

Usporedba sadržaja eteričnog ulja lapova hortenzija primjenom različitih načina ekstrakcije i sušenja

Bregant, Marina

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:895515>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-10**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

**USPOREDBA SADRŽAJA ETERIČNOG ULJA LAPOVA
HORTENZIJA PRIMJENOM RAZLIČITIH NAČINA
EKSTRAKCIJE I SUŠENJA**

DIPLOMSKI RAD

Marina Bregant

Zagreb, rujan, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Diplomski studij:
Hortikultura – ukrasno bilje

**USPOREDBA SADRŽAJA ETERIČNOG ULJA LAPOVA
HORTENZIJA PRIMJENOM RAZLIČITIH NAČINA
EKSTRAKCIJE I SUŠENJA**

DIPLOMSKI RAD

Marina Bregant

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Ana Matin

Zagreb, rujan, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Marina Bregant**, JMBAG 0178111250, rođena 10.09.1997. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

USPOREDBA SADRŽAJA ETERIČNOG ULJA LAPOVA HORTENZIJA PRIMJENOM RAZLIČITIH NAČINA EKSTRAKCIJE I SUŠENJA

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Potpis studenta / studentice

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studentice **Marina Bregant**, JMBAG 0178111250, naslova

**USPOREDBA SADRŽAJA ETERIČNOG ULJA LAPOVA HORTENZIJA PRIMJENOM RAZLIČITIH
NAČINA EKSTRAKCIJE I SUŠENJA**

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

1. izv. prof. dr. sc. Ana Matin mentor

2. član prof.dr.sc. Tajana Krička

3. član izv. prof. dr. sc. Vesna Židovec

Sažetak

Hortenzija (*Hydrangea*) je listopadni grm iz porodice Hydrangeaceae, čiji se cvatovi koriste u dekorativne svrhe, kako u svježem stanju, tako i kao sušene latice. Kvaliteta i sadržaj eteričnog ulja u ovim laticama mogu se značajno mijenjati ovisno o metodama sušenja i ekstrakcije, što je ključno za očuvanje njihovih estetskih i funkcionalnih svojstava.

Ovaj diplomski rad istražuje utjecaj različitih metoda sušenja i ekstrakcije na sadržaj eteričnog ulja u laticama hortenzije. U istraživanju su korištene latice hortenzija u tri boje (ružičasta, ljubičasta i bijela) i primijenjena su dva načina sušenja – konvekcijsko i podtlačno – pri temperaturama od 40, 50 i 60°C. Za ekstrakciju eteričnog ulja korištene su metode vodene destilacije i ekstrakcije otapalima.

Analiziran je sadržaj eteričnog ulja i promjene u boji latica primjenom kolorimetra, prije i nakon sušenja. Na temelju dobivenih rezultata, utvrđeno je koji način sušenja i ekstrakcije najbolje čuva kvalitetu i količinu eteričnog ulja te estetske karakteristike latica. Svi podaci su statistički obrađeni kako bi se identificirali optimalni uvjeti za očuvanje eteričnih ulja iz latica hortenzija.

Ključne riječi: hortenzija, eterično ulje, sušenje, ekstrakcija, kolorimetrija, statistička analiza.

Summary

Hydrangea is a deciduous shrub from the Hydrangeaceae family, with flowers used for decorative purposes both in their fresh state and as dried petals. The quality and essential oil content in these petals can vary significantly depending on the drying and extraction methods, which is crucial for preserving their aesthetic and functional properties.

This thesis investigates the impact of different drying and extraction methods on the essential oil content in hydrangea petals. The study utilized hydrangea petals in three colors (pink, purple, and white) and applied two drying methods—convective and vacuum—at temperatures of 40, 50, and 60°C. Essential oil extraction was performed using water distillation and solvent extraction methods.

The analysis focused on essential oil content and color changes of the petals, measured using a colorimeter, both before and after drying. The results determined which drying and extraction methods best preserved the quality and quantity of essential oil as well as the aesthetic characteristics of the petals. All data were statistically analyzed to identify the optimal conditions for maintaining essential oils from hydrangea petals.

Keywords: hydrangea, essential oil, drying, extraction, colorimetry, statistical analysis

Zahvala

Na početku ovog diplomskog rada želim izraziti duboku zahvalnost svima koji su na bilo koji način doprinijeli njegovom nastanku i završetku.

Posebno bih zahvalila svojoj mentorici, izv. prof. dr. sc. Ana Matin, koja je s velikim strpljenjem i stručnim savjetima usmjeravala moje istraživanje i pružala neprocjenjivu podršku kroz cijeli proces rada. Njeno znanje, iskustvo i ohrabrenje bili su ključni za realizaciju ovog projekta.

Zahvaljujem se i članovima ispitivačkog odbora, prof.dr.sc. Tajana Krička i izv. prof. dr. sc. Vesna Židovec, koji su svojim dragocjenim komentarima i sugestijama doprinijeli kvaliteti rada.

Posebnu zahvalnost upućujem Ivani, Juraju i ostalim laborantima/asistentima u laboratoriju Zavoda za održive tehnologije i obnovljive izvore energije, za omogućavanje pristupa potrebnoj opremi i materijalima, te za tehničku pomoć i savjete tijekom istraživanja.

Hvala i mojim kolegama i prijateljima koji su svojim moralnom podrškom i ohrabrenjem pomogli u savladavanju izazova tijekom pisanja ovog rada.

Na kraju, zahvaljujem svojoj obitelji i Jakovu, čija ljubav, razumijevanje i podrška čine da svaki izazov postane lakši i svaki uspjeh još slađi.

Svima vama, hvala od srca.

Sadržaj

1. Uvod	1
1.1. Cilj istraživanja	2
2. Pregled literature	3
2.1. Sistematika i morfološke karakteristike roda <i>Hydrangea</i>	3
2.2. Uvjeti uzgoja i primjena hortenzija.....	4
2.3. Eterična ulja	5
2.4. Sušenje cvijeća	6
2.4.1. Prirodno sušenje	7
2.4.2. Konvekcijsko sušenje	7
2.4.3. Kondukcijsko sušenje	8
2.4.4. Sušenje zračenjem	8
2.4.5. Liofilizacija	8
2.4.6. Sušenje dehidriranjem	9
2.4.7. Sušenje desikantima	9
2.5. Ekstrakcija	10
2.5.1. Vodena destilacija	10
2.5.2. Ekstrakcija otapalima	11
3. Materijali i metode	13
3.1. Biljni materijal	13
3.1.1. <i>Hydrangea macrophylla</i>	13
3.2. Određivanje ukupnog sadržaja vode u laticama hortenzija	14
3.3. Sušenje latica hortenzija u dehidratoru	15
3.4. Sušenje latica hortenzija u vakuum sušnici	16
3.5. Određivanje intenziteta boje u laticama hortenzija.....	17
3.6. Dobivanje eteričnog ulja od latica hortenzija ekstrakcijom vodenom destilacijom i ekstrakcijom otapalima	18
3.7. Određivanje sadržaja ugljika (C), vodika (H), dušika (N), sumpora (S), kisika (O) i proteina u laticama hortenzija	19
4. Rezultati i rasprava	20
4.1. Udio vode u svježim laticama hortenzije.....	20
4.2. Otpuštanje vlage iz latica hortenzija u dehidratoru	21
4.3. Otpuštanje vlage iz latica hortenzije u vakuum sušnici.....	24
4.4. Kolorimetrija	27

4.5. Ekstrakcija	31
4.5.1. Vodena destilacija	31
4.5.2. Ekstrakcija otapalima	32
4.6. Sadržaj ugljika (C), vodika (H), dušika (N), sumpora (S), kisika (O) i proteina u laticama hortenzija	34
5. Zaključak	37
6. Popis literature	38
6.1. Internet izvori:	40
7. Popis priloga	41
7.1. Slike	41
7.2. Tablice	42
7.3. Dijagrami	43
8. Životopis	44

1. Uvod

Eterična ulja predstavljaju ključne sastojke u različitim industrijama, uključujući kozmetiku, farmaciju i prehrambenu industriju, zbog svojih brojnih korisnih svojstava i aroma. U posljednjim desetljećima, interes za eterična ulja uvelike je porastao, što je rezultiralo brojnim istraživanjima o metodama ekstrakcije i njihovom utjecaju na kvalitetu i sastav eteričnih ulja. Hortenzija (*Hydrangea*), poznata po svojoj atraktivnoj boji i cvjetovima, također je predmet istraživanja zbog potencijala svojih eteričnih ulja u različitim primjenama.

Ekstrakcija eteričnih ulja iz biljnih materijala može se postići različitim metodama, uključujući destilaciju vodom, ekstrakciju otapalima i CO₂ ekstrakciju. Svaka od ovih metoda može značajno utjecati na kvalitetu i kemijski sastav eteričnih ulja (Baser i Demirci 2011.). Također, sušenje biljnih materijala prije ekstrakcije igra ključnu ulogu u očuvanju ili modifikaciji kemijskog profila eteričnih ulja. Na primjer, istraživanja su pokazala da različite temperature i uvjeti sušenja mogu značajno utjecati na sastav i koncentraciju eteričnih ulja (Torrice i sur., 2016.).

Hortenzija, koja je uglavnom poznata po svojoj estetskoj vrijednosti, nije dovoljno istražena u kontekstu ekstrakcije eteričnih ulja i utjecaja različitih metoda ekstrakcije i sušenja na njihov sastav. Većina postojećih studija fokusira se na druge vrste biljaka s komercijalno značajnijim eteričnim uljima, dok su studije specifične za hortenziju rijetke (Li i sur., 2017.). Ova istraživanja često koriste konvencionalne metode sušenja i ekstrakcije, dok nedostaju usporedbe između različitih tehnika sušenja i ekstrakcije, što može pružiti dublje uvide u optimalne uvjete za očuvanje kvalitete eteričnih ulja.

1.1. Cilj istraživanja

Cilj ovog diplomskog rada je istražiti utjecaj različitih metoda sušenja i ekstrakcije na sadržaj eteričnog ulja dobivenog iz latica hortenzije. Rad će se fokusirati na analizu i usporedbu eteričnih ulja dobivenih korištenjem klasičnih metoda, poput destilacije vodom i ekstrakcije otapalima, te različitim tehnikama sušenja. Kroz analizu će se identificirati utjecaji različitih metoda na kvalitetu i sastav eteričnih ulja, s ciljem pružanja uvida u optimalne uvjete za maksimalno očuvanje korisnih svojstava hortenzije.

2. Pregled literature

2.1. Sistematika i morfološke karakteristike roda *Hydrangea*

Rod hortenzija (*Hydrangea*) obuhvaća oko 80 različitih vrsta biljaka koje potječu iz istočne Azije i Sjeverne Amerike. U Europu su stigle 1789. godine, kada su prenesene u botanički vrt Kew Gardens u blizini Londona (Kovač, 2017.). Latinsko ime roda *Hydrangea* dolazi od grčkih riječi *hydor* (voda) i *aggeion* (posuda), što upućuje na njene velike zahtjeve za vodom (Kraljićak, 2015.). Detaljna taksonomija hortenzija prikazana je u tablici 1.

Tablica 1. Taksonomija roda *Hydrangea*
Taksonomija

Carstvo:	<i>Plantae</i>
Više biljke:	<i>Cormophyta</i>
Odjeljak:	<i>Spermatophyta</i>
Pododjeljak:	<i>Mangoliophytina</i>
Razred:	<i>Magnoliatae</i>
Podrazred:	<i>Rosaide</i>
Nadred:	<i>Rosanae</i>
Red:	<i>Grossulariales</i>
Porodica:	<i>Hydrangeaceae</i>
Rod:	<i>Hydrangea</i>

Izvor: Dubravec, 1996

Hortenzija je nevjerojatno raznolik rod prepun vrstama poput *Hydrangea hortensis* (Thunb.), *Hydrangea quercifolia* (Bartram), *Hydrangea arborescens* (L.), *Hydrangea scandens* (L. f.), *Hydrangea paniculata* (Siebold) i *Hydrangea macrophylla* (Thunb.). To su samo neke od mnogih vrsta hortenzija koje se najlakše raspoznaju zbog svojih razbarušenih loptastih cvatova (Dubravec, 1996.).

Spadaju u listopadne grmove ili penjačice čija visina i širina doseže od 1,8 do 6 metara pa čak kod nekih i više. Listovi često podsjećaju na listove hrasta svojim okruglasto ovalnim oblikom duljine od 10 do 15 centimetara s time da neki varijeteti mogu imati srebrno bijele šare. Cvatovi su gusti, grozdovi upadljivih cvjetova kako je prikazano na slici 1. (McDonald, 2003.). Unutar glavice smješteni su neugledni fertilni cvjetovi, a okružuju ih veći sterilni cvjetovi sastavljeni od četiri latice (Kovač, 2017.). Krupni cvatovi mogu biti široki i pločasti, kupolasti ili potpuno okrugli te metličasti u nijansama bijele, ružičaste, crvene ili plave boje (Strukić, 2014.).



Slika 1. *Hydrangea* spp. crtež

Izvor: www.bellebotanica.com

2.2. Uvjeti uzgoja i primjena hortenzija

Sadnja hortenzija je najčešća uz zidove kuća i terase te pojedinačno ili u manjim skupinama na njegovanom travnjaku kao što je prikazano na slici 2. (Strukić, 2014.).



Slika 2. *Hydrangaea* u vrtu

Izvor: www.gardencrossings.com

Najbolje uspijevaju na osunčanim ili polusjenovitim mjestima, makar neke uspijevaju i u punoj sjeni. Preferiraju vlažno, dobro drenirano, ilovasto tlo (Frett, 2014.). Za njegu je potrebno redovito zalijevanje i prihranjivanje kompleksnim hranjivom svake godine u proljeće. Orezivanje se obavlja u proljeće, a tada se i razmnožava stabljičnim reznicama (Strukić, 2014.). Cvjetovi hortenzije najbolje funkcioniraju rezani ili osušeni u dekorativne svrhe (Frett, 2014.). Osim raskošnih cvatova, ukrasnu vrijednost hortenzijama daju i zanimljivi listovi te oblik rasta (Strukić, 2014.). Jedan od glavnih faktora koji utječe na široki raspon boja cvjetova hortenzija

je pH vrijednost tla radi kojeg boja može varirati od primjerice potpuno bijele do jarko ružičaste (Frett, 2014.).

2.3. Eterična ulja

Eterična ulja (slika 3.) su lako hlapljive uljevite tekućine (iznimno polutekući ili čvrsti preparati), koje se dobivaju iz biljnog materijala (svježih ili osušenih biljaka, njihovih dijelova ili izlučina kao što su smole) različitim fizikalnim postupcima. Prepoznatljive su po intenzivnim i karakterističnim mirisima, zbog kojih se najviše upotrebljavaju. Topljive su u alkoholu, a vrlo se teško otapaju u vodi (tehnika.lzmk.hr). Ovisno o uvjetima života odnosno agroekološkim uvjetima svaka biljka proizvodi svoje eterično ulje iz kojeg se može "iščitati" cijela povijest određene biljke te joj upravo to daje osobnost. To je jedna od najvažnijih osobina cvjetnih vrsta jer je baš po toj karakteristici svaka cvjetna vrsta jedinstvena (Krička i sur.,2022.).



Slika 3. Eterično ulje *Hydrangea*

Izvor: i.etsystatic.com

Iako je hortenzija (*Hydrangea* spp.) poznata prvenstveno kao ukrasna vrsta, interes za potencijalne ljekovite i aromatične koristi njezinih eteričnih ulja raste u posljednjih nekoliko godina. Međutim, istraživanja o eteričnim uljima hortenzije su još uvijek relativno ograničena. Prema istraživanju Smitha i sur. (2018.), eterična ulja iz različitih vrsta hortenzija mogu pokazivati jedinstvene kemijske profile, ovisno o vrsti, geografskom podrijetlu i uvjetima uzgoja. Jones (2020.) navodi kako kemijski sastav eteričnih ulja hortenzija varira između vrsta i značajno ovisi o metodama ekstrakcije i sušenja. Ovo ukazuje na potrebu za standardizacijom postupaka kako bi se osigurala dosljednost u kvaliteti i sastavu dobivenih ulja.

Jedan od najvažnijih spojeva u eteričnim uljima hortenzije je linalol, koji je poznat po svojim sedativnim i antioksidativnim svojstvima. Istraživanje Thompsona (2019.) pokazuje da su ulja dobivena CO₂ ekstrakcijom bogatija linalolom u usporedbi s uljima dobivenima klasičnom destilacijom vodom. Ovo sugerira da izbor metode ekstrakcije može značajno utjecati na konačnu kvalitetu ulja.

Unatoč ograničenim studijama, potencijalna primjena eteričnih ulja hortenzija u aromaterapiji i kozmetičkoj industriji čini ovo područje istraživanja vrlo perspektivnim. Daljnja istraživanja trebaju se usmjeriti na identifikaciju bioaktivnih spojeva i njihovih potencijalnih terapijskih učinaka (Brown i sur., 2021.).

2.4. Sušenje cvijeća

Pojam sušenja cvijeća (slika 4.) spominje se pred više od 1200 godina. Egipćani su koristili sušeno cvijeće za izradu parfema i kozmetike, drugi su pak kasnije u Japanu prešali cvijeće kako bi očuvali dugotrajno ljepotu cvijeća (Krička i sur., 2022.). Glavna svrha samog sušenja je odvajanje prekomjerne količine vode od sirovine bez narušavanja njezine kvalitete u procesu (Matin i sur., 2018.).



Slika 4. Osušeni cvatovi vrste *Hydrangea macrophylla*

Izvor: www.roxannedriedflowers.com

Najčešće sušeni dijelovi biljke su cvjetovi, cvatovi, plodovi, lišće, stabljike, korijenje, izdanci i pupoljci. Tradicionalan način sušenja cvijeća je na suncu, no u zadnje vrijeme su se pokazali neki drugi načini korisnijima poput sušenja u sušnicama, sušenje zamrzavanjem ili sušenje prešanjem. U navedenim metodama sušenja, vlaga se uklanja umjetno korištenjem sredstava za sušenje i/ili kontroliranjem temperature, vlage i protoka zraka (Chakrabarty i Ditta, 2021.). Proces sušenja ima jedinstvenu sposobnost smanjenja sadržaja vlage u cvijeću do točke u kojoj su biokemijske promjene svedene na minimum uz održavanje stanične strukture, nivoa pigmentacije i oblika cvijeta. Metodom sprječavanja razvijanja mikroorganizama odnosno kseroanabiozom mikroorganizmi se ne uništavaju, nego se onemogućuje njihova ishrana, a samim time i razmnožavanje, što na kraju rezultira njihovim potpunim izumiranjem. Niži sadržaj vlage oko 8-12% pruža krutost cvjetovima i rezultira jednoličnom kontrakcijom stanica u cvjetovima i osigurava sušenom cvijeću kvalitetu i trajnost, dok veći udio vlage dovodi do

propadanja. Gubitak vlage može biti uzrok brže dehidracije iz cvjetova tijekom razvoja te kasno vrijeme branja što povećava osjetljivost cvjetnog tkiva na etilen i starenje (Merlin, 2022.).

2.4.1. Prirodno sušenje

Metoda prirodnog sušenja je sušenje zrakom što spada pod najjednostavniji i najjeftiniji način sušenja. Podrazumijeva vješanje biljnog materijala naopako (slika 5.) u toplom, čistom, tamnom i dobro prozračenom prostoru sa što manjim postotkom vlažnosti. Razvitak plijesni se može dogoditi u slučajevima kada prostorije u kojima se odvija sušenje imaju visoku relativnu vlažnost zraka. Druga stvar na koju se treba pripaziti je direktna izloženost materijala sunčevoj svjetlosti pošto ista može uzrokovati promjenu boje latica ili izbjeljivanje (Mamić, 2022.). Sušenje može potrajati i do nekoliko tjedana ovisno o debljini stabljike i lišća. Gumicama ili čipkom zavežu se cvjetovi u labave snopove, koji vise naopako, s najviše 10 stabljika. Vrijeme sušenja razlikuje se od vrste do vrste i na njega utječu atmosferski uvjeti, veličina grozda i raspon temperature (Merlin, 2022.).



Slika 5. Sušeni cvatovi različitih vrsta roda *Hydrangea*

Izvor: www.whiteflowerfarm.com

2.4.2. Konvekcijsko sušenje

Konvekcijsko sušenje je umjetni ili prisilni postupak sušenja pri kojem se određena količina topline sa radnog medija predaje konvekcijom proizvodu koji se suši. Radni medij je okolni vlažni zrak, jer ga kao sirovine ima u izobilju. Vlažan zrak ima funkciju i prihvaćanja i odvođenja određene mase vlage iz sustava (Matin i sur., 2022.). Toplina se uvodi u sustav upuhivanjem

toplog zraka koji prelazi na vlažni materijal pomoću konvekcije i time omogućuje isparavanje vlage (Martin i sur. 2024.) .

2.4.3. Kondukcijsko sušenje

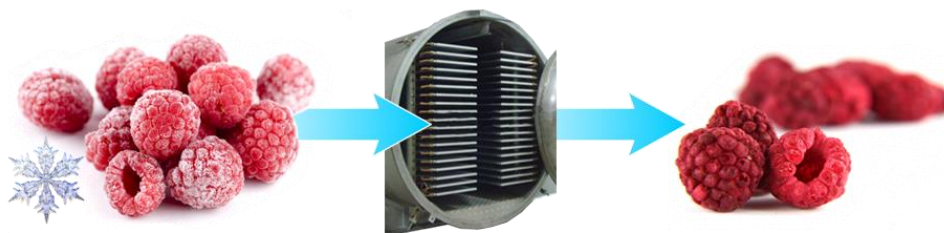
Kod kondukcijskog sušenja materijal se suši u dodiru sa grijanom površinom, a određena količina topline se prenosi s radnog medija na biljni materijal koji se suši. Okolni zrak se koristi za uklanjanje isparene vlage iz materijala. Glavni cilj kondukcijskog sušenja je dobivanje što kvalitetnijeg proizvoda (Martin i sur., 2013.).

2.4.4. Sušenje zračenjem

Sušenje zračenjem odnosi se na prijenos određene količine topline putem elektromagnetskih valova različitih valnih duljina koji nose nevidljive dijelove energije odnosno fotone (Krička i sur., 2022.). U ovom slučaju, vlažan zrak se također koristi za uklanjanje velikih količina vlage koja je isparila iz sustava. Sušenje zračenjem nije prikladno za vrste s tankim i nježnim laticama ili s dlakavim i ljepljivim površinama (Shailza i sur., 2018.).

2.4.5. Liofilizacija

Liofilizacija je jedinstven proces sušenja prethodno zamrznutih proizvoda (slika 6.) u kojem voda izravno prelazi iz krutog u plinovito stanje. Proces sušenja smrzavanjem odvija se na temperaturi i tlaku ispod trojne točke te se koristi za uklanjanje viška vode iz osjetljivih proizvoda koji su većinom biološkog podrijetla. Isti proizvodi se mogu trajno skladištiti pošto ne dolazi do oštećenja tokom procesa (Merlin, 2022.). Najučinkovitija metoda očuvanja cvijeća je sušenje zamrzavanjem koje se temelji na principu sublimacije. U uvjetima djelomičnog vakuuma i niske temperature led zagrijavanjem isparava bez prelaska u tekuću fazu. Odsutnost tekuće vode tijekom dehidracije sprječava nepotrebne kemijske reakcije, omogućujući osušenom proizvodu da zadrži boju i miris (Mamić, 2022.). Tijekom ovog procesa, cvijeće se stavlja u komoru za hlađenje ispod nule. U komori se stvara vakuum zbog čega voda u cvjetovima sublimira, odnosno prelazi iz krutog u plinovito stanje. Para se zatim skuplja u posebnu komoru i ostavlja se osušeno cvijeće da se polako zagrije na sobnu temperaturu. Ovaj proces može potrajati nekoliko dana (Singh i Laishram, 2010.).



Slika 6. Primjer liofilizacije voća

Izvor: gospodarski.hr

2.4.6. Sušenje dehidriranjem

Dehidracijsko sušenje je proces uklanjanja velike količine vode iz svježih proizvoda sublimacijom primjenom topline u kontroliranim uvjetima. Da bi se neke sirovine osušile, potrebno ih je zagrijati na određenu temperaturu kako bi parcijalni tlak vodene pare na površini sirovina koje se suše bio veći od parcijalnog tlaka vodene pare u zraku. Ako je tlak vodene pare na površini predmeta koji se suši veći, sirovina će apsorbirati vlagu iz zraka. Tijekom procesa dehidracije proizvod je potrebno sušiti na niskim temperaturama kako bi zadržao svu hranjivu vrijednost. Zbog toga se većina dehidratora koristi s policama za slaganje proizvoda koji se dehidriraju. Dehidratori obično imaju temperaturni raspon od 30°C do 70°C (Krička i sur., 2004.).

2.4.7. Sušenje desikantima

Desikanti su sredstva za upijanje vode. Biljni materijal se stavlja u različite zrnate materijale za sušenje. Ova metoda je prikladna za osjetljivo cvijeće koje se može oštetiti sušenjem. Ova skupina uključuje oolitski pijesak, zidarski pijesak, silika-gel, perlit, piljevinu itd. Uloga oolitnog pijeska je zadržati izvorni oblik cvijeta bez njegovog oštećenja. Sam zidarski pijesak ne upija vodu, ali voda može dospjeti u zračne prostore između zrna pijeska (Krička i sur., 2022.).

Boraks je najjeftiniji i najbolji desikant za osjetljivije cvijeće. Zbog svojih higroskopskih svojstava, boraks može uzrokovati da latice lagano izblijede, imaju grubu teksturu, a ponekad i opekotine ako se predugo zadrže u boraksu. Kako bi se to spriječilo, oprani i prosijani pijesak potrebno je pomiješati s boraksom. Ova mješavina se može koristiti za čuvanje cvijeća na dulje vrijeme (Chakrabarty i sur., 2021.).

Silika-gel je granulirani spoj koji se koristi u raznim vrtnim centrima, rasadnicima i hobi trgovinama. Brzo upija vlagu i tako čuva boju cvijeća. Mogućnost sušenja cvijeća silika-gelom je 36 do 48 sati. Kada se koristi silika-gel (slika 7.), on se mora staviti u hermetički zatvorenu posudu, inače će apsorbirati vlagu iz zraka umjesto iz cvjetnog tkiva. Silika-gel se može osušiti u zagrijanoj pećnici i ponovno upotrijebiti u drugoj cvjetnoj kulturi (Mamić, 2022.).



Slika 7. Sušenje ruža silika-gelom

Izvor: www.koch.com.au

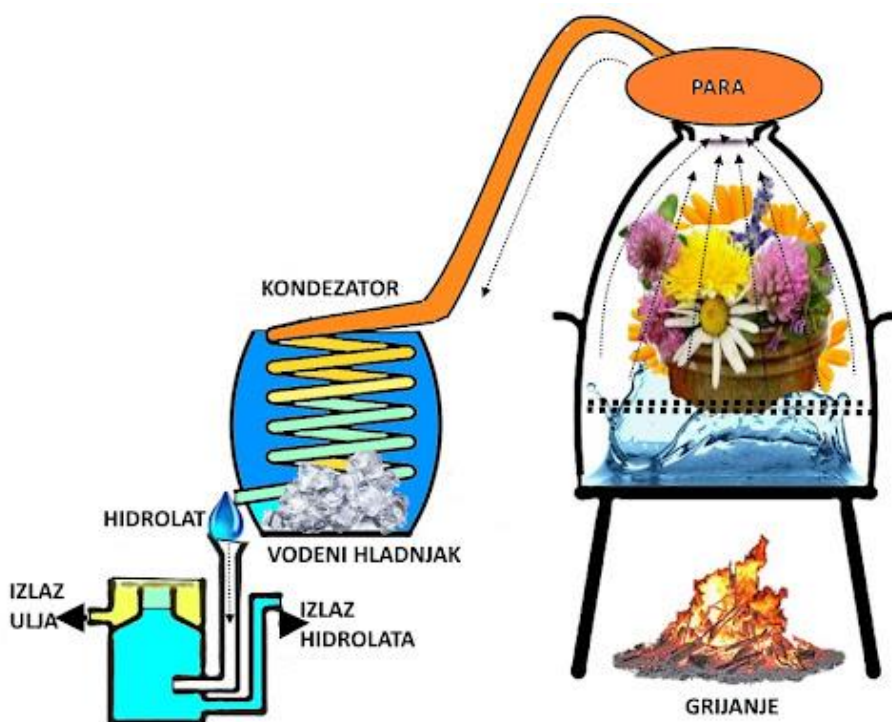
2.5. Ekstrakcija

Ekstrakcija je izdvajanje tvari iz homogene smjese na osnovi njene različite topljivosti u različitim otapalima koja se međusobno ne miješaju. Jedna od često primjenjivanih ekstrakcija je ekstrakcija pomoću hlapljivih otapala koja funkcionira na način otapanja biljnog materijala u otapalu. Otapalo nakon procesa ispari. Sami proces se primjenjuje za biljke čija bi se eterična ulja uništila destilacijom jer blaži i manje utječe na ustroj spojeva u eteričnim uljima (Krička i sur., 2022.).

2.5.1. Vodena destilacija

Slika 8. prikazuje vodenu destilaciju što je jedna od najstarijih i najčešće korištenih metoda za izolaciju eteričnih ulja iz biljnih materijala, uključujući i latice hortenzije. Ova metoda uključuje zagrijavanje biljnih materijala u vodi ili nad vodom, pri čemu se eterična ulja isparavaju zajedno s vodenom parom. Para se zatim hladi i kondenzira, a dobivena tekućina se odvaja na sloj eteričnog ulja i sloj vode, hidrolat (Azmir i sur., 2013.). Ova metoda je posebno prikladna za biljke koje sadrže toplinski stabilne komponente, jer omogućava izolaciju eteričnih ulja bez značajnijeg razaranja njihovih sastavnica uslijed visokih temperatura (Matin i sur., 2021.).

Kod primjene vodene destilacije na latice hortenzije, ključno je osigurati odgovarajuće uvjete destilacije, poput optimalne temperature i trajanja procesa, kako bi se maksimizirao prinos i očuvala kvaliteta eteričnog ulja (Bajalan i sur., 2017.).



Slika 8. Shema principa rada destilatora za dobivanje teričnog ulja iz uzorka latica

Izvor: www.koval.hr

Prema istraživanjima, odabir pravog postupka sušenja biljnog materijala prije destilacije također može značajno utjecati na sastav i koncentraciju dobivenih eteričnih ulja. Na primjer, sušenje liofilizacijom može sačuvati hlapljive komponente koje bi se inače mogle izgubiti tijekom tradicionalnijih metoda sušenja (Juteau i sur., 2003.).

2.5.2. Ekstrakcija otapalima

Ekstrakcija otapalima (slika 9.) je jedna od ključnih metoda za izolaciju bioaktivnih spojeva iz biljnih materijala, uključujući eterična ulja iz latica hortenzije. Ova metoda temelji se na upotrebi organskih otapala koja otapaju ciljane komponente, omogućujući njihovo odvajanje od ostatka biljnog materijala. Odabir odgovarajućeg otapala ovisi o polaritetu spojeva koje se želi ekstrahirati; često korištena otapala uključuju heksan, etanol, metanol i aceton (Azwanida, 2015.).

Kod ekstrakcije eteričnih ulja, korištenje nepolarnog otapala poput heksana može biti korisno jer omogućuje izolaciju lipofilnih spojeva koji čine većinu eteričnih ulja. Proces ekstrakcije otapalima često uključuje maceraciju, gdje se biljni materijal potapa u otapalo određeni vremenski period, nakon čega slijedi filtracija i isparavanje otapala radi dobivanja koncentriranog ekstrakta (Azwanida, 2015.; Panja, 2018.).



Slika 9. Postavljanje aparature za ekstrakciju otapalima latica hortenzije

Izvor: vlastiti

Ekstrakcija otapalima može biti efikasna metoda za izolaciju eteričnih ulja iz latica hortenzije, ali je potrebno pažljivo upravljati parametrima procesa, uključujući vrijeme ekstrakcije, temperaturu i omjer otapala, kako bi se postigli optimalni rezultati. Prednosti ove metode uključuju visoki prinos i mogućnost izolacije specifičnih komponenata, dok nedostaci mogu uključivati prisutnost tragova otapala u konačnom proizvodu te potencijalno dugotrajan proces (Azmir i sur., 2013.; Stojanović i sur., 2020.).

Ekstrakcija otapalima ima značajnu ulogu u industriji parfema, kozmetike i aromaterapije zbog nekoliko ključnih prednosti. Prvo, ova metoda omogućava ekstrakciju iz biljaka koje sadrže nisku količinu ulja, čineći ih dostupnima za daljnju preradu. Nadalje, ekstrakcija otapalima je korisna jer štiti osjetljive komponente u biljkama od termičkog oštećenja, što je važno za očuvanje kvalitete eteričnih ulja. Osim toga, ulja dobivena ovom metodom su visoko koncentrirana i bogata aromatičnim spojevima, što doprinosi njihovoj superiornoj kvaliteti u odnosu na ulja dobivena drugim metodama (Lawrence, 1985.). Međutim, ekstrakcija otapalima ima i svoje nedostatke. Jedan od glavnih nedostataka je mogućnost prisutnosti ostataka otapala u finalnom proizvodu, što može utjecati na sigurnost i kvalitetu proizvoda. Također, ova metoda je složenija i skuplja u usporedbi s jednostavnijim metodama kao što je destilacija vodenom parom. Potrebna oprema i upotreba zapaljivih i toksičnih otapala dodatno povećavaju rizike vezane uz ovu metodu. Unatoč ovim nedostacima, ekstrakcija otapalima ostaje ključna metoda za proizvodnju visokokvalitetnih eteričnih ulja s očuvanim aromatičnim svojstvima, što je posebno cijenjeno u specijaliziranim industrijama (Lawrence, 1985.).

3. Materijali i metode

Istraživanje je provedeno na vrsti velelisnih hortenzija u tri različite boje cvjetova u laboratoriju Zavoda za održive tehnologije i obnovljive izvore energije na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Korištene hortenzije su bijele boje, ružičaste boje i ljubičaste boje.

3.1. Biljni materijal

3.1.1. *Hydrangea macrophylla* (Thunb.)

Hydrangea macrophylla ili velelisna hortenzija prepoznatljiva po svojim velikim loptastim cvatovima (slika 10.) može narasti do 2 metra. Jedna je od najčešće uzgajanih vrsta hortenzija u našim krajevima. Cvatnja se odvija od lipnja do rujna. Boja cvjetova ovisi o pH vrijednosti tla. Na kiselim tlima cvjetovi će biti plave boje, ako je tlo neutralno cvjetovi će biti blijedi, a ako je tlo alkalno cvjetovi će biti ružičasti ili ljubičasti. Promjena cvjetnog pigmenta ovisi o česticama aluminijske okside koje sadrže hortenzije. Može se koristiti kao ukrasni grm koji čisti aluminij iz tla odnosno oproravlja tlo (www.biovrt.com).

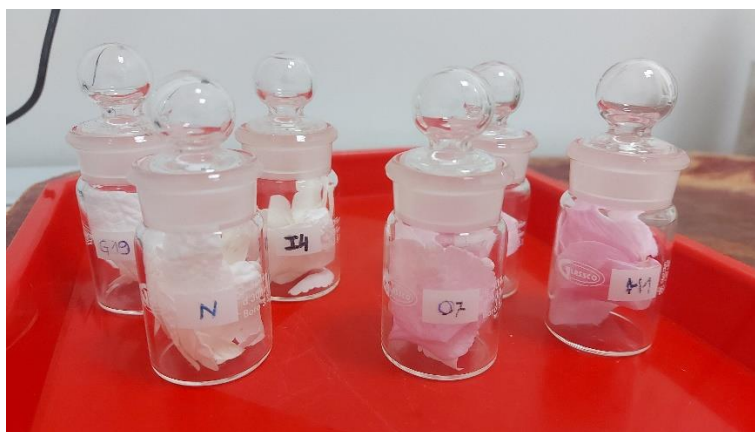


Slika 10. *Hydrangeae macrophylla*

Izvor: vlastiti

3.2. Određivanje ukupnog sadržaja vode u laticama hortenzija

Sadržaj vode određuje se u laboratorijskoj sušnici (INKO ST – 40, Hrvatska) na temperaturi od 105°C, prema protokolu (HRN ISO 6540:2002), tijekom četiri sata, sve dok masa uzorka ne postane konstantna. Pretpostavlja se da uzorak, osim vlage, ne sadrži druge spojeve koji bi mogli utjecati na promjenu mase. Volumen radnog prostora sušare iznosi 20 L, s temperaturnim rasponom od 40°C do 240°C te preciznošću mjerenja od $\pm 0,1^\circ\text{C}$.



Slika 11. Priprema za vaganje latica bijelog i ružičastog kultivara *Hydrangeae*

Izvor: vlastiti

Prvi je korak vaganje praznih posuda. Zatim se u njih stavlja od 1 do 2 grama svježeg ili suhog uzorka (slika 11.) nakon čega slijedi ponovno vaganje kao što je prikazano na slici 12.



Slika 12. Vaganje i određivanje ukupnog sadržaja vode u laticama bijelog kultivara

Izvor: vlastiti

U sušnicu se stavljaju poluzatvorene posude na 105°C na period od četiri sata. Nakon završetka sušenja kao što je prikazano na slici 13., posude se vade i stavljaju u eksikator na hlađenje, te se nakon hlađenja ponovno važu kako bi se odredio krajnji sadržaj vode u laticama.



Slika 13. Postupak sušenja u sušnici

Izvor: vlastiti

Sadržaj vode, na temelju razlike mase prije i poslije sušenja, računa se prema formuli:

$$W_1 = \frac{(B-C) \times 100}{B-A} (\%)$$

Legenda:

W_1 – Udio vlage (%),

A – Masa prazne posude (g),

B – Masa posude i uzorka prije sušenja (g),

C – Masa posude i uzorka nakon sušenja (g).

3.3. Sušenje latica hortenzija u dehidratoru

Sušenje latica hortenzija provedeno je u dehidratoru Excalibur 4926T (slika 14.) na temperaturama od 40°C, 50°C i 60°C. Početni postotak vlažnosti i ukupna masa uzorka određeni su prije početka procesa dehidracije, a za vrijeme trajanja dehidracije uzorci su se svakih 15 minuta vagali kako bi se odredio pad vlage do ciljne vlažnosti od 12%.



Slika 14. Dehidrator Excalibur 4926T
Izvor: vlastiti

3.4. Sušenje latica hortenzija u vakuum sušnici

Sušenje latica hortenzija provedeno je u vakuum sušnici (slika 15.) na temperaturama od 40°C, 50°C i 60°C. Početni postotak vlažnosti i ukupna masa uzorka određeni su prije početka sušenja, a za vrijeme trajanja sušenja uzorci su se svakih 30 minuta vagali kako bi se odredio pad vlage do ciljane vlažnosti od 12%.



Slika 15. Vakuum sušnica
Izvor: vlastiti

3.5. Određivanje intenziteta boje u laticama hortenzija

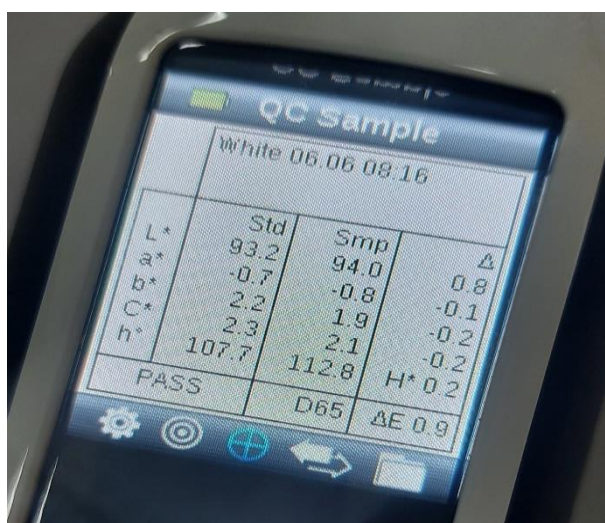
Boja se određivala pomoću kolorimetra LC 100 Spectrocolorimeter koji je vidljiv na slici 16. , a prije svakog mjerenja kolorimetar je kalibriran.



Slika 16. Kolorimetar LC 100 Spectrocolorimeter

Izvor: vlastiti

Prvo se odredio standard u svježem uzorku prema kojemu su uspoređivane dobivene vrijednosti nakon sušenja na određenim temperaturama u dehidratoru i vakuum sušari. Očitane su vrijednosti L, a, b, C i h (slika 17.).



Slika 17. Vrijednosti L, a, b, C i h očitane na kolorimetru

Izvor: vlastiti

McGuire (1992.) je u svom članku opisao očitane vrijednosti:

Vrijednost 'L' (koeficijent svjetline) označava intenzitet svjetla ili tame. Bijela boja ima vrijednost 100 jer se svjetlost potpuno reflektira, dok crna boja ima vrijednost 0 zbog potpune odsutnosti refleksije svjetlosti.

Brojčana vrijednost (a) definira intenzitet zelene ili crvene boje. Pozitivna vrijednost (+a) ukazuje na prisutnost crvene boje, dok negativna vrijednost (-a) ukazuje na prisutnost zelene boje.

Brojčana vrijednost (b) definira intenzitet plave ili žute boje. Pozitivna vrijednost (+b) ukazuje na prisutnost žute boje, dok negativna vrijednost (-b) ukazuje na prisutnost plave boje.

Vrijednost C definira intenzitet boje koja se izračunava po formuli:

$$C = (a^2 + b^2) / 2$$

Vrijednost h (engl. hue) predstavlja vizualni doživljaj tona boje.

3.6. Dobivanje eteričnog ulja od latica hortenzija ekstrakcijom vodenom destilacijom i ekstrakcijom otapalima

Hidrodestilacija je najčešće korištena metoda izdvajanja eteričnih ulja iz biljaka. Biljni materijal se stavi u posudu s vodom. Materijal u posudi se zagrijava do točke vrenja, pri čemu biljne komponente isparavaju zajedno s vodom, zatim se kondenziraju u kondenzatoru, te se kapljevita smjesa odvodi u dekanter. Prednost metode je u tome što se eterična ulja ne miješaju s vodom, te je stoga eterično ulje moguće odvojiti jednostavnim dekantiranjem. Metoda također ima i određene nedostatke. Vrijeme trajanja destilacije je od 3-6 sati, moguće je da dođe do promjene nekih terpenskih molekula u dodiru s vrelom vodom, te može doći do pregrijavanja i gubitka nekih polarnih molekula pri vodenoj ekstrakciji (Kosir, 2017.).

Chemat i sur. (2012.) navode je da proces ekstrakcije eteričnih ulja iz svježih latica otapalima sofisticirana tehnika koja omogućava izolaciju mirisnih komponenti koje se nalaze u biljnim materijalima. Ovaj proces je posebno koristan za biljke koje imaju nisku koncentraciju eteričnih ulja ili su osjetljive na toplinu, što bi moglo oštetiti ulja prilikom tradicionalne destilacije.

3.7. Određivanje sadržaja ugljika (C), vodika (H), dušika (N), sumpora (S), kisika (O) i proteina u laticama hortenzija

Na uređaju MACRO CHNS (slika 18.) odredila se ukupna količina ugljika, vodika, dušika, sumpora i kisika određenog uzorka. Uzorci se spaljuju na temperaturi 1150°C u struji kisika, a kao katalizator se koristi volfram (VI) oksid. Za vrijeme spaljivanja uzoraka oslobađaju se plinovi NO_x, CO₂, SO₃ i H₂O. U redukcijskoj koloni, koja je zagrijana na temperaturu od 850°C te uz pomoć bakra kao redukcijskog sredstva, NO_x plinovi reduciraju do N₂, a SO₃ plinovi reduciraju do SO₂. Određuje se prema protokolu za C, H, N (HRN EN 15104:2011) i S (HRN EN 15289:2011). Određivanje sadržaja proteina odredilo se proteina množenjem dušika sa 6,25 (AOAC, 1990.).

Nakon dobivenog udjela ugljika, sumpora, vodika i dušika metodom suhog spaljivanja izračuna se udio kisika matematičkom formulom:

$$O = 100 - C - H - N - S (\%)$$



Slika 18. MACRO CHNS uređaj

Izvor: vlastiti

4. Rezultati i rasprava

4.1. Udio vode u svježim laticama hortenzije

Sušenje latica hortenzije odradilo se na dva načina, u dehidratoru i u vakuum sušnici. Latice su se sušile na temperaturama od 40°C, 50°C i 60°C. Cilj je bio osušiti latice do 12% vlažnosti, odnosno ravnotežne vlažnosti. Prije samog procesa sušenja laticama je određen početni udio vode.

Tablica 2. Udio vode u laticama hortenzije prije sušenja

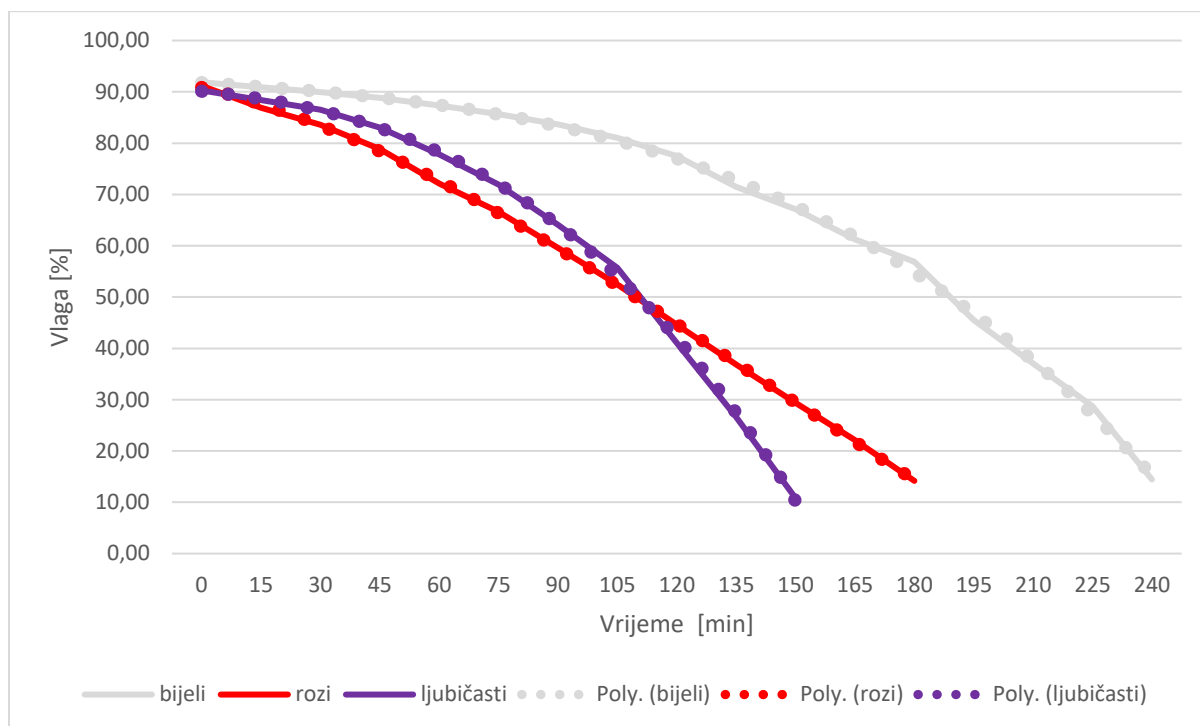
Kultivar	Udio vode (%) svježeg uzorka
Bijela <i>Hydrangea macrophylla</i>	91,87 ± 0,31
Ružičasta <i>Hydrangea macrophylla</i>	91,17 ± 0,06
Ljubičasta <i>Hydrangea macrophylla</i>	90,28 ± 0,03

Prema podacima iz tablice 2. vidljivo je da se početna vlaga latica hortenzija kod sva tri kultivara jako malo razlikuje. Najmanji udio vode od 90,28% imao ljubičasti kultivar, zatim ružičasti kultivar 91,17% i na kraju s najvećom početnom vlagom od 91,87% bijeli kultivar.

Prema usporedbi s rezultatima Filipović (2017.), koja je u svojem istraživanju analizirala različite kultivare ruža, primijećeno je da su bijeli kultivari u oba slučaja imali najveći postotak vlage. U istraživanju Filipović, postotak vlage u prirodnom uzorku bijelog kultivara ruže iznosio je 87,90%, dok je crveni kultivar imao najniži postotak vlage od 84,37%. Nadalje, zapaženo je da su razlike u vlazi između kultivara hortenzija bile manje izražene, dok su razlike u vlazi među kultivarima ruža bile značajnije.

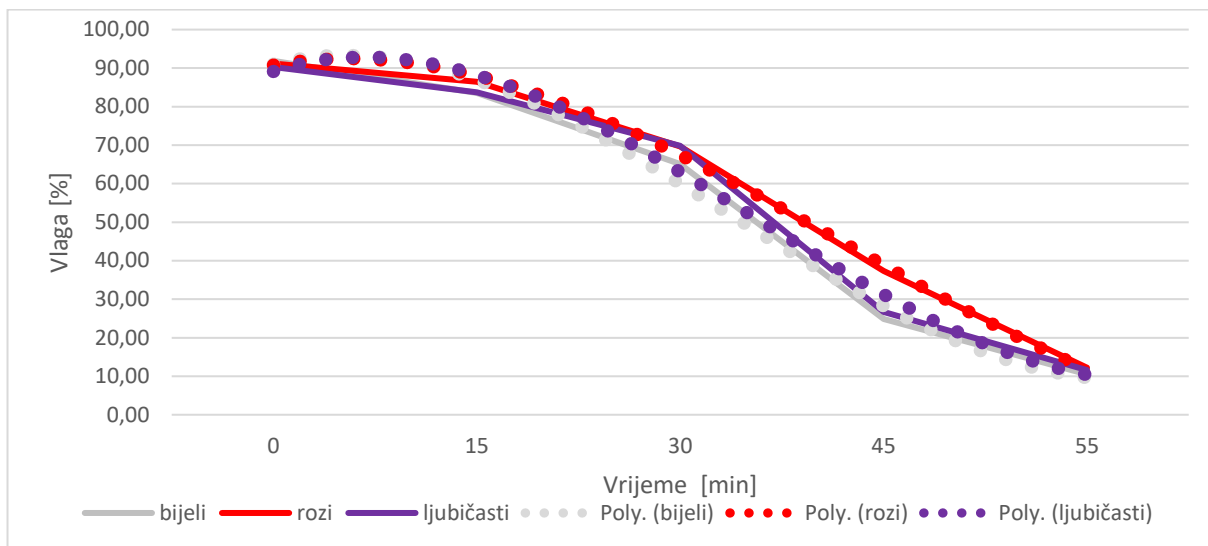
4.2. Otpuštanje vlage iz latica hortenzija u dehidratoru

Latice hortenzije sušene su u dehidratoru na temperaturama od 40°C, 50°C i 60°C. Da bi se dobila masa uzorka, police su vagane prije samog sušenja prazne i s uzorkom. Za vrijeme procesa sušenja masa uzorka se mjerila svakih 15 minuta do željene vlažnosti od 12%. Na osnovu dobivenih podataka vaganjem izrađena je krivulja sušenja (dijagrami 1., 2. i 3.).



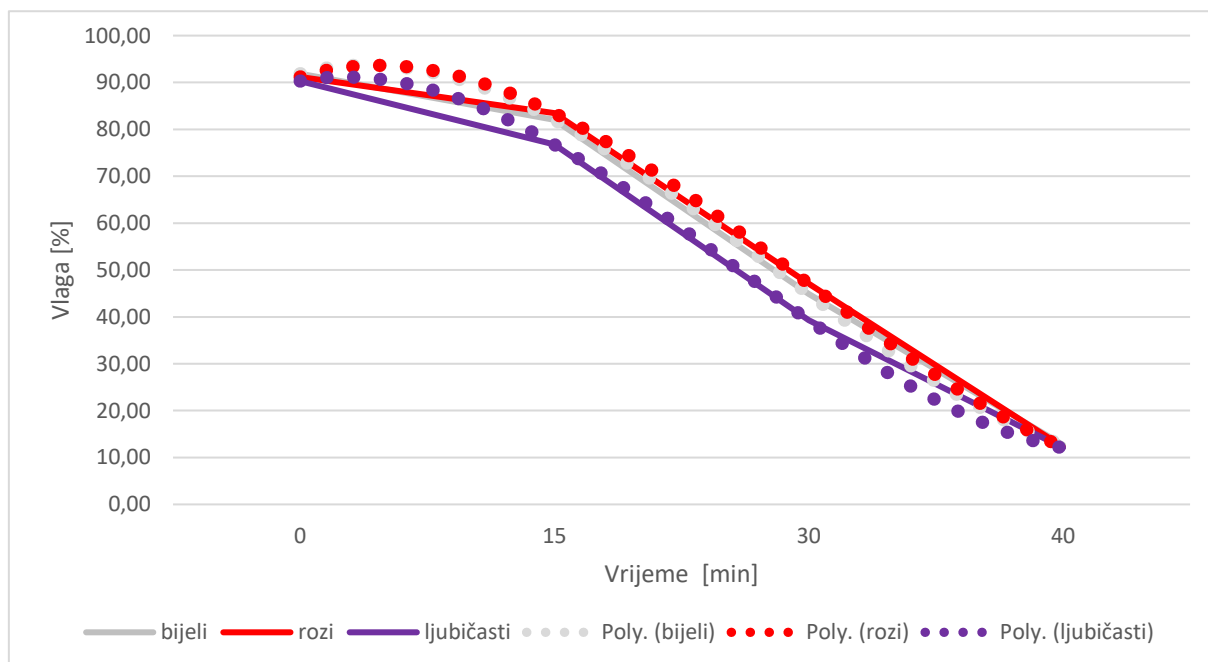
Dijagram 1. Krivulja otpuštanja vlage u laticama hortenzija u dehidratoru na temperaturi od 40°C

Na dijagramu 1. može se uočiti da je bijelom kultivaru trebalo najviše vremena da dođe do vlažnosti od 12%, ružičastom je trebalo manje te je ljubičastom trebalo najmanje vremena. Bijelom kultivaru je bilo potrebno 240 minuta da postigne vlažnost od 12%, ružičastom 180 minuta i ljubičastom 150 minuta. Na temperaturi od 40°C pad vlažnosti je bio ravnomjeran te se pad bitno ne razlikuje kod kultivara.



Dijagram 2. Krivulja otpuštanja vlage u laticama hortenzija u dehidratoru na temperaturi od 50°C

Povećanjem temperature sušenja ubrzao se i pad vlažnosti u laticama hortenzija. Na temperaturi od 50°C sva tri kultivara su postigli ciljnu vlažnost od 12% za 55 minuta. Kod sva tri kultivara pad vlažnosti je ravnomjeran.



Dijagram 3. Krivulja otpuštanja vlage u laticama hortenzija u dehidratoru na temperaturi od 60°C

Kao što je bilo očekivano, na temperaturi od 60°C uzorcima je trebalo najmanje vremena za otpuštanje vlage do željene vlažnosti od 12%. Sva tri kultivara su za 40 minuta došla do željene vlažnosti od 12%.

Na temelju dobivenih podataka o otpuštanju vlage iz latica i gubitku mase, matematičkim putem se izračunala vrijednost brzine otpuštanja vlage do ciljne vlažnosti od 12% (tablica 3.).

Tablica 3. Jednadžbe polinoma koje opisuju otpuštanje vlage iz latica sušenih u dehidratoru

Temp. sušenja	Bijeli kultivar	Ružičasti kultivar	Ljubičasti kultivar
40°C	$y=0,0145x^3+0,0265x^2-0,7984x+92,597$	$y=0,0185x^3-0,5807x^2-1,6382x+93,053$	$y=-0,037x^3-0,2074x^2-0,5766x+90,941$
	R ₂ 0,9987	0,9998	0,9994
50°C	$y=3,0006x^3-29,424x^2+63,179x+54,267$	$y=1,6143x^3-18,555x^2+41,544x+66,188$	$y=2,9342x^3-29,717x^2+67,665x+48,263$
	R ₂ 0,9903	0,9978	0,9819
60°C	$y=5,3589x^3-45,785x^2+89,996x+42,301$	$y=5,026x^3-44,469x^2+90,491x+40,122$	$y=5,7137x^3-46,287x^2+85,375x+45,478$
	R ₂ 0,9999	0,9999	0,9999

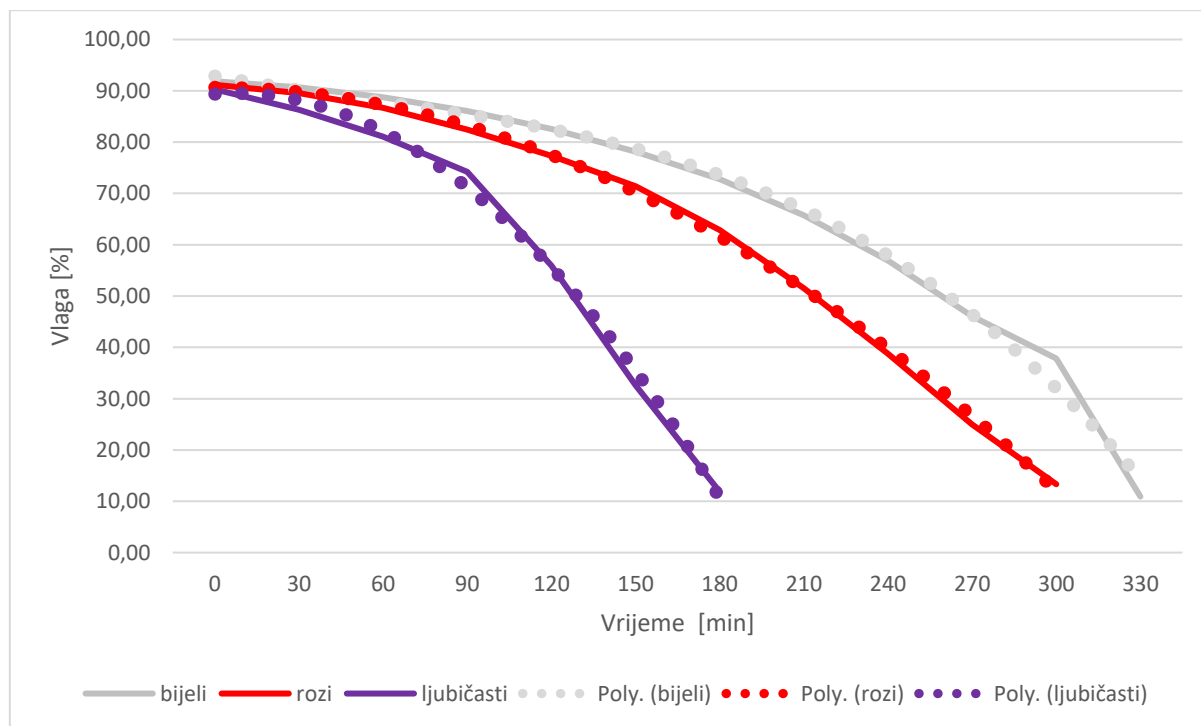
U tablici 3. su prikazani koeficijenti determinacije, kod hortenzija su koeficijenti determinacije također vrlo visoki, s maksimalnom vrijednošću od 0,9999 zabilježenom za sva tri kultivara na temperaturi od 60°C, što sugerira savršenu prilagodbu modela sušenja. Najmanji koeficijent determinacije kod hortenzija iznosio je 0,9903 i zabilježen je kod bijelog kultivara na temperaturi od 50°C.

Za latice tulipana (Mamić, 2022.), koeficijenti determinacije ukazuju na visoku preciznost modela sušenja, pri čemu je najveća vrijednost od 0,9995 postignuta kod bijelog kultivara na temperaturi od 60°C, dok je najmanji koeficijent determinacije od 0,9967 zabilježen kod žutog kultivara na temperaturi od 50°C.

Iz ovih rezultata proizlazi da sušenje latica hortenzija, naročito na višoj temperaturi, pokazuje nešto veću ujednačenost i bolju prilagodbu modela sušenja u usporedbi s laticama tulipana, iako su koeficijenti determinacije za obje vrste vrlo visoki, što ukazuje na kvalitetu odabranih modela.

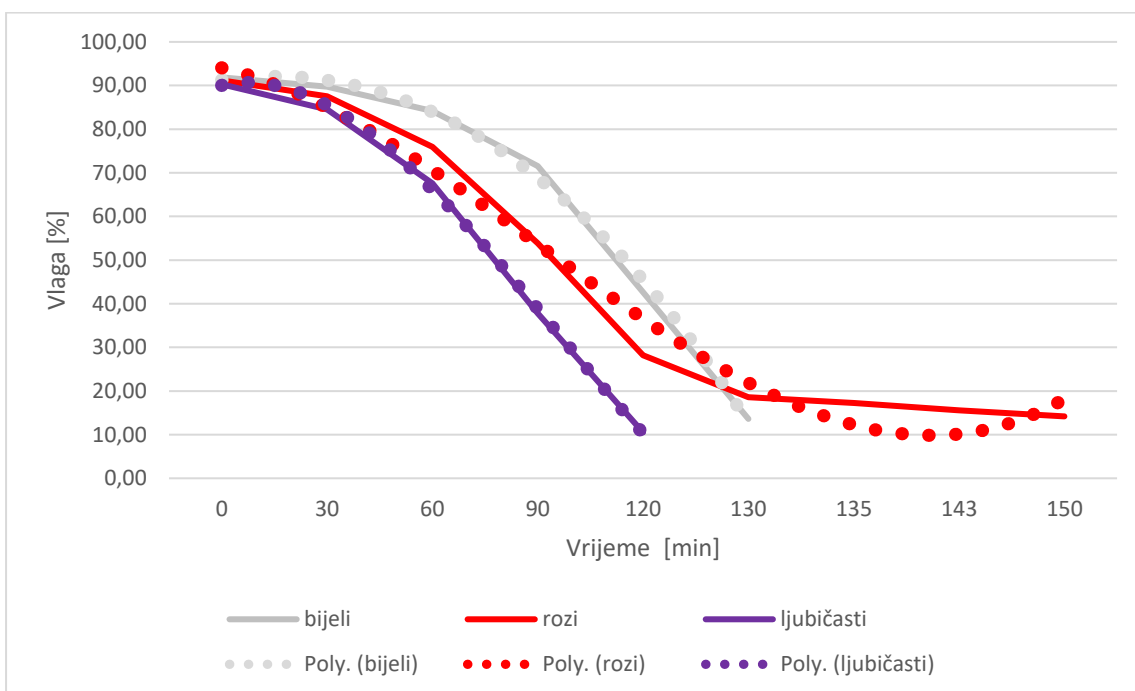
4.3. Otpuštanje vlage iz latica hortenzije u vakuum sušnici

Osim u dehidratoru, latice hortenzija s iste tri različite boje sušeni su u vakuum sušnici na temperaturama od 40°C, 50°C i 60°C pri tlaku od 33,3 bara. Za početak su izmjerene jednake mase (2 grama) masnog papira na koji se postavio uzorak te je sve skupa ponovno vagano kako bi se odredila masa samog uzorka. Uzorci su postavljeni na zagrijane ploče u vakuum sušnici te su za vrijeme sušenja svakih 30 minuta vagani kako bi im se odredila masa i pad vlažnosti do ciljnih 12%. Na osnovu dobivenih rezultata napravljeni su dijagrami (dijagram 4., 5. i 6.) s krivuljama sušenja.



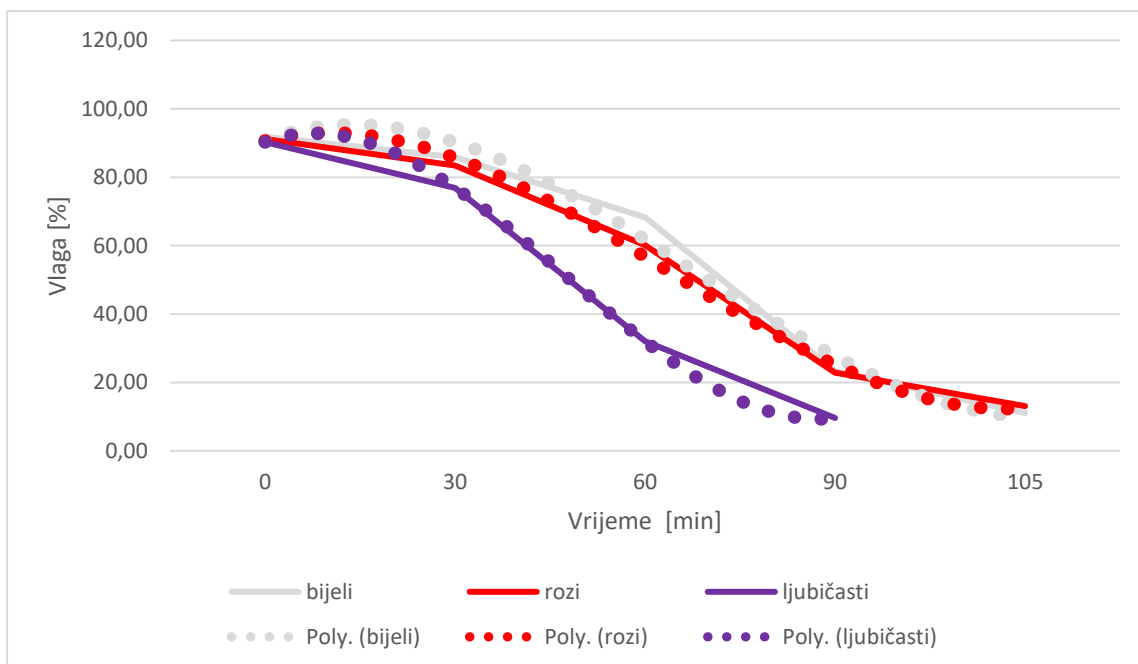
Dijagram 4. Krivulja otpuštanja vlage u laticama hortenzije u vakuum sušnici na temperaturi od 40°C

Laticama hortenzija je trebalo duže vremena da se osuše na vlažnosti od 12% u vakuum sušnici nego u dehidratoru. Da bi se postigla vlažnost od 12% najduže je trebalo bijelom kultivaru (330 minuta), zatim ružičastom (300 minuta) i na kraju ljubičastom (180 minuta). Ružičasti kultivar je imao ravnomjerni pad vlažnosti, dok se kod bijelog kultivara u 300. minuti i kod ljubičastog kultivara u 100. minuti može primijetiti lagano ubrzavanje pada vlažnosti.



Dijagram 5. Krivulja otpuštanja vlage u laticama hortenzija u vakuum sušnici na temperaturi od 50°C

Povećanjem temperature za 10°C se smanjilo vrijeme potrebno za otpuštanje vlage iz latica hortenzija. Prilikom sušenja na temperaturi od 50°C bijeli i ljubičasti kultivar su imali skoro potpuno ravnomjeran pad vlažnosti dok je kod ružičastog kultivara u zadnjih 30 minuta došlo do velikog usporenja sušenja. Vrijeme sušenja ljubičastog kultivara je bilo 120 minuta, bijelog 130 minuta dok je bijelom kultivaru bilo potrebno 150 minuta kako bi dosegao vlažnost od 12%.



Dijagram 6. Krivulja otpuštanja vlage u laticama hortenzija u vakuum sušnici na temperaturi od 60°C

Na temperaturi od 60°C vrijeme sušenja bijelog i ružičastog kultivara trajalo je 105 minuta. Bijeli kultivar je imao ubrzani pad vlage u rasponu od 60-te do 90-te minute dok je kod ružičastog bio ubrzaniji pad vlage od 30-te do 90-te minute. Ljubičastom kultivaru je bilo potrebno sveukupno 90 minuta do ciljanog postotka vlažnosti. Ubrzanje pada vlažnosti je nastupilo u periodu od 30-te do 60-te minute.

Nadi (2016.) je proveo istraživanje koje je analiziralo utjecaj brzine protoka zraka i temperature u procesu sušenja. Ustanovio je da su optimalni uvjeti za sušenje latica lisičine trajali 55 minuta na temperaturi od 60°C. Sličan istraživački pristup primijenila je i Vidolin (2017.), koja je proučavala sadržaj vlage u laticama tulipana različitih kultivara, uključujući ljubičasti, narančasti, bijeli i crveni. U njenom istraživanju je utvrđeno da je početni sadržaj vlage kod crvenog tulipana iznosio 92,11%, dok je kod bijelog bio 92,09%. Na temelju ovih podataka i rezultata Vidolin (2017.), uočena je minimalna razlika u početnoj vlažnosti između bijelog i crvenog kultivara. Korištenjem tih podataka o otpuštanju vlage i gubitku mase, matematički je izračunata brzina otpuštanja vlage do postizanja ciljane vlažnosti od 12% (tablica 4.).

Tablica 4. Polinomne jednadžbe otpuštanja vlage iz latica hortenzija sušenih u vakuum sušnici

Temp. sušenja	Bijeli kultivar	Ružičasti kultivar	Ljubičasti kultivar
40 °C	$y=0,0686x^3+0,5864x^2-3,9916x+96,344$	$y=0,0039x^3-0,8274x^2+1,5527x+89,935$	$y=0,013x^3-2,5047x^2-6,1814x+85,664$
	R ₂ 0,9927	0,9988	0,9955
50 °C	$y=-0,1057x^3-2,9544x^2+9,5266x+84,822$	$y=0,4261x^3-5,1672x^2+3,4181x+95,38$	$y=1,1318x^3-14,181x^2+30,062x+73,024$
	R ₂ 0,9963	0,9772	0,9991
60 °C	$y=3,6909x^3-36,073x^2+81,826x+41,344$	$y=-3,5827x^3-33,533x^2+70,611x+49,934$	$y=8,9629x^3-69,483x^2+132,3x+18,499$
	R ₂ 0,9849	0,9953	1

U tablici 4. kod hortenzija, koeficijenti determinacije ukazuju na vrlo visoku preciznost modela sušenja, s maksimalnom vrijednošću od 1,0 zabilježenom kod ljubičastog kultivara na temperaturi od 60°C. Najniži koeficijent determinacije, 0,9772, zabilježen je kod ružičastog kultivara na temperaturi od 50°C, što pokazuje nešto manju ujednačenost sušenja pri nižoj temperaturi.

Nasuprot tome, Mamić (2022.) je u slučaju kod tulipana također zabilježila visoki koeficijent determinacije, pri čemu je najveća vrijednost od 0,9998 postignuta kod crvenog kultivara na temperaturi od 50°C, dok je najmanji koeficijent determinacije iznosio 0,9972 kod bijelog kultivara na temperaturi od 60°C.

Ovi rezultati ukazuju na to da sušenje latica hortenzija u vakuum sušnici pokazuje veću varijabilnost u ujednačenosti sušenja ovisno o kultivaru i temperaturi, dok tulipani pokazuju konzistentnije visoke vrijednosti koeficijenata determinacije bez obzira na kultivar i

temperaturu. Ipak, obje vrste pokazuju visoku prilagodbu modela sušenja, što ukazuje na pouzdanost korištene metode sušenja u vakuum sušnici.

4.4. Kolorimetrija

U tablicama 7., 8. i 9. su prikazane vrijednosti koeficijenta obojanosti (L), intenziteta (C) i vizualnog doživljaja tona boje (h) te brojčane vrijednosti koje ukazuju na prisustvo zelene ili crvene boje (a) kao i žute ili plave (b). Sušenjem latica se boja mijenjala (slike 20., 21., 22., 23., 24. i 25.).

Tablica 5. Rezultati kolorimetrije bijelih latica hortenzija sušenih u dehidratoru i vakuum sušnici na svim temperaturama

	Temperatura sušenja		L	a	b	C	h
	Bijeli Kultivar ' <i>Hydrangea macrophylla</i> '	Standard		93,2	-0,7	2,2	2,3
40°C		Dehidrator	93,0	-1,6	12,4	12,5	97,2
50°C			89,8	-0,5	16,3	16,3	91,8
60°C			83,2	2,1	25,5	25,6	85,3
40°C		Vakuum sušara	80,3	1,9	23,7	23,8	85,5
50°C			87,0	0,1	17,8	17,8	89,6
60°C			89,8	-0,7	14,1	14,1	92,9

Legenda:

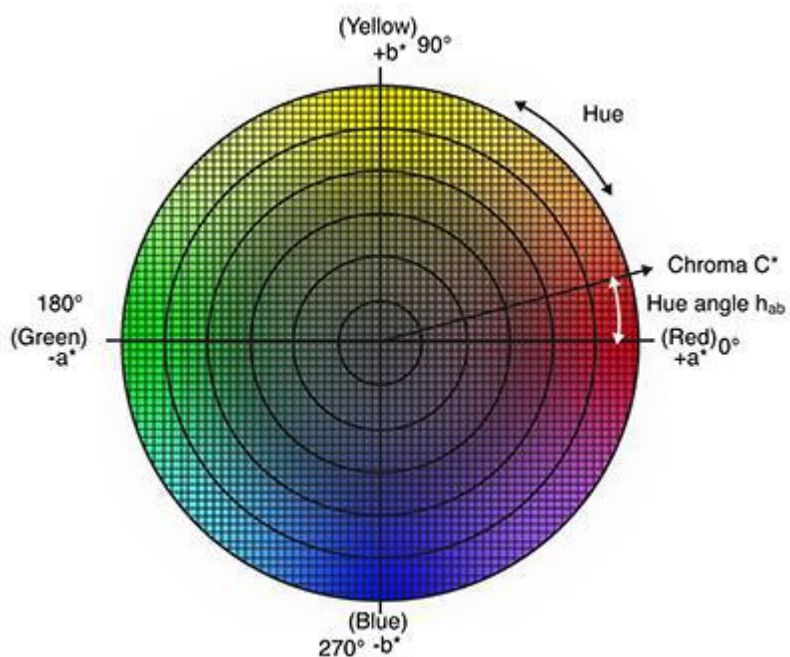
L- koeficijent obojenosti,

a-intenzitet zelene ili crvene boje,

b-intenzitet plave ili žute boje,

C-intenzitet boje,

h-vizualni doživljaj tona boje



Slika 19. Određivanje boje u L*C*h sustavu

Izvor: Kobeščak, 2016.

U Tablici 5. prikazani su podaci koji pokazuju da se vrijednost L s povećanjem temperature smanjuje, što nije slučaj kod sušenja u vakuum sušnici, gdje su vrijednosti L znatno različite. Numeričke vrijednosti a i b ukazuju na prisutnost žute (b) i zelene (a) boje u malim količinama. Dok se vrijednost C povećava s rastom temperature u dehidratoru, u vakuum sušnici raste snižava. Na temelju vrijednosti h, može se zaključiti da se većina očitanih vrijednosti nalaze u drugom kvadrantu (slika 19.) koordinatnog sustava ($90^\circ - 180^\circ$) koji označava žutu boju, s tim da neke vrijednosti prelaze u prvi kvadrant ($0^\circ - 90^\circ$) koji odgovara crveno-purpurnoj boji.



Slika 20. Svježe latice bijelih hortenzija

Izvor: vlastiti



Slika 21. Sušene latice bijelih hortenzija

Izvor: vlastiti

Tablica 6. Rezultati kolorimetrije ružičastih latica hortenzija sušenih u dehidratoru i vakuum sušnici na svim temperaturama

Ružičasti kultivar ' <i>Hydrangea macrophylla</i> '	Temperatura sušenja		L	a	b	C	h
	Standard			85,9	9,5	-2,7	9,9
	40°C	Dehidrator	90,3	-0,6	12,6	12,6	92,8
	50°C		86,8	1,2	22,0	22,1	87,0
	60°C		87,7	0,4	20,3	20,3	88,7
	40°C	Vakuum sušara	78,0	2,2	23,9	24,0	84,9
	50°C		77,5	7,4	0,3	7,4	2,5
	60°C		84,9	4,4	1,0	4,5	12,8

Tablica 6. prikazuje da se vrijednost L mijenja ovisno o temperaturi sušenja. U usporedbi sa standardnim vrijednostima, sve su vrijednosti u porastu osim onih dobivenih pri temperaturi od 60°C u vakuum sušnici. Numerička vrijednost (a) smanjila se tijekom sušenja, što ukazuje na tamnjenje latica hortenzija. Također je zabilježeno povećanje prisutnosti žute boje (b). Dok se u vakuum sušnici vrijednost C smanjuje s porastom temperature, u dehidratoru najveća vrijednost zabilježena je pri 50°C, a najmanja pri 40°C. Izmjerene vrijednosti h nalaze se unutar prvog (0° – 90°), četvrtog (270° – 360°) i minimalno prelaze u drugi kvadrant (90° – 180°) koordinatnog sustava, što odgovara kombinaciji crvenih, ljubičasto-plavih i žutih nijansi boja.



Slika 22. Svježe laticе ružičaste hortenzije

Izvor: vlastiti



Slika 23. Sušene laticе ružičaste hortenzije

Izvor: vlastiti

Tablica 7. Rezultati kolorimetrije ljubičastih latica hortenzija sušenih u dehidratoru i vakuum sušnici na svim temperaturama

Ljubičasti Kultivar ' <i>Hydrangea macrophylla</i> '	Temperatura sušenja		L	a	b	C	h
	Standard			77,6	-2,7	-12,7	12,9
Dehidrator	40°C		85,9	0,2	18,2	18,2	89,2
	50°C		86,1	0,5	18,5	18,5	88,5
	60°C		71,3	3,5	24,4	24,7	81,8
Vakuum sušara	40°C		73,2	-8,9	-6,8	11,2	217,5
	50°C		78,7	-2,1	6,5	6,8	108,1
	60°C		70,9	-9,6	-9,4	13,4	224,1

Tablica 7. pokazuje da vrijednost L pada s povećanjem temperature u dehidratoru, dok se očitane vrijednosti razlikuju nakon sušenja u vakuum sušnici. Najmanja vrijednost L zabilježena je nakon sušenja pri 60°C. Numerička vrijednost a, koja predstavlja količinu zelene boje, raste tijekom sušenja u dehidratoru, dok se smanjuje u vakuum sušnici. S povećanjem temperature, vrijednost b također raste, što ukazuje na tamnjenje latica u odnosu na svježe stanje. Vrijednost C varira s temperaturom, a najveća vrijednost je zabilježena nakon sušenja u dehidratoru pri 60°C, dok je najmanja zabilježena nakon sušenja u vakuum sušnici pri 50°C. Na temelju vrijednosti h, može se zaključiti da se očitane vrijednosti nalaze najviše u prvom (0° – 90°), zatim trećem (180° – 270°) i najmanje u drugom kvadrantu (90° – 180°) koordinatnog sustava, što odgovara kombinaciji crveno-purpurnih, žutih i plavih nijansi boja.



Slika 24. Svježe latice ljubičaste hortenzije

Izvor: vlastiti



Slika 25. Sušene latice ljubičaste hortenzije

Izvor: vlastiti

4.5. Ekstrakcija

4.5.1. Vodena destilacija

Tablica 8. Mase svježih uzoraka sva tri kultivara pripremljena za vodenu destilaciju

Kultivar	Masa svježeg uzorka (g)
Bijela <i>Hydrangea macrophylla</i>	513,77 ± 0,1
Ružičasta <i>Hydrangea macrophylla</i>	527,63 ± 0,1
Ljubičasta <i>Hydrangea macrophylla</i>	480,11 ± 0,1

U provedenom istraživanju, vodena destilacija (slika 26.) korištena je kao metoda za ekstrakciju eteričnog ulja iz svježih latica hortenzija triju različitih kultivara.

Tablica 8. prikazuje da je za ovaj postupak u prosjeku korišteno 0,5 kilograma svježih latica po kultivaru. Najviše svježeg uzorka je korišteno kod kultivara ružičaste boje (527,63 ± 0,1 g), dok je najmanja masa bila kod ljubičastog kultivara (480,11 ± 0,1g).



Slika 26. Vodena destilacija

Izvor: vlastiti

Na slici broj 27. prikazana je količina bijelih latica kultivara unutar lonca prije početka vodene destilacije, što jasno ilustrira početne uvjete eksperimenta. Pravilno punjenje lonca ključno je za osiguranje homogenih uvjeta unutar uređaja, što je presudno za učinkovitu destilaciju. Kako je naglašeno u literaturi, ravnomjerno raspoređeni biljni materijal unutar lonca omogućava optimalan kontakt između pare i latica, što bi u idealnim uvjetima trebalo rezultirati uspješnom ekstrakcijom eteričnih ulja (Smith i sur., 2017.).



Slika 27. Lonac za vodenu destilaciju napunjen svježim laticama bijelog kultivara

Izvor: vlastiti

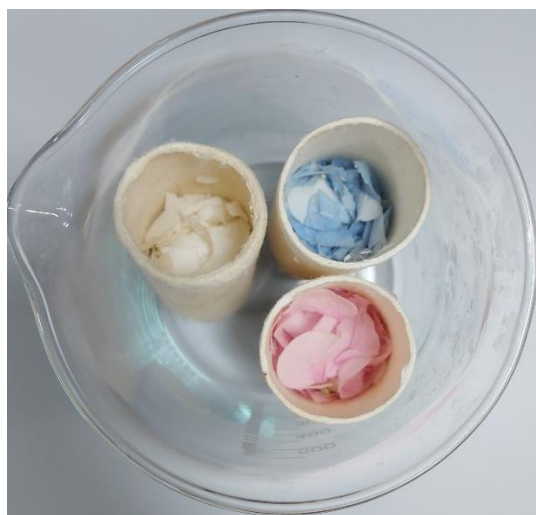
Međutim, nakon provedbe vodene destilacije, kao što je prikazano na slici broj 26., nije dobivena niti jedna kap eteričnog ulja iz latica nijednog od tri ispitivana kultivara.

Potpuni izostanak ulja može biti rezultat više faktora. Moguće je da su latice hortenzija korištene u ovom eksperimentu imale izrazito nizak sadržaj eteričnih ulja, ili su uvjeti destilacije, poput temperature i trajanja procesa, bili neadekvatni za ekstrakciju iz ove vrste biljnog materijala (Thompson, 2020.).

Ovaj rezultat također otvara pitanje o prikladnosti vodene destilacije kao metode za ekstrakciju ulja iz latica hortenzija, s obzirom na specifične karakteristike ove vrste. Moguće je da alternativne metode ekstrakcije, poput parne destilacije ili ekstrakcije pomoću organskih otapala, mogu biti učinkovitije u dobivanju ulja iz latica hortenzija, što bi trebalo istražiti u budućim studijama.

4.5.2. Ekstrakcija otapalima

Tijekom procesa ekstrakcije eteričnog ulja iz latica hortenzije korištenjem etanola kao otapala, došlo je do nepredviđenog tehničkog problema s aparaturom (slika 29.), koji je onemogućio uspješnu provedbu eksperimenta. Unatoč prethodnim optimizacijama i kalibraciji opreme, kvar u laboratoriju rezultirao je neadekvatnim uvjetima za ekstrakciju, što je u konačnici onemogućilo dobivanje uzoraka eteričnog ulja za daljnju analizu od pripremljenih uzoraka sva tri kultivara (slika 28.). Prema literaturi, precizna kontrola uvjeta ekstrakcije ključna je za uspješnu izolaciju eteričnih ulja. Smith i sur. (2020.) naglašavaju da "tehnička pouzdanost opreme značajno utječe na kvalitetu i kvantitetu ekstrahiranih komponenti".



Slika 28. Priprema uzorka za ekstrakciju etanolom

Izvor: vlastiti

Zbog tehničkog kvara, usporedba različitih metoda ekstrakcije nije bila moguća, što je značajno utjecalo na interpretaciju konačnih rezultata. U pokušaju da se identificira i riješi problem, poduzeti su dodatni koraci, uključujući ponovno testiranje uređaja i pokušaj ponovne ekstrakcije. Međutim, kvar se pokazao nepopravljivim unutar predviđenog vremenskog okvira za ovaj dio istraživanja. Jones (2018.) u svojoj studiji ističe da "neuspjeh opreme može imati ozbiljne posljedice na tijek istraživanja, posebno kada su u pitanju osjetljivi biološki uzorci".



Slika 29. Priprema za ekstrakciju otapalima

Izvor: vlastiti

Ekstrakcija eteričnih ulja iz biljaka je složen proces koji uključuje pažljiv odabir metode i aparature kako bi se osigurala visoka kvaliteta i učinkovitost konačnog proizvoda (Chemat i sur., 2012.). U ovom slučaju, za ekstrakciju eteričnog ulja iz hortenzije korišten je etanol kao otapalo. Soxhlet ekstraktor predstavlja ključnu aparaturu u ovom procesu jer omogućuje kontinuiranu ekstrakciju aktivnih komponenti iz biljnih materijala (Stojanović i sur., 2020.). Nakon ekstrakcije, etanol se uklanja pomoću rotacijske evaporacije, što osigurava dobivanje čistog eteričnog ulja (Jones, 2018.). Rotacijska evaporacija omogućuje učinkovito isparavanje etanola pod smanjenim tlakom, čime se minimizira gubitak eteričnih ulja (Smith, 2020.). Prije pohrane, eterično ulje se filtrira kako bi se uklonile preostale čestice biljaka te se čuva u tamnim bocama radi očuvanja kvalitete (Brown, 2019.).

4.6. Sadržaj ugljika (C), vodika (H), dušika (N), sumpora (S), kisika (O) i proteina u laticama hortenzija

Ovi elementi su analizirani zbog njihove ključne uloge u formiranju kemijskih spojeva unutar cvijeća i ljekovitog bilja. Utvrđivanje njihovog udjela od velike je važnosti s fiziološkog i farmaceutskog aspekta. Također, ovi elementi igraju značajnu ulogu u aktivaciji metaboličkih procesa, a važni su i s dekorativnog stajališta (Haque i sur., 2019.).

Tablica 9. Udio određenih elemenata u laticama hortenzije nakon sušenja u dehidratoru

Uzorak	Dušik (%)	Ugljik (%)	Sumpor (%)	Vodik (%)	Kisik (%)
Bijeli 40 °C	0,995 ±0,003	41,25 ±0,025	0,081 ± 0,001	6,215 ± 0,003	51,46 ±0,029
Bijeli 50 °C	0,919 ±0,002	40,23 ±0,021	0,077 ± 0,001	6,188 ± 0,002	52,59 ±0,022
Bijeli 60 °C	0,914 ±0,002	38,95 ±0,030	0,073 ±0,002	5,991 ±0,002	54,07 ±0,035
Ružičasti 40 °C	0,905 ±0,004	37,57 ±0,021	0,069 ± 0,002	6,157 ± 0,002	55,30 ±0,023
Ružičasti 50 °C	0,884±0,002	35,24±0,038	0,066±0,002	6,086±0,004	57,73±0,040
Ružičasti 60 °C	0,848±0,001	35,19±0,006	0,061±0,001	5,995±0,003	57,91±0,005
Ljubičasti 40 °C	0,935 ±0,003	38,15 ±0,030	0,048 ± 0,002	5,526 ± 0,002	55,34 ±0,032
Ljubičasti 50 °C	0,915±0,003	34,87±0,038	0,047±0,002	5,485±0,003	58,69±0,042
Ljubičasti 60 °C	0,984±0,002	33,95±0,035	0,043±0,001	5,323±0,002	59,79±0,036

U tablici 9. su prikazane vrijednosti udjela dušika, ugljika, sumpora, vodika i kisika u laticama hortenzija nakon sušenja u dehidratoru na svim trima temperaturama. Najveći udio dušika od 1,00% sadrže latice bijelog kultivara sušene na temperaturi od 40°C, a najmanji udio od 0,85% sadrže latice ružičastog kultivara sušenog na temperaturi od 60°C. Bijele latice na temperaturi od 40°C sadrže najveći udio ugljika od 41,25%, dok ljubičaste latice sušene na temperaturi od 60°C sadrže najmanji udio ugljika od 33,95%. Po pitanju sumpora, najveći udio (0,08%) sadrže latice bijele boje sušene na temperaturi od 40°C, a najmanji udio (0,04%) sadrže ljubičaste

latice, ali sušene na temperaturi od 60°C. Bijeli kultivar sušen na temperaturi od 40 °C sadrži najveći udio vodika (6,22%) dok se najmanji udio vodika (5,32%) nalazi kod ljubičastog kultivara sušenog na 60°C. Najmanji udio kisika od 51,46% sadrže bijele latice nakon sušenja na temperaturi od 40°C, a najveći udio od 59,79% sadrže ljubičaste latice nakon sušenja na temperaturi od 60 °C.

Tablica 10. Udio određenih elemenata u laticama hortenzija nakon sušenja u vakuum sušnici

Uzorak	Dušik (%)	Ugljik (%)	Sumpor (%)	Vodik (%)	Kisik (%)
Bijeli 40 °C	1,105±0,003	41,33±0,015	0,081±0,001	6,215±0,003	51,27±0,019
Bijeli 50 °C	1,086±0,002	41,03±0,021	0,075±0,002	6,186±0,004	51,63±0,020
Bijeli 60 °C	1,055±0,003	40,57±0,038	0,064±0,002	6,033±0,002	52,28±0,040
Ružičasti 40 °C	0,913±0,001	33,08±0,010	0,074±0,001	6,730±0,004	59,20±0,010
Ružičasti 50 °C	0,908±0,002	32,97±0,010	0,069±0,002	6,482±0,008	59,57±0,014
Ružičasti 60 °C	0,897±0,002	32,76±0,015	0,062±0,001	6,327±0,002	59,95±0,016
Ljubičasti 40 °C	0,943±0,002	35,22±0,010	0,052±0,001	5,595±0,003	58,19±0,014
Ljubičasti 50 °C	0,925±0,002	33,26±0,021	0,046±0,002	5,573±0,001	60,20±0,022
Ljubičasti 60 °C	0,915±0,003	30,57±0,010	0,042±0,001	5,327±0,002	63,15±0,005

U tablici 10. su prikazane vrijednosti udjela dušika, ugljika, sumpora, vodika i kisika u laticama hortenzija nakon sušenja u vakuum sušnici na svim trima temperaturama. Najveći udio dušika (1,11%), ugljika (41,33%) i sumpora (0,08%) pronalazimo kod bijelog kultivara na temperaturi od 40°C, dok je kod istog kultivara na istom broju stupnjeva pronađeno najmanji udio elementa kisika (51,27%). Ljubičasti kultivar na temperaturi od 60°C ima najmanji udio ugljika (30,57%), sumpora (0,04%) i vodika (5,33%) dok je kod istog kultivara pri istim uvjetima pronađeno najveći udio elementa kisika (63,15%). Najmanji udio dušika (0,90%) je očitao kod ružičastog kultivara na temperaturi od 60°C, te je kod istog kultivara na temperaturi od 40°C očitao najveći udio vodika (6,73%).

Tablica 11. Statistički prikaz udjela proteina i standardne devijacije te razine značajnosti sušenja u dehidratoru i vakuum sušnici.

Temperatura	Uzorak	Sadržaj proteina		p - vrijednost
		Dehidrator	Vakuum sušara	
40°C	Bijeli	6,219 ± 0,019	6,906 ± 0,019	p < 0,05
	Ružičasti	5,654 ± 0,022	5,706 ± 0,006	p < 0,05
	Ljubičasti	5,844 ± 0,019	5,892 ± 0,010	p < 0,05
50°C	Bijeli	5,744 ± 0,013	6,785 ± 0,013	p < 0,05
	Ružičasti	5,523 ± 0,010	5,673 ± 0,010	p < 0,05
	Ljubičasti	5,719 ± 0,019	5,781 ± 0,012	p < 0,05
60°C	Bijeli	5,710 ± 0,010	6,594 ± 0,019	p < 0,05
	Ružičasti	5,302 ± 0,004	5,606 ± 0,013	p < 0,05
	Ljubičasti	5,585 ± 0,010	5,721 ± 0,016	p < 0,05

U tablici 11. prikazan je sadržaj proteina nakon sušenja u dehidratoru i vakuum sušnici pri sve tri temperature, kao i statistička značajnost razlika između ovih metoda sušenja. Proteini su ključni parametar koji utječe na brzinu uvenuća cvijeća – niža razina proteina ubrzava proces odumiranja.

Prilikom sušenja u dehidratoru, najveća očitana razina proteina od 6,22% je kod bijelog kultivara sušenog na temperaturi od 40°C, a najmanja od 5,30% kod ružičastog kultivara na temperaturi od 60°C. Nakon sušenja u vakuum sušari bijele latice sušene na temperaturi od 40°C su imale najveći udio proteina od 6,91%, a latice ružičastog kultivara sušene na temperaturi od 60°C su imale najmanji udio proteina od 5,61%. Latice sušene u vakuumu su imale veći sadržaj proteina od latica sušenih u dehidratoru.

Svi uzorci imaju p-vrijednost manju od 0,05% što znači da su razlike u sadržaju proteina značajne.

5. Zaključak

Na temelju provedenog istraživanja može se zaključiti sljedeće; Sušenje u dehidratoru pri 60°C pokazalo se najbržim u smanjenju vlage u svim kultivarima hortenzije. Vakuum sušenje je bilo sporije, posebno kod bijelog kultivara, kojem je na 40°C trebalo najviše vremena za postizanje ciljane vlažnosti, dok je ljubičasti kultivar imao najkraće vrijeme sušenja. Povećanjem temperature za 10°C značajno se skraćivalo vrijeme sušenja, a ljubičasti kultivar pokazao je najveću ujednačenost na 60°C. Optimalni uvjeti sušenja ovise o karakteristikama kultivara, a daljnja istraživanja mogla bi se fokusirati na finu kalibraciju uvjeta sušenja. Koeficijenti determinacije pokazuju dosljednost procesa smanjenja vlage kod svih metoda sušenja. Promjene boje latica ukazuju na utjecaj temperature i metode sušenja, pri čemu više temperature dovode do tamnijih latica. Vodenom destilacijom potrebna je velika količina latica za proizvodnju eteričnih ulja, što utječe na njihovu cijenu. Kemijska analiza latica pokazala je značajne varijacije u udjelima ključnih elemenata, ovisno o metodi i temperaturi sušenja. Latice sušene u vakuum sušnici imale su veći udio proteina, što utječe na brzinu uvenuća cvijeća. Zaključno, odabir metode sušenja može značajno utjecati na kemijski sastav i kvalitetu latica hortenzije, važnu za njihovu primjenu u hortikulturnim i industrijskim sektorima.

6. Popis literature

1. Azmir, J., Zaidul, I. S. M., Rahman, M. M., Sharif, K. M., Mohamed, A., Sahena, F., & Omar, A. K. M. (2013.). Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of Food Engineering*, 117(4), 426-436.
2. Azwanida, N. N. (2015.). A review on the extraction methods use in medicinal plants, principle, strength, and limitation. *Medicinal & Aromatic Plants (Los Angeles)*, 4(3), 196-202.
3. Bajalan, I., Mohammadi, M., Alaei, M., & Pirbalouti, A. G. (2017.). Total phenolic and flavonoid contents and antioxidant activity of extracts from different populations of *Melilotus officinalis* growing wild in Iran. *Industrial Crops and Products*, 95, 19-26.
4. Baser, K. H. C., & Demirci, B. (2011.). *Essential Oils and Extraction Techniques*. In J. K. Schutte & M. J. Feeney (Eds.), *Advances in Essential Oils Research*. Springer.
5. Brown, R. (2019.). Contingency Planning in Chemical Research: Mitigating Risks of Equipment Malfunction. *Journal of Experimental Methods*, 47(1), 210-224.
6. Brown, R., & Clark, T. (2021.). Potential Therapeutic Uses of Essential Oils Derived from *Hydrangea* spp. *Journal of Herbal Medicine*, 15(2), 89-101.
7. Chakrabarty, S., & Datta, S. K. (2021.). *Dehydration of Flowers and Foliage and Floral Craft*. Springer Nature Singapore Pte Ltd.
8. Chemat, F., Abert Vian, M., & Cravotto, G. (2012.). *Green Extraction of Natural Products: Theory and Practice*. Wiley-VCH.
9. Dubravec, K., (1996): *Botanika, Sveučilišna naklada d.o.o.*, Zagreb
10. Filipović, Ivana (2017.). *Kvalitativna svojstva latica ruža nakon termičke dorade dehidriranjem*. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu. Agronomski fakultet.
11. Frett, J. (2014). *Hydrangeas – Stars of the Summer Garden*. University of Delaware, College of Agriculture and Natural Resources.
12. Haque, M. M., Sultana, N., Abedin, S. M. T., & Kabir, S. E. (2019.). Phytochemical screening and determination of minerals and heavy metals in the flowers of *Nyctanthes arbor-tristis* L. *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*, 54(4), 321-328.
13. Jerković, I., & Mastelić, J. (2003.). A study of volatile constituents from dried and roasted seeds of *Coriandrum sativum* L. *Croatica Chemica Acta*, 76(4), 447-452.
14. Jones, A. (2018.). Challenges in Solvent Extraction: Equipment Failures and Their Implications. *International Journal of Chemical Engineering*, 32(2), 123-135.
12. Jones, A., & Brown, R. (2018.). Challenges in Essential Oil Extraction from Low-Yield Plants. *International Journal of Aromatic Plants*, 22(3), 154-165.
13. Jones, A., et al. (2020.). Impact of Extraction and Drying Methods on the Composition of Essential Oils in *Hydrangea*. *International Journal of Aromatherapy*, 25(3), 174-182.
14. Juteau, F., Jerković, I., Masotti, V., Miloš, M., Mastelić, J., Bessière, J. M., & Viano, J. (2003). Composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Artemisia absinthium* from Croatia and France. *Planta Medica*, 69(2), 158-161.

15. Kobeščak, M. (2016.). Određivanje parametara boje i teksture narezane jabuke Cripps pink skladištene u kontroliranoj atmosferi, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet
16. Kosir, D. (2017). Ekstrakcija eteričnog ulja i koncentrata iz smilja (Diplomski rad). Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb.
17. Kovač, M. (2017.). Utjecaj reakcije tla na boju cvjetova hortenzije (*Hydrangea hortensis*). [Unpublished thesis].
18. Kraljičak, J., Židovec, V., Kraljičak, Ž., & Vukadinović, V. (2015.). Utjecaj kemijskih svojstava tla kućnih vrtova Baranje na boju cvijeta hortenzije (*Hydrangea macrophylla* L.). U M. Baban & S. Rašić (ur.), *Proceedings & abstract of the 8th International Scientific/Professional Conference Agriculture in Nature and Environment Protection* (str. 82-87). Osijek: Glas Slavonije.
19. Krička, T., Jukić, Ž., Voća, N., Janušić, V., & Matin, A. (2004). Drying and storing of rape seed. In 1. Međunarodni i 18. Hrvatski kongres tehnologa za posliježetvenu tehnologiju "Zrnko'04" (pp. 11-21).
20. Krička, T., Matin, A., Grubor, M., et al. (2022.). Tehnologija dorade i skladištenja cvijeća. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zagreb.
21. Lawrence, B. M. (1985.). *Progress in Essential Oil Research*. Walter de Gruyter.
22. Li, J., Xu, H., & Zhang, Z. (2017.). Chemical Composition and Biological Activities of Essential Oils from *Hydrangea* Species. *Journal of Essential Oil Research*, 29(6), 477-485.
23. Mamić, L. (2022). Utjecaj načina sušenja na kvalitativna svojstva ocvijeća tulipana (Diplomski rad). Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.
24. Maričić, M. (2016.). Utjecaj temperature sušenja na intenzitet obojenja cvatova nevena za potrebe prehrambene industrije. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zagreb.
25. Matin, A., Krička, T., Jurišić, V., Bilandžija, N., Kuže, I., & Voća, N. (2013.). Kvalitativne i energetske promjene ploda lješnjaka u procesu konvekcijskog sušenja. *Krmiva*, 55(1), 11-19.
26. Matin, A., Krička, T., Kalambura, S., Bobinac, D., & Grubor, M., Jurišić, V. (2017.). Quality Characteristics of Cut Carnations Held in Various Water-based Solution. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 82(1), 49-54.
27. Matin, A., Pavkov, I., Grubor, M., Jurišić, V., Kontek, M., Jukić, F., & Krička, T. (2021). Influence of harvest time, method of preparation and method of distillation on the qualitative properties of organically grown and wild *Helichrysum italicum* immortelle essential oil. *Separations*, 8(10), 167.
28. Matin, A., Brandić, I., Gubor, M., Pezo, L., Krička, T., Matin, B., ... & Antonović, A. (2024). Effect of conduction drying on nutrient and fatty acid profiles: a comparative analysis of hazelnuts and walnuts. *Frontiers in sustainable food systems*, 8, 1351309.
29. McDonald, E. (2003.): 400 vrtnih biljaka za uređenje okućnice, Dušević & Kršovnik d.o.o., Rijeka
30. McGuire, R. G. (1992.). Reporting of Objective Color Measurements. *HortScience*, 27(12), 1254-1255.

31. Merlin, L. (2022). Dorada latica karanfila za potrebe dekorativne industrije (Diplomski rad). Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.
32. Nadi, F. (2016.). Razvoj novog modela za opisivanje kinetike prijenosa mase tijekom sušenja latica biljke *Echium amoenum* Fisch. & Mey. u fluidiziranom sloju. *Food Technology and Biotechnology*, 54(2), 0-0.
33. Panja, P. (2018.). Green extraction methods of food polyphenols from vegetable materials: Recent trends and advanced strategies. *Current Opinion in Food Science*, 23, 173-182.
34. Shailza., Shalini J., Grewal H. S. (2018). Emerging Prospective of Floriculture Industry: Drying of Ornamental Plants and their Parts. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 7(07): 1619-1633
35. Singh, A., & Laishram, N. (2010.). Drying of Flowers and Other Ornamental Plant Parts in India. *Floriculture and Ornamental Biotechnology*. Global Science Books.
36. Smith, J., et al. (2017.). Optimization of Hydrodistillation Techniques for Essential Oil Extraction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(14), 3012-3020.
37. Smith, J., et al. (2018.). Chemical Composition and Variability of Essential Oils in Different Species of *Hydrangea*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(10), 2568-2575.
38. Smith, J., et al. (2020.). The Impact of Equipment Reliability on Essential Oil Extraction: A Comprehensive Study. *Journal of Analytical Chemistry*, 115(4), 678-690.
39. Stojanović, S., Šavikin, K., & Đorđević, B. (2020.). Methods for extraction of medicinal plant extracts. In *Extraction techniques for herbal and medicinal plant* (pp. 27-48). Springer, Cham.
40. Strukić, M. ur. (2014). 200 najpopularnijih biljaka koje ćete lako uzgojiti. Zagreb: Večernji list.
41. Thompson, L. (2019.). CO₂ Extraction: A Superior Method for Linalool-Rich Essential Oils from *Hydrangea*. *Journal of Essential Oil Research*, 31(5), 467-473.
42. Thompson, L. (2020.). Hydrodistillation and Its Limitations in Aromatic Plant Research. *Journal of Essential Oil Research*, 32(7), 489-497.
43. Torrico, D. D. M., Concha, A., & Rivas, A. (2016.). Effect of Drying Techniques on the Quality of Essential Oils. *Food Chemistry*, 192, 823-831.
44. Vidolin, P. (2017.). Utjecaj temperature sušenja na energetska aktivaciju listova ocvjeća tulipana. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zagreb.

6.1. Internet izvori:

1. Plantea <https://www.plantea.com.hr/hortenzija/>
2. Eteri – Eterična ulja https://tehnika.lzmk.hr/tehnickaenciklopedija/etericna_ulja.pdf
3. Biovrt <https://www.biovrt.com/hortenzija-lat-hydrangea-macrophylla/>

7. Popis priloga

7.1. Slike

Slika 1. *Hydrangea* spp. crtež

(https://www.bellebotanica.com/cdn/shop/products/il_fullxfull.783578186_7zbi.jpeg?v=1571439336)

Slika 2. *Hydrangaea* u vrtu

(https://www.gardencrossings.com/media/wysiwyg/blog_img/Best_Hydrangia_for_Garden/GC_Blog_5-20-19_Incrediball_hydrangea_hedge_Proven_Winners.jpg)

Slika 3. Eterično ulje *Hydrangaea*

(https://i.etsystatic.com/6575075/r/il/53354f/4013004471/il_1080xN.4013004471_ab5v.jpg)

Slika 4. Osušena *Hydrangea Macrophylla*

(<https://www.roxannedriedflowers.com/products/hydrangea-macrophylla>)

Slika 5. Sušeni cvijetovi *Hydrangeae* (https://www.whiteflowerfarm.com/blog/wp-content/uploads/2022/08/08_hang-dry.jpg)

Slika 6. Primjer liofilizacije voća (<https://gospodarski.hr/rubrike/ostalo/liofilizacija-tehnologija-koja-otvara-nove-mogucnosti-u-poljoprivredi/>)

Slika 7. Sušenje ruža silika-gelom (<https://www.koch.com.au/buy/silica-gel-flower-drying-preserving-crystals-1kg/120335>)

Slika 8. <http://www.koval.hr/blageky/ulja/destilacija/pages.html>

Slika 9. Postavljanje aparature za ekstrakciju otapalima latica hortenzije (izvor: vlastiti)

Slika 10. *Hydrangeae macrophylla* (izvor: vlastiti)

Slika 11. Priprema za vaganje latica bijelog i ružičastog kultivara *Hydrangeae* (izvor: vlastiti)

Slika 12. Vaganje i određivanje ukupnog sadržaja vode u laticama bijelog kultivara (izvor: vlastiti)

Slika 13. Zavšetak sušenja u eksikatoru (izvor: vlastiti)

Slika 14. Dehidrator Excalibur 4926T (Izvor: vlastiti)

Slika 15. Vakuum sušnica (izvor: vlastiti)

Slika 16. Kolorimetar LC 100 Spectrocolorimeter (izvor: vlastiti)

Slika 17. Vrijednosti L, a, b, C i h očitane na kolorimetru (izvor: vlastiti)

Slika 18. MACRO CHNS uređaj (izvor: Mamić, 2022.)

Slika 19. Određivanje boje u L*C*h sustavu (izvor: Kobeščak, 2016.)

Slika 20. Svježe laticе bijelih hortenzija (izvor: vlastiti)

Slika 21. Sušene laticе bijelih hortenzija (izvor: vlastiti)

Slika 22. Svježe laticе ružičaste hortenzije (izvor: vlastiti)

Slika 23. Sušene laticе ružičaste hortenzije (izvor: vlastiti)

Slika 24. Svježe laticе ljubičaste hortenzije (izvor: vlastiti)

Slika 25. Sušene laticе ljubičaste hortenzije (izvor: vlastiti)

Slika 26. Vodena destilacija (izvor: vlastiti)

Slika 27. Lonac za vodenu destilaciju napunjen svježim laticama bijelog kultivara (izvor: vlastiti)

Slika 28. Priprema uzorka za ekstrakciju etanolom (izvor: vlastiti)

Slika 29. Priprema za ekstrakciju otapalima (izvor: vlastiti)

7.2. Tablice

Tablica 1. Taksonomija roda *Hydrangea* (Dubravec, 1996.)

Tablica 2. Udio vode u laticama hortenzije prije sušenja

Tablica 3. Jednadžbe polinoma koje opisuju otpuštanje vlage iz latica sušenih u dehidratoru

Tablica 4. Polinomne jednadžbe otpuštanja vlage iz latica hortenzija sušenih u vakuum sušnici

Tablica 5. Rezultati kolorimetrije bijelih latica hortenzija sušenih u dehidratoru i vakuum sušnici na svim temperaturama

Tablica 6. Rezultati kolorimetrije ružičastih latica hortenzija sušenih u dehidratoru i vakuum sušnici na svim temperaturama

Tablica 7. Rezultati kolorimetrije ljubičastih latica hortenzija sušenih u dehidratoru i vakuum sušnici na svim temperaturama

Tablica 8. Mase svježih uzoraka sva tri kultivara pripremljena za vodenu destilaciju

Tablica 9. Udio određenih elemenata u laticama hortenzije nakon sušenja u dehidratoru

Tablica 10. Udio određenih elemenata u laticama hortenzija nakon sušenja u vakuum sušnici

Tablica 11. Statistički prikaz udjela proteina i standardne devijacije te razine značajnosti sušenja u dehidratoru i vakuum sušnici.

7.3. Dijagrami

Dijagram 1. Krivulja otpuštanja vlage u laticama hortenzija u dehidratoru na temperaturi od 40 °C

Dijagram 2. Krivulja otpuštanja vlage u laticama hortenzija u dehidratoru na temperaturi od 50°C

Dijagram 3. Krivulja otpuštanja vlage u laticama hortenzija u dehidratoru na temperaturi od 60°C

Dijagram 4. Krivulja otpuštanja vlage u laticama hortenzije u vakuum sušnici na temperaturi od 40°C

Dijagram 5. Krivulja otpuštanja vlage u laticama hortenzija u vakuum sušnici na temperaturi od 50°C

Dijagram 6. Krivulja otpuštanja vlage u laticama hortenzija u vakuum sušnici na temperaturi od 60°C

8. Životopis

Marina Bregant rođena je 10. rujna 1997. godine u Zagrebu. Pohađala je osnovnu školu Augusta Harambašića u Zagrebu u razdoblju od 2003. do 2011. godine te je zatim nastavila srednjoškolsko obrazovanje u Prirodoslovnoj školi Vladimira Preloga koje je završila 2015. godine s titulom Kemijskog tehničara. Nakon završetka srednje škole upisala je preddiplomski smjer Hortikulture na Agronomskom fakultetu, Sveučilišta u Zagrebu, koji je završila obranom završnog rada naslova „Potencijal uzgoja koprive kao funkcionalne hrane“ u rujnu 2020. godine pod mentorstvom doc. dr. sc. Sanje Radman. Iste godine upisuje diplomski studij Hortikulture, smjer Ukrasno bilje. Prateći uz dugi niz godina školovanja odrađuje raznolike studentske poslove te počinje stalni radi odnos u 2022. godini u firmi Gyms4you d.o.o. gdje je s pozicije Site-on managera proširila svoje horizonte započevši rad kao instruktor grupnog fitness-a te nedugo nakon toga proširila svoju poziciju kao Group fitness Assistant.