloženja na stijenke) u raspršivaču, te stoga pozitivno utječe na učinkovitost procesa sušenja. Pomoćne tvari trebaju zadovoljiti neke osnovne zahtjeve kao što su: visoka molekularna masa, visoka topljivost, nizak stupanj reaktivnosti s ciljanom ispitivanom tvari i niska viskoznost u stvorenim otopinama. U praksi se rijetko primjenjuje samo jedan nosač koji može ispuniti sve navedene zahtjeve, pa se za poboljšanje učinkovitosti mikroinkapsuliranja i zaštitnog kapaciteta obično koristi njihova mješavina u različitim omjerima (Bednarska i Janiszewska-Turak, 2020). Osim učinka na svojstva procesa i praha, prema Vidoviću i sur. (2014) sredstva za sušenje također mogu osigurati stabilnost dobivenog praha tijekom skladištenja. Najčešće korišteni materijali u proizvodnji prahova iz bobičastog voća su maltodekstrini s različitim ekvivalentima dekstroze, arapska guma i modificirani škrob. (Mahdavi i sur., 2016). Maltodekstrin se koristi zbog svoje veće topljivosti u vodi, niske viskoznosti i gotovo transparentnosti u otopinama. Arapska guma je odabrana zbog stvaranja stabilnih emulzija, visoke topljivosti i pH stabilnosti (Janiszewska-Turak i sur. 2017; Mahdavi i sur. 2016).

Ćujić-Nikolić i sur. (2019) proveli su istraživanje u kojem su predstavili perspektivu prahova proizvedenih tehnikom sušenja raspršivanjem za inkapsuliranje ekstrakta aronije i polifenola u svrhu poboljšanja njihovih funkcionalnih, bioraspoloživih svojstava i stabilnosti. Maltodekstrin je rezultirao s visokim učinkom očuvanja fenolnih spojeva i fizikalnih svojstava. Sve dobivene mikročestice pokazale su visoku učinkovitost inkapsulacije do 97 %. Mikročestice polifenola aronije mogle bi biti povoljan konzervans za ugradnju u prehrambene i farmaceutske dodatke i prehrambene proizvode.

2.1.4. Stabilnost prahova tijekom skladištenja

Prevođenje ekstrakta tropa aronije u prah potencijalno se povećava stabilnost proizvoda, što rezultira smanjenim volumenom, lakšim rukovanjem, pakiranjem i transportom. Kada govorimo o sadržaju vode u prahu dvije su osnovne smjernice koje treba slijediti: proizvoditi prahove s najmanjom mogućom količinom vode, a zatim ih pravilno pakirati i skladištiti u optimalnim uvjetima vlage i temperature (Vidović i sur., 2019). Najčešći faktori koji uzrokuju kvarenje praha dobivenog ekstrakta tijekom skladištenja su temperatura, vlažnost, kisik, svjetlost i aktivitet vode.

Faktor koji ograničava potencijalnu primjenu aronije u industriji je da su fenoli, naročito

antocijani, vrlo osjetljivi na nepovoljne uvjete okoline, kao što su povišena temperatura, svjetlost, pH, vlaga i kisik te na reakcije razgradnje tijekom obrade i skladištenja. Ubrzanje razgradnje antocijana na višim temperaturama povezano je s Maillardovom reakcijom (neenzimsko posmeđivanje boje), koja se obično događa u prisutnosti reducirajućih šećera i bjelančevina tijekom dugog skladištenja i/ili obrade hrane i pojačana je prisutnošću kisika. Produkti Maillardove reakcije (furfural i hidroksimetilfurfural) lako se kondenziraju s antocijanima, tvoreći spojeve smeđe boje (Tonon i sur., 2010) što je nepoželjno u proizvodima jer ga potrošači doživljavaju kao pokazatelja lošije kvalitete. Radi zadržavanja stabilnosti bioaktivnih molekula i samog praha važno je odabrati adekvatnu ambalažu koja će osigurati kvalitetu proizvoda i kroz dugi period skladištenja.

Pravi odabir ambalažnih materijala imaju značajnu ulogu u kvaliteti i svježini proizvoda tijekom distribucije i skladištenja. Materijali koji se tradicionalno koriste u pakiranju hrane uključuju staklo, metale (aluminij, folije i laminati, lim i čelik bez kositra), papir i kartone te plastiku, a naknadno je uveden i veći izbor plastike u krutim i fleksibilnim oblicima. Današnja pakiranja hrane često kombiniraju nekoliko materijala kako bi se iskoristila funkcionalna ili estetska svojstva svakog materijala. Higroskopski prahovi lako upijaju i zadržavaju vodu iz svoje okoline i zbog toga je od iznimne važnosti adekvatno ih pakirati i zaštititi od vanjskih utjecaja. Takvi se proizvodi, ovisno o njihovoj sposobnosti adsorpcije vlage najčešće pakiraju s materijalom za pakiranje kao što je polietilen niske gustoće (LDPE), poliester (PET), orijentirani polipropilen (OPP) i polipropilen (PP) koji se mogu kombinirati sa jednostrukim ili višestrukim laminacijama. Tako se recimo kava u prahu pakira trostrukom laminacijom u kombinaciji s LDPE, PET, PET ili LDPE, PET, OPT (Navaratne, 2013). Davoodi i suradnici (2007) predložili su metalizirane poliesterske vrećice (PET) kako bi zaštitili dobiveni prah od svjetlosti, kisika i vlage tijekom skladištenja i odgodili promjene kvalitete.

Prema istraživanju Shishir i suradnika (2017) dokazano je da je PET laminantni film učinkovit u zadržavanju vlage, aktiviteta vode i sadržaja likopena u ružičastom prahu guave. Prah je pokazao manji gubitak boje zbog visokih svojstava barijere za vlagu i kisik i netransparentnog ponašanja prema svjetlosti. Prema dostupnoj literaturi do sada nema radova koji opisuju istraživanja u kojima se govori o promjenama fizikalno kemijskih svojstava praha ekstrakta tropa aronije tijekom skladištenja u različitim tipovima ambalaža.

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. Materijali

Za istraživanje je korišten prah proizveden iz ekstrakta tropa plodova aronije (*Aronia Melanocarpa*), sorte Nero.

3.1.1. Proizvodnja prahova ekstrakta tropa aronije primjenom sušenja raspršivanjem

Na laboratorijskom raspršivaču Büchi Mini Spray Dryer B-290, Švicarska (*Slika 3.*), pri prethodno definiranim optimalnim uvjetima proizveden je prah ekstrakta tropa aronije primjenom sušenja raspršivanjem koristeći maltodekstrin kao inkapsulirajuće sredstvo. Optimalni uvjeti koji su korišteni za proizvodnju praha su: (i) vrsta nosača: maltodekstrin; (ii) omjer nosača i ekstrakta 1:3; (iii) temperatura sušenja 120 °C.

Proizvedeni prahovi pakirani su u dva tipa ambalaže, a masa u svakoj vrećici bila je 1,7 g.



Slika 3. Sušionik s raspršivanjem Büchi Mini Spray Dryer B-290 (vlastita fotografija)

3.1.2. Uvjeti skladištenja praha ekstrakta tropa aronije

Tablica 1. Vrsta i karakteristike korištene ambalaže

Vrsta ambalaže	Karakteristike ambalaže
A1	PP 20 m μ /PP MET 20 m μ vrećice; debljina 40 m μ (sačinjen od 0,02 mm polipropilena i 0,02 mm metaliziranog polipropilena što čini debljinu vrećice od 0,04 mm)
A2	PET 12 m μ /ALU 7 m μ /PE 50 m μ vrećice; debljina 70 m μ (sačinjen od metalizirane poliesterske vrećice debljine 0,012 mm, 0,007 mm aluminija i 0,05 mm polietilena te je ukupna debljina vrećice 0,07 mm)

U tablici 2 prikazan je plan eksperimenta određivanja fizikalno-kemijskih svojstava praha ekstrakta tropa aronije, te je naveden popis i oznake uzoraka analiziranih u okviru ovog istraživanja.

Tablica 2. Popis uzoraka i njihova oznaka

Broj uzorka	Vrijeme skladištenja (dani)	Tip ambalaže	Temperatura skladištenja (°C)
0 (kontrolni uzorak)	0	-	-
1	30	A1	4
2			20
3			37
4		A2	4
5			20
6			37
7	60	A1	4
8			20
9			37
10		A2	4
11			20
12			37
13	90	A1	4
14			20
15			37
16		A2	4
17			20
18			37

3.2. Metode

3.2.1. Određivanje sadržaja vlage

Aparatura i pribor:

1. Analitička vaga (model: AX224; OHAUS; sastavljeno u Kini)
2. Laboratorijski sušionik (Heratherm OMH100; Thermo SCIENTIFIC, Njemačka)
3. Aluminijske posudice s poklopcem
4. Stakleni štapići
5. Eksikator sa silikagelom
6. Kvarcni pijesak (SiO₂, Kemika, Zagreb, Hrvatska)
7. Metalna hvataljka

Postupak određivanja:

Sadržaj vlage (%) u prahovima određen je kao ostatak od ukupne suhe tvari prahova koja je određena sušenjem u sušioniku na 105 °C do konstantne mase (AOAC, 1984). U prethodno osušenu i izvaganu aluminijsku posudicu s poklopcem stavi se stakleni štapić i oko 1g kvarcnog pijeska. Posudica sa pijeskom i štapićem se stavlja sušiti u sušionik pri 105°C oko dva sata sa skinutim poklopcem. Nakon sušenja se posudica zatvori poklopcem koristeći metalne hvataljke te hladi u eksikatoru, a zatim se izvaže s točnošću ± 0,0002 g. U posudicu se stavi oko 1g pripremljenog uzorka i izmiješa koristeći stakleni štapić. Sve navedeno se važe s točnošću od ± 0,0002 g. U prethodno zagrijani laboratorijski sušionik (105°C ±0,5°C) stavi se aluminijska posudica s pijeskom, staklenim štapićem i ispitivanom količinom uzorka, te se zagrijava jedan sat sa otklopljenim poklopcem. Nakon hlađenja i vaganja sušenje se nastavlja sve dok razlika između dva uzastopna sušenja, u razmaku od pola sata, ne bude manja od 0,001 g. Ponovno se važe s točnošću od ± 0,0002 g.

Sadržaj vlage izračuna se prema slijedećoj formuli:

$$\text{sadržaj vlage (\%)} = \left(100 - \left(\frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \right) \right) * 100$$

gdje je:

m_0 = masa posudice i pomoćnog materijala (pijesak, stakleni štapić, poklopac) (g),

m_1 = masa posudice s ispitivanim uzorkom prije sušenja (g),

m_2 = masa posudice s ostatkom nakon sušenja (g).

3.2.2. Ekstrakcija antocijana

Aparatura i pribor:

1. Analitička vaga (model: AX224; OHAUS; sastavljeno u Kini)
2. Falcon epruvete (50 ml)
3. Vortex
4. Ultrazvučna kupelja

Kemikalije:

1. Mravlja kiselina (CH_2O_2 , Honeywell, Fluka, Njemačka)

Ekstrakcija antocijana iz uzorka praha tropa aronije započinje odvagom 0,4g praha u plastičnu Falcon epruvetu s točnošću $\pm 0,003$ g, nakon čega se doda 8 ml ekstrakcijskog otapala tj. 1% otopina mravlje kiseline u 50% etanolu (v/v). Korištenjem staklenog štapića smjesa se dobro izmiješa te se postavi u ultrazvučnu kupelj na 50 °C u vremenu od 20 min. Po završetku ekstrakcije smjesa se profiltrira u odmjernu tikvicu od 10 ml te se nadopuni otapalom za ekstrakciju do oznake. Dobiveni ekstrakt se koristi za određivanje monomernih antocijana pH diferencijalnom metodom.

3.2.3. Određivanje antocijana

Aparatura i pribor:

1. Vortex
2. Spektrofotometar (model: UV-166 PC; VWR, proizvedeno u Kini) (*Slika 3.*)
3. Odmjerne tikvice (10 ml)
4. Odmjerne tikvice (1 L)- za pripremu pufera
5. Staklene epruvete
6. Staklene kivete
7. Automatske pipete (5 ml, 1 ml)
8. Pipeta (15 ml)
9. Propipeta

Kemikalije:

1. Kalijev klorid (KCl, ALKALOID AD, Skoplje, Makedonija)
2. Klorovodična kiselina (37 % HCl, CARLO ERBA Reagents S.A.S., DASIT GROUP, Njemačka)
3. Natrijev acetat-3- hidrat ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{Na} \times 3\text{H}_2\text{O}$, JUS H. G2.015, Kemika, Zagreb,

Hrvatska)

Reagensi:

1. Kalijev kloridni pufer pH 1 (0,025 M)

Masa od 1,86 g kalijeva klorida (KCl) se odvažuje u plastičnoj lađici za vaganje nakon čega se kvantitativno prenese u staklenu čašu volumena 1 L, koja se prethodno dobro isprala deioniziranom vodom. Doda se 980 ml deionizirane vode i odvaga se otopi. Otopini se izmjeri pH te se podesi na vrijednost 1,0 ($\pm 0,05$) s klorovodičnom kiselinom (37 % HCl) čiji utrošak približno iznosi 6,3 ml. Pripremljena otopina koja je podešena na pH 1,0 prebaci se u odmjerenu tikvicu volumena 1 L.

2. Natrijev acetatni pufer pH 4,5 (0,4 M)

Masa od 54,43 g natrijeva acetata trihidrata ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{Na} \times 3\text{H}_2\text{O}$) se odvažuje u staklenoj čaši volumena 100 ml nakon čega se kvantitativno prenese u staklenu čašu volumena 1 L, koja se prethodno dobro isprala deioniziranom vodom. Doda se 960 ml deionizirane vode i odvaga se otopi. Otopini se izmjeri pH te se vrijednost podesi na 4,5 ($\pm 0,05$) s klorovodičnom kiselinom (37 % HCl) čiji utrošak približno iznosi 20 ml. Pripremljena otopina koja je podešena na pH 4,5 prebaci se u odmjernu tikvicu volumena 1 L.

Postupak određivanja monomernih antocijana:

Reakcija se postavlja u staklene epruvete na način da se za mjerenje jednog uzorka koriste dvije epruvete. U svaku epruvetu se automatskom pipetom otpipetira 1 ml pripremljenog uzorka, a zatim se u jednu epruvetu doda 4 mL pufera pH 1,0, a u drugu 4 ml pufera pH 4,5. Pripremljene otopine se ostave 20 minuta nakon čega se mjeri apsorbancija pri 520 nm i 700 nm, a za slijepu probu se koriste odgovarajući puferi.

Račun:

Koncentracija monomernih antocijana u uzorku izračunava se kao ekvivalent cijanidin-3-glukozida (mg/L) prema formuli:

$$\frac{A * MW * DF * 10^3}{\epsilon * l}$$

gdje je:

$$A = (A_{520 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}})_{pH = 1,0} - (A_{520 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}})_{pH = 4,5}$$

MW = molekulska masa (za cijanidin-3- glukozid, $449,2 \text{ g mol}^{-1}$)

DF = faktor razrijeđenja

10^3 = faktor za preračunavanje g u mg

ϵ = molarni apsorpcijski ekstinkcijski koeficijent (za cijanid-3-glukozid $26\,900\text{ Lmol}^{-1}\text{cm}^{-1}$)

l = debljina kivete (1 cm)

3.2.4. Određivanje boje kolorimetrom

Aparatura i pribor:

1. Staklena petrijeva zdjelica sa odgovarajućim poklopcem
2. Kolorimetar (Spectrophotometer CM-700d; Konica Minolta, inc.; Japan)

Princip određivanja:

Mjerenje boje na kolorimetru temelji se na parametrima trodimenzionalnog sustava boja, koji se izražavaju u $L^*a^*b^*$ vrijednostima. CIE $L^*a^*b^*$ sustav sastoji se upravo od ovih triju koordinata boja. Koordinata L^* predstavlja svjetlinu, a njezina skala proteže se od 0 do 100 gdje 0 označava crnu, a 100 bijelu boju. Koordinata a^* predstavlja crvenu, odnosno zelenu boju, a skala se proteže od -127 do +127, gdje -127 označava čistu zelenu, a +127 čistu crvenu boju. Koordinata b^* predstavlja žutu, odnosno plavu boju, a skala joj se također proteže od -127 do +127, gdje -127 označava čistu plavu boju, a +127 čistu žutu boju (Stricker i Orengo, 1995). Vrijednost H° koja predstavlja ton boje i vrijednost C^* koja označava intenzitet ili zasićenost boje određuje se pomoću koordinata a^* i b^* . Kolorimetar radi na principu mjerenja stupnja reflektirane svjetlosti od mjerene površine (Konica Minolta, 2007).

Postupak određivanja:

Prvo se napravi kalibracija instrumenta crnim valjkom (0%-tna refleksija). U petrijevu zdjelicu se stavi uzorak praha koji se poklopi i pomoću kolorimetra izmjere vrijednosti L^* , a^* i b^* .

Svaki uzorak se podvrgava tri mjerenja. Vrijednosti C^* i H° izračunavaju se pomoću sljedećih formula na temelju izmjerenih vrijednosti L^* , a^* i b^* :

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

$$H^\circ = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

Također se procjenjuje ukupna razlika u boji (ΔE^*) između skladištenog uzoraka i prvog uzorka praha:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

gdje je:

$$\Delta L^* = L_1^* - L_0^*, \Delta a^* = a_1^* - a_0^*, \Delta b^* = b_1^* - b_0^*$$

L_0^*, a_0^*, b_0^* = parametri boje izmjereni u početnom uzorku

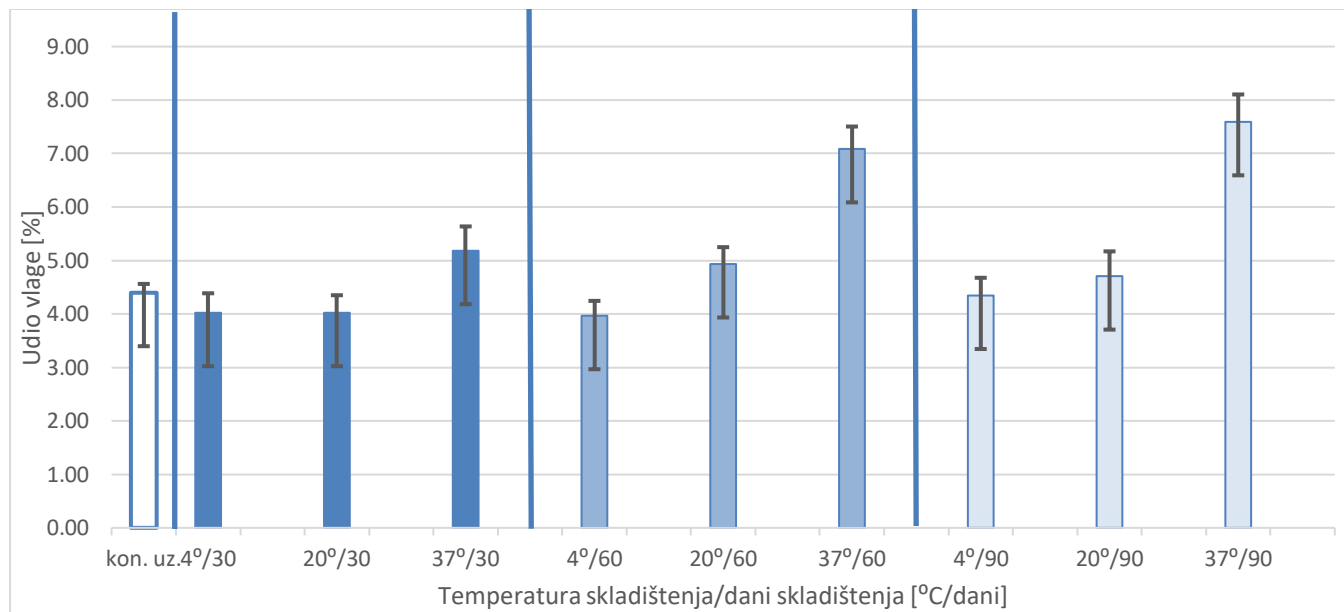
L_1^*, a_1^*, b_1^* = parametri boje izmjereni u skladištenim uzorcima

3.2.5. Statistička obrada

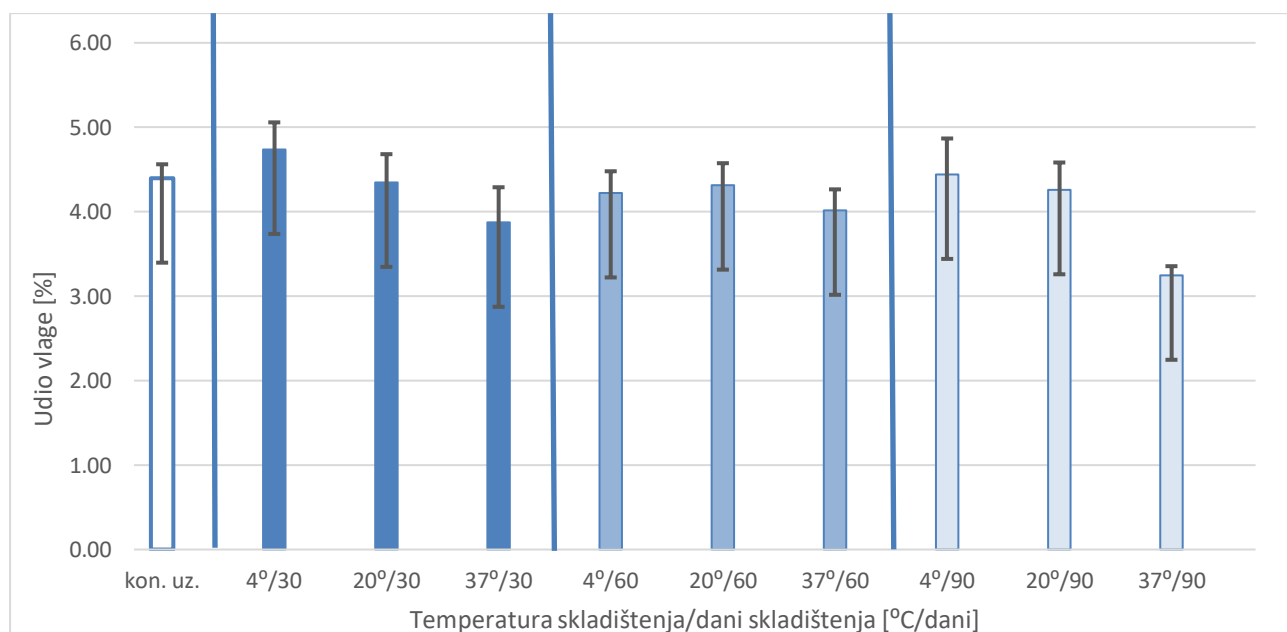
Za eksperimentalni dizajn pokusa i statističku obradu podataka korišten je programski sustav Statistica 12.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, SAD). Eksperiment je dizajniran kao puni faktorijalni dizajn na dvije odnosno tri razine. U svrhu ispitivanja utjecaja uvjeta skladištenja praha tropa aronije (vrijeme skladištenja, tip ambalaže i temperatura skladištenja) na fizikalno-kemijska svojstva praha provedena je multifaktorska analiza varijance, a svi marginalni prosjeci uspoređeni su s Tukey HSD testom. Statistički značajna razlika razmatrana je na razini $p \leq 0,05$ (95 %-tni interval pouzdanosti).

4. REZULTATI I RASPRAVA

4.1. Određivanje sadržaja vlage



Slika 4. Udio vlage u uzorcima pakiranim u A1 tipu vrećica, skladištenim na temperaturama od 4, 20 i 37 °C u razdoblju od 3 mjeseca. Različiti eksponenti (temperatura skladištenja/dani skladištenja) unutar stupaca ukazuju na statistički značajne razlike među uzorcima ($p \leq 0,05$).



Slika 5. Udio vlage u uzorcima pakiranim u A2 tipu vrećica, skladištenim na temperaturama od 4, 20 i 37 °C u razdoblju od 3 mjeseca. Različiti eksponenti (temperatura skladištenja/dani skladištenja) unutar stupaca ukazuju na statistički značajne razlike među uzorcima ($p \leq 0,05$).

Tablica 3. Utjecaj uvjeta skladištenja na sadržaj vlage u prahovima tropa aronije

Izvor varijacije	Sadržaj vlage (%)
Vrijeme skladištenja (mjesec)	$p=0,02^*$
1	$4,36\pm0,16^a$
2	$4,76\pm0,33^b$
3	$4,77\pm0,41^b$
Tip ambalaže	$p<0,01^*$
PP/PP MET	$5,10\pm0,32^b$
PET/ALU/PE	$4,16\pm0,11^a$
Temperatura skladištenja (°C)	$p<0,01^*$
4	$4,29\pm0,11^a$
20	$4,43\pm0,12^b$
37	$5,17\pm0,50^c$
Prosječna vrijednost	$4,63\pm0,18$

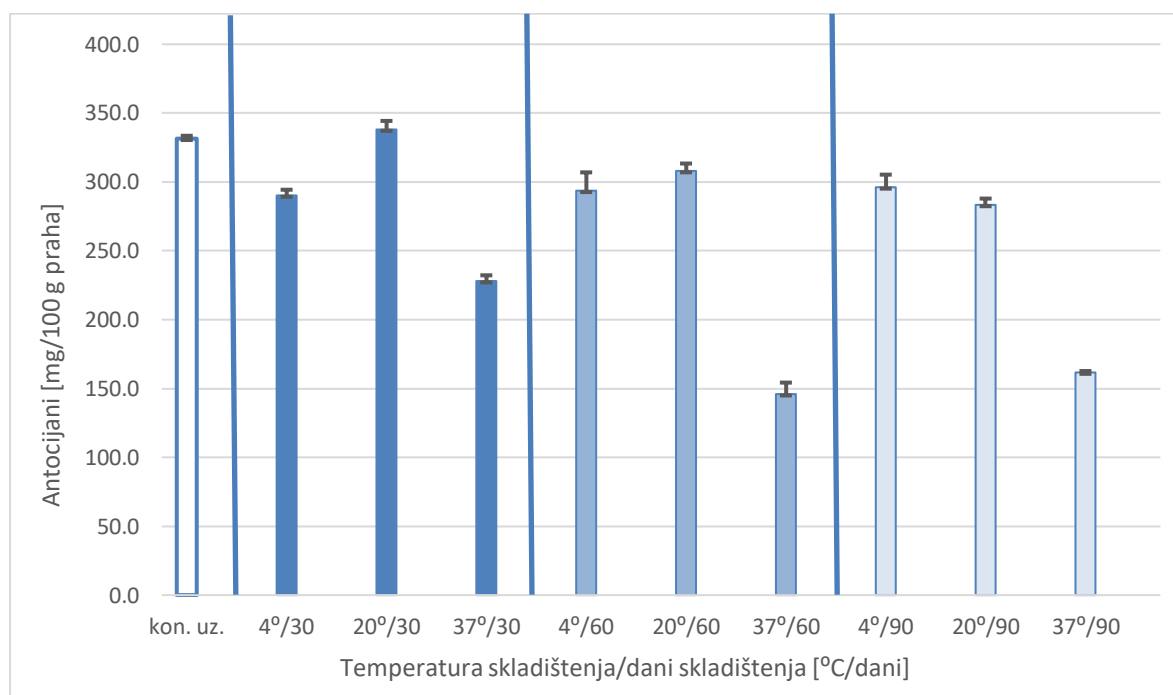
Rezultati su izraženi kao srednja vrijednost \pm standardna pogreška.
 $*p\leq0,05$. Vrijednosti unutar kolone označene različitim slovima
signifikantno se razlikuju kod $p\leq0,05$.

Udio vlage ima značajan utjecaj na stabilnost prahova dobivenih iz suhog voća. Visoki aktivitet vode može dovesti do nepoželjnih promjena i skraćenog vremena skladištenja proizvoda što je posljedica mogućih nepoželjnih biokemijskih promjena i razvoja mikroorganizama. Prema studiji Belščak-Cvitanović i sur. (2015), nizak sadržaj vode (manje od 5%) osigurava dugotrajnu stabilnost kvalitete dobivenog praha. Nakon provedenih analiza vidljivo je da je sadržaj vlage u ispitivanim uzorcima praha ekstrakta tropa aronije određen u rasponu od $3,25\pm0,11$ % do $7,59\pm0,51$ % (Slika 4.) s ukupnom prosječnom vrijednošću $4,63\pm0,18$ % (Tablica 3). Najmanji udio vlage izmjeren je u uzorku 18 ($3,25\pm0,11$ %), a najveći u uzorku 15 ($7,59\pm0,51$ %). Iz rezultata se može zaključiti da se sadržaj vlage statistički značajno razlikuje ($p<0,01$) ovisno o vremenu skladištenja, tipu ambalaže i temperaturi skladištenja (Tablica 3). Nakon prvog mjeseca skladištenja nije došlo do značajnijih promjena u sadržaju vlage, dok daljnjim skladištenjem, tj. nakon drugog mjeseca dolazi do većih promjena u sadržaju vlage. Promjene nastale između drugog i trećeg mjeseca nisu pokazale veća odstupanja. Također, utvrđeno je da vrsta ambalaže statistički značajno utječe na promjenu sadržaja vlage tijekom skladištenja. Do većih promjena u sadržaju vlage došlo je u uzorcima koji su bili skladišteni u PP/PP MET ambalaži, dok u PET/ALU/PE ambalaži nije došlo do značajnije adsorpcije vlage i uzorci su bili stabilniji. Sadržaj vlage se statistički

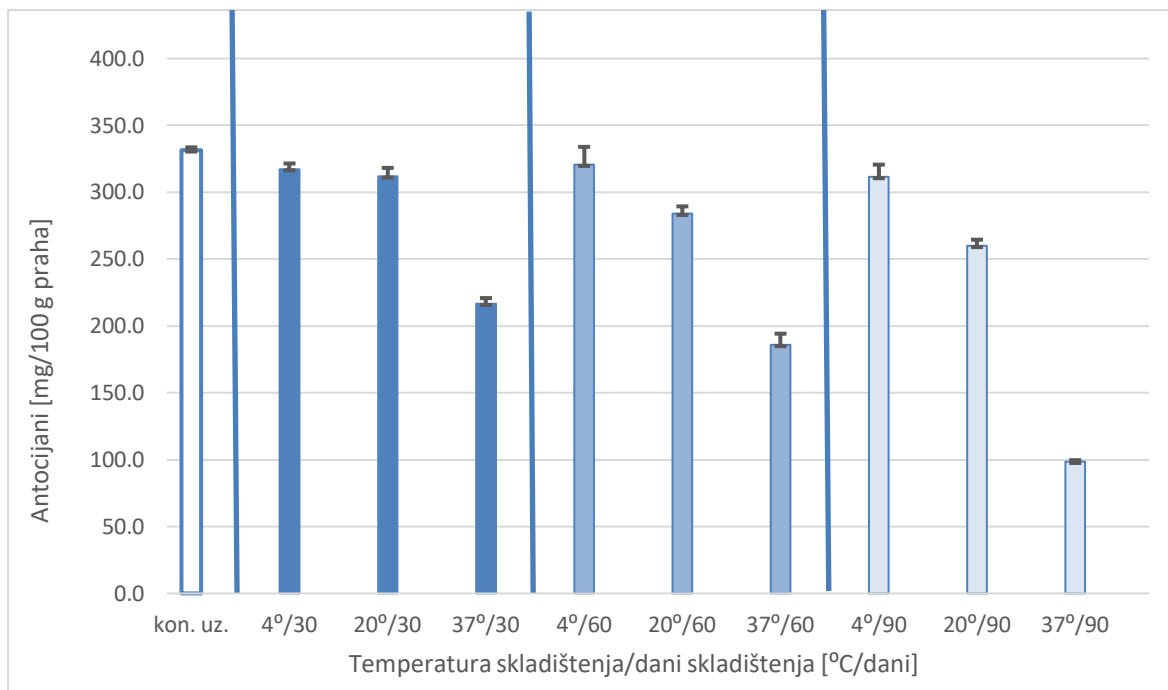
značajno razlikuje ovisno i o temperaturi na kojoj su se prahovi skladišteni, pa je tako adsorpcija vlage najmanja pri 4 °C i ona iznosi $4,29 \pm 0,11$ %, nešto je veća pri 20 °C i iznosi $4,43 \pm 0,12$ %, dok je najveća adsorpcija vlage bila na 37 °C i ona iznosi $5,17 \pm 0,50$ %.

Prema istraživanju Shishir i sur. (2017) godine dokazano je kako temperatura skladištenja (25 °C) značajno utječe na povećanje vlage i aktiviteta vode. PET laminatni film bio je najučinkovitiji u zadržavanju vlage i aktiviteta vode što se pokazalo i u našem istraživanju.

4.2. Određivanje antocijana



Slika 6. Koncentracija antocijana u uzorcima pakiranim u A1 tipu vrećica, skladištenim na temperaturama od 4, 20 i 37 °C u razdoblju od 3 mjeseca. Različiti eksponenti (temperatura skladištenja/dani skladištenja) unutar stupaca ukazuju na statistički značajne razlike među uzorcima ($p \leq 0,05$).



Slika 7. Koncentracija antocijana u uzorcima pakiranim u A2 tipu vrećica, skladištenim na temperaturama od 4, 20 i 37 °C u razdoblju od 3 mjeseca. Različiti eksponenti (temperatura skladištenja/dani skladištenja) unutar stupaca ukazuju na statistički značajne razlike među uzorcima ($p \leq 0,05$).

Tablica 4. Utjecaj uvjeta skladištenja na udio ukupnih antocijana u prahovima tropa aronije

Izvor varijacije	Ukupni antocijani (mg/100 g praha)
Vrijeme skladištenja (mjesec)	$p < 0,01^*$
1	$283,76 \pm 13,85^c$
2	$256,39 \pm 20,16^b$
3	$235,23 \pm 23,61^a$
Tip ambalaže	$p = 0,254$
PP/PP MET	$260,60 \pm 15,47^a$
PET/ALU/PE	$256,32 \pm 17,47^a$
Temperatura skladištenja (°C)	$p < 0,01^*$
4	$304,96 \pm 4,46^c$
20	$297,60 \pm 7,97^b$
37	$172,82 \pm 13,31^a$
Prosječna vrijednost	$258,46 \pm 11,50$

Rezultati su izraženi kao srednja vrijednost \pm standardna pogreška.
 $*p \leq 0,05$. Vrijednosti unutar kolone označene različitim slovima signifikantno se razlikuju kod $p \leq 0,05$.

Nakon provedenih analiza vidljivo je da je udio ukupnih antocijana u ispitivanim uzorcima određen u rasponu od $98,6 \pm 1,0$ mg/100 g praha do $338,1 \pm 4,6$ mg/100 g praha (*Slika 6. i 7.*) s ukupnom prosječnom vrijednošću $258,46 \pm 11,50$ mg/100 g praha (Tablica 4). Najmanja ukupna koncentracija antocijana izmjerena je u uzorku 18 ($98,6 \pm 1,0$ mg/100 g praha) dok je najveća ukupna koncentracija antocijana izmjerena u uzorku 2 ($338,1 \pm 4,6$ mg/100 g praha). Iz rezultata se može zaključiti da se ukupna koncentracija antocijana statistički značajno razlikuje ($p < 0,01$) ovisno o vremenu i temperaturi skladištenja, ali nije ovisna o tipu ambalaže korištene za skladištenje (Tablica 4). Ukupna koncentracija antocijana se statistički značajno smanjuje produljenjem vremena skladištenja. Nakon prvih mjesec dana skladištenja ukupna koncentracija antocijana iznosi $283,76 \pm 13,85$ mg/100 g praha, nakon drugog iznosi $256,39 \pm 20,16$ mg/100 g praha, a nakon trećeg $235,23 \pm 23,61$ mg/100 g praha. Tip ambalaže nije imao utjecaj na promjenu ukupne koncentracije antocijana. Najveća degradacija ukupnih antocijana očekivano je zabilježena na temperaturi od 37 °C ($172,82 \pm 13,31$ mg/100 g praha) što znači da temperatura ima značajan utjecaj na ukupnu koncentraciju antocijana prilikom skladištenja. Negativan učinak temperature na stabilnost antocijana tijekom skladištenja prahova zabilježen je u drugim istraživanjima. U istraživanju koje su proveli Bakowska-Barczak i Kolodziejczyk (2011) došlo se do zaključka da u prahu dobivenog iz ekstrakta tropa bobica crnog ribiza, dobivenog sušenjem raspršivanjem sa maltodekstrinom, skladištenog 3 mjeseca na temperaturi 8 °C, dolazi do degradacije ukupne koncentracije antocijana u iznosu oko 30 mg/100g praha. Rezultati naših istraživanja pokazuju sličan trend pri čemu je degradacija ukupnih antocijana skladištenih na 4 °C iznosi $26,54$ mg/100g praha). Kod praha skladištenog na temperaturi 25 °C koncentracija antocijana smanjila se za 50 mg/100g praha, a slično je utvrđeno i u našem istraživanju pri čemu je degradacija ukupnih antocijana skladištenih na 20 °C iznosila $33,9$ mg/100g praha). Ersus i Yurdagel (2007) proučavali su stabilnost mikroinkapsuliranih antocijana crne mrkve sušenjem raspršivanjem i primijetili tri puta veći stupanj razgradnje u uzorcima skladištenim na 25 °C u usporedbi s onim skladištenim na 4 °C.

1.1. Određivanje boje kolorimetrom

Tablica 5. Rezultati određivanja parametara boje L^* , a^* i b^* prahova ekstrakta tropa aronije pakiranih u vrećici od PP/PP MET materijala (A1)

Vrijeme skladištenja(mj.)	0	1			2			3		
Temperatura skladištenja(°C)	0	4	20	37	4	20	37	4	20	37
L^*	51,23±0,11	51,40±0,06	51,43±0,09	51,88±0,16	51,20±0,15	51,43±0,09	51,59±0,06	51,11±0,02	51,36±0,08	51,22±0,04
a^*	2,22±0,03	2,91±0,08	3,03±0,11	2,74±0,11	2,91±0,20	3,05±0,08	2,43±0,05	2,76±0,03	2,93±0,16	1,93±0,06
b^*	0,95±0,01	0,79±0,02	0,81±0,00	0,86±0,07	0,91±0,01	0,93±0,01	1,14±0,07	1,06±0,01	1,23±0,08	1,34±0,01
C^*	2,41±0,03	3,01±0,08	3,14±0,11	2,88±0,09	3,05±0,19	3,19±0,07	2,69±0,07	2,96±0,03	3,18±0,15	2,35±0,05
H^*	0,40±0,00	0,26±0,01	0,26±0,01	0,30±0,03	0,30±0,02	0,30±0,01	0,44±0,02	0,37±0,00	0,40±0,03	0,61±0,01
ΔE^*	0	0,73±0,08	0,85±0,13	0,84±0,20	0,71±0,18	0,86±0,10	0,46±0,09	0,57±0,03	0,79±0,16	0,49±0,03

Navedene vrijednosti u tablici izražene su kao srednja vrijednost ± standardna devijacija temeljena na tri nezavisne replikacije (n = 3).

Tablica 6. Rezultati određivanja parametara boje L^* , a^* i b^* prahova ekstrakta tropa aronije pakiranih u vrećici od PET/ALU/PE materijala (A2)

Vrijeme skladištenja(mj.)	0	1			2			3		
Temperatura skladištenja(°C)	0	4	20	37	4	20	37	4	20	37
L^*	51,23±0,11	51,45±0,03	51,29±0,13	51,78±0,05	51,22±0,08	51,22±0,04	52,11±0,07	51,49±0,12	51,25±0,03	51,93±0,02
a^*	2,22±0,03	3,11±0,15	2,60±0,16	2,65±0,03	3,06±0,13	2,89±0,07	2,77±0,01	2,85±0,14	2,51±0,09	2,11±0,02
b^*	0,95±0,01	0,77±0,02	0,76±0,01	0,84±0,03	0,97±0,01	0,94±0,01	1,03±0,01	1,03±0,02	1,11±0,02	1,19±0,01
C^*	2,41±0,03	3,20±0,15	2,70±0,15	2,78±0,03	3,21±0,13	3,03±0,06	2,95±0,01	3,03±0,14	2,74±0,07	2,42±0,01
H^*	0,40±0,00	0,24±0,01	0,28±0,02	0,31±0,01	0,31±0,01	0,31±0,00	0,36±0,00	0,35±0,02	0,42±0,02	0,51±0,01
ΔE^*	0	0,94±0,14	0,44±0,16	0,71±0,03	0,85±0,13	0,67±0,06	1,04±0,06	0,69±0,18	0,34±0,07	0,74±0,02

Navedene vrijednosti u tablici izražene su kao srednja vrijednost ± standardna devijacija temeljena na tri nezavisne replikacije (n = 3).

Tablica 7. Utjecaj uvjeta skladištenja na parametre boje u prahovima tropa aronije

Izvor varijacije	L^*	a^*	b^*	C^*	H°	ΔE^*
Vrijeme skladištenja (mjesec)	p<0,01*	p<0,01*	p<0,01*	p<0,01*	p<0,01*	p<0,01*
1	51,54±0,06 ^b	2,84±0,05 ^b	0,81±0,01 ^a	2,95±0,05 ^b	0,28±0,01 ^a	0,75±0,05 ^b
2	51,46±0,08 ^a	2,85±0,06 ^b	0,99±0,02 ^b	3,02±0,05 ^b	0,34±0,01 ^b	0,77±0,05 ^b
3	51,39±0,07 ^a	2,52±0,09 ^a	1,16±0,03 ^c	2,78±0,08 ^a	0,44±0,02 ^c	0,60±0,04 ^a
Tip ambalaže	p<0,01*	p=0,59	p<0,01*	p=0,18	p<0,01*	p=0,65
PP/PP MET	51,40±0,05 ^a	2,74±0,07 ^a	1,01±0,04 ^b	2,94±0,05 ^a	0,36±0,02 ^b	0,70±0,03 ^a
PET/ALU/PE	51,53±0,06 ^b	2,73±0,06 ^a	0,96±0,03 ^a	2,90±0,05 ^a	0,34±0,01 ^a	0,71±0,04 ^a
Temperatura skladištenja (°C)	p<0,01*	p<0,01*	p<0,01*	p<0,01*	p<0,01*	p=0,08
4	51,31±0,04 ^a	2,93±0,04 ^c	0,92±0,03 ^a	3,08±0,03 ^b	0,31±0,01 ^a	0,75±0,04 ^a
20	51,33±0,03 ^a	2,83±0,06 ^b	0,96±0,04 ^b	3,00±0,05 ^b	0,33±0,01 ^b	0,66±0,05 ^a
37	51,75±0,07 ^b	2,44±0,08 ^a	1,07±0,04 ^c	2,68±0,05 ^a	0,42±0,03 ^c	0,72±0,05 ^a
Prosječna vrijednost	51,46±0,04	2,74±0,04	0,98±0,02	2,92±0,04	0,35±0,01	0,71±0,03

Rezultati su izraženi kao srednja vrijednost ± standardna pogreška.

* $p \leq 0,05$. Vrijednosti unutar kolone označene različitim slovima signifikantno se razlikuju kod $p \leq 0,05$.

Boja i izgled jedan su od najvažnijih podražaja koje bilježe ljudski receptori, te stoga imaju važnu ulogu u potrošačkoj ocjeni kvalitete hrane. Instrumentalno mjerenje i praćenje parametara boje od velike je važnosti jer može ukazati i na one promjene koje su ljudskom oku nevidljive. Kolorimetrijskim mjerenjem boje obuhvaćeno je nekoliko parametara koji su indikatori promjena koje u slučaju prahova sadrže antocijane kao glavne pigmente koji upućuju na moguće degradativne promjene. Antocijani osim što pripadaju polifenolima kao snažnim antioksidantima su i najznačajnija skupina biljnih pigmenata zaslužna za boju plodova aronije (Veberić i sur., 2015). Intenzitet boje praha koji se dobije sušenjem soka ili ekstrakta tropa aronije ovisi o njihovoj koncentraciji i stabilnosti, a na stabilnost značajno utječu vlaga, svjetlost, kisik i temperatura.

Promjena boje u skladištenim uzorcima praha dobivenog iz ekstrakta tropa aronije praćena je CIE- $L^*a^*b^*$ sustavom koji se sastoji od triju koordinata boja. Razlike u boji konačnih uzoraka nakon 3 mjeseca skladištenja u usporedbi s početnim uzorkom prije skladištenja vidljive su u tablici 7. Uočene su razlike u gotovo svim parametrima boje, osim parametra b^* (intenzitet žuto-plave boje) i H° (ton boje). Iz dobivenih rezultata možemo zaključiti da su vrijeme i

temperatura skladištenja imali statistički značajan ($p < 0,01$) utjecaj na promjenu boje praha, za razliku od tipa ambalaže koji nema značajniji utjecaj na promjenu boje praha ekstrakta tropa aronije. Gledajući ukupnu prosječnu vrijednost promjene boje možemo uočiti blago povišene vrijednosti parametra L^* što nam ukazuje na smanjenje intenziteta obojenja i veću svjetlinu prahova, a što upućuje na zaključak da je došlo do degradacije antocijana pri primijenjenim uvjetima skladištenja. Najznačajnije promjene uočene su kod parametra a^* (sa $2,22 \pm 0,03$ na $2,74 \pm 0,04$) koji je pokazatelj intenziteta crvene boje koja potječe iz antocijana te pozitivna vrijednost nije u skladu s empirijskim opažanjima. Uočene su još promjene kod parametra C^* koji je pokazatelj blagog povećanja intenziteta boje. Parametar ΔE^* odražava ukupnu razliku u boji i on iznosi $0,71 \pm 0,03$ što je pokazatelj da sveukupno gledajući nije došlo do značajnije promjene u boji skladištenih prahova tropa aronije. Olaya i suradnici (2009) utvrdili su da prah dobiven mikroinkapsuliranjem sušenjem raspršivanjem iz bobica andske maline mijenja svojstvo boje pod utjecajem vlage i topline. Nakon 35 dana skladištenja na $40\text{ }^\circ\text{C}$ došlo je do smanjenja L^* vrijednosti što ukazuje na veću svjetlinu uzorka. Uzorci pohranjeni na $-14\text{ }^\circ\text{C}$ nisu pokazali značajnu promjenu u vrijednosti L^* . Također, došlo je i do smanjenja vrijednosti a^* i b^* parametara. Nijansa uzoraka praha bobica se smanjila što ukazuje na ukupni pomak prema crvenoj boji. Uzorci su pokazali značajnije smanjenje intenziteta boje na temperaturi od $40\text{ }^\circ\text{C}$. Niske temperature su poboljšale stabilnost boje kontrolnih uzoraka. Zaključili su da skladištenje na $40\text{ }^\circ\text{C}$ dovodi do razgradnje boje i antocijana u proučavanom sustavu, no sama promjena nije bila značajna. Navedeni rezultati istraživanja su u skladu s našim rezultatima.

5. ZAKLJUČCI

Usljed obavljenog istraživanja i obrađenih rezultata, ovim radom zaključujem sljedeće:

- 1 Sastav i debljina ambalaže u kojoj se skladišti prah ekstrakta tropa aronija ima utjecaj na adsorpciju vlage skladištenog praha. Najmanja adsorpcija vlage nakon 3 mjeseca zabilježena je pri 37 °C u PET/ALU/PE ambalaži i iznosila je 3,25 %, dok je najveća adsorpcija vlage zabilježena pri 37 °C u PP/PP MET ambalaži i iznosila je 7,59 %.
- 2 Tijekom skladištenja prahova ekstrakta tropa aronije pokazalo se da na stabilnost antocijana značajno utječu temperatura i vrijeme skladištenja. Neovisno o primijenjenoj vrsti ambalaže antocijani su bili najstabilniji pri nižoj temperaturi od 4 °C. Nakon 3 mjeseca skladištenja degradacija antocijana u prahovima pakiranim u PET/ALU/PE ambalaži pri temperaturi 4 °C iznosila je 6 %, dok je pri 37 °C iznosila čak 70,3 %. Degradacija antocijana u prahovima pakiranim u PP/PP MET ambalaži pri temperaturi 4 °C iznosila je 10,7 %, dok je pri 37 °C iznosila 51,2 %.
- 3 Vrijeme i temperatura skladištenja utjecali su na degradaciju boje praha ekstrakta tropa aronije, dok tip ambalaže nema značajniji utjecaj na stabilnost boje praha tijekom skladištenja. Najveće promjene boje identificirane su na temelju promjene parametra L^* budući da su tijekom skladištenja prahovi poprimili svjetliji ton boje što upućuje na degradaciju antocijana. Uzimajući u obzir sve određivane parametre tj. intenzitet crvene boje a^* , ukupni intenzitet boje C^* , intenzitet žute boje b^* , tona boje H° te ukupnu razliku u boji u odnosu na početni uzorak (ΔE^*), promjene koje su nastale tijekom 3 mjeseca skladištenja nisu bile statistički značajne.
- 4 Generalno, može se zaključiti da su obje primijenjene folije odnosno vrste ambalaže prikladne za skladištenje prahova ekstrakta tropa aronije pri čemu je stabilnost prahova kroz period od 3 mjeseca vrlo visoka ukoliko se uzorci skladište na temperaturama od 4 do 20 °C. Za stabilnost kroz duži vremenski period potrebno je provesti dodatna istraživanja, a korisno bi bilo i provesti ubrzani test kvarenja te definirati matematički model na temelju kojeg bi se mogla procijeniti trajnost proizvoda pri određenim uvjetima skladištenja.

6. POPIS LITERATURE

Anonymus, Adaptive, New Zeland Blackcurrants. <https://www.nzblackcurrants.com/en/difference-in-antioxidants>. Pristupljeno 26. svibnja 2022.

Bakowska-Barczak AM, Kolodziejczyk PP (2011) Black currant polyphenols: Their storage stability and microencapsulation. *Ind Crops Prod* **34(2)**, 1301–1309. doi:10.1016/j.indcrop.2010.10.002

Bednarska MA, Janiszewska-Turak E (2020) The influence of spray drying parameters and carrier material on the physico-chemical properties and quality of chokeberry juice powder. *J Food Sci Technol* **57**, 564–577. doi:10.1007/s13197-019-04088-8

Belščak- Cvitanović A, Lević S, Kalušević A, Špoljarić I, Đorđević V, Komes D i sur. (2015) Efficiency assessment of natural biopolymers as encapsulants of green tea (*Camellia sinensis L.*) bioactive compounds by spray drying. *Food and Biopro Technol* **8(12)**, 2444–2460.

Boncheva M, Georgiev G, Shishkov V (2013) Effects of Aronia melanocarpa fruit juice in improving medical test results and creating feeling of health in patients with non-alcoholic fatty liver disease – NAFLD. *J. Gene Med* **2**, 21–30.

Borycka B, Stachowiak J (2008) Relations between cadmium and magnesium and aronia fractional dietary fibre. *Food Chem* **107(1)**, 44–48. doi:10.1016/j.foodchem.2007.07.014

Chang Y-X, Yang J-J, Pan R-L, Chang Q, Liao Y-H (2014) Anti-hygroscopic effect of leucine on spray-dried herbal extract powders. *Powder Technol* **266**, 388-395. doi:10.1016/j.powtec.2014.06.058

Chrubasik C, George L, Sigrun C (2010) The clinical effectiveness of chokeberry: A systematic review. *Phytother Research* **24**, 1107—1114. doi:10.1002/ptr.3226

Červenka L (2011) Moisture adsorption characteristics of black currant (*Ribes nigrum* L.), black elderberry (*Sambucus nigra* L.) and chokeberry (*Aronia melanocarpa* [minchx] ell.) samples at different temperatures. *J Food Process* **34**, 1419–1434. doi:10.1111/j.1745-4530.2009.00507.x

Ćujić N, Šavikin K, Janković T, Pljevljakušić D, Zdunić G, Ibrić S (2016) Optimization of polyphenols extraction from dried chokeberry using maceration as traditional technique. *Food Chem* **194**, 135–142. doi:10.1016/j.foodchem.2015.08.008

Ćujić-Nikolić N, Stanisavljević N, Šavikin K, Kalušević A, Nedović V, Samardžić J, Janković T (2019) Chokeberry polyphenols preservation using spray drying: effect of encapsulation using maltodextrin and skimmed milk on their recovery following in vitro digestion. *J of Microencapsul* **36(8)**, 693–703. doi:10.1080/02652048.2019.16

Davoodi MG, Vijayanand P, Kulkarni SG, Ramana KVR (2007) Effect of different pretreatments and dehydration methods on quality characteristics and storage stability of tomato powder. *LWT – Food Sci Technol* **40**, 1832–1840. doi:10.1016/j.lwt.2006.12.004

De Oliveira MA, Maia GA, de Figueiredo RW, de Souza ACR, de Brito ES, de Azeredo HMC (2009) Addition of cashew tree gum to maltodextrin-based carriers for spray drying of cashew apple juice. *Food Sci Technol Int* **44(3)**, 641–645. doi:10.1111/j.1365-2621.2008.01888.x

Denev P, Lojek A, Ciz M, Kratchanova M (2013) Antioxidant activity and polyphenol content of Bulgarian fruits. *Bulg J Agric. Sci* **19**, 22–27.

Dudonné S, Dubé P, Anhe FF, Pilon G, Marette A, Lemire M, i sur. (2015) Comprehensive analysis of phenolic compounds and abscisic acid profiles of twelve native canadian berries. *J Food Compos Anal* **44**, 214–224. doi:10.1016/j.jfca.2015.09.003

Dulf FV, Andrei S, Bunea A, Socaciu C (2012) Fatty acid and phytosterol contents of some Romanian wild and cultivated berry pomaces. *Chem Pap* **66**, 925–934. doi:10.2478/s11696-012-0156-0

Ersus S, Yurdagel U (2007) Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carota* L.) by spray dryer. *J Food Eng* **80(3)**, 805–812 doi:10.1016/j.jfoodeng.2006.07.009

Gramza-Michałowska A, Sidor A, Kulczyński B (2017) Berries as a potential anti-influenza factor – A review. *J Funct Foods* **37**, 116–137. doi:10.1016/j.jff.2017.07.050

Han X, Shen T, Lou, H. (2007) Dietary Polyphenols and Their Biological Significance. *Int J Mol Sci* **8(9)**, 950–988. doi:10.3390/i8090950

Khanal RC, Howard LR, Brownmiller CR, Prior RL (2009) Influence of extrusion processing on procyanidin composition and total anthocyanin contents of blueberry pomace. *J Food Sci* **74**, H52–H58 doi:10.1111/j.1750-3841.2009.01063.x

Kim AJ, Choi JN, Kim J, Park SB, Yeo SH, Choi JH, Lee CH (2010) GC-MS based metabolite profiling of rice fermentation by various fungi. *Biosci, Biotechnol, Biochem* **74**, 2267–2272. doi:10.1271/bbb.100488

Kim B, Ku CS, Pham TX, Park Y, Martin DA, Xie L, et al. (2013) Aronia melanocarpa (chokeberry) polyphenol-rich extract improves antioxidant function and reduces total plasma cholesterol in apolipoprotein E knockout mice. *Nutr Res* **33**, 406–413. doi:10.1016/j.nutres.2013.03.001

Sensing KM (2007) Precise color communication: color control from perception to instrumentation. *Manual notes*, 16-44

Kulling SE, Rawel HM (2008) Chokeberry (*Aronia melanocarpa*) — A review on the characteristic components and potential health effects. *Planta Medica* **74(13)**, 1625—1634. doi:10.1055/s-0028-1088306

Li J, Deng Y, Yuan C, Pan L, Chai H, Keller WJ, Kinghorn AD (2012) Antioxidant and quinone reductase-inducing constituents of black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) fruits.

J Agric Food Chem **60**, 11551–11559. doi:10.1021/jf303712e

Navaratne SB (2013) Selection of polymer based packing material in packing of hygroscopic food products for long period of storage. *Eur Int J Sci Technol* 2:1–6

Ochmian I, Grajkowski J, Smolik M (2012) Comparison of some morphological features, quality and chemical content of four cultivars of chokeberry fruits (*Aronia melanocarpa*). *Not Bot Hort Agrobot Cluj-Napoca* **40**, 253–260.

Olaya CM, Castaño MP, Garzón GA (2009) Stability of anthocyanins from *Rubus glaucus* and *Solanum betaceum* cav. dark-red strain as affected by temperature, storage and water activity. *Acta Biológica Colombiana* **14(3)**, 143-158. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120548X2009000300011&lng=en&nrm=iso

Oszmiański J, Lachowicz S (2016) Effect of the production of dried fruits and juice from chokeberry (*Aronia melanocarpa* L.) on the content and antioxidative activity of bioactive compounds. *Molecules* **21**, 1098. doi:10.3390/molecules21081098

Pavlović N (2020) Primjena inovativnih tehnika ekstrakcije bioaktivnih komponenti iz kakaove ljuske, (disertacija) Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, citirano: 11.05.2022., <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:537373>

Pereira GE, Gaudillere JP, Van Leeuwen C, Hilbert G, Lavialle O, Maucourt M, i sur. (2005) 1H NMR and chemometrics to characterize mature grape berries in four wine-growing areas in Bordeaux, *France J Agric Food Chem* **53**, 6382–6389. doi:10.1021/jf058058q

Pieszka M, Gogol P, Pietras M, Pieszka M (2015) Valuable components of dried pomaces of chokeberry, black currant, strawberry, apple and carrot as a source of natural antioxidants and nutraceuticals in the animal diet. *Ann Anim Sci* **15**, 475–491. doi:10.2478/aoas-2014-0072

Reis Giada ML (2013) Oxidative Stress and Chronic Degenerative Diseases: A Role for

Antioxidants. *Intech*, str 87-112.

Rohm H, Brennan C, Turner C, Günther E, Cambell G, Hernando I, i sur. (2015) Adding value to fruit processing waste: Innovative ways to incorporate fibers from berry pomace in baked and extruded cereal-based foods – A SUSFOOD project. *Foods* **4**, 690–697. doi:10.3390/foods4040690

Sagar NA, Pareek S, Sharma S, Yahia EM, Lobo MG (2018) Fruit and vegetable waste: Bioactive compounds, their extraction, and possible utilization. *Compr Rev Food Sci* **17(3)**, 512–531. doi.org/10.1111/1541-4337.12330

Schwartz E, Tzulker R, Glazer I, Bar-Ya'akov I, Wiesman Z, Tripler E, i sur. (2009) Environmental conditions affect the color, taste, and antioxidant capacity of 11 pomegranate accessions' fruits. *J Agric Food Chem* **57**, 9197–9209 doi:10.1021/jf901466c

Shishir MRI, Taip FS, Saifullah M, Aziz NA, Talib RA (2017) Effect of packaging materials and storage temperature on the retention of physicochemical properties of vacuum packed pink guava powder. *Food Packag. Shelf Life* **12**, 83–90. doi:10.1016/j.fpsl.2017.04.003

Sidor A, Drożdżyńska A, Gramza-Michałowska A (2019) Black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) and its products as potential healthpromoting factors - an overview. *Trends Food Sci Technol* **89**, 45–60. doi:10.1016/j.tifs.2019.05.006

Sidor A, Gramza-Michałowska A (2019) Black Chokeberry *Aronia Melanocarpa* L.—A Qualitative Composition, Phenolic Profile and Antioxidant Potential. *Molecules* **24**, 3710. doi:10.3390/molecules24203710

Sikora J, Broncel M, Markowicz M, Chałubiński M, Wojdan K, Mikiciuk-Olasik E (2012) Short-Term Supplementation with *Aronia Melanocarpa* Extract Improves Platelet Aggregation, Clotting, and Fibrinolysis in Patients with Metabolic Syndrome. *Eur J Nutr* **51**, 549–556. doi:10.1007/s00394-011-0238-8

Sosnowska D, Podsek A, Kucharska AZ, Redzynia M, Opełchowska M, Koziółkiewicz

M (2015) Comparison of in vitro anti-lipase and antioxidant activities, and composition of commercial chokeberry juices. *Eur Food Res Technol* **242**, 505-515. doi:10.1007/s00217-015-2561-4

Strugała P, Gładkowski W, Kucharska AZ, Sokół-Łętowska A, Gabrielska J (2016) Antioxidant activity and anti-inflammatory effect of fruit extracts from blackcurrant, chokeberry, hawthorn, and rosehip, and their mixture with linseed oil on a model lipid membrane. *Eur J Lipid Sci Technol* **118**,461–474. doi.org/10.1002/ejlt.201500001

Tolić MT, Krbavčić IP, Vujević P, Milinović B, Jurčević IL, Vahčić N (2017) Effects of weather conditions on phenolic content and antioxidant capacity in juice of chokeberries (*Aronia melanocarpa L.*). *Pol J Food Nutr Sci* **67**, 67–74. doi:10.1515/pjfn-2016-0009

Tolić T, M, Marković K, Vahčić N, Rumora Samarin, I, Mačković N, Panjkota Krbavčić I (2018) Polyphenolic profile of fresh chokeberry and chokeberry products. *Hrvatski Časopis Za Prehrambenu Tehnologiju, Biotehnologiju i Nutricionizam*, **13(3-4)**, 147–153. doi:10.31895/hcptbn.13.3-4.8

Tonon RV, Brabet C, Hubinger MD (2010) Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray dried acai (*Euterpe oleracea Mart.*) juice powder produced with different carrier agents. *Food Res Int* **43(3)**, 907–914. doi:10.1016/j.foodres.2009.12.013

Vagiri M, Jensen M (2017) Influence of juice processing factors on quality of black chokeberry pomace as a future resource for colour extraction. *Food Chem* **217**, 409–417. doi:10.1016/j.foodchem.2016.08.121

Veberić R, Slatnar A, Bizjak J, Stampar F, Mikulic-Petkovsek M (2015) Anthocyanin compoition of different wild and cultivated berry species. *LWT- Food Sci and Technol* **60**, 509–517. doi:10.1016/j.lwt.2014.08.033

Vidović S, Ramić M, Ambrus R, Vladić J, Szabó-Révész P, Gavarić A (2019) Aronia Berry Processing by Spray Drying: From Byproduct to High Quality Functional Powder. *Food Technol Biotechnol*. **57(4)**, 513-524. doi:10.17113/ftb.57.04.19.6369

Zhao C-N, Meng X, Li Y, Li S, Liu Q, Tang G-Y, Li H-B (2017) Fruits for Prevention and Treatment of Cardiovascular Diseases. *Nutrients* **9**, 598. doi:10.3390/nu9060598

Xu Y, Qiu Y, Ren H, Ju D, Jia H (2016) Optimization of ultrasound-assisted aqueous two-phase system extraction of polyphenolic compounds from *Aronia melanocarpa* pomace by response surface methodology. *Food Res Int* **47(3)**, 312–321. doi:10.1080/10826068.2016.124468

Izjava o izvornosti

Ja Marta Brkljačić izjavljujem da je ovaj završni rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio/la drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.

Vlastoručni potpis