

Priprava i primjena prirodnih bojila

Kuzmić, Lucija

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Chemical Engineering and Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:149:778955>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-01**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Chemical Engineering and Technology University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET KEMIJSKOG INŽENJERSTVA I TEHNOLOGIJE
SVEUČILIŠNI PREDDIPLOMSKI STUDIJ

Lucija Kuzmić

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, rujan 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET KEMIJSKOG INŽENJERSTVA I TEHNOLOGIJE
POVJERENSTVO ZA ZAVRŠNE ISPITE

Kandidatkinja Lucija Kuzmić

Predala je izrađen završni rad dana: 19. rujna 2023.

Povjerenstvo u sastavu:

prof. dr. sc. Mirela Leskovic, Sveučilište u Zagrebu Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije

prof. dr. sc. Emi Govorčin Bajsić, Sveučilište u Zagrebu Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije

dr. sc. Katarina Mužina, viša asistentica, Sveučilište u Zagrebu Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije

izv. prof. dr. sc. Vladimir Dananić, Sveučilište u Zagrebu Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije (zamjena)

povoljno je ocijenilo završni rad i odobrilo obranu završnog rada pred povjerenstvom u istom sastavu.

Završni ispit održat će se dana: 22. rujna 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET KEMIJSKOG INŽENJERSTVA I TEHNOLOGIJE
SVEUČILIŠNI PREDDIPLOMSKI STUDIJ

Lucija Kuzmić

PRIPRAVA I PRIMJENA PRIRODNIH BOJILA

ZAVRŠNI RAD

Voditelj rada: prof. dr. sc. Mirela Leskovic

Članovi ispitnog povjerenstva:

prof. dr. sc. Mirela Leskovic

prof. dr. sc. Emi Govorčin Bajsić

dr. sc. Katarina Mužina

Zagreb, rujan 2023.

*Završni rad izrađen je na Zavodu za inženjerstvo površina polimernih materijala
Fakulteta kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu pod vodstvom
prof. dr. sc. Mirele Leskovic*

“Colour is the finishing touche to everything”

Marc Jacobs

Zahvaljujem svim članovima Zavoda za inženjerstvo površina polimernih materijala na srdačnosti prilikom izrade eksperimentalnog dijela ovog rada, a posebno hvala mentorici prof. dr. sc. Mireli Leskovic na prihvaćanju mentorstva, predloženoj zanimljivoj temi Završnog rada te izvrsnom vodstvu punom savjeta, potpore i kreativnosti.

Hvala prof. dr. sc. Aniti Tarbuk s Tekstilno tehnološkog fakulteta u Zagrebu na pomoći u eksperimentalnom dijelu rada i poklonjenoj vuni.

Hvala svim prijateljima, a najveća hvala mojoj obitelji koja mi uvijek pruža ljubav i potporu.

Priprava i primjena prirodnih bojila

SAŽETAK

Bojila se mogu podijeliti u dvije glavne kategorije, prirodna i sintetska. Tirska ljubičasta, karmin, bojadisarski broć i indigo neka su od najpoznatijih i najstarijih prirodnih bojila. Prirodna bojila koristile su najranije civilizacije. Dokazi o korištenju nalaze se u špiljama, drevnim naseljima i grobnicama.

Prirodna bojila moguće je podijeliti na više načina, a česte su podjele prema kemijskoj strukturi, izvoru proizvodnje te metodama primjene na tekstilu. Najčešće se koriste za bojenje tekstila, hrane, kozmetike, u farmaceutskoj industriji te umjetnosti. Do 1856. g. koristila su se samo prirodna bojila, a te je godine W. H. Perkin slučajno pripremio mauvein, prvo sintetsko bojilo koje je bilo put razvoju mnogih drugih sintetskih bojila. Neka sintetska bojila predstavljaju opasnost za okoliš i ljude, stoga se u posljednjih nekoliko godina pojavilo ponovno zanimanje za korištenje ekološki prihvatljivijih i zdravijih bojila. Također, čimbenik koji potiče upotrebu prirodnih bojila želja je kupaca za jedinstvenim proizvodima.

U eksperimentalnom dijelu ovog rada pripremljeno je jedanaest bojila iz biljnih izvora i gljiva (crveni kupus, cikla, špinat, avokado, vrganji, lisičarke, trubice, žuti luk, ljubičasti luk, borovnice i kurkuma), a korištena su za bojenje materijala pamuka i vune. Da bi se ispitale različite mogućnosti bojenja, otopine su razdijeljene u staklene bočice. Za promjenu pH vrijednosti i dobivanje različitih boja korišteni su modifikatori. Kako bi se provjerilo vezivanje bojila za tkaninu, pojedine su bočice sadržavale samo čisto bojilo, a druge i sredstvo na vezivanje. Također, kako bi se ispitaio utjecaj vremena bojenja i temperature na konačan produkt, vlakna su držana u pripremljenim bočicama s otopinama najprije oko jedan sat, pri temperaturi oko 80 °C te tri dana na temperaturi oko 8 °C.

Ključne riječi: prirodna bojila, sintetska bojila, povijest bojila, priprema i primjena prirodnih bojila

Preparation and application of natural dyes

ABSTRACT

Dyes can be divided into two main categories: natural and synthetic. Tyrian violet, carmine, madder and indigo are some of the best known and oldest natural dyes. Natural dyes were used by the earliest civilizations. Evidence of their use can be found in caves, ancient settlements and tombs.

Natural dyes can be categorised in several ways, often according to their chemical structure, their source of manufacture, and their methods of application to textiles. They are most commonly used for dyeing textiles, food, cosmetics, in the pharmaceutical industry, and in the arts. Until 1856, only natural dyes were used. In that year, W. H. Perkin accidentally produced mauveine, the first synthetic dye, which paved the way for the development of many other synthetic dyes. Some synthetic dyes pose a danger to the environment and humans, so in recent years there has been a renewed interest in using more environmentally friendly and healthier dyes.

In the experimental part of this work, eleven dyes were prepared from plant sources and mushrooms (red cabbage, beets, spinach, avocados, porcini mushrooms, chanterelles, tubers, yellow onions, purple onions, blueberries, and turmeric) and used to dye cotton and wool materials. To test the different dyeing options, the solutions were divided into glass vials. Modifiers were used to change the pH and obtain different colours. To test the binding of the dye to the fabric, some bottles contained only pure dye, while others contained a binder. To study the effects of dyeing time and temperature on the final product, the fibres were stored in the prepared vials containing the solutions first at a temperature of 80 °C for one hour and then at a temperature of about 8 °C for three days.

Key word: natural dyes, synthetic dyes, history of dyes, preparation and application of natural dyes

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. TEORIJSKI DIO	3
2.1. Povijest prirodnih bojila.....	3
2.2. Podjela prirodnih bojila.....	4
2.2.1. Podjela prema kemijskoj strukturi	4
2.2.2. Podjela prema izvoru proizvodnje.....	5
2.2.3. Podjela prema metodama primjene na tekstilu.....	7
2.3. Biljni materijal i boje koje proizvode:	8
2.4. Prednosti i nedostaci prirodnih bojila:.....	9
2.5. Primjena prirodnih bojila i pigmenata.....	9
2.5.1. Bojenje tekstila	10
2.5.2. Prirodna bojila za hranu.....	15
2.5.3. Prirodna bojila u umjetnosti.....	20
2.5.4. Prirodna bojila za kozmetiku	22
2.5.5. Prirodna bojila za farmaceutsku industriju.....	24
3. EKSPERIMENTALNI DIO	25
3. 1. Materijali	25
3.1.1. Kemikalije.....	27
3.2. Postupak pripreme bojila	27
4. REZULTATI I RASPRAVA	32
4.1. Rezultati određivanja pH vrijednosti	32
4.2. Rezultati bojenja.....	34
5. ZAKLJUČAK	44
6. LITERATURA	45

1. UVOD

Prirodna bojila uglavnom se dobivaju iz biljaka, životinja, gljiva ili prirodno obojenih ruda, ali najbrojnija su biljna bojila čiji su glavni izvori različiti dijelovi biljaka poput korijenja, stabljika, sjemenki, kora, lišća, cvijeća. Većina biljaka koje se koriste za ekstrakciju bojila klasificiraju se kao ljekovite, a za neke od njih nedavno je dokazano da imaju i antimikrobni učinak. Bojila se mogu podijeliti u dvije glavne kategorije, prirodna i sintetska. Još od prapovijesti prirodna bojila korisila su se za bojenje hrane i kože te vlakana poput vune, svile i pamuka. Ekološki su prihvatljiva i nemaju kancerogeni ili alergijski učinak na ljude. Upotreba nealergijskih, netoksičnih i ekološki prihvatljivih prirodnih bojila na tekstilu postala je od velike važnosti zbog povećane ekološke svijesti o izbjegavanju nekih opasnih, sintetskih bojila. Trenutno se sintetski spojevi koriste za bojenje tekstilnih materijala i uzrokuju onečišćenje vode, kao i probleme s odlaganjem otpada jer su bionerazgradivi i kancerogeni.¹

Sve do 1856.g., za bojenje odjeće koristila su se samo prirodna bojila. Prvo sintetsko bojilo bilo je mauvein, poznat kao anilinska ljubičasta, a slučajno ga je sintetizirao W. H. Perkin dok je pokušavao stvoriti lijek za malariju.²

Neka od najčešćih prirodnih bojila, koja su ujedno i najstarija, su: tirska ljubičasta, karmin, bojadisarski broć i indigo plava. Tirska ljubičasta jedna je od najvažnijih prirodnih bojila ikada pronađena. Legenda kaže da je pas ovčar, koji je pripadao Herkulu, šetao plažom u Tiru i zagrizao školjkaša koji mu je usta obojio u boju zgrušane krvi. Ovo je bojilo postalo poznato i kao kraljevska ljubičasta. Donijelo je veliki prosperitet Tiru u Libanonu oko 1500. godina prije Krista i stoljećima bilo najskuplje životinjsko bojilo koje se moglo kupiti. Bilo je bojilo visokih postignuća, bogatstva, simboliziralo je suverenitet i najviše položaje u pravnom sustavu. Ljubičasta je bila i boja Kleopatrine barke, a Julije Cezar naredio je da tu boju mogu nositi samo car i njegovo domaćinstvo. Karmin je također bojilo životinjskog podrijetla. Grimizne je boje, a proizvodi se od košenila, insekata kaktusa. U Europu su ga iz Meksika unijeli Španjolci. Koristilo se kao bojilo za tkanine, pigment za slikanje, a mnogo kasnije i kao bojilo za hranu. 17 000 osušenih insekata proizvelo bi jednu uncu bojila, što je otprilike 28 grama bojila. S druge strane, biljna bojila općenito su jeftinija i zastupljenija. Najčešća su indigo plava i bojilo bojadisarskog broća koje se može dobiti iz korijena 35 vrsta biljaka koje rastu u Europi i Aziji. Pronađeno je čak i u tkanini mumija i bilo je prvo bojilo koje se koristilo kao kamuflaža. Indigo se dobiva iz biljke nalik grmu koji se namoči u vodu, a zatim

udara bambusom kako bi se ubrzala oksidacija. Tijekom ovog procesa kapljevina se mijenja iz zelene u tamnoplavu. Zatim se zagrijava, filtrira i oblikuje u pastu. Iako je ovaj oblik indiga još uvijek u uporabi, postoji sintetska verzija koja se danas koristi prvenstveno za bojenje plavih traperica.³

Zabrinutost oko utjecaja sintetskih bojila na okoliš i zdravlje dovela je do ponovnog zanimanja za prirodna bojila u posljednjih nekoliko godina. Još jedan čimbenik koji potiče korištenje prirodnih bojila želja je kupaca za autentičnim proizvodima. Naime, mnogo čimbenika utječe na konačnu boju dobivenu bojenjem prirodnim bojilima, a sintetska bojila mogu proizvesti ujednačene i predvidljive nijanse.⁴

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Povijest prirodnih bojila

Povijest prirodnih bojila može se pratiti do najranijih civilizacija, a dokazi o njihovoj upotrebi otkriveni su na arheološkim nalazištima diljem svijeta gdje su pronađeni ostaci obojenih vlakana u špiljama, drevnim naseljima i grobnicama.⁴ Na primjer, u starom Egiptu kemijskim testovima u grobnici faraona Tutankamona pronađeni su tragovi alizarina, pigmenta ekstrahiranog iz biljke bojadisarski broć.⁵ Također, u grobnici je pronađena vrećica s auripigmentom koji je najvjerojatnije služio kao kozmetičko sredstvo. Žute je boje i svjetluca poput tinjca, što ga čini idealnim za imitiranje zlata. Malahit je još jedan pigment pronađen u grobnici. Zelene je boje i vjerojatno potječe iz Sinajske pustinje. Lapis lazuli poznat je od 4000. godine prije Krista, plave je boje, a korišten je pri izradi zlatne Tutankamonove maske.⁶

U drevnoj Kini, obojene svilene tkanine otkrivene su u grobnicama koje datiraju iz dinastije Han s dokazima o korištenju biljnih bojila poput indiga i bojadisarskog vrbovnika. U Južnoj Americi, drevni peruanski tekstil, koji datira iz otprilike 2500. godine prije Krista, pronađen je s tragovima prirodnih bojila poput karmina i annatta. Osim biljaka, kao izvor prirodnih bojila identificirani su i kukci. Na primjer, karmin crvenu boju koristili su drevni Maje i Asteci u Srednjoj i Južnoj Americi.

Korištenje prirodnih bojila u Europi može se pratiti od drevnih civilizacija Grka, Rimljana i Kelta. Obično su se koristila bojila na biljnoj bazi. Tijekom srednjeg vijeka i renesanse, upotreba prirodnih boja proširila se kako su se širili trgovački putevi, a potražnja za šarenim tekstilom je rasla. Jedan od najznačajnijih događaja u tom razdoblju bilo je otkriće novih izvora prirodnih bojila. Počeli su se razvijati i tekstilni centri poput Flandrije, Italije i Engleske. Trgovina tekstilom i korištenje prirodnih bojila postali su važan dio gospodarstva, a poznavanje tehnika bojenja i receptata bile su strogo čuvane tajne unutar cehova.

Industrijska revolucija u 18. i 19. stoljeću donijela je značajne promjene u tekstilnoj industriji, uključujući izum sintetskih bojila koja su bila jeftinija i bilo ih je lakše proizvesti. Engleski kemičar, William Henry Perkin 1856. pripremio je prvo sintetsko bojilo. U dobi od 18 godina, Perkin je pokušavao sintetizirati kinin, lijek koji se koristi za liječenje malarije. Međutim, slučajno je dobio ljubičasto bojilo koje je nazvao *mauveine*. Mauveine se komercijalno proizvodio i brzo je stekao popularnost kao postojano bojilo koje se moglo koristiti za bojenje tekstila i drugih materijala. Ovo

otkriće bilo je put razvoju mnogih drugih sintetskih bojila, što je dovelo do rasta moderne kemijske i tekstilne industrije.⁴

U kontinentalnom dijelu Hrvatske proteinska vlakna (npr. narodne nošnje) bojila su se prirodnim bojilima sve do otkrića sintetskih bojila.⁷

2.2. Podjela prirodnih bojila

Prirodna bojila mogu se podijeliti na više načina. Često se dijele prema:

- kemijskoj strukturi
- izvoru proizvodnje
- metodama primjene na tekstilu⁸

2.2.1. Podjela prema kemijskoj strukturi

Indigoidi (indigo i tirska ljubičasta) najvažnija su skupina prirodnih bojila te bojila koja su koristile i stare civilizacije. Prirodna indigo boja prepoznatljiva je plava s dugom poviješću i smatra se jednim od najvažnijih i najvrjednijih bojila. Može se ekstrahirati iz biljaka poput *Indigofera spp.*, *Polygonum tinctorium*, *Perisicaria tinctoria* i *Isatis tinctoria*. Danas je veliki postotak indiga (nekoliko tisuća tona godišnje) sintetski. Tirska ljubičasta, poznata i kao tirska crvena, kraljevska ljubičasta i carska ljubičasta, prirodno je crvenkasto-ljubičasto bojilo koje sadrži brom, a dobiva se iz hipobranhijalnih žlijezda nekoliko grabežljivih morskih puževa iz obitelji *Muricidae*. Ima izvrsnu postojanosti na svjetlosti.

Berberin (prirodno žuto) bojilo na bazi piridina, izokinolinski alkaloid svijetložute boje. Jedino je prirodno bojilo koje pripada ovoj skupini. Biljke koje daju berberin su: *Berberis aristata*, *Berberis vulgaris*, *Phellodendron amurense* i *Rhizoma coptidis*.

Karotenoidi jarko su obojeni prirodni organski pigmenti koji se nalaze u kloroplastu i kromoplastu gotovo svih porodica biljaka i nekim drugim fotosintetskim organizmima. Boja karotenoida posljedica je prisutnosti dugih konjugiranih dvostrukih veza. Biljke, gljive i prokarioti mogu sintetizirati karotenoide. Oni apsorbiraju svjetlost u području spektra od 400 do 500 nm pa daju žute, narančaste i crvene boje. *Bixa orellana*, *Crocus sativus*, *Curcuma longa*, *Nyctanthes arbor – tristis* i *Cedrela toona* neki su od biljnih izvora karotenoida.

Kinonoidi široko su rasprostranjeni i pojavljuju se u prirodi kao žuta i crvena bojila. Ova skupina pigmenata raznolikija je od bilo koje druge skupine biljnih pigmenata. Na temelju kemijske strukture dalje se klasificiraju kao benzokinoni, α -naftokinoni i antrakinoni. *Carthamus tinctorius*, *Choloraphora tinctoria*, *Lawsonia inermis/Lawsonia alba*, *Juglans regia*, *Plumbago capencis*, *Drosera whittakeri*, *Dactylopius coccus*, *Tabebuia avellanedae*, *Alkanna tinctoria*, *Lithospermum erythrorhizon*, *Rubia tinctorum*, *Rubia cordifolia*, *Rheum emodi*, *Oldenlandia umbellata* i *Morinda citrifolia* prirodni su izvori skupine kinonoida.

Flavonoidi čine najveću skupinu biljnih bojila u rasponu boja od blijedožute do tamnožute, narančaste, crvene i plave. Razni izvori flavonoidnih bojila su: *Reseda luteola*, *Allium cepa*, *Artocarpus heterophyllus/Artocarpus integrifolia*, *Myrica esculenta*, *Datisca cannabina*, *Delphinium zalil*, *Gossypium herbaceum*, *Sophora japonica/Styphnolobium japonicum*, *Butea monosperma/Butea frondosa*, *Mallotus philippinensis*, *Bignonia chica/Arrabidaea china*, *Commelina communis* i *Pterocarpus santalinus*.

Bojila na bazi **dihidropirana**. Primjeri izvora su: *Caesalpinia sappan* i *Haematoxylon campechianum*

Betalaini skupina su biljnih pigmenata reda *Caryophyllales* topljivih u vodi. Sadrže dušik. *Opuntia lasiacantha* i *Beta vulgaris* uobičajeni su prirodni izvori betalainske skupine bojila.

Tanini su biljni proizvodi koji se nalaze u većini biljnog carstva. Dobivaju se iz različitih dijelova biljaka kao što su plodovi, mahune, lišće, kora i korijenje. Definiiraju se kao fenolni spojevi topljivi u vodi. Obično se klasificiraju u dvije skupine – hidrolizabilni i kondenzirani tanini. Prvenstveno se koriste za očuvanje kože, ali i u ljepilima, tintama, za uklanjanje teških metala u obradi površinskih voda. Osim što mogu obojiti tkaninu, koriste se i kako bi povećali afinitet vlakana prema bojilima. U kombinaciji s prirodnim bojilima daju različite nijanse žute, smeđe, sive i crne. *Acacia catechu*, *Terminalia chebula*, *Punica granatum*, *Quercus infectoria*, biljni izvori su tanina.⁸

2.2.2. Podjela prema izvoru proizvodnje

Biljna bojila

Najstarija bojila biljnog su podrijetla, a otkrivena su slučajnim obojenjem odjeće sokovima voća ili biljaka. Biljna bojila dobivaju se iz različitih dijelova biljaka kao što

su listovi, cvjetovi, plodovi, mahune, kora itd. Mogu se nanositi izravno ili s različitim jedkastim sredstvima.

Primjeri biljnih bojila:

Kana: bojilo se ekstrahira iz osušenih listova biljke kane, *Lawsonia inermis*. Daje žućkasto-narančastu boju. Pogodna je za bojenje vunениh i svilenih vlakna.

Indigo: naziva se kraljem potpuno prirodnih bojila. Daje plavu boju. Ekstrahira se iz npr. listova mahunarke, *Indigofera tinctoria*. Pogodan je za bojenje pamuka i vune.

Bojadisarski broć: proizvodi nijanse crvene na tkaninama. Koristi se za bojenje pamučnih i vunениh vlakana, a dobiva se iz korijena *Rubia tinctoria*.

Kurkuma: proizvodi nijanse žute na tkaninama. Pogodna je za bojenje pamuka, svile i vune. Žuta boja ekstrahira se iz mljevenog korijena (rizoma) biljke kurkume, *Curcuma longa*.

Neven: dobiva se iz cvijeta nevena, *Calendula officinalis* koji je žute ili narančaste boje. Pogodan je za bojenje svilenih i vunениh vlakna.

Čaj: za ekstrakciju bojila koristi se lišće biljke, *Camellia sinensis* ili čaj u prahu. Proizvodi različite nijanse smeđe boje.

Luk: bojilo se ekstrahira iz ljuske. Ako su ljuske pravilno osušene, mogu se koristiti godinu dana.

Katehu (*Senegalia catechu*), listopadno, trnovito drvo: bojilo se ekstrahira iz smole. Ljepljiva tvar iz biljke akacije. Proizvodi nijanse smeđe boje.

Fustik: dud fustik veliko je tropsko američko stablo, *Chlorophora tinctoria* ili *Maclura tinctoria* iz porodice dudova, *Moraceae*. Bojilo daje žutu boju na vuni fiksiranoj kromovim solima.

Kampeče drvo: može se odnositi na članove roda *Xylosma*, dio obitelji vrba. Bojilo se ekstrahira iz srži cjepanice i stvara ljubičastu boju.

Šafran: začín koji se dobiva iz cvijeta, *Crocus sativus*. Bojilo se ekstrahira iz stigmi običnog šafrana.¹

Životinjska bojila i bojila od insekata

Primjeri životinjskih bojila:

Crvenousta kamena školjka bila je jedan od glavnih izvora tirkog purpura, a prema provedenim studijama, uzrok smanjenja proizvodnje je porast temperature mora. Također, ovo se bojilo dobivalo iz morskih puževa pronađenih u Sredozemnom moru. Količina proizvedenog bojila bila je vrlo ograničena i stoga vrlo skupa.

Karmin bojilo ekstrahira se iz osušenih tijela ženke crvene stjenice, *Dactylopius coccus*. Proizvodi grimizne boje s aluminijem i kositrenim oksidom kao mordantom. Najviše se koristi za bojenje vune i svile. Dobivena boja vrlo je postojana.

Bojilo kukca ekstrahira se iz kapljevine koju luči kukac, *Lauifer lacca*, koji živi na grančicama drveća banjan i drugih vrsta.¹

Mineralna bojila

Minerali se koriste za fiksiranje ili poboljšanje postojanosti biljnih bojila, ali i kao tvari za bojenje.

Primjeri mineralnih bojila:

Limonit – vrsta je željezne rude i zemni mineralni oksid. Koristi se za dobivanje žute, smeđe i crvene nijanse.

Malahnit – mineral intenzivno zelene boje. Sastav mu čini bakrov karbonat pomiješan s bakrenim hidroksidom. Koristi se za dobivanje nijansi zelene.

Mangan – koristi se za dobivanje crne nijanse.

Cinabarit – teški crvenkasti mineral, metalnog adamantinskog sjaja. Koristi se za dobivanje nijansi crvene.

Azurit – plavi do tamnoplavi mineral bakra. Kristaliziran je i često se pronalazi zajedno sa zelenim mineralom malahitom. Oba su proizvodi erozije i oksidacije bakrenih minerala. Koristi se za dobivanje plavih nijansi.

Olovo – koristi se za dobivanje crvenih nijansi.

Aragonit – obično bezbojan ili bijeli mineral. Koristi se za dobivanje bijelih nijansi.

Lapis lazuli – također poznat kao lapis, plava stijena. Sastoji se od mješavine azurita i kalcita, piroksenita i drugih silikatnih minerala osim pirita. Koristi se za dobivanje plavih nijansi.¹

2.2.3. Podjela prema metodama primjene na tekstilu

Mordant bojila – bojila koje se dodatkom mordanta mogu vezati na materijal za koji inače imaju mali afinitet ili ga uopće nemaju. Mordant je kemikalija koja povećava interakciju između bojila i vlakana.

Bojila za posude – skupina bojila koje su klasificirane kao takve zbog načina na koji se nanose na tkaninu. Bojenje se odvija u kanti ili kadi. Ova su bojila netopljiva dok su u svom obojenom obliku, ali mogu se reducirati u topljivi, bezbojni (leuko) oblik koji ima

afinitet prema vlaknima ili tekstilu koji se boji. Ponovna oksidacija pretvara ih u netopivi oblik uz zadržavanje boje. U ovu skupinu ubrajaju se samo tri prirodna bojila: indigo, bojadisarski vrbovnik i tirski purpur.

Izravna bojila – organske su molekule topive u vodi koje se kao takve mogu primijeniti na celulozna vlakna jer imaju afinitet prema vlaknu. Lako se nanose i daju svijetle boje. Međutim, zbog prirode kemijskih interakcija, njihova je postojanost prilikom pranja loša, ali može se poboljšati posebnom naknadnom obradom. Primjeri izravnih bojila su: kurkuma, annatto, šipak, šafranika.

Kisela bojila – vrsta izravnih bojila za poliamidna vlakna poput vune, svile i najlona. Nanose se u kiselom mediju. Šafran je kiselo bojilo.

Bazična bojila – poznata su kao kationska bojila. Ionizacijom daju obojene katione koji stvaraju elektrovalentnu vezu s karboksilnom skupinom vlakana vune i svile. Nanose se u neutralnom do blago kiselom stanju. Berberin je bazično bojilo. Strukturno, ova bojila nose nelokalizirani pozitivni naboj koji rezonira u strukturi bojila, što rezultira slabom postojanošću na svjetlosti.

Disperzna bojila – bojila netopljiva u vodi kojima se boje poliesterska i acetatna vlakna. Disperzno bojenje noviji je postupak u odnosu na prirodno bojenje. Smatra se da se neka prirodna bojila, kao što su loson, juglon, lapakol i šikonin, mogu klasificirati kao disperzna bojila.⁸

2.3. Biljni materijal i boje koje proizvode:

Mnoge se biljke mogu koristiti za dobivanje bojila, a neke proizvode boje koje nisu nimalo slične izvornoj biljci iz koje potječu.

Primjeri biljnog materijala i boje koje mogu dati:

- Narančasta: mrkva, zlatni lišaj, ljuske luka
- Smeđa: korijen maslačka, hrastova kora, ljuske oraha, čaj, kava, žir
- Ružičasta: bobičasto voće, trešnje, crvene i ružičaste ruže, ljuske i sjemenke avokada
- Plava: indigo, crveni kupus, bazga, crveni dud, borovnica, ljubičasto grožđe, kora drijena
- Crveno-smeđa: šipak, cikla, bambus, hibiskus, krvavi korijen
- Sivo-crna: kupine, ljuska oraha, korijen perunike
- Crveno-ljubičasta: borovnica

- Zelena: artičoka, korijenje kiselice, špinat, lišće paprene metvice, jorgovan, trava, kopriva, trputac, lišće breskve
- Žuta: lovor, neven, latice suncokreta, gospina trava, cvjetovi i lišće maslačka, paprika, kurkuma, lišće celera, grančice jorgovana, korijen mahonije, korijen žutike⁹

2.4. Prednosti i nedostaci prirodnih bojila:

PREDNOSTI:

- Prirodna bojila dobivena su iz prirodnih izvora, stoga su ekološki prihvatljiva
- Moguće je dobiti nježne i umirujuće nijanse
- Bojila pružaju zaštitu od UV zraka
- Prirodna bojila poput kurkume imaju antimikrobna svojstva pa štite tkanine i osobe koje ih nose
- Neka prirodna bojila imaju svojstvo odbijanja komaraca i otpornosti na plamen
- Prirodna bojila dobivena su iz obnovljivih izvora
- Neka prirodna bojila neće uzrokovati zdravstvene probleme ako se progutaju. Na primjer karmin koji se često nalazi u ruževima za usne

NEDOSTACI:

- Prirodna je bojila teško skladištiti
- Ekstrakcija bojila dugotrajan je proces
- Ponovljivost iste nijanse boje je teška
- Nečistoće u prirodnim bojilima izbljeđuju proizvedenu boju
- Dostupnost bojila ovisi o godišnjem dobu
- Procese prirodnog bojenja teško je standardizirati
- Prirodna bojila blijede pranjem i pod djelovanjem svjetlosti
- Ponekad se potroši mnogo vode za pripravu bojila¹

2.5. Primjena prirodnih bojila i pigmenata

Organski pigmenti i bojila koriste se za razne namjene uključujući premaze, plastiku, tinte, boje za slikanje, oznake na cestama, kožu, tekstil i vlakna, u medicinske svrhe itd.^{10, 11}

2.5.1. Bojenje tekstila

Vrste vlakna i mogućnosti bojenja

Prirodna vlakna dijele se na životinjska ili proteinska kao što su vuna, svila, kašmir, alpaka te biljna ili celulozna vlakna kao što su pamuk, lan, bambus, ramija i konoplja. Pređa se najlakše boji. Prilikom bojenja tekstila važno je koristiti dovoljno veliku posudu. Odjevni predmeti koji sadrže sintetske dijelove zahtjevni su za bojenje jer se umjetna vlakna teže boje. Pri korištenju vune potreban je oprez kako bi se izbjeglo pustanje.¹²

Balkanski je tekstil retro tekstil, a ručno je tkan prije više od 50 godina na Balkanu. Sastavljen je pretežno od konoplje koja se uzgaja u selima diljem Balkana. Bilo je uobičajeno da kućanstva uzgajaju vlastitu konoplju. Žetve bi proizvele dovoljno vlakana za cijelu godinu, a obrađena vlakna mogu se obojiti i obično bi se koristila za izradu odjeće, posteljine, vreća i ručnika.¹³

Utjecaj vode na bojenje

Preporuča se koristiti meku vodu za većinu bojila. Bojilima koja preferiraju tvrdu vodu, može se dodati kalcijev karbonat u obliku fino mljevene krede ili tableta antacida. Također, kiselost ili lužnatost vode utjecat će na konačnu boju. Ako je potrebno povisiti pH, mogu se dodati natrijev karbonat ili amonijak, a ako tvrdu vodu treba zakiseliti, dodaje se npr. ocat, limunov sok ili nekoliko kristala limunske kiseline. Vodu koja sadrži željezo teško je koristiti za prirodno bojenje jer tada nije moguće postići čiste boje. U ovom slučaju boje će biti prigušene i tamnije. Za ispiranje i pranje prirodno obojenih vlakana i tkanina treba koristiti pH neutralnu vodu jer u suprotnom može doći do neželjenih promjena boje.¹²

WOF

Masa vlakna (WOF, engl. Weight Of Fibre) prikladan je način određivanja koliko je bojila potrebno za određenu nijansu. Masa bojila izražava se kao postotak WOF-a. Pređa, vlakna i tkanine uvijek se važu suhi, a zatim peru jer ih je potrebno očistiti prije bojenja.¹²

Mordanti¹, tanini i modifikatori

Mordanti

Pojam mordant izveden je iz latinske riječi *mordere*, što znači „zagristi” ili „uhvatiti”. Za većinu prirodnih boja potrebna je kemikalija, metalna sol za stvaranje afiniteta između vlakna i pigmenta.¹⁴ Dakle, mordanti su metalne soli koje olakšavaju vezivanje bojila na vlakno.¹² Poznate su i kao jedkasta sredstva.¹⁴ Neki recepti za prirodna bojila još uvijek zahtijevaju upotrebu teških metala poput kroma kao mordanta. Oni se koriste od vremena industrijske revolucije, no ne preporučuju se u današnje vrijeme. Teški metali mogu biti otrovni, a većina nijansi dobivenih upotrebom teških metala kao mordanta može se postići prekomjernim bojenjem ili varijacijama u postupku bojenja.¹²

Odabir mordanta ovisni ponajviše o vrsti vlakna koje se boji. Ako se boji mješavina proteinskih i celuloznih vlakana, kao što su vuna/konoplja, svila//bambus ili svila/pamuk, upotrijebljavaju se sredstva za jedkanje koja mogu obojiti obje vrste vlakna u mješavini.¹⁵

Metode jedkanja klasificiraju se prema vremenu nanošenja jedkastih tvari:

- predmordantiranje
- simultano jedkanje
- naknadno jedkanje

Predmordiranje: u ovoj metodi tekstilni materijal najprije se uroni u otopinu za jedkanje na 30 do 60 minuta s omjerom mordanta i tekućine od 1:5 do 1:20. Tako tretirani materijal može se obojiti nakon čega se pere.

Simultano jedkanje: tekstilni materijal i mordant istovremeno se uranjaju u kupku za bojenje. Kako bi se optimirali uvjeti, varijable procesa bojenja mogu se proučavati za specifični sustav vlakno-modant-prirodno bojilo. Nakon bojenja, materijal se opere.

Naknadno jedkanje: postupak bojenja provodi se na tekstilnom materijalu bez prethodnog fiksiranja. Nakon bojenja, tkanina se tretira u drugoj kupki koja sadrži otopinu jedkaste tvari. Uvjeti obrade mogu varirati ovisno o vrsti vlakana, bojila i sredstva za jedkanje koji se koristi. Nakon bojenja, materijal se opere.¹⁴

Najčešće korišteni mordanti:

¹ u radu je korišteno više naziva za mordante: mordanti = fiksatori = sredstva za jedkanje = sredstva za vezivanje

Aluminijev acetat – često preferirano sredstvo za jedkanje celuloznih vlakana i tkanina. Rafinira se iz boksita s octenom kiselinom kao sredstvom za pročišćavanje. Skuplji je mordant i ponekad ga je teško pronaći.¹² Budući da je praškast, lako se širi prostorom. Miriše na octenu kiselinu pa se pri uporabi preporučuje nošenje maske i ventilacija. Također, može isušiti ruke, stoga su potrebne i rukavice.

Pšenične posije – vanjski su sloj (perikarp) zrna pšenice. To je dio koji se uklanja prilikom prerade pšenice u bijelo brašno. Sadrže minerale koji poboljšavaju vezivanje. Kupke od pšeničnih posija mogu se koristiti nekoliko puta prije bacanja. Njihovi enzimi korisni su za uklanjanje škroba iz vlakana.

Kalcijev karbonat – gust je bijeli praškasti mineral. Koristi se kao naknadna kupka za jedkanje celuloznih vlakana.¹⁵

Aluminijev kalijev sulfat, stipsa – sredstvo za jedkanje koje se najčešće koristi za proteinska i celulozna vlakna i tkanine.¹² Proziran je kristal, nalik soli.¹⁵ Poboljšava postojanost kod pranja, a boje održava čistima. Jeftin je i siguran za korištenje. Ovaj oblik stipse rafiniran je iz boksita, sirovog stanja aluminijske rude i ne sadrži nečistoće (kao što je željezo) koje mogu sadržavati neke druge stipse.¹²

Aluminijev sulfat – sadrži isti aktivni sastojak (stipsa), ali dobiven je drugačijim postupkom rafiniranja u odnosu na kalij aluminij sulfat. Koristi se za jedkanje proteinskih vlakana kao što su svila i vuna.

Aluminijev triformat – može se koristiti za sva prirodna vlakna, ali najbolje ga je koristiti kao mordant za vunu.

Symplocos (Symplocos cochinchinensis) rod cvjetnica iz reda *Ericales* – lišće u prahu može zamijeniti aluminijev sulfat u konvencionalnim receptima za bojenje.¹⁵

Tanini

Nisu sredstva za jedkanje (nisu metalne soli), ali koriste se kao pomoć pri jedkanju celuloznih vlakana i tkanina. Npr. kalij aluminij sulfat ne veže se dobro za celulozna vlakna. Zato se ona najprije obrade taninom, nakon čega se kalijev aluminijev sulfat može spojiti s kompleksom tanina i vlakana. Mnoga prirodna bojila sadrže tanin (crni hrast, šipak, fustik, žir itd.) pa ga ne treba dodati. Tanini mogu biti čisti i tada ne boje vlakna, ali kada nisu prozirni, oboje vlakna, stoga je važno dobro razmotriti odabir tanina.

- čisti tanini: žir, tara, ruj
- žuti tanini: šipak, crni hrast, fustik

- crveno-smeđi tanini: mimoza, listovi čaja i ruj¹²

Modifikatori

Krema od tartara – kalijev bitartrat sol je tartaratne (vinske) kiseline. Obično se dobiva kao talog nastao u procesu proizvodnje vina. Izborni je dodatak kupki za bojenje, a služi za omekšavanje vune, posvjetljivanje nijansi i naglašavanje boje. Npr. pomijenit će karmin boju fuksije u čistu crvenu boju. Krema od tartara najbolje djeluje na proteinskim vlaknima, no rijetko se koristi sa svilom. Ne koristi se s celuloznim vlaknima.

Željezo, željezov sulfat – kao i stipsa, željezo je sredstvo za jedkanje koje će povećati postojanost bilo koje boje. Međutim, nije neutralno, stoga čini boje tamnijima i bogatijima. Najčešće se koristi s celuloznim vlaknima poput pamuka, lana, rejonu i konoplje, a treba ga koristiti s oprezom na proteinskim vlaknima jer ih može učiniti tvrdim ili lomljivim. Preporuča se i primjena željezova acetata umjesto željezova sulfata kako bi se izbjegao prijenos željeza (migracija željeza).¹²

Ekstrakcija

Bojilo treba ekstrahirati iz materijala (npr. korijena, kore, latica ili lišća). Obično se ekstrakcija odvija u kupelji za bojenje, ali ponekad (kod indiga ili bilo kojeg bojila od insekata) to je potpuno odvojen proces. Ekstrakti su vrlo koncentrirani pa su potrebne manje količine u usporedbi s količinom sirovog materijala koja bi bila potrebna za bojenje.¹²

Prilikom obrade prirodnih bojila, ekstrakcija i pročišćavanje najvažniji su koraci. Glavne metode ekstrakcije prirodnih bojila su:

- Ekstrakcija otapalom

Proces i tehnologija ove ekstrakcijske metode jednostavni su, a ulaganje u opremu je malo. Pigmenti topivi u vodi obično se ekstrahiraju pomoću vode ili hidrofilnih organskih otapala poput etanola, metanola i acetona, ovisno o strukturi bojila, dok se pigmenti topivi u mastima ekstrahiraju heksanom, diklorometanom i petroleterom. Topivost nečistoća je niska. Čimbenici koji utječu na ekstrakciju su: stupanj mljevenja, vrijeme ekstrakcije, temperatura, oprema i izbor otapala.¹⁶ Metoda ekstrakcije otapalom učinkovitija je od vodene ekstrakcije. Dobivena bojila dobre su kvalitete, potrebna je niska temperatura i manja količina vode.¹⁴

- Vodena ekstrakcija

Metoda vodene ekstrakcije konvencionalna je, jednostavna i prikladna za ekstrakciju biljnih komponenata koje se mogu destilirati vodenom parom bez promjene molekularne strukture. Kako bi se povećala učinkovitost ekstrakcije, obojeni suhi materijali režu se na komadiće, zatim usitnjavaju u prah i čuvaju u spremniku. Prilikom ekstrakcije, nakon što voda zavrije, para izvlači bojilo iz materijala. Nakon kondenzacije, izolira se separatorom ulja i vode. Proces vrenja i odvajanja može se ponoviti po potrebi.¹⁶ Nedostaci metode su dugo vrijeme obrade, velika potrošnja vode, temperatura, nizak prinos bojila, mogu se ekstrahirati samo komponente topive u vodi.¹⁴

- Enzimska ekstrakcija

Najnovija dostignuća u biotehnologiji za ekstrakciju učinkovitih komponenti iz prirodnih izvora sve su popularnija. Postoji izbor odgovarajućih enzima koji mogu blago razgraditi biljna tkiva, ubrzati otpuštanje učinkovitih komponenti i poboljšati brzinu ekstrakcije. Temperatura i pH glavni su čimbenici koji utječu na učinak enzima.¹⁶

- Ekstrakcija ultrazvukom

Ultrazvuk je jedan od najučinkovitijih i energetski najštedljivijih izvora energije koji pomaže pri ekstrakciji. Ultrazvučna je ekstrakcija jedna od modernih metoda ekstrakcije.¹⁶ Sirovina se tretira u vodenoj otopini pomoću mikrovalnih ili ultrazvučnih zraka pa može podnijeti visoku temperaturu, a ekstrakcija je brža.¹⁴ Snažan učinak kavitacije, veliko ubrzanje, mehaničke vibracije, emulgiranje, difuzija, drobljenje mogu povećati frekvenciju i brzinu molekula materijala te poboljšati prodiranje otapala.¹⁶

- Ekstrakcija superkritičnim fluidom

Ekstrakcija superkritičnim fluidom najsloženiji je proces ekstrakcije. Prednosti ove metode su velika brzina ekstrakcije, dobra selektivnost, nema zaostalog onečišćenja otapalima ili utjecaja na okoliš. Istraživanje tehnologije ekstrakcije superkritičnih tekućina rađeno je u razvijenim zemljama, najviše prilikom ekstrakcije hmelja i kofeina.

- Lužnata ili kisela ekstrakcija

Za ekstrakciju prirodna bojila koje sadrže glikozide u svojoj strukturi mogu se koristiti slabe kiseline i lužine. Nakon što je proces ekstrakcije završen, taloženje se može izvesti pomoću kiselina. Budući da su neka prirodna bojila osjetljiva na pH,

postoji mogućnost gubitka prinosa bojila ovim postupkom ekstrakcije, što je njegov glavni nedostatak.¹⁶

Postupak nakon bojenja

Preporuča se neposredno nakon procesa bojenja nježno oprati tkaninu u mlakoj ili hladnoj vodi bez sapuna i ostaviti da se potpuno osuši. Pranjem se uklanja bojilo koje se nije vezalo za tkaninu. Zatim, nakon dva ili više tjedana tkanina se može oprati mlakom vodom i pH neutralnim sapunom. Obojene tkanine spremaju se tako da nisu izložene izravnoj sunčevoj svjetlosti.¹²

2.5.2. Prirodna bojila za hranu

Glavni kriteriji za procjenu kvalitete hrane su boja, miris, okus i tekstura, no boja je najvažnija jer ostavlja prvi dojam, odnosno određuje privlačnost potrošačima. Bojila koje se dodaju hrani prirodnog su ili sintetskog podrijetla, a uloga im je da se poboljša boja koja je izvorno prisutna u hrani, kako bi se nadomjestila boja izgubljena tijekom obrade te kako bi se dodale hranjive tvari. Posljednjih nekoliko godina, dostupnost i korištenje prirodnih bojila povećao se kao posljedica svijesti potrošača o negativnim učincima umjetnih bojila. Sintetska bojila ponekad daju nepoželjan okus i često su štetna za ljude jer mogu djelovati npr. kao alergeni, dok neka prirodna bojila djeluju povoljno kao antimikrobici i antioksidansi.¹⁷

Kao bojila za hranu koriste se:

- Umjetni aditivi (E-broj) – sintetski su proizvedeni aditivi koji se koriste za bojenje hrane, uključuju azo boje kao što je tartrazin (E102)
- Prirodni aditivi kao bojilo (E-broj) – dobiveni su iz različitih prirodnih izvora i dalje obrađeni radi koncentriranja, poboljšanja i stabilizacije pigmenata boje¹⁸
- npr. prirodni aditiv je karmin bojilo (E120) koje se koristi u Cherry Coke-u¹⁹
- Hrana koja služi kao bojilo (sastojci s čistom oznakom) – prerađeno voće, povrće, biljke i začini koji se koriste za davanje okusa i boje¹⁸

Razlika između prirodnih aditiva kao bojila i hrane koja služi kao bojilo:

Prirodni aditivi kao bojila – potječu iz širokog spektra prirodnih izvora poput povrća, voća, biljaka i minerala. Podvrgavaju se kemijskoj obradi ili obradi otapalima kako bi se selektivno ekstrahirali pigmenti odgovorni za boju i time postigla visoko

koncentrirana i postojana boja. Neka bojila, iako potječu iz prirodnih izvora, ne smatraju se prirodnim bojilima jer su prošla preveliku razinu obrade.

Hrana koja služi kao bojilo – namirnice za bojenje smatraju se sastojcima s oznakom čistoće zato što se ne izlažu selektivnoj ekstrakciji, odnosno to su jednostavno koncentrirani sokovi. Označeno je na pakiranjima kao sastojak proizvoda i nije potreban E-broj. Na primjer, označi se kao „koncentrat crne mrkve“.¹⁸

Popis bojila prirodnog podrijetla za prehrambenu industriju vrlo je opsežan, a mijenjaju se zakoni koji reguliraju njihovu upotrebu. Među najstrožima su oni koje su razvili EFSA i FDA.²⁰

Neka od najpoznatijih prirodnih bojila za hranu su:

Kurkuma (E100). Kurkumin je glavni kurkuminoid *Curcume longae*, rizoma iz obitelji đumbira (*Zingiberaceae*), a može postojati u nekoliko tautomernih oblika, uključujući 1,3-diketo oblik i dva ekvivalentna enolna oblika. Jarko je žute boje i često se koristi za bojenje hrane npr. u jelima od riže i mesa te u pripremi karija. Ima svojstva poput antioksidativnog i protuupalnog djelovanja.

Karmin (E120). Crveni je prah netopljiv u vodi pri neutralnom pH, ali topiv pri bazičnom pH. Dobiva se od kukca *Dactylopius coccus*. Insekti se najprije suše vrućim zrakom, potom kuhaju u amonijevu hidroksidu koji se zatim filtrira. Na kraju se u filtrat dodaje stipsa kako bi se bojilo istaložilo. Vjeruje se da je njegova upotreba bila poznata u Južnoj Americi, na području Perua, civilizaciji prije Inka. Koristi se u proizvodnji sladoleda, nekih kobasica, želea, džemova, jogurta i sokova.

Klorofili (E140). Klorofil je molekula od iznimne važnosti u metabolizmu biljaka. Apsorbira svjetlost s većim intenzitetom u plavom dijelu elektromagnetskog spektra, međutim, to ne čini u području zelene, stoga su biljke zelene. Klorofil se može dobiti iz lucerne (*Medicago sativa*), povrća, algi i mikroalgi u obliku ekstrakta topljivog u ulju. Koristi se u prehrambenoj industriji za bojenje mliječnih proizvoda, bezalkoholnih pića, umaka, konzervi, slastica.

Smeđa karamela (E150). Karamel boja jedno je od najstarijih i najčešće korištenih prehrambenih bojila. Oko 80 % svjetske potrošnje prehrambenih bojila odgovara ovom bojilu. Topivo je u vodi, a boja varira od žute do tamnosmeđe. Industrijska uporaba započela je u pivarskoj industriji u 19. stoljeću, a danas se nalazi u mnogim komercijalno proizvedenim namirnicama i pićima. Npr. koristi se u izradi likera, krema, milkshakeova, pekarskih proizvoda, čokolade, keksa, u slastičarstvu, u

pripremi prženih krumpirića, proizvodnji sladoleda, bezalkoholnim pićima i gaziranim pićima. Proizvodi se termičkom obradom ugljikohidrata u prisutnosti kiselina, baza ili soli. Za pripremu mogu se koristiti sljedeći ugljikohidrati: fruktozni sirup, glukozni sirup, saharoza, melasa i škrobni hidrolizat. Od kiselina koristiti se mogu: sumporna, fosforna, octena i limunska kiselina. Baze koje se koriste su: amonijev, natrijev, kalijev i kalcijev hidroksid, a soli: amonijev karbonat, natrij i kalij, bikarbonat, fosfat, sulfat i bisulfid. Na međunarodnoj razini, Povjerenstvo stručnjaka za prehrambene aditive u hrani, Poljoprivredna organizacija Ujedinjenih naroda te Svjetska zdravstvena organizacija za prehrambene aditive (JECFA) priznaju četiri klase boje karamele, koje se razlikuju ovisno o sastojcima potrebnim za njihovu proizvodnju. Američka agencija za hranu i lijekove (FDA) klasificira karamelu u boji kao odobreni aditiv za boju koji je izuzet od certificiranja. Karamel bojilo mikrobiološki je stabilno jer se proizvodi na vrlo visokim temperaturama i tlakovima, a vodena i pH aktivnost su niske.

Karotenoidi (α -, β -, γ -) karoten (E160a) – žuto-crveno-narančasti karoteni su tetraterpeni s 40 atoma ugljika, sintetizirani biokemijski iz osam izoprenskih jedinica. β -karoten najčešći je oblik karotena u biljkama. Razlikuje se od ostalih karotena po tome što ima beta prstenove na oba kraja molekule. Odvajanje β -karotena iz voća bogatog karotenoidima provodi se kolonskom kromatografijom. Odvajanje β -karotena od mješavine drugih karotenoida temelji se na različitoj polarnosti (β -karoten je nepolarni spoj).

Annatto (E160b). Biksin je kristalna tvar crvenkasto-narančastih tonova prisutna u sjemenkama stabala anatta u mnogim tropskim i suptropskim regijama svijeta. Može se dobiti na dva načina. Kao ekstrakt, korištenjem organskih otapala (npr. aceton) ili taloženjem s KOH iz njegovog, u vodi netopljivog oblika, norbiksina. Biksin se tijekom povijesti koristio u izradi tradicionalnih jela u aztečkoj kulturi, kao bojilo i za okus.²⁰ Koristi se u obliku ekstrakta ili praha za bojenje grickalica, pekarskih proizvoda, sireva.²¹

Likopen (E160d). Prirodna tvar topiva u mastima. Nalazi se npr. u rajčicama, lubenicama, marelicama. Komercijalno je dostupan u obliku uljnog ekstrakta koji dobivenog ekstrakcijom organskim otapalima. Prilično je nestabilan jer ga razgrađuju svjetlost, prisutnost kisika te visoke temperature. Likopen je, kao i ostali karoteni, tetraterpen, a široko se koristi kao bojilo i sastojak hrane.

Paprika (E160c). Daje žutu, narančastu ili crvenu boju. Glavna joj je upotreba kao bojilo i aroma u hrani. Ekstrakciju mogu izvršiti različita nepolarna otapala, uglavnom heksan.

Betanin (E162). Kemijski je glikozid koji se dobiva iz cikla u obliku vodenog ekstrakta. Prilično je stabilan na različitim pH razinama, a razgrađuje se kada je izložen svjetlu, toplini i kisiku. Trenutno nije poznato ima li štetne učinke. Često se koristi u slastičarstvu, sladoledima, mliječnim proizvodima, u smrznutim proizvodima, bezalkoholnim pićima, konzerviranom povrću, džemovima i ribljim konzervama. Za njegovo dobivanje cikla se melje, preša i dobiveni sok filtrira, a zatim koncentrira isparavanjem. Ponekad se može dobiti i u obliku praha postupkom atomizacije.

Porodica antocijanina (E163). Antocijanini su pigmenti topivi u vodi koji, kada se promijeni pH vrijednost medija, mijenjaju boju iz crvene u ljubičastu i zatim plavu. Biljke bogate antocijanima su: borovnice, crvene maline, kupine, crni ribiz, trešnje, grožđe i crna mrkva. Antocijana ima i u kori patlidžana, crnoj riži i crvenom kupusu. Pripadaju primarnoj klasi molekula zvanih flavonoidi koji se proizvode u svim tkivima viših biljaka. Zbog velike raznolikosti antocijana, neki od njih još nisu odobreni za upotrebu kao bojila za hranu jer nisu provedena odgovarajuća toksikološka istraživanja. Postoji sve veći interes za ovu skupinu bojila, posebno za njihov antioksidativni kapacitet.

- **Bojilo soka grožđa** (E163). Sok od grožđa dobiva se usitnjavanjem i miješanjem grožđa. Često se prodaje svjež ili fermentirao. Ekstrakt grožđa topiv je u vodi i alkoholu, a netopiv u mastima i uljima. Na boju antocijanina utječu promjene pH vrijednosti pa se bojilo soka grožđa koristi samo u proizvodima s $\text{pH} < 4$.
- **Ekstrakt crne mrkve** (E163). Crne mrkve prirodni su izvor bojila za hranu. Uglavnom se proizvode u Turskoj i drugim regijama Bliskog istoka i Azije. Mrkva se na ovim prostorima pojavila prije otprilike 5000 godina, prvotno kao ljubičasti ili žuti korijen, a potom, zbog prirodnih mutacija, pojavile su se različite boje i sorte. Zapravo, najpoznatije su sorte u Europi relativno novije sorte, narančaste boje zbog selekcije koju su stoljećima vršili poljoprivrednici iz praktičnih razloga i potražnje. Spojevi koji daju boju crnoj mrkvi su antocijanini. Crna mrkva ima niz sastojaka vrlo korisnih za zdravlje. Na primjer, visok sadržaj

antioksidansa poput vitamina C i E, kao i drugih fenolnih spojeva poput hidroksicinamata i kafeinske kiseline. Crna mrkva ima vrlo ograničen rok trajanja kao neprerađeni proizvod, pa se industrijalizira in situ u obliku sokova i koncentrata. Koncentrat crne mrkve ima višestruku primjenu za: alkoholna pića, energetska pića, gazirana pića, slastičarstvo, pekarstvo, mliječne proizvode.

- Sok crvenog kupusa (E163). Crveni kupus ima visok sadržaj vitamina C i K, te glukozinolata za koje se prema nedavnim studijama vjeruje da potiču proizvodnju enzima za detoksikaciju što dovodi do potencijalnih pozitivnih zdravstvenih učinaka. Za njegovo dobivanje koriste se jednostavni fizikalno-kemijski postupci ekstrakcije i pročišćavanja kako bi se osigurale čistoća i stabilnost. Primjenjuje se u bezalkoholnim pićima, vinu, likerima, slasticama, sladoledu, sokovima i džemovima.
- Sok crvene rotkve (E163). Ekstrakt crvene rotkve topiv je u vodi i netopljiv u uljima. Stabilan je pri kiselom pH. Da bi se dobio ekstrakt, sirovina se čisti, reže, ekstrahira kruto-tekućom ekstrakcijom, filtrira, koncentrira, sterilizira i dehidrira. Koristi se u pićima s voćnim okusom, smrznutoj hrani, proizvodnji slatkiša, džemova, umaka.

Šafran (E164). Bojilo šafrana dobiva se iz cvijeta *Crocus sativus* iz porodice *Iridaceae*, čiji su glavni aktivni sastojci krocin (karoteonoid odgovoran za žutu boju), pikrokrocin i safranal. Svaka biljka šafrana naraste od 20 do 30 cm i proizvede do četiri cvijeta, svaki s tri stigme. Stigme se suše i nakon toga koriste kao začini i bojilo. Šafran je jedna od najskupljih biljaka na svijetu jer se njegov uzgoj, berba i obrada obavljaju ručno, a za dobivanje jednog grama šafrana potrebno je više od 200 cvjetova. Šafran je podrijetlom iz jugozapadne Azije i počeo se uzgajati prije više od 2000 godina. Iran je prvi proizvođač u svijetu s 90% ukupne proizvodnje, zatim slijedi Španjolska. Glavna upotreba šafrana je kao aroma i bojilo za hranu. Koristi se u malim dozama u pripremi mnogih jela na bazi riže, mesa, ali i u pripremi slastica i krema.

Kalcijev karbonat (E170 i). Kalcijev karbonat, CaCO_3 vrlo je zastupljen u prirodi (kalcitne stijene, koralji, ljuske jaja). Ima višestruku industrijsku primjenu. U prehrambenoj industriji koristi se kao neutralizator i učvršćivač. Također, koristi se kao sredstvo protiv zgrudnjavanja i vlaženja i kao bojilo za hranu. Kalcijev karbonat

netopljiv je u vodi, stabilan je i ne zahtijeva nikakvu posebnu obradu prije upotrebe. EU odobrila je kalcijev karbonat kao prehrambeno bojilo, iako u nekim zemljama svijeta nije dopuštena njegova upotreba kao aditiva. Smatra se bezopasnim bojilom bez poznatih nuspojava.

Željezni oksidi (E172 i, ii, iii). To su žuti, crveni, narančasti ili crni pigmenti. Netopljivi su u polarnim otapalima, a dobivaju se oksidacijom željezne rude na način da se otopina sulfata ili željezova klorida tretira jakom bazom čime se stvara talog, koji se zatim oksidira strujom vrućeg zraka. Željezni oksidi su u obliku crvenkastog praha, dok dioksidi daju gotovo žutu boju. Odobreni su za upotrebu u tvrdim i mekim bombonima, žvakaćim gumama, u hrani za kućne ljubimce i slastičarstvu. Smatraju se toksičnim u vrlo visokim dozama.

Plava spirulina – plavo-zelena alga koja raste u slatkoj vodi i stoljećima se konzumira zbog svojih nutritivnih svojstava (sadrži visoke razine Fe, Zn, Mn, vitamine i višestruko nezasićene masne kiseline). Iako je probavljiva namirnica, a njeni nutrijenti imaju visoku bioraspoloživost. Kao prehrambeno bojilo ima višestruku primjenu, unatoč karakterističnom mirisu i okusu. Koristi se u malim količinama. Neke od najčešćih primjena su: proizvodnja sladoleda, u slastičarstvu, izrada pića, u mliječnim proizvodima. Može se uzgajati u kanalima, cjevastim fotobioreaktorima i pločama, ali najčešće u otvorenim ribnjacima ili u staklenicima. Problem čudnih okusa značajno se smanjuje ako se primjenjuje u obliku ekstrakta. Iako spirulina ima zelenu boju, ekstrakcija i selektivno pročišćavanje fikocijanina dovodi do plavog ekstrakta koji predstavlja veliki interes nabavljačima zbog ograničenih prirodnih izvora takvih tonova.²⁰

2.5.3. Prirodna bojila u umjetnosti

Oker boje

Termin oker odnosi se na niz obojenih glina ili željezovih oksida koji se koriste kao umjetnički pigmenti. Okeri su obično žute ili crvene boje, ali i smeđe, crne, zelene, a ponekad čak i ljubičaste. Pećinske slike dokaz su upotrebe okera kao umjetničkog pigmenta. Prije više od 30 000 godina pračovjek je koristio oker povezan sa sokom divlje orhideje, žumanjkom jajeta, voskom, životinjskom mašću ili smolom za stvaranje prvih poznatih umjetničkih djela. Pigment se nanosio ručno, drvenim kistovima ili čak

puhanjem kroz šuplju trsku u primitivnoj tehnici zračnog kista. Stari Egipćani također su bili poznati po korištenju okera u svojim grobnim slikama.

Drveni ugljen

Drveni ugljen prirodno je crno bojilo koji nastaje kalcinacijom izgorjele organske tvari. Prvi ugljen otkriven je kao rezultat korištenja baklji od crnogoričnog drva. Kasnije se drveni ugljen fino usitnjavao, a zatim miješao sa životinjskom mašću za glatku primjenu. Ugljen se i danas često koristi u umjetnosti.

Gar i čada

Slično drvenom ugljenu, pigmenti nastaju izgaranjem malih količina smolastih ili biljnih tvari. Koristili su se za freske, tempere, akvarel boje i kao tinte za tetovaže. Na zidnim slikama u špilji Ajanta u Indiji crteži su prvi put skicirani na zidovima pomoću crnih štapića napravljenih od čađe pomiješane s glinom i kravljim izmetom.

Lazulit

Riječ za lapis lazuli dolazi od perzijske riječi „*Lazhuward*“. Lapis je bakrena stijena koja se nalazi samo u Čileu, Zambiji, malim područjima Sibira te Afganistanu. Korišten je u srednjem vijeku u iluminiranim rukopisima. Do vremena talijanske renesanse, pigment ultramarin, izrađen od lapisa, miješao se s lanenim uljem ili jajima radi lakšeg nanošenja i smatrao jedinom plavom bojom koja se može koristiti za prikazivanje odjeće Djevice.

Indigo

Izraz 'indigo' potječe od grčke riječi koja znači „iz Indije“, gdje se biljka izvorno uzgajala. *Indigofera tinctoria* ili „Pravi indigo“ je grm koji naraste do 2 metra visine. Plava boja dolazi od lišća biljke, koje se tradicionalno prerađuje fermentacijom. Biljke se stave u bačve s vodom i ostave da se raspadnu. Indigo je bio iznimno popularan i korišten kao bojilo za tekstil, a među slikarima i kaligrafima kao tinta i bojilo za pergament. Maje na poluotoku Yucatan poznati su po korištenju indiga u svojim svijetlim, tirkiznim freskama. Dobivali su svijetlu nijansu miješanjem lokalne vrste indiga s posebnom vrstom gline poznatom kao *Palygorskite*.¹⁹

2.5.4. Prirodna bojila za kozmetiku

Prirodna bojila u kozmetici ne ponašaju se isto kao kad se nalaze u svom prirodnom izvoru, npr. u biljkama jer su nakon ekstrakcije bojila izložena svjetlosti, promjeni pH vrijednosti i oksidaciji.

Alkanet

Pripada obitelji boražine. Cvjetovi su plave boje, a korijenje daje tamnocrvene ili tamnoljubičaste nijanse. Hidrofobno je bojilo, a glavni kemijski pigment je alkanin. Dobro je topiv u ulju, eteru i alkoholu. U formulacijama proizvoda za usne mogu se koristiti uljni macerati alkeneta.

Annatto

Crvenkasto-narančasti pigment koji se dobiva iz *Bixa Orellana*, zimzelenog grma. Nije stabilan u kiselim uvjetima i kad je izložen svjetlosti. Biksin i norbiksin prirodni su pigmenti ove biljke i koriste se u ruževima za usne, kremama, sapunima, losionima za sunčanje.

Cikla

Cikla (*Beta vulgaris*) izvrsno je sredstvo za bojenje. Hidrofilno je bojilo čiji je glavni kemijski pigment betanin. Popularno je bojilo koje se koristi u kozmetici na bazi vode. Kada se pomiješa prah cikle s tekućim glicerinom dobiva se jarko ružičasta ili crvena otopina koja nalazi primjenu u tonicima, emulzijama ili gelovima na bazi vode.²¹

Karmin

Krv kukca *Dactylopius cacti* proizvodi crveni pigment koji su stari Mezoamerikanci fiksirali kositrom ili stipsom kako bi napravili postojano bojilo. Zbog svoje netoksičnosti, košenil se još uvijek koristi u mnogim proizvodima diljem svijeta. Obično se koristi u crvenim ruževima za usne i jedan je od rijetkih crvenih pigmenata koji se smije koristiti u sjenilu za oči.¹⁹ Često se nalazi u kozmetičkim proizvodima. Koristi se za sjenila, olovke za oči, u puderima za lice, ruževima za usne. Za kvalitetnu kozmetiku koristi se karmin visoke čistoće.²¹

Kana

Njegova je uporaba u nekim zemljama ograničena samo na kosu. Upotreba na trepavicama zabranjena je jer može izazvati iritaciju očiju.²¹

Azuleni i gvajazulen

Azuleni (španj. *azul* znači modar) nebenzenoidni su aromatski ugljikovodici plave do ljubičaste boje koji se nalaze u eteričnim uljima kamilice i drugih glavočika. Kristalan ljubičast spoj C₁₀H₈ (azulen) izomernan je s naftalenom i slična je mirisa.

Azuleni su blagi antiseptici, upotrebljavaju se u proizvodnji sapuna, krema i drugih kozmetičkih proizvoda.²²

Gvajazulen sastavni je dio kamilice, a dobiva se iz azulena. Plave je boje i koristi se u nekim zemljama samo za vanjsku upotrebu. To znači da se ne smije koristiti u izravnom kontaktu sa sluznicom pa se ne smije nanositi na usne ili oči. Vrlo je skup sastojak u kozmetici.²¹

Gvanin

Može se dobiti iz ljuski lososa, haringe ili jesetre. Topiv je u vodi pa se koristi u kapljevitoj i kremastoj kozmetici.²¹

Prirodna bojila za njegu i bojenje kose

Bojila za kosu jedno su od najstarijih i najpoznatijih kozmetičkih sredstava koje su koristile mnoge drevne kulture u različitim dijelovima svijeta. Sintetska oksidativna bojila za kosu dostupna na tržištu sadrže kombinaciju peroksida i amonijaka koji mogu oštetiti kosu i izazvati alergijske reakcije.

Umijeće bojenja kose bilo je poznato još 5000 godina prije Krista među Egipćanima. Bojila za kosu koristila su se od kada je Ramzes II svoju crvenu boju kose pojačao pomoću kane. Osim postizanja željene boje, biljna se bojila mogu koristiti kod raznih problema kao što su perut, prerano sjedenje, uši itd. Također, prirodna bojila ne uništavanja vlasište i kutikule kose.

Primjeri biljnih bojila za kosu:

Kana: glavni spoj za bojenje kanom je loson , spoj crveno-narančaste boje prisutan u osušenom lišću. Predlaže se za upotrebu kao neoksidirajuće sredstvo za bojenje u maksimalnoj koncentraciji od 1,5 % u kozmetičkom proizvodu. Ostale komponente u kani kao što su flavonoidi i galna kiselina doprinose procesu bojenja kao organska jedkasta sredstva. Ugljikohidrati daju pasti od kane prikladnu konzistenciju za pričvršćivanje na kosu. Kana ima afinitet prema keratinu u blago kiselom okruženju (pH = 5,5)

Bojadisarski broć: od davnina se iskorištava kao izvor crvenog bojila i koristi kao bojilo za kosu. Biljka ima i antikancerogeno, antimikrobno, antifungalno djelovanje, a koristi se i protiv bolova.

Kamilica: koristi se za dobivanje žutih nijansi koja potiče veću refleksiju svjetlosti. Aktivni sastojak cvijeta je 1,3,4-trihidroksiflavon, također poznat kao apigenin. Ova biljka ima svojstva omekšavanja, vlaženja i umirivanja kože.

Orah: sadrži bojilo juglon (5-hidroksi-1,4-naftokinon) koji se može ekstrahirati iz različitih dijelova stabla oraha. Izomer je poznatijeg lavsona. Lišće i ljuska ploda oraha koriste se za bojenje kose. Orasi sadrže spojeve: oleinska kiselina, makadamija, linolna kiselina, linolenska kiselina, metionin, cistein, triptofan, treonin. 1,4-benzokinon organski je spoj, a njegova niska molekulska masa čini ga pogodnim za polutrajno bojenje kose. Može se smatrati prirodnim smeđim bojilom.

Kurkuma: tri su glavna pigmenta prisutna u rizomima kurkume: kurkumin, demetoksi kurkumin i bis desmetoksi kurkumin, koji su zajednički poznati kao kurkuminoidi. Kurkuma je imala tradicionalnu ulogu kao sirovo bojilo i kozmetičko sredstvo. Pasta od kurkume u prahu stoljećima se koristi kao antiseptik i za njegu kože.

Brazilsko drvo: koristilo se kao prirodni izvor crvene boje u drevnim azijskim civilizacijama. Za bojenje korištena je samo obojena srž debla i većih grana stabla. U dodiru s kisikom u zraku i svjetlosti brazilin se lako pretvara u brazilein zbog oksidacije jedne hidroksilne skupine u karbonil. Spoj stvara crvenu boju s mnogo jačom moći bojenja.

Crvena sandalovina: glavni crveni pigmenti u srži crvene sandalovine su santalin A i B.²³

2.5.5. Prirodna bojila za farmaceutsku industriju

Korištenje prirodnih bojila u farmaceutskim proizvodima reguliraju organizacije poput US FDA, koja postavlja stroge smjernice za njihovu upotrebu. Farmaceutske tvrtke moraju se pridržavati propisa kako bi osigurale sigurnost i učinkovitost svojih proizvoda. Postoje mnoga prirodna bojila koja se mogu koristiti u farmaceutskim proizvodima.

Primjeri korištenih bojila:

- kurkuma se u farmaceutskim proizvodima često koristi kao prirodno žuto bojilo, cikla kao prirodno crveno bojilo, a annatto kao prirodno žuto ili narančasto bojilo. Prirodna bojila koriste se za bojenje pilula i tableta, sirupa i suspenzija kako bi se postigao privlačniji izgled. Također, olakšano je razlikovanje različitih vrsta lijekova. Sirup jarke boje olakšava davanje lijeka djeci, a jednostavnije je i odmjeravanje točne doze lijeka. Prirodna bojila nude i nekoliko zdravstvenih prednosti. Za razliku od sintetskih bojila, prirodna se bojila općenito smatraju sigurnima i netoksičnima. Manje je vjerojatno da će izazvati nuspojave kod osoba s alergijama.²⁴

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3. 1. Materijali

U radu je provedeno bojenje prirodnim bojilima dvije vrste materijala: materijala biljnog podrijetla, pamuka (bijeljeni) i materijala životinjskog podrijetla, vune (industrijski oprane), slika 1.



Slika 1. Materijali pamuka i vune korišteni za bojenje

Za izradu bojila korištene su različite biljne vrste i gljive prikazane u tablici 1.

Tablica 1. Izvori korišteni za izradu bojila

Biljna vrsta	Boja
crveni kupus	indigo plava do ljubičasta antocijanin u vodi topljivi flavonoid koji mijenja boju ovisno o tome je li pomiješan s kiselinom ili bazom ²⁵
cikla	crveno smeđa betanin je glavni crveni pigment cikle ²⁶
špinat	zelena pigmenti klorofil i betalain klorofil a je plavo-zelen, dok je klorofil b žuto-zelen ²⁷



Tablica 1. Izvori korišteni za izradu bojila ... nastavak

Biljna vrsta	Boja	
avokado	ružičasta biljni pigmenti klorofili , karotenoidi i antocijanini , a sadrži i tanin koji djeluje kao sredstvo za jedkanje ili fiksator koji pomaže da se boja veže za vlakna tkanine ²⁸	
vrganji	smeđa	
lisičarke	žuto-smeđa	
trubice	plavo-crna	
žuti luk	žuto-smeđa pigment antocijanin , kvercetin i kvercetin glukozid ²⁹	
ljubičasti luk	smeđe-crvena pigment antocijanin ²⁹	
borovnice	ljubičasta, ljubičasto-plava, indigo plava pigmenti borovnicama (crveni, plavi, ljubičasti) su glikozidi cijanidiranja , delfinidin i pelargonidin ³⁰ klorogenska kiselina prisutna u borovnicama je kopigment koji pojačava intenzitet boje antocijana ³¹	
kurkuma	žuta rizom kurkume ima tri glavna pigmenta koji su odgovorni za njegovu žućkastu boju: kurkumin , desmetoksikurkumin i bisdesmetoksikurkumin ²³	

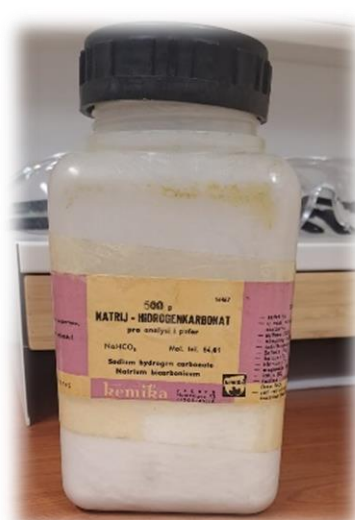
3.1.1. Kemikalije

Kako bi se osiguralo bolje vezivanje boje za vlakna pamuka i vune, za pripremu bojila korišteni su sljedeći mordanti (metalne soli) i fiksatori boje, slika 2.:

- kalijev aluminijev sulfat, $KAl(SO_4)_2 \cdot 12 H_2O$
- natrijev hidrogenkarbonat, $NaHCO_3$
- 6 %-tna limunska kiselina, $C_6H_8O_7$



a)



b)



c)

Slika 2. a) Kalijev aluminijev sulfat, $KAl(SO_4)_2 \cdot 12 H_2O$, b) Natrijev hidrogenkarbonat, $NaHCO_3$, c) 6 %-tna limunska kiselina, $C_6H_8O_7$

3.2. Postupak priprave bojila

Za pripremu bojila korišten je sljedeći pribor:

- analitička vaga
- posudice za vaganje
- magnetska miješalica
- laboratorijske čaše 50 cm³
- metalna žlica
- pinceta
- podloga za rezanje i nož
- staklene bočice s poklopcem
- cjedilo
- pH indikator traka pH 1-14

U radu je pripravljeno jedanaest bojila iz različitih biljnih vrsta i gljiva: crvenog kupusa, cikla, špinata, avokada, vrganja, lisičarki, trubica, žutog luka, ljubičastog luka, borovnice i kurkume, tablica 1.

U tablici 2. dane su količine i vrste biljnih materijala i gljiva te količine dodataka korištenih za pripravu bojila.

Tablica 2. Količine biljnih materijala, mordanta i modifikatora za pripravu otopine bojila

BILJNI MATERIJAL	masa, g	MORDANT $KAl(SO_4)_2 \cdot 12$ H_2O	LUŽNATI MODIFIKATOR $NaHCO_3$	KISELI MODIFIKATOR $C_6H_8O_7$
		masa, g	masa, g	broj kapi
crveni kupus	51,42	0,02	0,08	10
cikla	15,83	0,02	0,08	10
špinat	50,86	0,02	0,08	10
avokado	27,87	0,02	0,08	10
vrganji	10,04	0,02	0,08	10
lisičarke	9,99	0,02	0,08	10
trubice	5,07	0,02	0,08	10
žuti luk	2,00	0,02	0,08	10
ljubičasti luk	2,08	0,02	0,08	10
borovnica	100,00	0,02	0,08	10
kurkuma	1,00	0,02	0,08	10

Za izradu pojedinog bojila na analitičkoj vagi izvagan je sirovi materijal koji je potom usitnjen nožem, izuzev kurkume koja je korištena kao prah. U laboratorijske čaše stavljen je biljni materijal i dodana destilirana voda, tako da prekrije usitnjeni sadržaj.

Čaše su stavljene na magnetsku miješalicu i zagrijavane oko sat vremena na temperaturama od 80 do 100 °C do postizanja željenog intenziteta obojenja otopina, uz povremeno miješanje. Obojena otopina dekantirana je i procijeđena kroz cjedilo kako bi se odvojila od krutog organskog/biljnog materijala. Dobivena je otopina dalje korištena za bojenje vlakana – pamuka i vune.

Da bi se ispitale različite mogućnosti bojenja, otopine su razdijeljene u četiri staklene bočice za svako pojedino bojilo. U procesu bojenja vlakana pamuka i vune u pripremljenim bojilima praćen je:

- a) utjecaj jakosti vezivanja – dodakom sredstva za vezivanje, mordanta
- b) utjecaj promjene boje – promjenom pH otopine
- c) utjecaj vremena stajanja i temperature – materijali su držani u otopini 1 h, 80 °C i 72 h, 8 °C.

U prvu bočicu stavljena je čista otopina bojila, bez dodataka.

a) U drugu bočicu stavljena je otopina bojila i sredstvo za jedkanje (mordant) kalijev aluminijev sulfat ($KAl(SO_4)_2 \cdot 12 H_2O$), s namjerom da se utvrde razlike jakosti vezivanja bojila za pojedini materijal (pamuk i vunu).

b) U treću i četvrtu bočicu stavljena su bojila i sredstva za promjenu pH vrijednosti: bazno sredstvo, natrijev hidrogen karbonat ($NaHCO_3$) i kiselo sredstvo 6%-tna otopina limunske kiseline ($C_6H_8O_7$), s namjerom da se utvrde promjene boje pojedinog bojila te utjecaj vezivanja bojila za pojedini materijal (pamuk i vunu).

c) U sve četiri bočice s pripremljenim otopinama biljnih bojila stavljena su po dva komadića pamuka (4 x 2 cm) i dva komadića vune (2 cm x 1), mase oko 0,1 g. Kako bi se poboljšalo hvatanje bojila na vlakna, pamuk i vuna prethodno su namočeni u destiliranu vodu.

S namjerom da se ispita utjecaj vremena stajanja vlakana u otopini i utjecaj temperature, vlakna su držana u otopinama oko jedan sat na temperaturi od 80 °C te 72 h u hladnjaku na temperaturi od 8 °C.

Nakon stajanja u otopini, materijali (pamuk i vuna) izvađeni su pincetom i isprani mlakom vodom, kako bi se uklonilo bojilo koje se nije vezalo, te sušeni na zraku.

Na slikama 3. – 13. prikazane su pripravljene otopine biljnih bojila, tablica 1., s pamučnim i vunanim vlaknima, bez i s dodacima.



Slika 3. Bojila od crvenog kupusa s uzorcima



Slika 4. Bojila od cikle s uzorcima



Slika 5. Bojila od špinata s uzorcima



Slika 6. Bojila od avokada s uzorcima



Slika 7. Bojila od vrganja s uzorcima



Slika 8. Bojila od lisičarki s uzorcima



Slika 9. Bojila od trubica s uzorcima



Slika 10. Bojila od žutog luka s uzorcima



Slika 11. Bojila od ljubičastog luka s uzorcima



Slika 12. Bojila od borovnica s uzorcima



Slika 13. Bojila od kurkume s uzorcima

4. REZULTATI I RASPRAVA

4.1. Rezultati određivanja pH vrijednosti

Za pojedinu otopinu biljnog bojila, tablica 1., ispitan je pH pomoću indikator traka pH 1-14. Izmjerene pH vrijednosti prikazane su u tablici 3.

Tablica 3. pH vrijednosti otopina bojila bez i s dodatkom $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$, NaHCO_3 i $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$

CRVENI KUPUS	čisto bojilo	$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	NaHCO_3	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$
pH	6	8	11	2
CIKLA	čisto bojilo	$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	NaHCO_3	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$
pH	6	4	11	3
ŠPINAT	čisto bojilo	$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	NaHCO_3	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$
pH	7	7	9	6
AVOKADO	čisto bojilo	$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	NaHCO_3	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$
pH	6	6	9	5
VRGANJI	čisto bojilo	$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	NaHCO_3	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$
pH	6	6	8	5
LISIČARKE	čisto bojilo	$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	NaHCO_3	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$
pH	7	7	8	6
TRUBICE	čisto bojilo	$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	NaHCO_3	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$
pH	8	8	9	6
ŽUTI LUK	čisto bojilo	$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	NaHCO_3	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$
pH	6	6	8	5
LJUBIČASTI LUK	čisto bojilo	$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	NaHCO_3	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$
pH	6	6	8	5
BOROVNICE	čisto bojilo	$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	NaHCO_3	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$
pH	3	3	4	3
KURKUMA	čisto bojilo	$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	NaHCO_3	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$
pH	6	6	9	5

Vidljivo je da su čiste vodene otopine biljnih bojila bez dodataka, neutralnog karaktera, pH je između 6 – 7, izuzev otopine bojila gljiva trubica koja je blago lužnatog karaktera, pH = 8 te otopine bojila borovnice koja je kiselog karaktera, pH = 3.

Dodatkom baznog sredstva, natrijevog hidrogen karbonata, vrijednosti otopina bojila postaju lužnatog karaktera izuzev otopine bojila borovnice, koja ostaje kiselog karaktera, $\text{pH} = 4$. Otopine bojila crvenog kupusa i cikle su najlužnatijeg karaktera, $\text{pH} = 11$, zatim su srednje lužnatog karaktera otopine bojila špinata, avokada, trubica i kurkume, $\text{pH} = 9$ te otopine bojila vrganja, lisičarki, žutog i ljubičastog luka koje su slabo lužnatog karaktera $\text{pH} = 8$.

Dodatkom kiselog sredstva, 6 %-tne otopine limunske kiseline, vrijednosti otopina bojila postaju kiselog karaktera. Otopine bojila crvenog kupusa, cikle i borovnica su izrazito kiselog karaktera, $\text{pH} = 2 - 3$. Otopine bojila avokada, vrganja, žutog i ljubičastog luka i kurkume su srednje kiselog karaktera, $\text{pH} = 5$. Slabo kiselog karaktera, odnosno gotovo neutrane, $\text{pH} = 6$, su otopine bojila špinata, lisičarki i trubica.

Dodatkom kalijevog aluminijevog sulfata, otopine bojila cikle i borovnice postaju kiselog karaktera, $\text{pH} = 3 - 4$, dok su otopine crvenog kupusa i trubica, blago lužnatog karaktera, $\text{pH} = 8$. Otopine bojila špinata i lisičarka su neutralnog karaktera, $\text{pH} = 7$ dok su otopine bojila avokada, vrganja, žutog i ljubičastog luka i kurkume, blago kiselog karaktera, $\text{pH} = 6$.

Bojila crvenog kupusa znatno ovise o pH vrijednosti. Boja ishodne, neutralne otopine je ljubičasto plava, kod $\text{pH} = 8$ je nešto tamnija, u lužnatom, $\text{pH} = 11$ je smeđe-narančaste boje dok je u kiselom mediju, $\text{pH} = 2$ lijepe boje fuksije.

Kod bojila cikle, špinata, vrganja, lisičarki, trubica, avokada i borovnice nema znatne promjene boje ovisno o pH vrijednosti.

Kod žutog luka promjenom pH boja prelazi iz lijepe narančasto crvene ($\text{pH} = 6$) u tamno smeđu ($\text{pH} = 8$) te svijetlo narančastu ($\text{pH} = 5$).

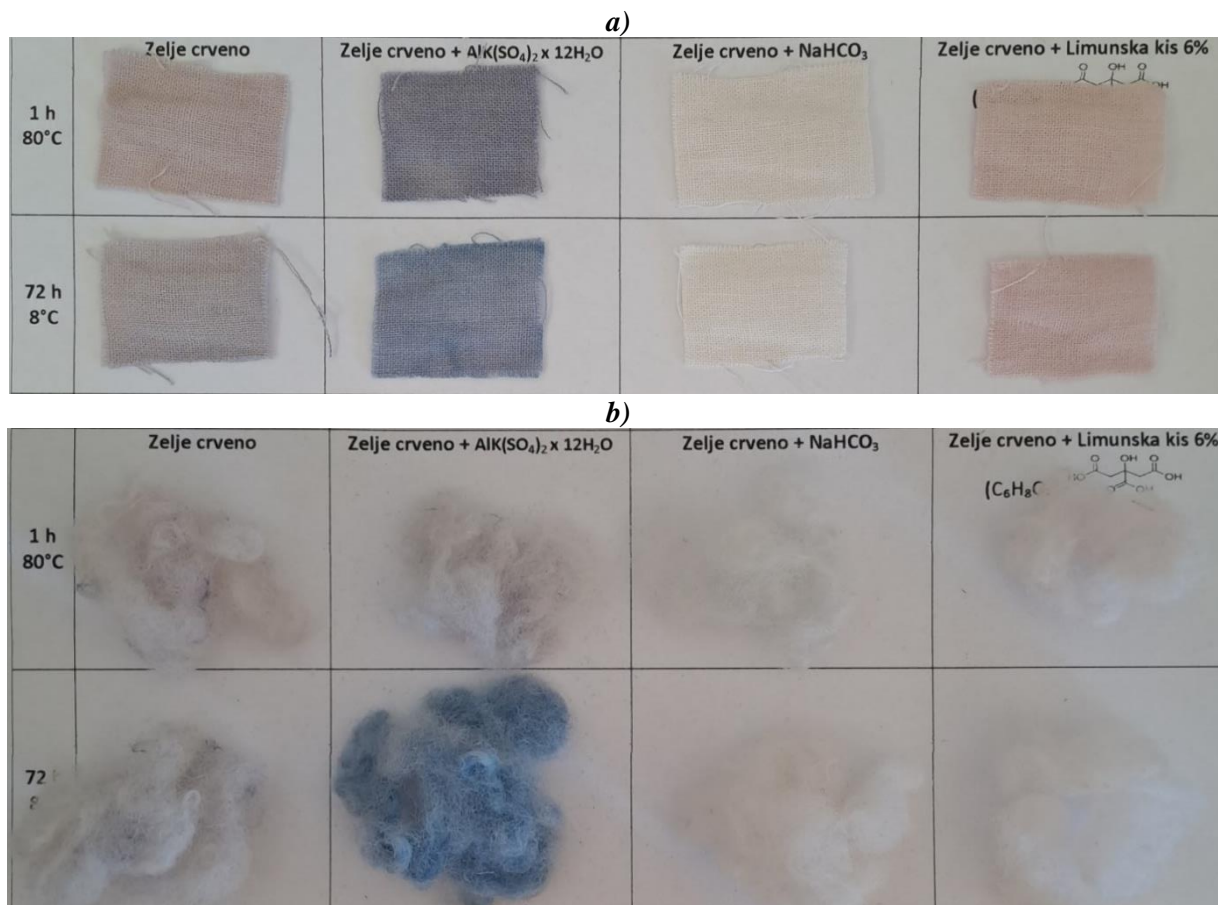
Kod ljubičastog luka promjenom pH boja prelazi iz ljubičasto-crvene ($\text{pH} = 6$ i 8) u svijetlo crvenu ($\text{pH} = 5$).

Kod bojila kurkume, kod $\text{pH} = 5 - 6$ nema znatne promjene boje dok se kod $\text{pH} = 9$ boja mijenja iz žute u smeđe-narančastu boju.

Može se očekivati da će se uočene razlike odraziti na rezultate bojenja pamuka i vune.

4.2. Rezultati bojenja

Na slikama od 14. do 24. prikazani su materijali pamuka i vune nakon bojenja različitim biljnim bojilima.



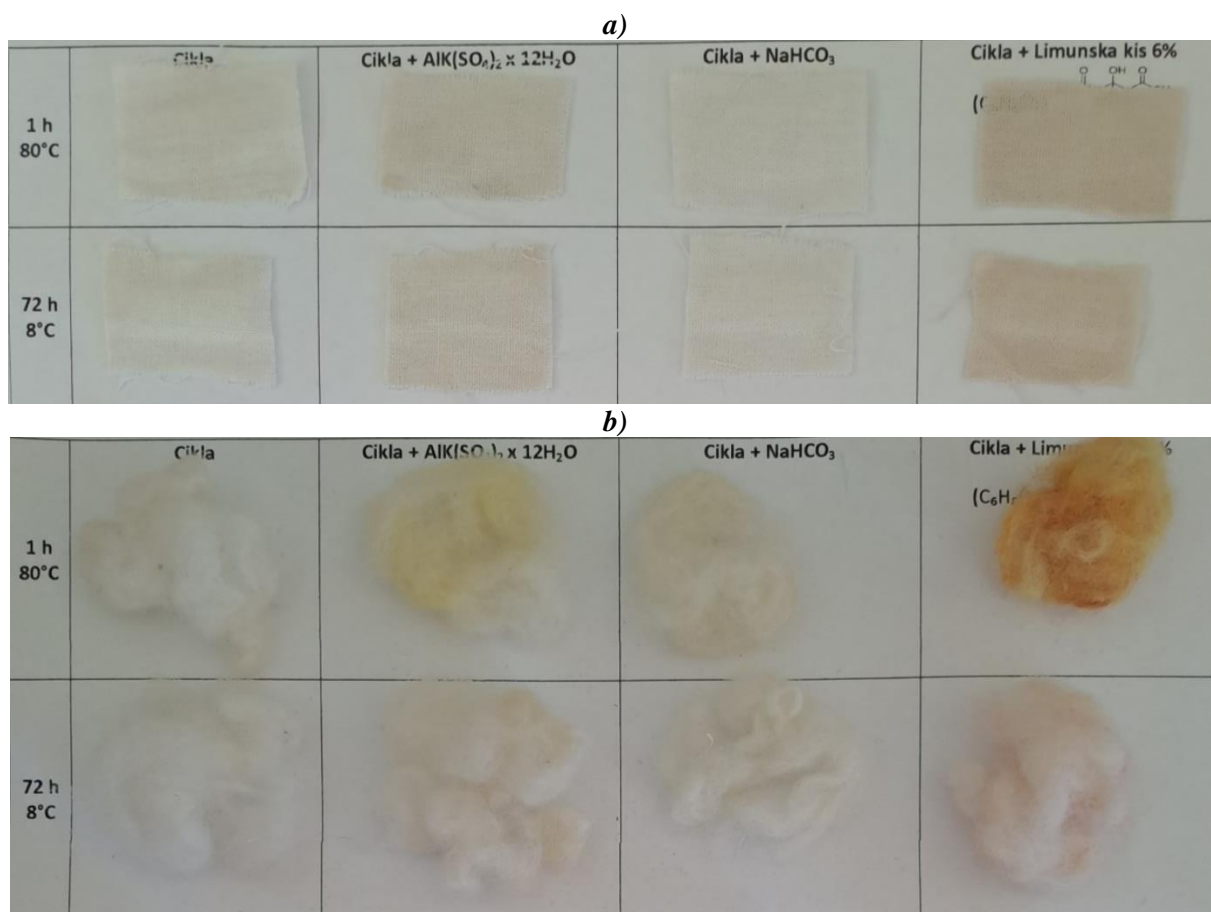
Slika 14. a) Pamuk i b) vuna obojeni bojilom crvenog kupusa

Iz rezultata je vidljivo, slika 14. a) i b), da bojenje pamuka i vune s bojilom crvenog kupusa znatno ovisi o dodatku sredstva za fiksiranje i o kiselosti otopine. Boja pamuka i vune, bojene bojilom crvenog kupusa bez dodataka je vrlo blago ljubičasta.

Dodatkom mordanta pamuk poprima intenzivno plavo obojenje, nakon stajanja 1h pri 80 °C i 72 sata, pri 8 °C. Kod vune nakon 1 h, 80 °C bojilo se ne hvata značajnije za vlakna vune, dok je stajanjem vune tijekom duljeg vremena dobiveno intenzivno plavo obojenje.

U lužnatom mediju boja crvenog kupusa nije se vezala za vlakna pamuka i vune dok je u kiselom mediju kod pamuka dobiveno lijepo rozo obojenje, koje ne ovisi o trajanju bojenja ni temperaturi. Vunena vlakna nisu se obojala bojilom crvenog kupusa

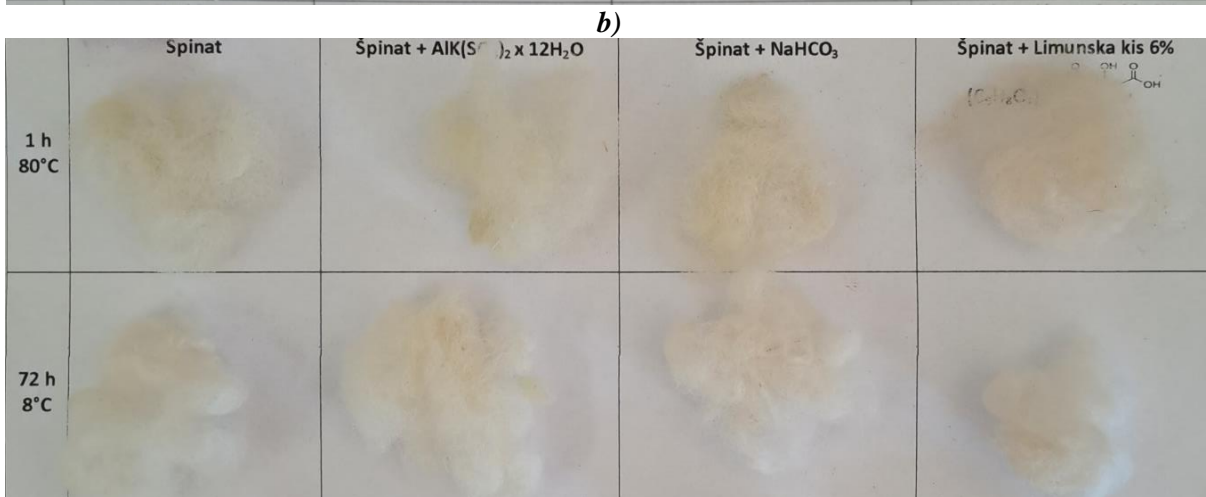
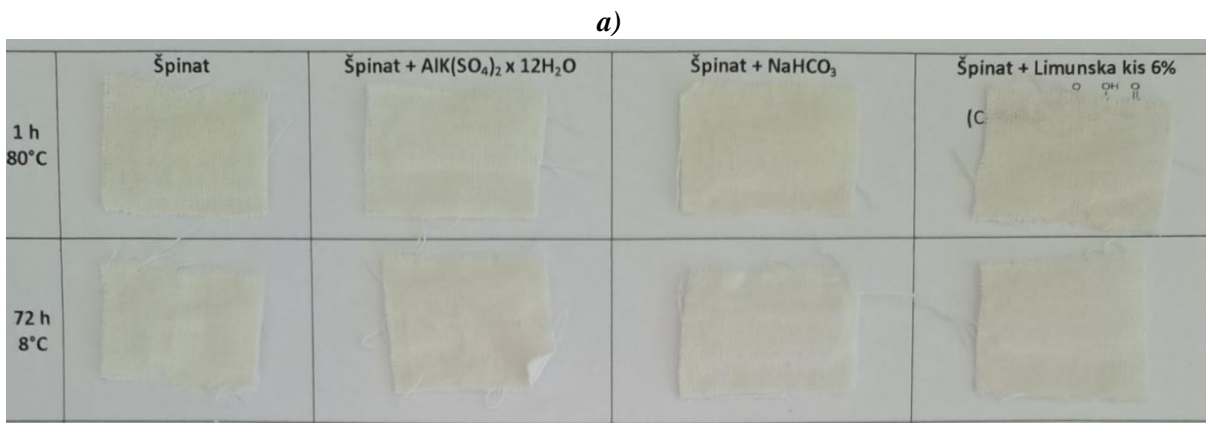
u lužnatom i kiselom području. Očito je, da bojenje vune zahtjeva dodatak fiksatora (mordanta) kao što je kalijev aluminijev sulfat za djelotvorno bojenje.



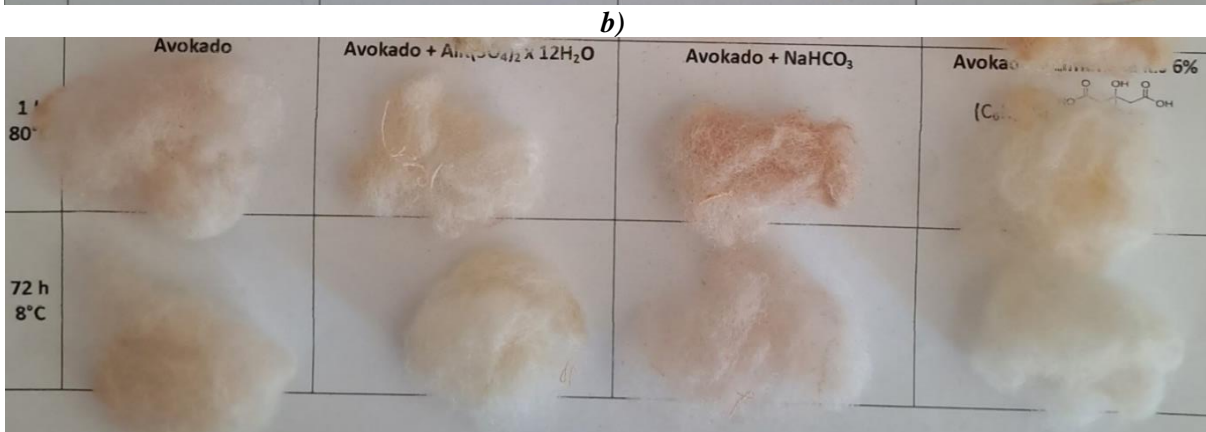
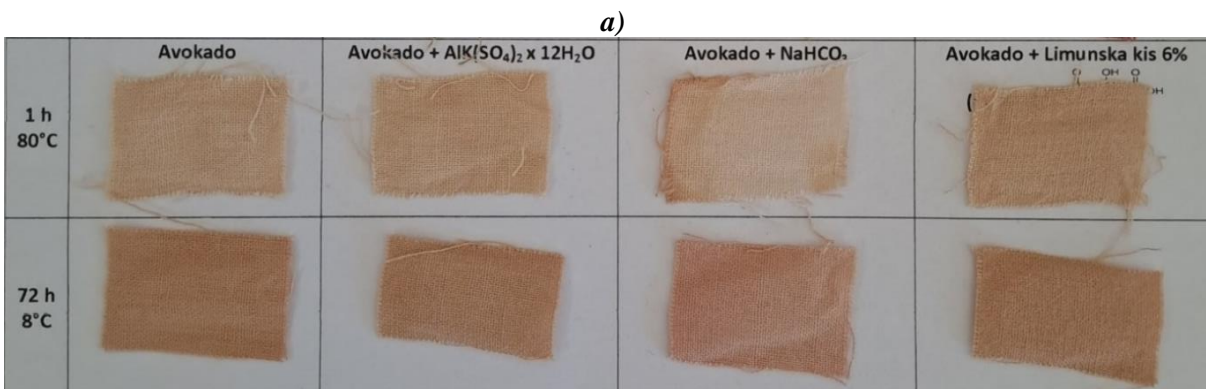
Slika 15. a) Pamuk i b) vuna obojeni bojilom cikle

Rezultati bojenja pamuka i vune s bojilom cikle, slika 15. *a)* i *b)*, ukazuju na slabo vezanje bojila neovisno o vrsti dodatka. Naime, u otopini bojila cikle ne dolazi do bitne promjene boje pamuka i vune, izuzev u kiselom mediju, gdje pamuk i vuna poprimaju nježno svijetlo crvenkasto-smeđu boju. Kod pamuka vrijeme stajanja i temperatura ne utječu znatno na promjenu nijanse boje dok se kod vune vidi promjena boje iz crvenkasto-smeđe (nakon 1 h, 80 °C) u nježno rozu nakon stajanja 72 sata, pri 8 °C. Dodatkom mordanta i natrijevog hidrogen karbonata vidljiva je vrlo mala, gotovo nezamjetna promjena boje.

Rezultati bojenja pamuka i vune s bojilom špinata, slika 16. *a)* i *b)*, ukazuju na vrlo slabo vezanje bojila na vlakna pamuka i izvjesno, ali slabo vezanje bojila na vlakna vune, neovisno o dodacima. Svi su uzorci jedva vidljivo promijenili nijansu ishodnog materijala pamuka i vune.



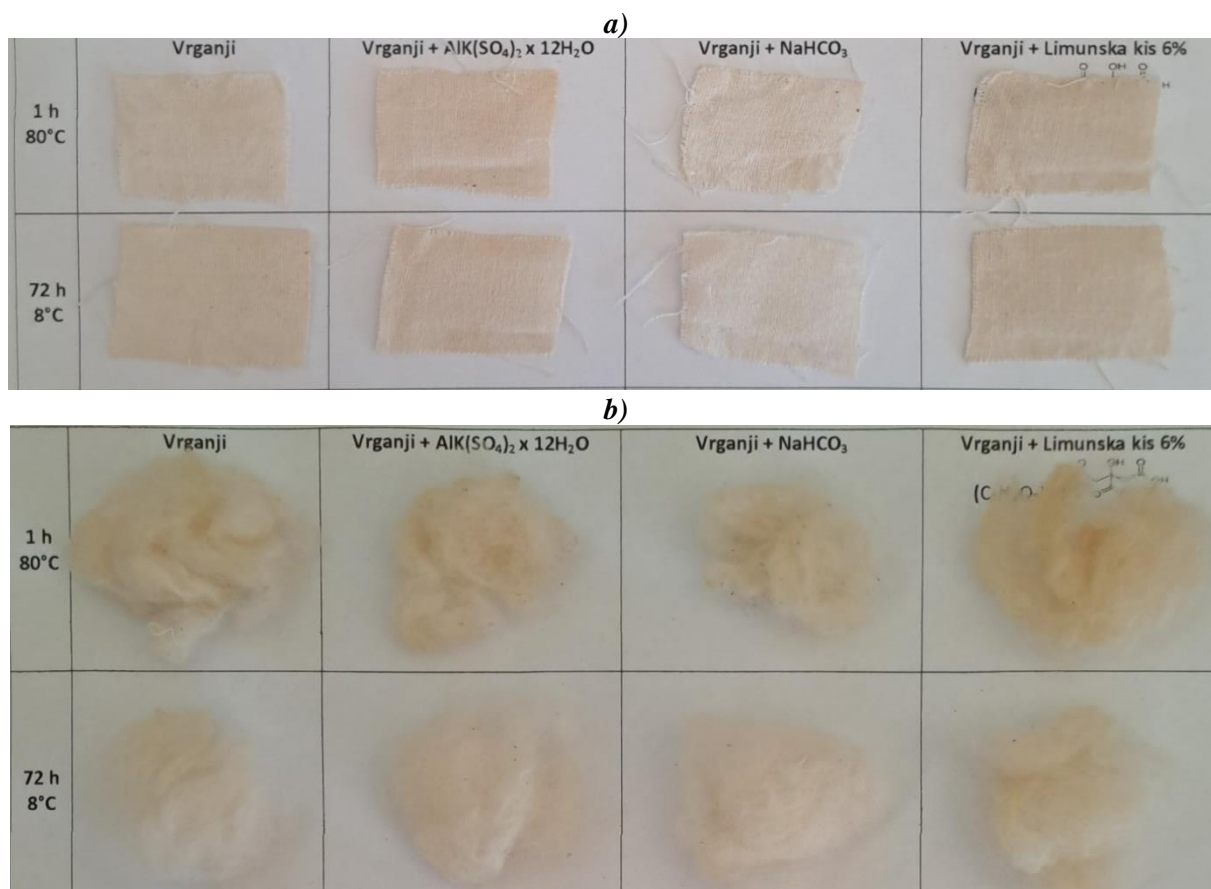
Slika 16. a) Pamuk i b) vuna obojeni bojiлом špinata



Slika 17. a) Pamuk i b) vuna obojeni bojiлом avokada

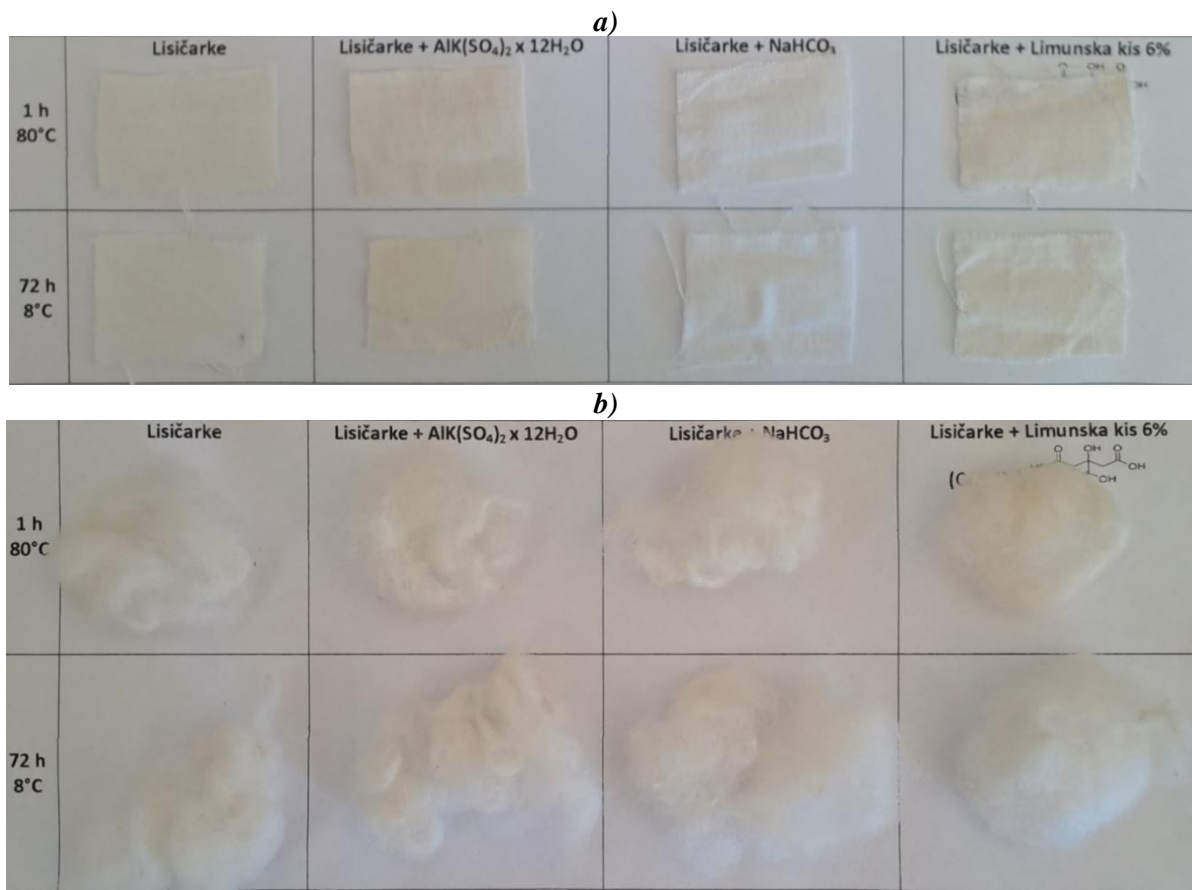
Rezultati bojenja s bojilom avokada, slika 17., ukazuju na bolje vezanje bojila na vlakna pamuka te bolje vezivanje boje za vlakna tijekom duljeg vremena stajanja u otopini, 72 h, pri 8 °C. Neovisno o vrsti dodataka pamuk je nježno rozo-smeđe boje koja je intenzivnija i homogenija nakon duljeg vremena stajanja u otopini.

Bojenjem vunениh vlakana nije došlo do znatnog vezanja bojila avokada te je jedva vidljiva promjena boje nježno rozo-smeđeg tona. Izvjesno bolje vezanje boje vidljivo je u lužnatom mediju, gdje je malo tamnija nijansa boje obojenog vlakna vune.



Slika 18. a) Pamuk i b) vuna obojeni bojilom vrganja

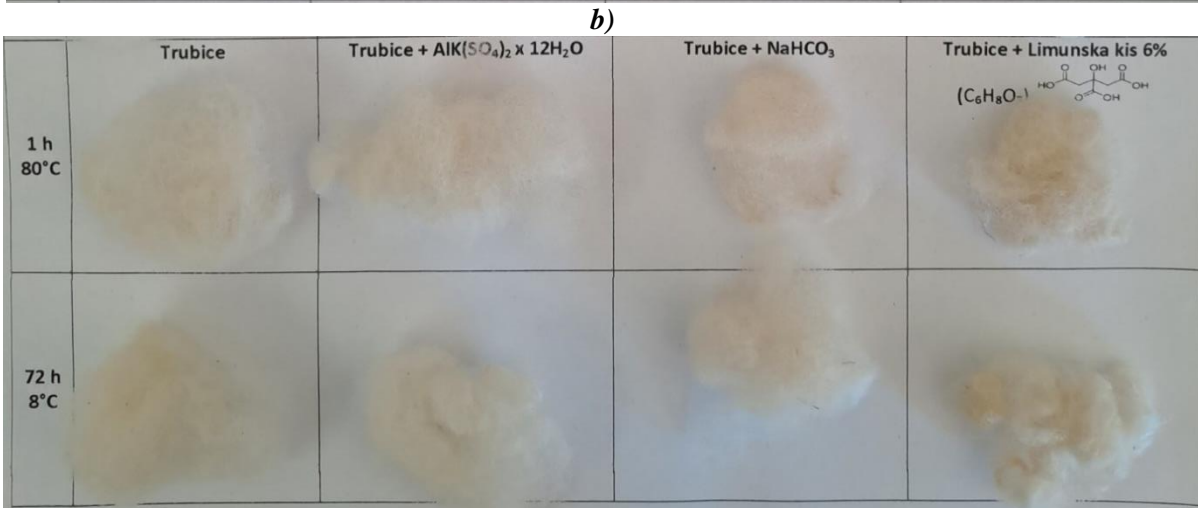
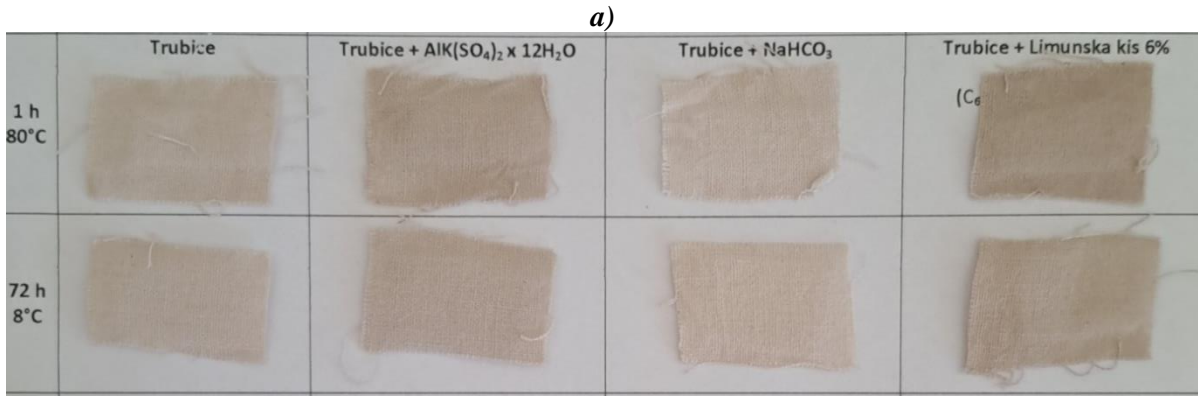
Rezultati bojenja s bojilom gljiva vrganja, slika 18., ukazuju na slabije vezanje bojila na vlakna pamuka i vune, a materijali poprimaju nježno krem nijansu. Duljim stajanjem materijala u otopini ne dolazi do promjene, odnosno boljeg vezivanja bojila.



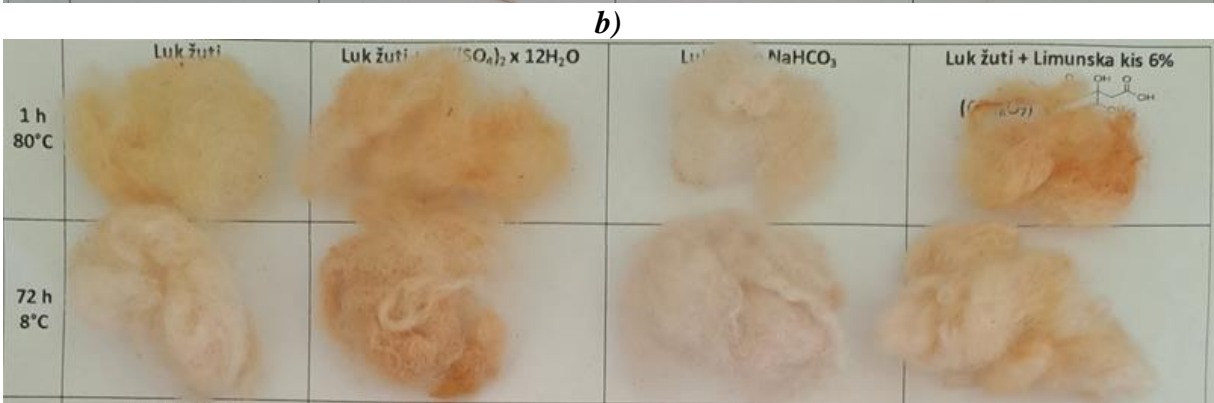
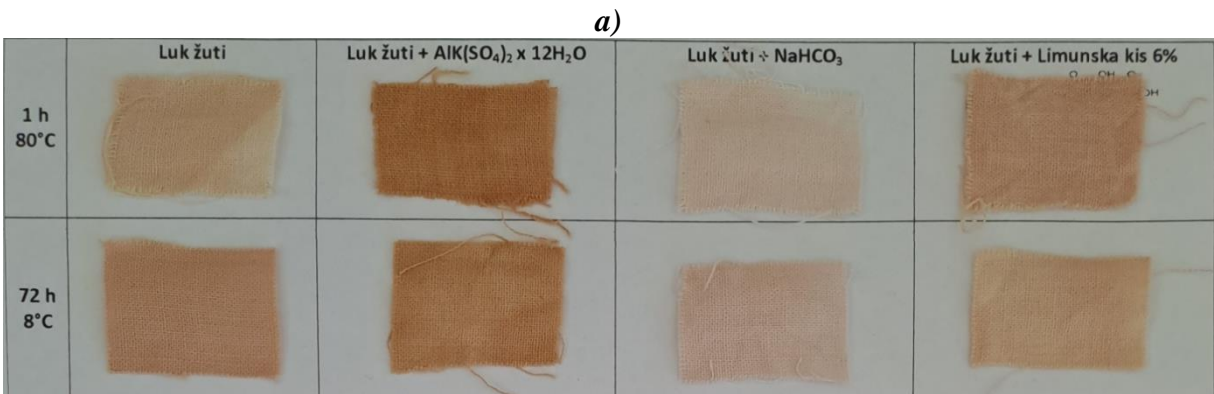
Slika 19. a) Pamuk i b) vuna obojeni bojilom lisičarki

Rezultati bojenja s bojilom gljiva lisičarki, slika 19., ukazuju na vrlo slabo vezanje bojila na vlakna pamuka i vune neovisno o vrsti dodataka i vremenu stajanja u otopini.

Rezultati bojenja s bojilom gljiva trubica, slika 20., ukazuju na bolje vezanje bojila na vlakna pamuka. Bojenjem je dobivena krem nijansa pamuka koja je tamnija u otopini kojoj je dodana limunska kiselina, nešto svjetlija u otopini s mordantom i svjetlija bez dodataka i s dodatkom natrijevog hidrogen karbonata. Bojilo se vrlo slabo veže za vlakna vune i jedina promjena nijanse vune vidljiva je u otopini kojoj je dodana limunska kiselina. Nije utvrđen značajan utjecaj temperature i vremena stajanja u otopini.

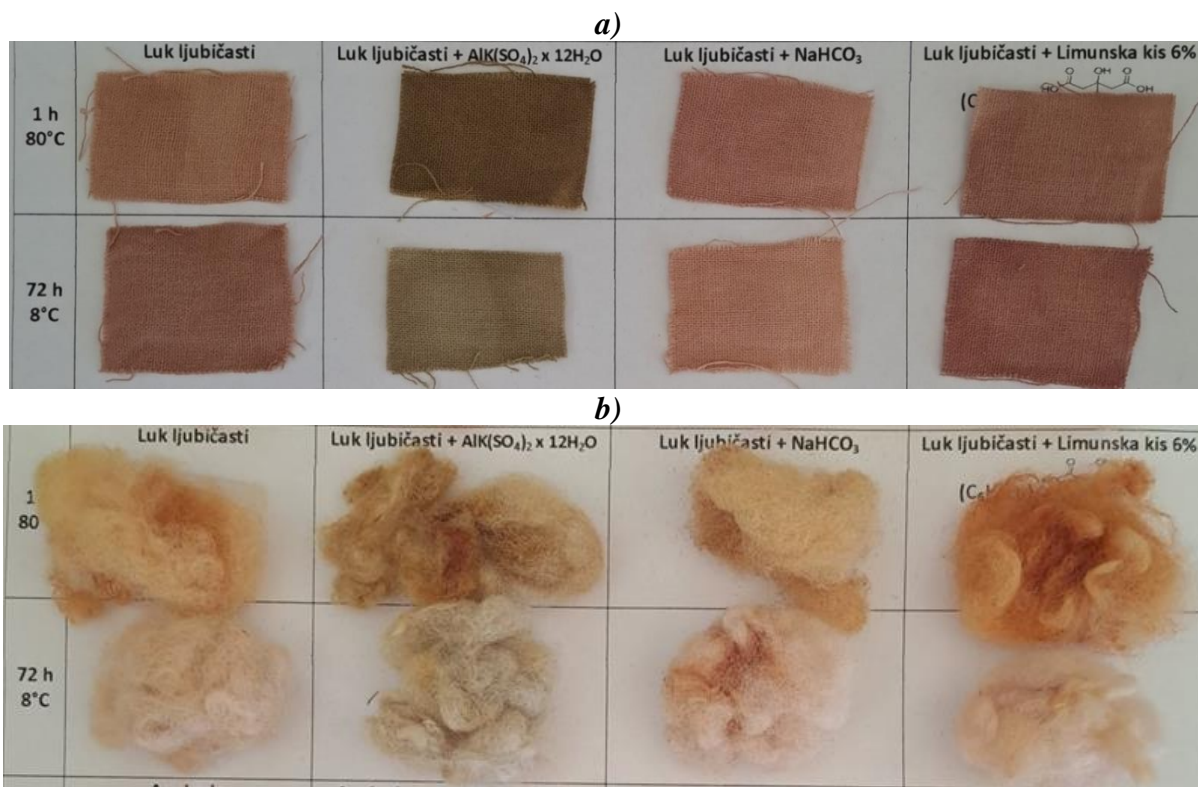


Slika 20. a) Pamuk i b) vuna obojeni bojilom gljiva trubica



Slika 21. a) Pamuk i b) vuna obojeni bojilom žutog luka

Rezultati bojenja s bojilom žutog luka, slika 21., ukazuju na dobro vezanje bojila na vlakna pamuka i vune bez promjene tijekom duljeg vremena stajanja u otopini, 72 h, pri 8 °C. Neovisno o vrsti dodataka, pamuk je nježno smeđe boje dok je vuna nježne smeđe-narančaste boje. Bolje vezanje bojila na vlakna pamuka i vune vidljivo je dodatkom mordanta i limunske kiseline.

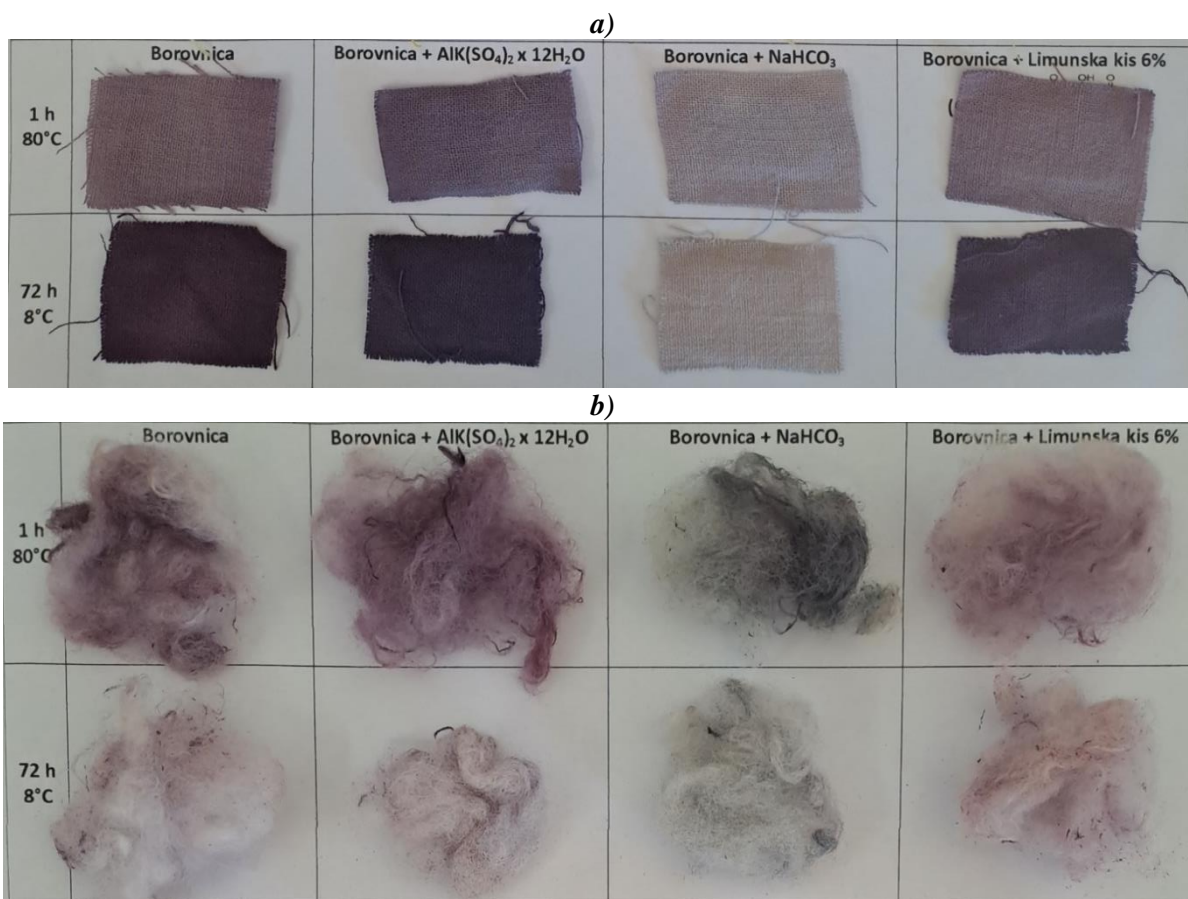


Slika 22. a) Pamuk i b) vuna obojeni bojilom ljubičastog luka

Rezultati bojenja s bojilom ljubičastog luka, slika 22., ukazuju na dobro vezanje bojila na vlakna pamuka i vune bez promjene tijekom duljeg vremena stajanja u otopini, 72 h, pri 8 °C. Dobivena boja na vlaknima pamuka i vune ovisi o vrsti dodatka. U ishodnoj otopini boja pamuka je svjetlo smeđa. U otopini kojoj je dodan mordant, boja je zeleno-smeđa. Dodatkom natrijevog hidrogen karbonata dobivena je crveno-smeđa boja, a dodatkom limunske kiseline tamnije crveno-smeđa boja. Zanimljivo je da je pH ishodne otopine i otopine s mordantom jednak, pH = 6, a dobivene su potpuno različite boje. Očito je, da izuzev fizikalnog vezanja boje za prisutne -OH skupine dolazi i do kemijske reakcije između aluminijevog kalijevog sulfata i vlakana pamuka i vune.

Promjene boje na vlaknima vune kreću se od svjetlo crvenkasto-smeđe (neutralna otopina i otopina s NaHCO₃) do smeđe-zelenkaste u otopini s mordantom te intenzivnije smeđe-crvene boje u otopini s limunskom kiselinom.

Nije vidljiva znatna promjena obojenja tijekom duljeg vremena stajanja u otopini bojila.



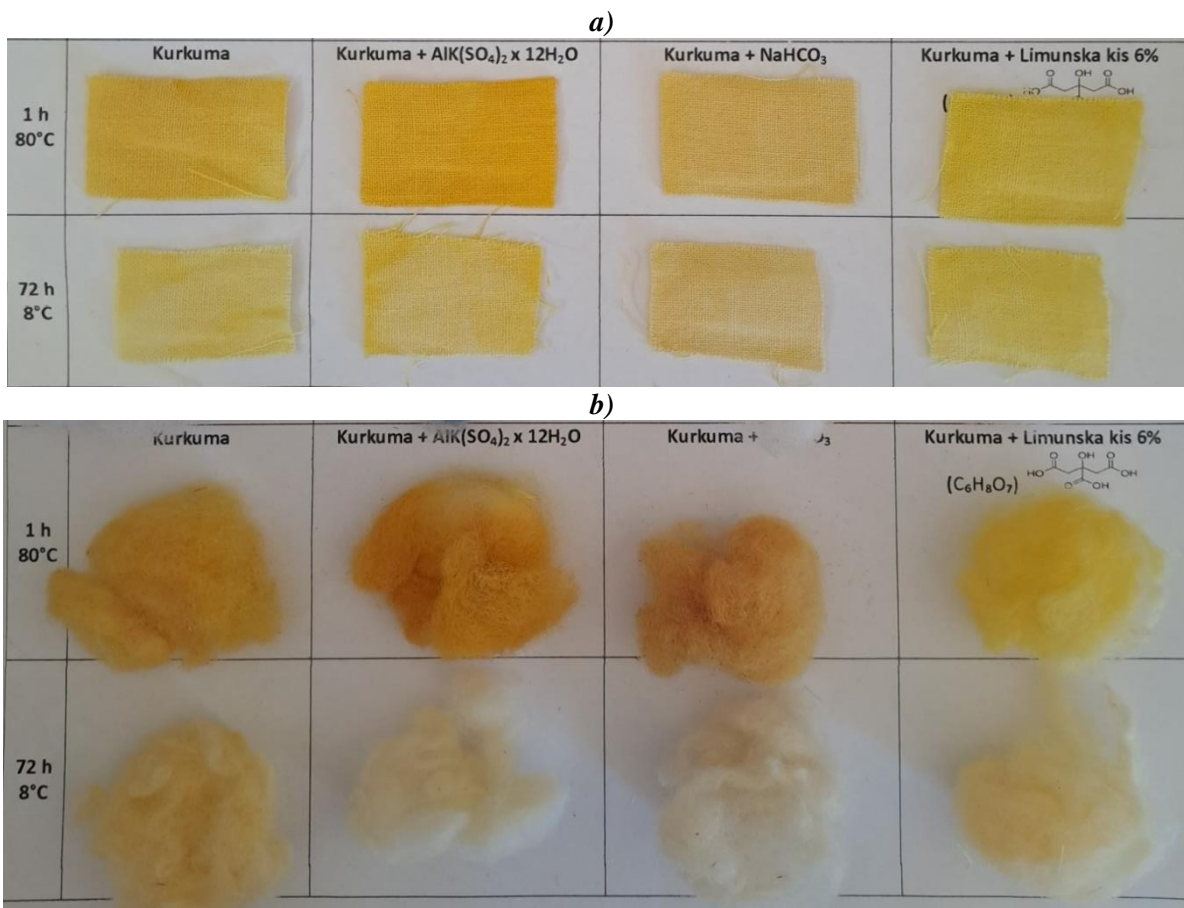
Slika 23. a) Pamuk i b) vuna obojeni bojilom borovnica

Rezultati bojenja s bojilom borovnice, slika 23., ukazuju na jako dobro vezanje bojila na vlakna pamuka i vune. Dobivena boja na vlaknima pamuka i vune ovisi o vrsti dodatka. U ishodnoj otopini boja pamuka je svijetlo ljubičasto-plava koja je znatno intenzivnija nakon duljeg vremena stajanja, 72 h, pri 8 °C.

Dodatkom mordanta, obojenje je intenzivnije nakon 1 h stajanja u odnosu na ishodnu otopinu, 80 °C te je nakon duljeg vremena stajanja znatno intenzivnija i tamnija.

Dodatkom, NaHCO_3 nešto je slabije vezivanje bojila za vlakna pamuka, a boja je nježno ljubičasto-plava te se ne mijenja tijekom duljeg vremena stajanja. Dodatkom limunske kiseline dobiveno je također ljubičasto-plavno obojenje s crvenkastom nijansom, koja postaje intenzivnija nakon duljeg vremena stajanja u otopini.

Bojenjem vune dobivene su nešto drugačije nijanse u odnosu na pamuk. Intenzivnije ljubičasto-plave boje dobivene su kod neutralne otopine, otopine s mordantom i otopine s limunskom kiselinom, dok je u otopini s NaHCO_3 dobiveno tamno zeleno-sivo obojenje. Tijekom duljeg vremena stajanja vune u otopini smanjuje se intenzitet obojenosti.



Slika 24. a) Pamuk i b) vuna obojeni bojilom kurkume

Rezultati bojenja s bojilom kurkume, slika 24., ukazuju na jako dobro vezanje bojila na vlakna pamuka i vune. Nijansa dobivene boje na vlaknima pamuka i vune ovisi o vrsti dodatka. U ishodnoj otopini boja pamuka je svijetlo žuta kojoj se intenzitet smanjuje tijekom duljeg vremena stajanja, 72 h, pri 8 °C.

Dodatkom mordanta, obojenje je znatno intenzivnije nakon 1 h, 80 °C stajanja u odnosu na ishodnu otopinu, te je nakon duljeg vremena stajanja također manje intenzivna i svijetlija.

Dodatkom, NaHCO_3 nešto je slabije vezivanje bojila za vlakna pamuka, a boja je nježno žuto krem nijanse te se ne mijenja tijekom duljeg vremena stajanja. Dodatkom limunske kiseline dobiveno je svijetlo žuto intenzivno obojenje, koja je manjeg intenziteta nakon duljeg vremena stajanja u otopini.

Bojenjem vune dobivene su znatno intenzivnija žuta obojenja u odnosu na pamuk. Intenzivnije žute boje dobivene su kod neutralne otopine, otopine s mordantom i otopine s limunskom kiselinom dok je u otopini s NaHCO_3 dobiveno smeđe-žuto

obojenje. Tijekom duljeg vremena stajanja vune u otopini smanjuje se intenzitet obojenosti.

Bojila su pripremljena ekstrakcijom, korištenjem vode kao otapala. Za izradu svakog bojila nije korištena ista količina vode, tj. voda se dodavala tako da prekrije sirovi biljni materijal i da se postigne željeno početno obojenje otopine. Prije stavljanja uzoraka pamuka i vune u otopine, isti su namočeni u destiliranu vodu da bi se poboljšalo upijanje bojila. Vezivanje bojila dodatno se pokušalo poboljšati u drugoj bočici svakog bojila uz dodatak mordanta, kalij aluminij sulfata (simultano mordantiranje).

Prva od četiri bočice svakog bojila sadržavala je samo čisto bojilo da posluži kao usporedbeni primjerak bojilu s mordantom i bojilima s lužnatim i kiselim modifikatorom.

Promatrani parametri koji utječu na bojenje:

Vrsta vlakna – usporedbom obojenja pamučnih i vunениh vlakana istim bojilom, vidljivo je da su za većinu bojila dobivene slične nijanse na pamuku i vuni. Nešto uočljivije razlike u intenzitetu obojenja zamijećene su kod crvenog kupusa, žutog i ljubičastog luka i borovnica koje su jače obojile pamuk te kurkume koja je intenzivnije obojila vunu.

Koncentracija – primjećeno je da su koncentriranija bojila, odnosno ona s većim udjelom sirovog materijala i manjim udjelom vode, dala intenzivnija obojenja. Crveni kupus, borovnica i kurkuma bili su koncentriranija bojila.

Vrijeme i temperatura bojenja – željelo se promotriti kako vrijeme bojenja utječe na konačan produkt pa su se uzorci držali u bočicama s bojilima oko 1 h, odnosno oko 72 h. Međutim, ispitivanje nije provedeno pri istoj temperaturi jer se uzorci nisu mogli tri dana zagrijavati (na oko 80 °C). Također, nisu bili ostavljeni na sobnoj temperaturi kako ne bi došlo do razvoja mikroorganizama, već su čuvani u hladnjaku (na oko 8 °C). Promatranjem dobivenih rezultata, može se zaključiti da bi bojenje trebalo provoditi na višoj temperaturi, dulje vrijeme ako se žele dobiti intenzivnije nijanse.

5. ZAKLJUČAK

Prirodna bojila većinom se koriste za bojenja hrane, lijekova, kozmetičkih proizvoda, tkanina i u umjetnosti. Na boju konačnog proizvoda utječe velik broj čimbenika, kao što su temperatura, svjetlost, vrijeme bojenja, korištenje fiksatora i modifikatora, vrsta tkanine, pH i mnogi drugi. U ovom je radu pripravljeno osam bojila biljnog podrijetla i tri bojila od gljiva. Potvrđeno je da su crveni kupus, kurkuma te žuti i ljubičasti luk tradicionalno dobra bojila, ali da se i sva druga pripravljena bojila mogu koristiti za dobivanje obojenja. Bojenje je poželjno provoditi u koncentriranijim otopinama, pri višoj temperaturi i dulje vrijeme.

Priprava i primjena prirodnih bojila ponovno nalaze sve veće zanimanje zbog pozitivnih utjecaja koja imaju na ljude i okoliš. Što se tiče bojenja tkanina, treba provesti još brojna ispitivanja da bi se prirodna bojila mogla koristiti u većim razmjerima i postati održivim načinom bojenja.

6. LITERATURA

1. Tamilarasi, A., Banuchitra, M., CLASSIFICATION AND TYPES OF NATURAL DYES: A BRIEF REVIEW, IJCRT, Vol. 9 (2021)
2. <https://sciencehistory.org/education/scientific-biographies/william-henry-perkin/> (pristup 10. travnja 2023.)
3. <https://www.fsw.cc/natural-dyes-history/> (pristup 10. travnja 2023.)
4. <https://www.felinfach.com/pages/history-of-natural-dyes> (pristup 10. travnja 2023.)
5. <https://www.invaluable.com/blog/natural-pigments/> (pristup 12. svibnja 2023.)
6. Abel, A. *The history of dyes and pigments, Colour Design*, (2012) 557–587.
7. Sutlović, A., Parac-Osterman, Đ., Đurašević, V., Croatian Traditional Herbal Dyes For Textile Dyeing, TEDI Vol 1 (2011) 65- 69 / 69
8. Yusuf, M., Shabbir, M., Mohammad, F., Natural Colorants: Historical, Processing and Sustainable Prospects, *Natural Products and Bioprospecting*, 7(1), (2017) 123–145.
9. <https://class.textileacademy.org/tutorials/NATURAL%20DYES%20colour%20palette%20fabrication.pdf> (pristup 11. travnja 2023.)
10. <https://www.fsw.cc/products-chemical-colorant/organic-pigments/> (pristup 13. travnja 2023.)
11. <https://botanicalcolors.com/new-to-natural-dyes/> (pristup 13. travnja 2023.)
12. <https://naturaldyes.ca/instructions> (pristup 14. travnja 2023.)
13. <https://botanicalcolors.com/botanical-colors-copy/the-balkan-collection/> (pristup 13. travnja 2023.)
14. Chungkrang L., Bhuyan S., Rani Phukan A., Natural Dyes: Extraction and Applications, *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci*, 2319-7706 Volume 10 Number 01 (2021) (pristup 25. kolovoza 2023.)
15. <https://botanicalcolors.com/how-to-mordant/> (pristup 25. kolovoza 2023.)

16. Salauddin Sk M, Mia R, Haque MA, Shamim AM, Review on Extracton and Applicaton of Natural Dyes, *Textle & Leather Review*. 2021; 4(4):218-233 (pristup 26. kolovoza 2023.)
17. Verma, K., Pophaly, M., Pophaly S. D., NATURAL FOOD COLORS, *Plant Archives* Vol. 18 No. 1, 2018 pp. 1159-1162
18. <https://www.plant-ex.com/what-is-the-difference-between-natural-colours-and-colouring-foodstuffs/> (pristup 15 travnja 2023.)
19. <http://historyofnaturalartpigments.weebly.com/animal-pigments.html> (pristup 9. srpnja 2023.)
20. García-Reverter, J., Sanz Penella, J. M., Colorants of natural origin. Sources and applications. Review and general introduction, R&D and Quality Direction Secna Natural Ingredients Group, S.L.
21. <https://www.bansaltrading.com/natural-colorants-for-cosmetics> (pristup 8. srpnja 2023.)
22. <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=4953> (pristup 8. srpnja 2023.)
23. Shahi, Z., Khajeh Mehrizi, M., Hadizadeh, M., A Review of the Natural Resources Used to Hair Color and Hair Care Products, *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, Vol. 9(7) (2017) 1026-1030
24. <https://imbarex.com/the-science-of-color-understanding-the-role-of-natural-colorants-in-pharmaceutical-formulation/> (pristup 15. travnja 2023.)
25. Roberto Mattioli, Antonio Francioso, Luciana Mosca, and Paula Silva, Anthocyanins: A Comprehensive Review of Their Chemical Properties and Health Effects on Cardiovascular and Neurodegenerative Diseases, *Molecules* 25 (3809) **2020** 1-42.
26. *Deepak Devadiga and T.N. Ahipa*, Betanin: A Red-Violet Pigment – Chemistry and Applications, *Intechopen* (2020) 1-19.

27. Suma H AL-Shaikh Hussin, Properties of organic green spinach dye as a substitute for harmful chemical green dye, *Journal of Physics: Conference Series*, J. Phys.: Conf. Ser. 1879 (2021) 1-6.
28. Ofelia B. O. Ashton, Marie Wong, Tony K. Mcghie, Rosheila Vather, Yan Wang, Cecilia Requejo-Jackman, Padmaja Ramankutty, Allan B. Woolf, Pigments in avocado tissue and oil, *J. Agric. Food Chem.* 54 (2006) 10151-10158.
29. Mahesh Kumar Samota, Madhvi Sharma, Kulwinder Kaur, Sarita, Dinesh Kumar Yadav, Abhay K. Pandey, Yamini Tak, Mandeep Rawat, Julie Thakur, Heena Rani, Onion anthocyanins: Extraction, stability, bioavailability, dietary effect, and health implications, *Frontiers in Nutrition*, 10.3389/fnut.2022.917617.
30. Lee J., Durst R.W., Wrolstad R.E. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study *J. AOAC Int.* 88 (2005) 1269–1278.
31. Mazza G., Brouillard R. The mechanism of co-pigmentation of anthocyanins in aqueous solutions. *Phytochemistry* 29 (1990) 1097–1102.

ŽIVOTOPIS

Lucija Kuzmić [REDACTED] Osnovnoškolsko obrazovanje stekla je u Osnovnoj školi Slavka Kolara u Kravarskom, a 2016. upisala je Gimnaziju u Velikoj Gorici (smjer Opća gimnazija). 2020. godine upisala se na preddiplomski studij Fakulteta kemijskog inženjerstva i tehnologije (studij Kemijsko inženjerstvo). Tijekom tri godine preddiplomskog studija u kategoriji je 10 % najuspješnijih studenata na studiju.