



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Minerva Huovari

Pajukuoriuutteen käyttö väriaineena

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja elintarviketekniikka

Insinööriyö

2.5.2019

Tekijä Otsikko	Minerva Huovari Pajukuoriuutteen käyttö väriaineena
Sivumäärä Aika	31 sivua 2.5.2019
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Bio- ja elintarviketekniikka
Ammatillinen pääaine	
Ohjaajat	lehtori Ismo Halonen tohtorikoulutettava Tia Lohtander
<p>Tässä insinööriyössä värjättiin puuvillakankaita pajukuoriuutteella ja tutkittiin niiden säteily- ja pesunkestoa. Tarkoituksena oli tutkia pajukuoriuutteen käyttöä väriaineena tekstiileissä.</p> <p>Työssä käytettiin värjäämiseen joko 4 mg/ml pajukuoriuuteliuosta tai 2 mg/ml pajukuoriuuteliuosta, jossa oli lisäksi 2 mg/ml puretetta. Osa värjätystä kankaista altistettiin luonnonvalolle ja osa joko 20 J/cm² tai 40 J/cm² UVC-säteilylle. Kaikki kankaat pestiin ja huuhdeltiin altistuksen jälkeen samoissa olosuhteissa. Pesun jälkeen tarkasteltiin kankaiden sävyn- ja absorbanssin muutoksia sekä tahriutumista.</p> <p>Tuloksista huomattiin, että UVC-säteily vaikutti kankaiden absorbanssiin enemmän kuin luonnonvalo. Tämä havaittiin absorbanssin suuremmilla arvoilla. Myös voimakkaampi säteily nosti absorbanssia enemmän kuin heikompi säteily.</p> <p>Pesu laski absorbanssia lähes kaikilla kankailla. Kankaiden, joiden väriaineeseen oli lisätty puretetta, absorbanssi laski vähemmän kuin kankailla, joiden väriaineessa ei ollut puretetta. Tämä selittyy sillä, että puretteen tarkoitus on auttaa väriä pysymään kankaassa kiinni. Myös puretteiden välillä havaittiin eroja. Toiset puretteet pitivät värin kankaassa paremmin kuin toiset.</p>	
Avainsanat	pajukuoriuute, pesu, purete, UVC-altistus

Author Title	Minerva Huovari Willow Bark Extract as a Coloring Agent
Number of Pages Date	31 pages 2 May 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Biotechnology and Food Engineering
Professional Major	
Instructors	Ismo Halonen, Lecturer Tia Lohtander, Doctoral Candidate
<p>The purpose of this thesis was to study willow bark extract as a coloring agent. Cotton fabrics were colored with willow bark extract and the effect of UVC radiation and washability were studied in the colored fabrics.</p> <p>For the experiments, a willow bark extract coloring solution of 4 mg/ml or a willow bark extract coloring solution of 2 mg/ml with 2 mg/ml mordant was prepared. Some of the colored fabrics were exposed to UVC radiation, and others were exposed to natural lightning. All the fabrics were washed and rinsed under same conditions.</p> <p>It was seen from the results that the UVC exposure affected the absorbance of the fabrics more. The effect was not so strong with natural light. This could be detected by increased absorbances measured from the surface of the fabric. Also, a more intense radiation affected the absorbance more.</p> <p>Washing of the fabrics reduced the absorbance in almost all the fabrics. Some of the fabrics had mordant in their coloring solution, and their absorbance did not decrease as much as those without the mordant. This is explained by the fact that a mordant helps the color to stick on the fabric. There were also some differences between the mordants used. Some of them helped the color to stick to the fabrics better than others.</p>	
Keywords	willow bark extract, washing, mordant, UVC exposure

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Luonnon väriaineet	2
2.1	Luonnosta saatavat väriaineet	2
2.2	Kiinnostuksen syyt	2
2.3	Haasteita ja rajoituksia	3
3	Luonnonväriaineilla värjättyjen tekstiilien ominaisuuksien tutkiminen	4
3.1	Purettaminen	4
3.2	UV-suojavuus ja UV-säteilyn vaikutus väriin	4
3.3	Värinkesto ja tahriutuminen	5
4	Näytteiden valmistelu ja suoritettavat kokeet	5
4.1	Värjäys ja altistus	6
4.2	Pesu	6
4.3	Absorbanssien määrittäminen sekä värin muutos ja tahriutuminen	6
5	Tulokset	7
5.1	Värin muutos ja tahriutuminen	7
5.2	Näyte 1: 4 mg/ml WBE-liuos, ei UVC-altistusta	8
5.3	Näyte 2: 4 mg/ml WBE, kankaalle 20 J/cm ² UVC-altistus	11
5.4	Näyte 3: 4 mg/ml WBE-liuos, värille 40 J/cm ² UVC-altistus	13
5.5	Näyte 4: 4 mg/ml WBE-liuos, kankaalle 40 J/cm ² UVC-altistus	15
5.6	Näyte 5: 2 mg/ml WBE + 2 mg/ml TA-purete, ei UVC-altistusta	17
5.7	Näyte 6: 2 mg/ml WBE + 2 mg/ml AL-purete, ei UVC-altistusta	19
5.8	Näyte 7: 2 mg/ml WBE + 2 mg/ml CI-purete, ei UVC-altistusta	22
5.9	Näyte 8: 2 mg/ml WBE + 2 mg/ml OX-purete, ei UVC-altistusta	25
6	Tulosten vertailu ja johtopäätökset	28
	Lähteet	31

Lyhenteet

AC	akryyli
AL	aluminum potassium sulfate dodecahydrate, alumiinikaliumsulfaatti dodekahydraatti
CI	citric acid, sitruunahappo
CO	puuvilla
CTA	asetaatti
OX	oxalic acid, oksaalihappo
PA	polyamidi
PES	polyesteri
TA	tannic acid, parkkihappo
UVC	ultravioletti-C -säteily
WBE	willow bark extract, pajukuoriuute
WO	villa

1 Johdanto

Luonnosta saatavia väriaineita on käytetty vuosituhansia ennen synteettisten väriaineiden keksimistä. Kun synteettiset väriaineet keksittiin, niiden käyttö syrjäytti luonnon väriaineet [1, s. 37.] Teollistumisen seurauksena syntyi nopeaa kehitystä ja tutkimusta synteettisten väriaineiden parissa, jolloin synteettisiä vaihtoehtoja kehitettiin enemmän ja syntyi paljon uusia eri värejä ja värisävyjä. Synteettisten värien tuotannossa ja käytössä syntyneet ympäristö- ja terveysongelmat ovat kuitenkin nostaneet kiinnostusta takaisin luonnonvärejä kohtaan [2, s. 37.]

Luonnonväreillä on myös laajat sovellusmahdollisuudet, sillä niitä voi käyttää tekstiili- ja elintarviketeollisuudessa, käsintehtyjen koristeiden ja lelujen värjäyksessä, nahankäsittelyssä ja luonnollisina lääkkeinä. Tekstiiliteollisuudessa niillä voi värjätä melkein mitä tahansa luonnonkuituja. Tutkimukset ovat osoittaneet myös, että luonnonväreillä on mahdollista värjätä myös joitakin tekokuituja. Luonnosta saatava väri on uusiutuva raaka-aine, joten sen avulla saadaan ympäristöystävällisiä tuotteita ja ympäristöystävällisiä tuotantotapoja [3, s. 13.]

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli tutkia pajukuoriuutteen (willow bark extract, WBE) käyttöä puuvillakankaan värjäyksessä. Työ tehtiin Aalto-yliopiston Biotuotteiden ja biotekniikan laitokselle. Pajukuoriuutteesta on hyvin vähän olemassa olevaa tutkimusta, toisin kuin monista muista luonnonväreistä. Pajua kasvaa myös Suomessa, joten pajukuoriuute valittiin tarkastelun kohteeksi.

Työssä selvitettiin UVC-säteilyn ja pesun vaikutuksia WBE:llä värjättyyn kankaaseen. Osa kankaista värjättiin pelkällä WBE:llä ja osan väriaineeseen oli lisätty myös puretetta. Puretteen tarkoitus on auttaa väriä pysymään tehokkaammin kankaassa. Kokeiden avulla tarkasteltiin myös, vaikuttaako puretteen käyttö kankaan ominaisuuksiin eri tavalla verrattuna kankaisiin, joissa ei ole käytetty puretetta.

2 Luonnon väriaineet

2.1 Luonnosta saatavat väriaineet

Luonnon väriaineita saadaan muun muassa puista, pensaista, yrteistä, sienistä ja jäkälistä. Kasvista hyödynnetään värin tuotannossa esimerkiksi joko koko kasvi, juuret, kukat, lehdet tai kaarna [1, s. 37.] Euroopassa kasveista saadaan sinistä, punaista, keltaista ja ruskeaa väriä [1, s. 42–46]. Tässä työssä tutkittiin pajukuoriuutetta, josta saadaan pääasiassa ruskeaa väriainetta.

Flavonoidit ja tanniinihapot toimivat värjäävinä ainesosina kasveissa, joista saadaan ruskeaa väriainetta. Niillä on pieni ravinnontarve, joten maaperän ravintoainepitoisuuden ei tarvitse olla suuri näitä kasveja varten [1, s. 50–51.] Suomessa kasvaa runsaasti esimerkiksi pajua, josta saadaan ruskeaa väriainetta. Ruskean värin lisäksi pajusta on onnistuttu eristämään myös mustaa, punaista ja keltaista väriä. Ruskea on kuitenkin yleisin, koska sitä saadaan pajun kuoresta. Pajun kuoresta saatavaa väriainetta kutsutaan pajukuoriuutteeksi.

2.2 Kiinnostuksen syyt

Syitä luonnosta saatavien väriaineiden kiinnostuksen kasvuun on monia. Kiinnostus voidaan jakaa neljään eri kategoriaan, jotka ovat innovaatio, talous ja henkilökohtaiset sekä eettiset syyt. Innovaatio ja talous ovat tärkeimmät kategoriat, koska ne sisältävät muun muassa markkinatutkimuksen, valtiolliset säädökset ja kustannusarvion, jotka ovat tärkeimmät kohdat päätöksenteossa suunniteltaessa uusia teollisuuden prosesseja [4, s. 316.]

Eettisiin syihin lasketaan muun muassa erilaiset terveys- ja ympäristöhaitat. Värjäysprosesseissa jäteveden päätytty useinkin haitallisia aineita, jotka ovat haitallisia ympäristölle ja lisäksi nostavat jäteveden käsittelykustannuksia. Siksi halutaan ratkaisuja vaihtoehtoisista tuotteista ja korvaavista kemikaaleista [4, s. 317.] Lisäksi synteettisten väriaineiden käytössä esiintyy paljon terveyshaittoja, ja väriaineet voivat olla myös myrkyllisiä [1, s. 37]. Kysyntää löytyy erityisesti uusille tuotteille, tuotantotavoille ja strategioille, jotka

edistävät luonnon ja ympäristön hyvinvointia. Tämän takia erityisesti kasvit ovat hyvä lähde väriaineiksi [4, s. 315.]

Eettiset syyt voidaan laskea myös ihmisten henkilökohtaisiksi syiksi, kun lisätään luonnonvärien käyttöä, mutta eettisten syiden lisäksi luonnonvärien käytössä on myös taiteellinen näkökulma. Niitä käyttämällä ei saada räikeitä värejä, vaan luonnonläheisiä, pehmeitä ja rauhallisia sävyjä [5, s. 8.]

Luonnon omia tekstiilejä on kehitetty paljon viime vuosina, ja monissa ympäristöystävällisissä tuotteissa näkeekin merkintöjä ”bio”, ”organic” ja ”sustainable”. Tässä on taustalla erilaiset ympäristö-, terveys- ja sosiaaliset ongelmat. Tekstiilien väriaineet eivät kuitenkaan kuulu tähän kategoriaan, ja siihen halutaan muutos. Luonnonvärit ovat nykyisin hyvin vähän käytettyjä ja suurimmassa osassa tapauksista niitä käytetään tuskin ollenkaan. Kehityksen näkökulmasta on suorastaan toivottavaa käyttää luonnonvärejä värjäyksessä [6, s. 353.]

2.3 Haasteita ja rajoituksia

Väriaineiden tarve tekstiilisektorilla on tällä hetkellä noin 3 miljoonaa tonnia väriainetta vuodessa, joten tekstiilisektorilla käytettävistä väriaineista vain noin 1 % on luonnonväriä. Vaikka luonnonvärit ovat uusiutuvia ja biohajoavia, niiden käyttö tekstiiliteollisuudessa ei täytä vaadittuja tavoitteita. Luonnonväreillä värjätessä tuotteilla esiintyy teknisiä ja kestävyysongelmia sekä tuotannossa että itse tuotteissa, joten luonnonvärien käyttö ei ole vielä kovin laajaa. Lisäksi luonnonväreillä on synteettisiin väriaineihin verrattuna rajoittunut väriskaala [2, s. 37.]

Luonnonvärien haasteisiin voi laskea myös viljelymaan saatavuuden. Tällä hetkellä suurin osa käytetystä viljelymaasta on ruoantuotantoa varten. Koska luonnon ja biodiversiteetin tuhoaminen ei ole toivottua eikä luonnonkasveja tulisi tuhota värikasvien viljelyn tieltä, uusia viljelymaita ei voida perustaa minne vain [2, s. 38.] Myös viljelysmenetelmien kehitys on tarpeellista monien värikasvien viljelemisen onnistumiseksi [1, s. 37].

Teollinen käyttö luonnon väriaineiden osalta voisi olla suurempi kuin se on nykyään. Ilmastomuutoksen seurauksena kasvukausi on pidentynyt ja pitenee edelleen, joten

uusien viljelykasvien käyttöönotto on mahdollista. Osa väriainekasveista kasvaa tälläkin hetkellä runsaasti luonnossa, joten on oikeastaan suotavaakin, että niitä hyödynnetään. Värikkasvien niittäminen parantaa esimerkiksi ympäristön tilaa [3, s. 14.]

3 Luonnonväriaineilla värjättyjen tekstiilien ominaisuuksien tutkiminen

Luonnonvärien ominaisuuksia värjättyissä kankaissa on tutkittava paljon, koska värjäys ei ole vielä kaupallisella tasolla. Tällä hetkellä suurin osa värien ominaisuuksien tutkimisesta perustuu laboratorioissa tehtyihin tutkimuksiin ja erilaisten prosessien mallinnukseen [1, s. 315.] Tärkeimpiä ominaisuuksia luonnon väriaineiden kannalta ovat UV-suojaavuus ja värinkesto. Ominaisuuksien tutkimiseen kuuluu oleellisesti myös purettaminen.

3.1 Purettaminen

Purettaminen tarkoittaa värjättävän tekstiilin käsittelyä puretusaineella. Purettaminen edesauttaa värin tarttumista tekstiiliin, ja sen tarkoitus on saada väri pysymään kuidussa. Tämän lisäksi purette lisää värinkestoja tekstiilissä. Puretteita käytetään myös sävytystarkoituksissa, sillä ne voivat muuttaa kankaan sävyä monella tapaa. Puretustapoja on kolme: esipurettaminen, purettaminen värjätessä ja jälkipuretus, joista luonnollisesti esipurettaminen tapahtuu ennen värjäysprosessia, purettaminen värjätessä sen aikana ja jälkipuretus värjäyksen jälkeen [3, s. 133.]

Puretusaineina on käytetty paljon metallisuoloja, jotka ovat haitallisia ympäristölle. Niistä liukenee veteen haitallisia metalleja ja muita yhdisteitä, kuten kuparia, ja niiden puhdistaminen vedestä on kallista. Siksi ympäristöystävällisille ja luonnollisille puretteille on enemmän kysyntää, ja niillä pyritään korvaamaan kokonaan metallisuoloja sisältävät puretteet [3, s. 133.]

3.2 UV-suojaavuus ja UV-säteilyn vaikutus väriin

Otsonikerroksen oheneminen on johtanut UV-säteilyn ja auringonvalon haittavaikutusten lisääntymiseen. Lisääntynyt UV-valo esimerkiksi nopeuttaa tekstiilien hajoamista [3, s.

241]. Tämän takia tekstiileihin olisi hyvä kehittää UV-suoja. Luonnonvärit ovat kasvien sekundaarisia aineenvaihduntatuotteita, ja ne suojaavat kasveja stressitekijöiltä, kuten säteilyltä. Siksi kasvit absorboivat säteilyä UV-valon alueella 100–400 nm:n välillä. Luonnonvärit säilyttävät tämän ominaisuuden, ja värjäyksessä luonnonvärit siirtyvätkin tekstiileihin antaen niille UV-suojan.

UV-säteilyn vaikutusta värin ominaisuuksiin voi tutkia altistamalla kangasta UV-säteilylle. Altistettua kangasta voi verrata altistamattomaan kankaaseen ja tutkia, kuinka paljon värisävy muuttui alkuperäisestä. Muutosta voi tutkia paljailla silmillä, tai kankaiden absorbanssin voi mitata tarkempien tulosten saamiseksi.

3.3 Värinkesto ja tahriutumisen

Luonnonväreillä värjätessä tutkitaan myös värinkestoja esimerkiksi erilaisilla pesukokeilla. Värinkestoan vaikuttavat värimolekyylin rakenteen pysyvyys sekä värimolekyylin ja kuidun välisten vuorovaikutusten lujuus [3, s. 238]. Värin pysyvyyttä kankaassa voi tutkia esimerkiksi luonnonvalossa käyttäen apuna standardin ISO 105-A02 [7] väriskaalaa, jonka avulla voi arvioida sävy muutosta ennen ja jälkeen pesun. Värinkestoja voi myös tutkia mittaamalla näyttekankaan absorbanssin ennen pesua ja pesun jälkeen ja katsoa, kuinka paljon absorbanssi on muuttunut.

Pesukokeen jälkeen voidaan tutkia myös tahriutumista esimerkiksi sille tarkoitetun standardin ISO 105-A03 [8] asteikon avulla. Asteikkoa verrataan kankaaseen ommeltuun pesulappuun ja tarkastellaan tahriutumista eri kankaiden pinnalla.

4 Näytteiden valmistelu ja suoritettavat kokeet

Tässä luvussa esitellään työtä varten valmistettavat näytteet ja niille suoritettavat kokeet. Aluksi isosta puuvillakankaasta leikattiin 12×4 cm:n kokoisia kangaspaloja kokeita varten. Eri näytteitä oli kahdeksan, ja jokaisesta näytteestä tehtiin kaksi rinnakkaisnäytettä, joten kankaita leikattiin yhteensä 24 kappaletta.

4.1 Värjäys ja altistus

Riippuen näytteestä värjäystä varten valmistettiin joko 4 mg/ml pajukuoriuuteliuos tai 2 mg/ml pajukuoriuuteliuos, jossa oli lisäksi 2 mg/ml puretetta. Puretteina käytettiin joko parkkihappoa (TA), alumiinikaliumsulfaatti dodekahydraattia (AL), sitruunahappoa (CI) tai oksaalihappoa (OX). Yhteen reaktioastiaan laitettiin kankaanpala ja 40 ml väriliuosta. Kaikkia kankaita värjättiin 60 minuutin ajan 80 °C:ssa. Värjäyksen jälkeen kankaat puristettiin kevyesti kuivaksi ja ne joko kuivattiin huoneenlämmössä tai altistettiin 254 nm:n UVC-säteilylle kuivauksen aikana. Yksi näytteistä altistettiin värjäyksen jälkeen 20 J/cm² UVC-säteilylle, yhden näytteen väri 40 J/cm² UVC-säteilylle ja yksi näyte J/cm² UVC-säteilylle. Muut näytteet on kuivattu huoneenlämmössä ilman UVC-säteilylle altistamista.

4.2 Pesu

Kaikista värjäytyistä kankaanpaloista leikattiin pois 2×4 cm:n kokoinen pala, ja kaikille kankaille leikattiin 10×4cm:n kokoiset pesulaput, jotka ommeltiin värjättyihin 10×4 cm:n kokosiin kankaisiin kiinni. Valmistettiin myös ionivaihdetusta vedestä ja pesuaineesta 4 mg/ml pesuliuos, joka lämmitettiin 40 °C:seen ennen pesua. Yhteen reaktioastiaan laitettiin värjätty kankaanpala, jossa oli kiinni ommeltu pesulappu, 150 ml lämmitettyä pesuliuosta ja 10 teräskuulaa, joiden halkaisija oli 6 mm. Pesuohjelma suoritettiin standardin SFS-EN ISO 105_C06 [9, s. 18] testin A1S mukaan, jossa pesuohjelman lämpötila oli 40 °C ja ohjelman kesto 30 min. Pesun jälkeen kankaita huuhdeltiin kaksi kertaa minuutin ajan 100 millilitrassa 40-asteista ionivaihdettua vettä. Kaikille näytteille tehtiin sama pesu ja huuhtelu.

4.3 Absorbanssien määrittäminen sekä värin muutos ja tahriutumisen

Värjäyksen jälkeen jokaisesta reaktioastiasta otettiin väriäinen näyte absorbanssin mittausta varten. Väriaineista mitattiin absorbanssit spektrofotometrillä sekä näkyvän valon alueella aallonpituuksilla 400–800 nm että UV-valon alueella aallonpituuksilla 200–400 nm. Värin muutosta ja tahriutumista tarkasteltiin päivänvaloasetuksella valokaapissa. Muutosta verrattiin asteikolla 1–5, jossa 5 tarkoitti, että paljain silmin muutosta ei ollut havaittavissa.

5 Tulokset

Kaikkien rinnakkaisnäytteiden tuloksista otettiin keskiarvot. Näytteet on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Näytteet ja niiden ominaisuudet.

Näyte	WBE- Pitoisuus (mg/ml)	Käytetty purete (2 mg/ml)	UVC- Altistus (J/cm ²)
1	4	-	-
2	4	-	20 (kankaalle)
3	4	-	40 (värille)
4	4	-	40 (kankaalle)
5	2	TA	-
6	2	AL	-
7	2	CI	-
8	2	OX	-

5.1 Värin muutos ja tahriutuminen

Värin muutoksen ja tahriutumisen tulokset on esitetty taulukossa 2 ja väriliuosten abosorbanssien, UV-altistuksen ja pesun tulokset on esitelty alaluvuissa 5.2 – 5.9. Tahriutumista tutkittiin pesulapusta, jossa oli omat kaistaleet villalle (WO), akryylille (AC), polyesterille (PES), polyamidille (PA), puuvillalle (CO) ja asetaatille (CTA). Tulokset on esitetty asteikolla 1 – 5, jossa 5 viittaa siihen, että silminnähtäviä havaintoja ei tehty.

Taulukko 2. Väriin muutos ja tahriutuminen.

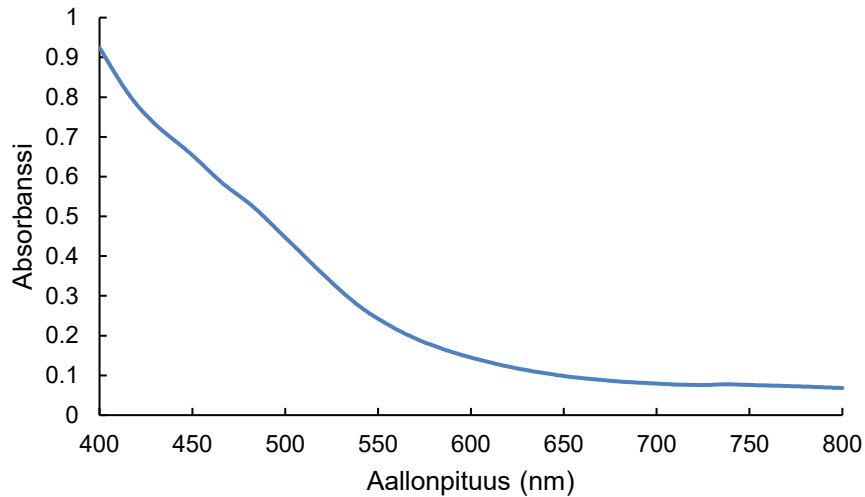
Näyte	Väriin muutos	Tahriutuminen					
		WO	AC	PES	PA	CO	CTA
1	5	5	5	5	5	5	5
2	3	5	5	5	5	5	5
3	4	5	5	5	5	5	5
4	3	5	5	5	5	5	5
5	4	5	5	5	5	5	5
6	3	5	5	5	5	5	5
7	4	5	5	5	4	5	5
8	3	5	5	5	5	5	5

Väriin muutoksen osalta taulukosta huomataan, että silmännähtävää sävy muutosta esiintyi näytteillä, jotka altistettiin UV-säteilylle ja näytteillä, joiden väriaineessa oli puretetta. Isoimmat erot havaittiin näytteillä, jotka oli altistettu UVC-säteilylle, sekä näytteillä, joissa käytettiin puretteena joko alumiinikaliumsulfaatti dodekahydraattia (AL) tai oksaalihappoa (OX).

Suurimmassa osassa näytteistä ei ole silmillä havaittavaa sävy muutosta tahriutumisen osalta. Käytettäessä sitruunahappoa (CI) puretteena polyamidi tahriutui hieman, mutta sävy muutos oli pieni.

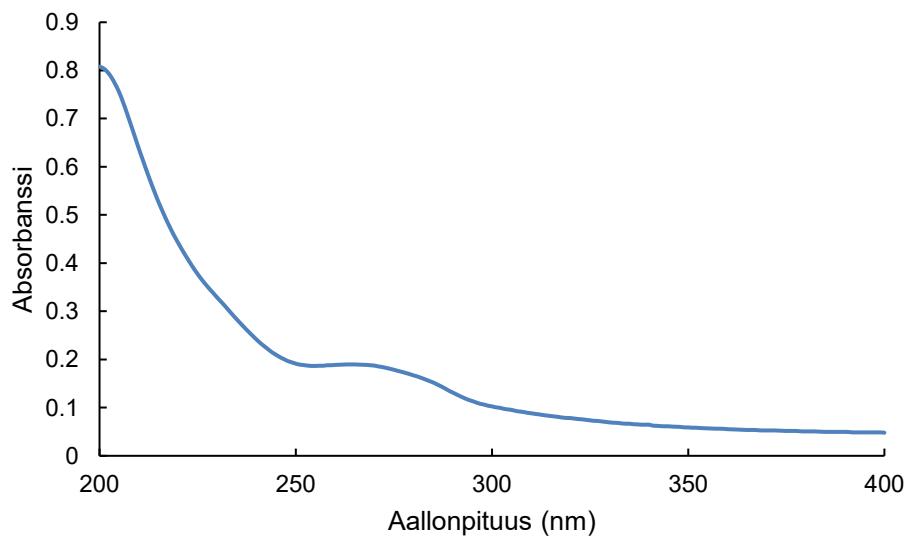
5.2 Näyte 1: 4 mg/ml WBE-liuos, ei UVC-altistusta

Väriliuksena käytettiin 4 mg/ml WBE-liuosta. Näkyvän valon spektri on esitetty kuvassa 1 ja UV-valon spektri on esitetty kuvassa 2.



Kuva 1. Näkyvän valon ($\lambda = 400\text{--}800\text{ nm}$) spektri 4 mg/ml WBE-liuokselle.

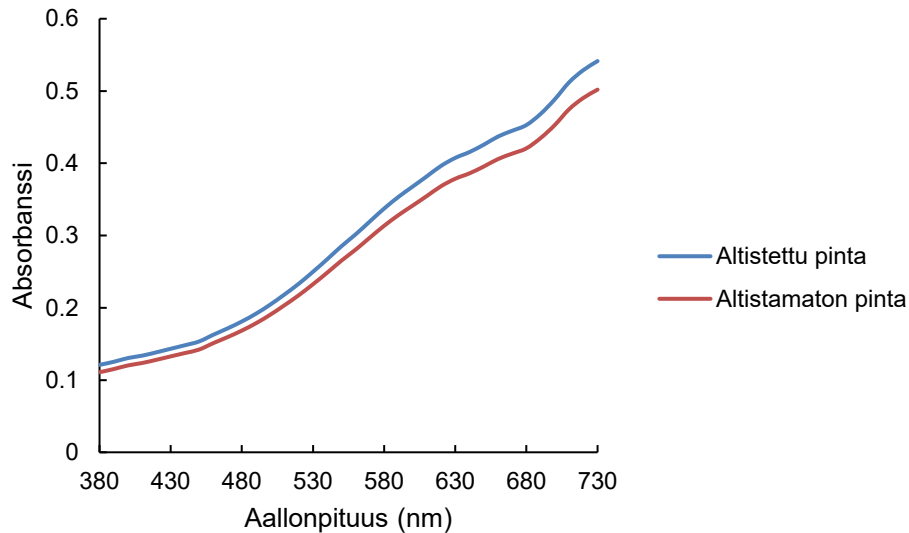
Kuvasta nähdään, että liuos absorboi valoa lyhyemmillä aallonpituuksilla. Spektrikäyrä on jyrkempi 400–600 nm:n välillä. Selkeitä absorptiopiikkejä näytteellä ei esiinny näkyvän valon alueella.



Kuva 2. UV-valon ($\lambda = 200\text{--}400\text{ nm}$) spektri 4 mg/ml WBE-liuokselle.

Kuvasta nähdään, että liuos absorboi valoa eniten 200 nm:n aallonpituudella. Lisäksi havaittiin pieni absorptiopiikki 250–300 nm:n välillä. Spektrikäyrä oli jyrkin 200–250 nm:n välillä.

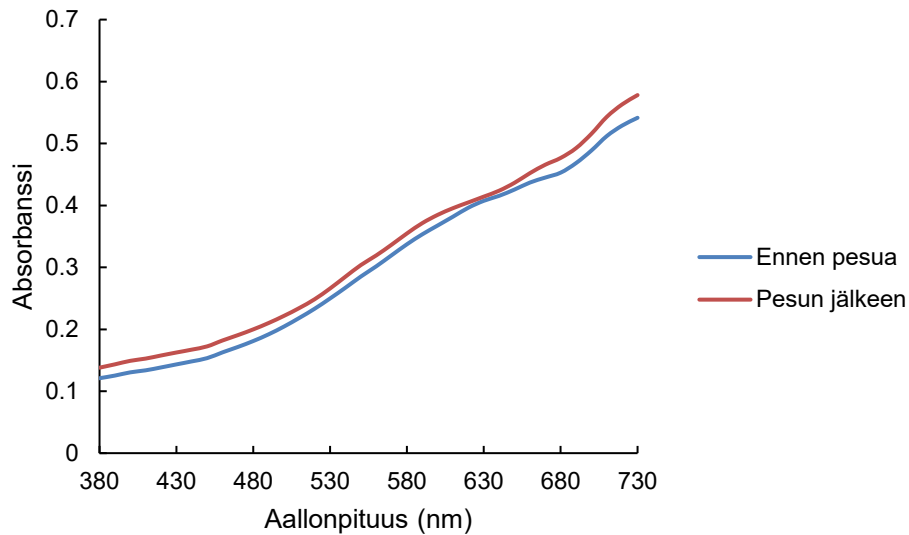
Kankaat kuivattiin huoneenlämmössä, jolloin niiden toinen pinta altistui luonnonvalolle. Kankaita ei altistettu UVC-säteilylle missään vaiheessa. Luonnonvalon vaikutus absorptanssiin on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Luonnonvalon vaikutus absorptanssiin UVC-altistamattomalla näytteellä.

Kuvasta nähdään, että keskimäärin näytteet absorboivat valoa eniten korkeilla aallonpituuksilla, ja luonnonvalolle altistetulla pinnalla absorptanssi oli hieman korkeampi kuin altistamattomalla pinnalla. Absorptanssien erotus oli suurin korkeammilla aallonpituuksilla, mutta keskimäärin erotus oli kaikkialla melko pieni.

Pesun vaikutus absorptanssiin on esitetty kuvassa 4.



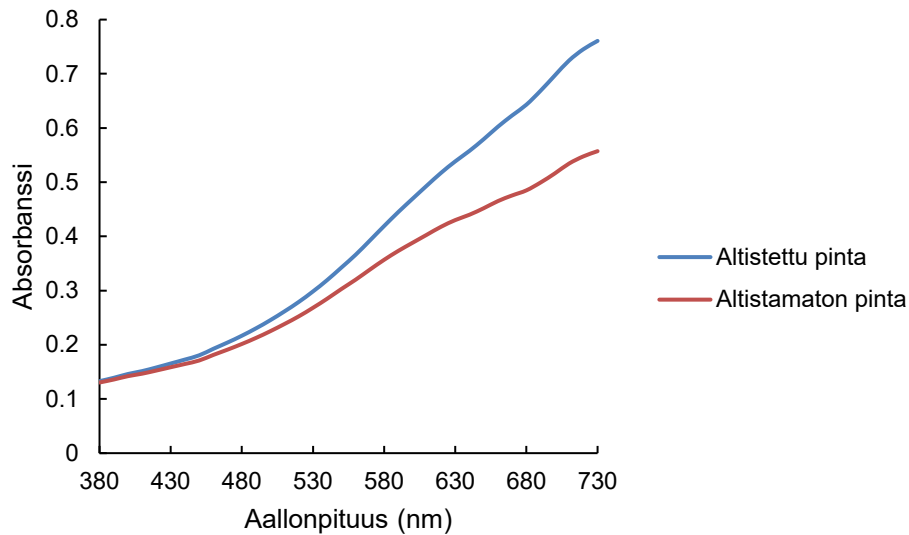
Kuva 4. Pesun vaikutus absorbanssiin UVC-altistamattomalla näytteellä.

Kuvasta nähdään, että keskimäärin absorbanssi nousi hieman pesun jälkeen, mutta ei merkittävästi. Absorbanssien erotus oli tasaista kaikilla aallonpituuksilla. Pesun jälkeen mitattu absorbanssi oli aavistuksen verran suurempi kuin ennen luonnonvalolle altistusta mitattu absorbanssi.

5.3 Näyte 2: 4 mg/ml WBE, kankaalle 20 J/cm² UVC-altistus

Näytteiden väriliuksena käytettiin 4 mg/ml WBE-liuosta. Näytteen väriliuos oli sama kuin näytteellä 1, joten liuoksen absorbansseja ei mitattu. Näiden näytteiden väriliuos valmistettiin yhdellä kertaa, ja tämä liuos jaettiin kuuteen osaan ennen värjäystä.

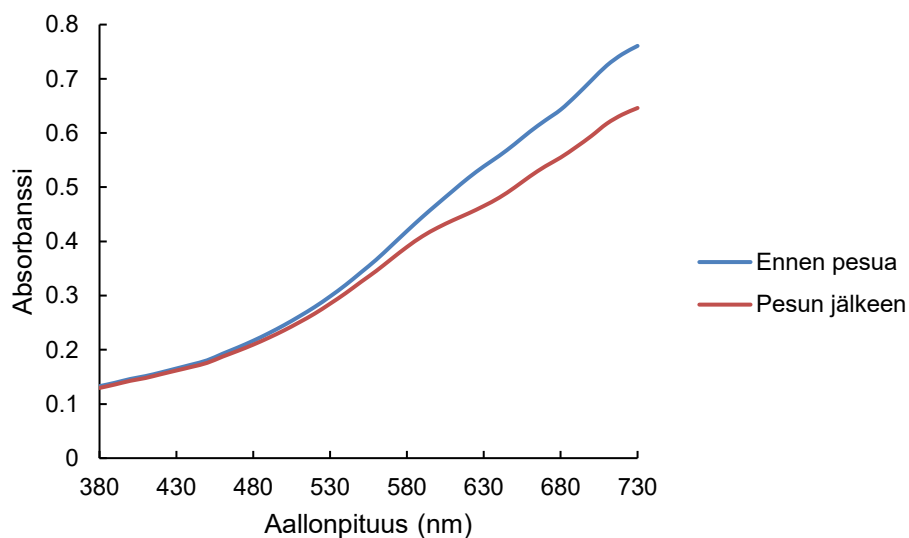
Näytteet altistettiin heti värjäyksen jälkeen 20 J/cm² UVC-säteilylle. Näytteet kuivuivat altistuksen aikana. UVC-altistuksen vaikutus absorbanssiin on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. 20 J/cm² UVC-altistuksen vaikutus absorbanssiin.

Absorbanssi oli keskimäärin selkeästi korkeampi suuremmilla aallonpituuksilla. Absorbanssien erotus altistetun ja altistamattoman pinnan välillä tasoittui matalammilla aallonpituuksilla, eikä eroa juuri havaittu.

Pesun vaikutus absorbanssiin on esitetty kuvassa 6.

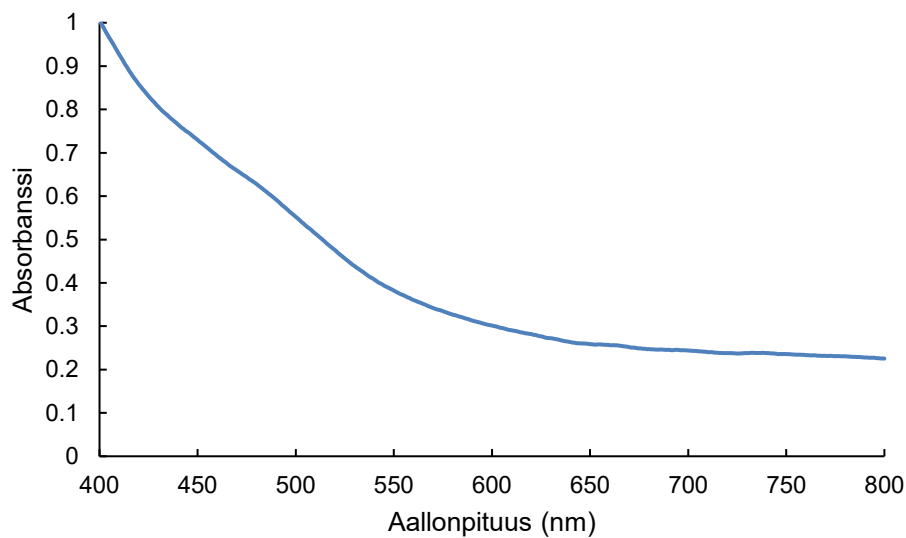


Kuva 6. Pesun vaikutus absorbanssiin 20 J/cm² UVC-altistetulla näytteellä.

Jokaisella näytteellä pesu laski absorbanssia korkeilla aallonpituuksilla, mutta alhaisemilla aallonpituuksilla sillä ei ollut juuri vaikutusta. Näytteessä 5 absorbanssin muutos ei ollut yhtä suuri kuin näytteissä 4 ja 6. Absorbanssi oli pesun jälkeen korkeampi kuin ennen UVC-altistusta mitattu absorbanssi.

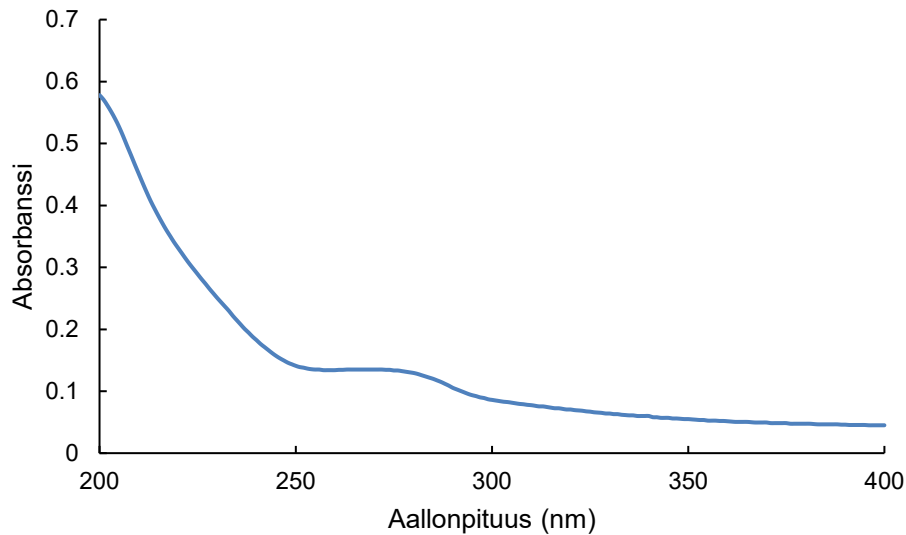
5.4 Näyte 3: 4 mg/ml WBE-liuos, värille 40 J/cm² UVC-altistus

Näytteen 2 väriliuksena käytettiin 4 mg/ml WBE-liuosta, joka altistettiin ennen värjäystä 40 J/cm² UVC-säteilylle. Näkyvän valon spektri on esitetty kuvassa 7 ja UV-valon spektri kuvassa 8.



Kuva 7. Näkyvän valon ($\lambda = 400\text{--}800\text{ nm}$) spektri 40 J/cm² UVC-altistetulla värillä.

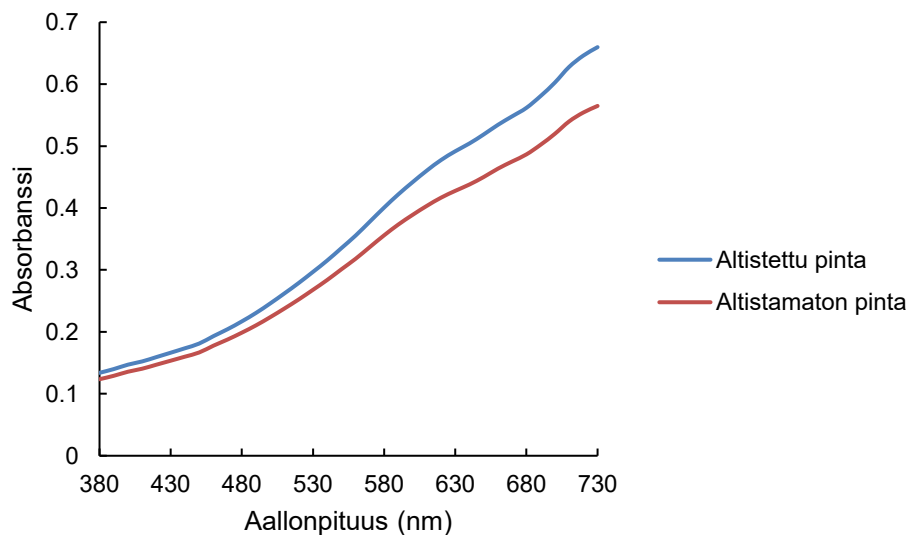
Spektrin käyrä oli jyrkempi lähempänä UV-valon alueen aallonpituuksia. Nousu oli kuitenkin melko tasaista, eli selviä absorbanssiipikkejä ei ollut havaittavissa.



Kuva 8. UV-valon ($\lambda = 200\text{--}400\text{ nm}$) spektri 40 J/cm^2 UVC-säteilylle altistetulla värillä.

UV-valon alueella spektrissä näkyi selkeämmät piikit kuin näkyvän valon alueella. Matalampi piikki havaittiin $250\text{--}300\text{ nm}$:n välillä ja korkeampi piikki $200\text{--}250\text{ nm}$:n välillä.

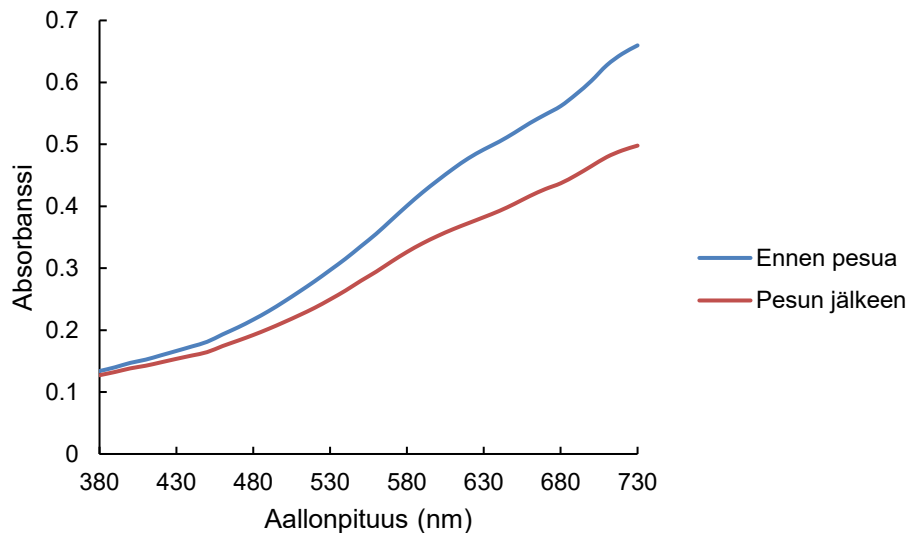
Näytteiden väri altistettiin ennen värjäystä 40 J/cm^2 UVC-säteilylle, mutta itse näytteet kuivattiin huoneenlämmössä värjäyksen jälkeen, eli värjättyjä näytteitä ei enää altistettu UVC-säteilylle. Värin altistuksen vaikutus absorbanssiin on esitetty kuvassa 9.



Kuva 9. Värin 40 J/cm^2 UVC-altistuksen vaikutus absorbanssiin.

UVC-altistus nosti absorbanssia. Absorbanssien erotus oli suurin korkeilla aallonpituuksilla, ja alhaisemmilla erotus oli melko tasainen. 580 nm:stä korkeammalla erotus oli selkeämpi, kun taas tämän alapuolella erotus oli vain heikosti havaittavissa.

Pesun vaikutus absorbanssiin on esitetty kuvassa 10.



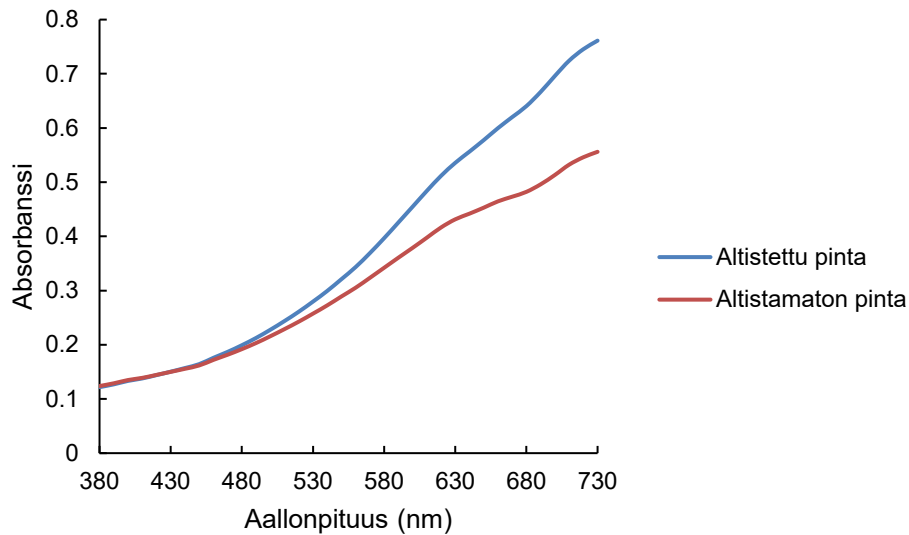
Kuva 10. Pesun vaikutus absorbanssiin, kun väri oli altistettu 40 J/cm² UVC-säteilylle.

Pesu laski absorbanssia erityisesti korkeilla aallonpituuksilla. Lasku oli suurempi 580 nm:stä korkeammalla, mutta tämän alapuolella absorbanssien erotus tasoittui. Pesun jälkeen mitattu absorbanssi oli pienempi kuin ennen luonnonvalolle altistusta mitattu absorbanssi.

5.5 Näyte 4: 4 mg/ml WBE-liuos, kankaalle 40 J/cm² UVC-altistus

Näytteiden väriliuksena käytettiin 4 mg/ml WBE-liuosta. Väriliuos oli sama kuin näytteillä 1 ja 2, joten sen absorbanssia ei määritetty erikseen.

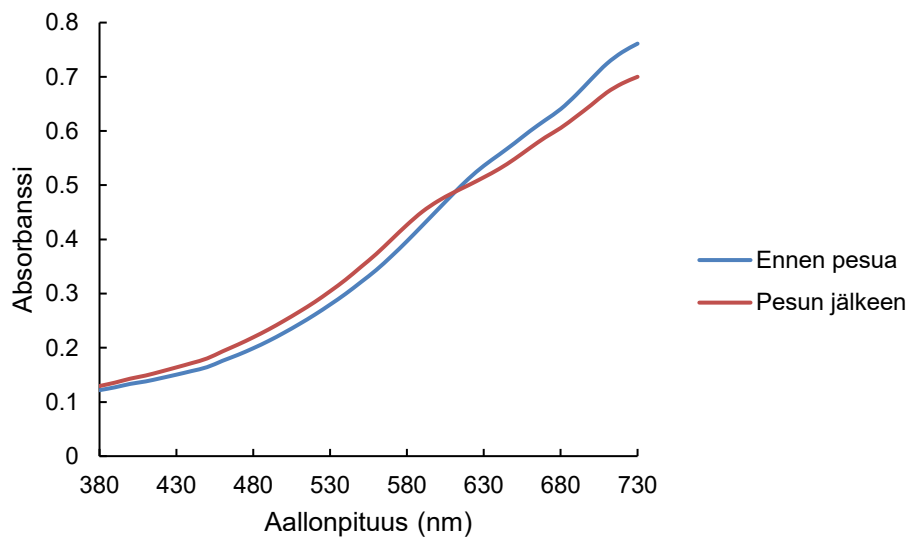
Näytteet altistettiin värjäyksen jälkeen 40 J/cm² UVC-säteilylle. UVC-altistuksen vaikutus absorbanssiin on esitetty kuvassa 11.



Kuva 11. 40 J/cm² UVC-altistuksen vaikutus absorbanssiin.

UVC-altistus nosti absorbanssia erityisesti korkeammilla aallonpituuksilla 580 nm:stä ylöspäin. Tämän alapuolella eroa absorbanssien välillä ei juuri ollut, ja lähellä UV-alueen aallonpituutta absorbanssit olivat yhtä suuret.

Pesun vaikutus absorbanssiin on esitetty kuvassa 12.

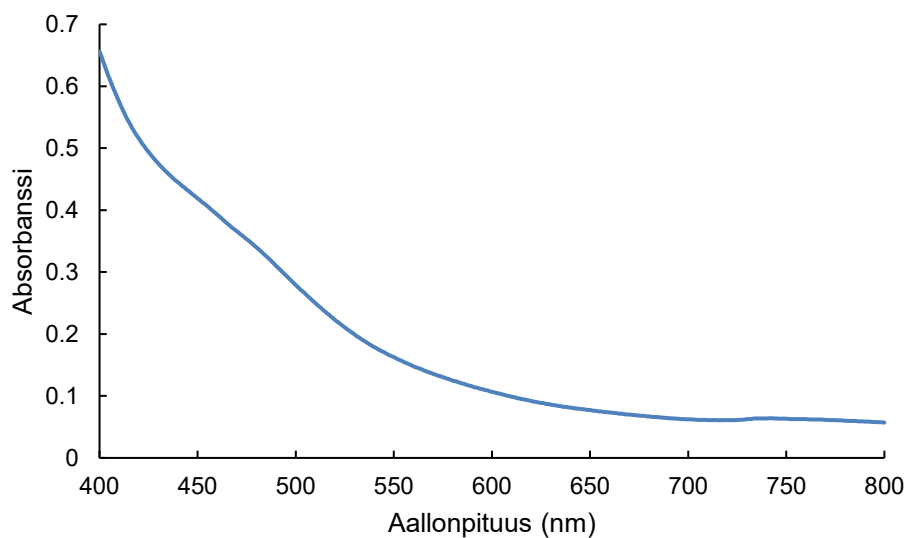


Kuva 12. Pesun vaikutus absorbanssiin 40 J/cm² altistetulla näytteellä.

Noin 600 nm:n kohdalla absorbanssit olivat samat ennen pesua ja pesun jälkeen. Tämän aallonpituuden yläpuolella absorbanssi oli suurempi ennen pesua, eli pesu laski näytteen absorbanssia. 600 nm:n alapuolella absorbanssi oli suurempi pesun jälkeen, eli pesu nosti näytteen absorbanssia. Erotukset olivat kuitenkin kaikkialla melko pienet. Pesun jälkeen absorbanssi oli suurempi kuin ennen UV-altistusta mitattu absorbanssi.

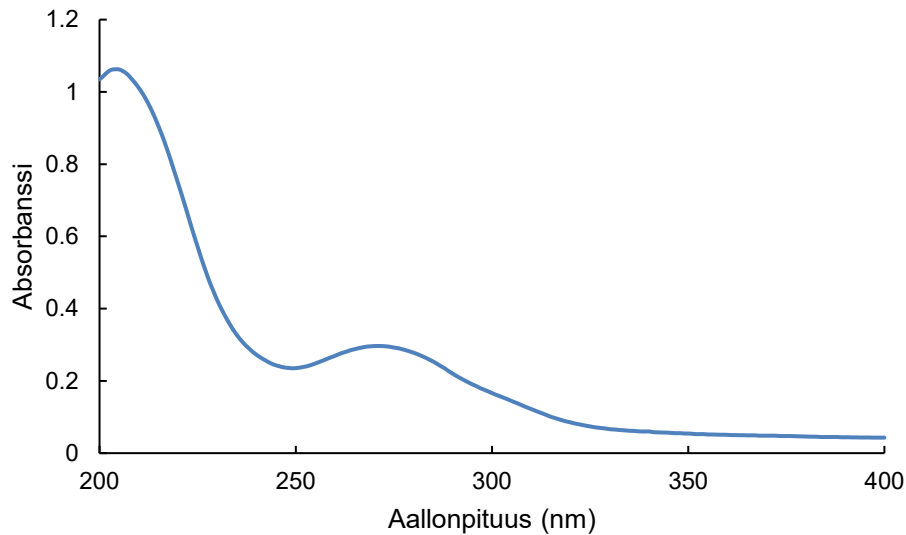
5.6 Näyte 5: 2 mg/ml WBE + 2 mg/ml TA-purete, ei UVC-altistusta

Värihuoksena käytettiin 2 mg/ml WBE-liuosta, johon oli lisätty puretteeksi 2 mg/ml parkkihappoa (TA). Näkyvän valon alueen spektri on esitetty kuvassa 13 ja UV-alueen spektri kuvassa 14.



Kuva 13. Näkyvän valon ($\lambda = 400\text{--}800\text{ nm}$) spektri 2 mg/ml WBE-liuokselle, jossa 2 mg/ml TA-purete.

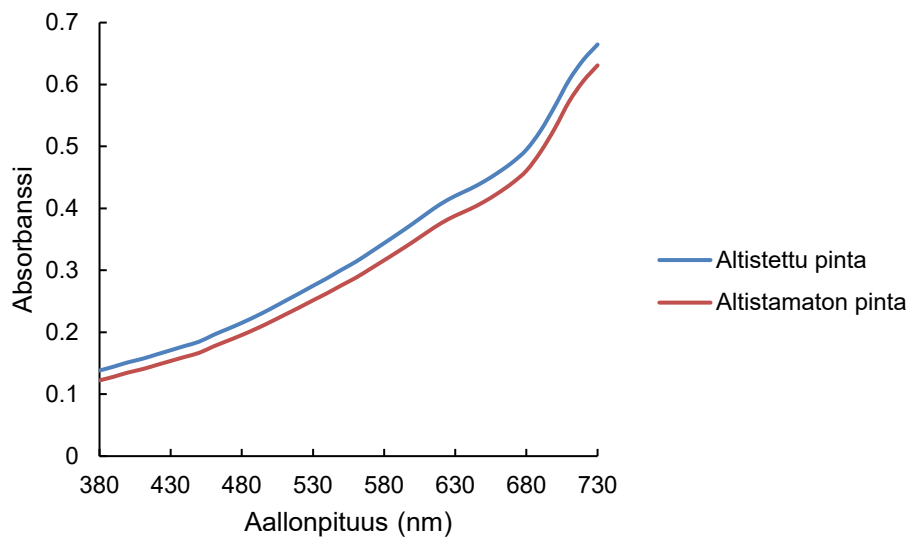
Spektrin absorbanssit oli jyrkempi lyhyemmillä aallonpituuksilla, mutta selkeää spektri-
piikkiä ei havaittu näkyvän valon alueella. Spektrikäyrän jyrkkyys oli melko tasaista 40–
550 nm:n välillä, ja tästä korkeammilla aallonpituuksilla spektri oli tasainen ja melko ma-
tala.



Kuva 14. UV-valon ($\lambda = 200\text{--}400\text{ nm}$) spektri 2 mg/ml WBE-liuokselle, jossa 2 mg/ml TA-purete.

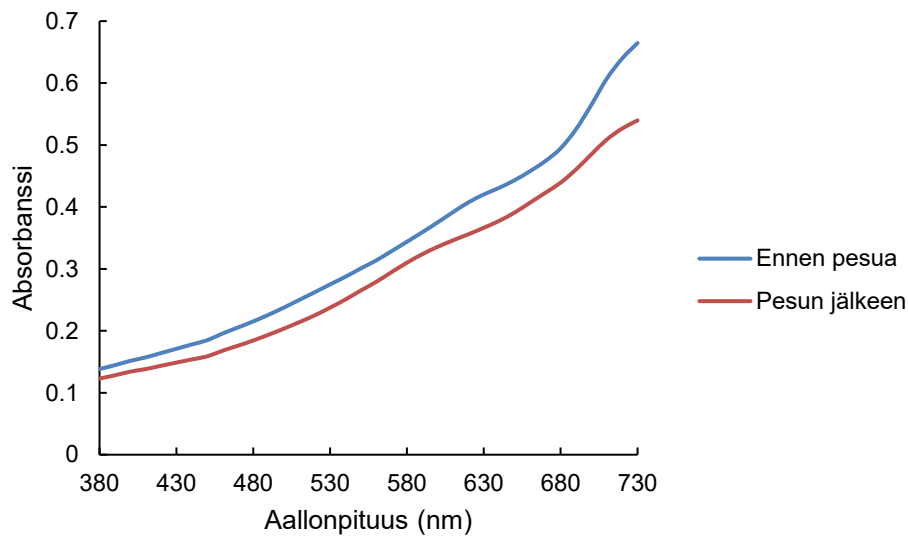
Spektrissä näkyi selkeät piikit ensin 250–300 nm:n välillä ja hieman ennen 200 nm:ä. Molemmissa piikeissä oli huiput havaittavissa.

Värjäyksen jälkeen näytteet kuivattiin huoneenlämmössä eikä niitä altistettu UVC-säteilylle. Luonnonvalon vaikutus absorbanssiin on esitetty kuvassa 15.



Kuva 15. Luonnonvalon vaikutus absorbanssiin UVC-altistamattomalla näytteellä, joka sisälsi puretetta.

Luonnonvalolla ei ollut suurta vaikutusta absorbanssiin. Absorbanssien erotus oli tasaista koko mitatulla aallonpituusalueella. Absorbanssit olivat korkeammat korkeilla aallonpituuksilla verrattuna mataliin aallonpituuksiin.

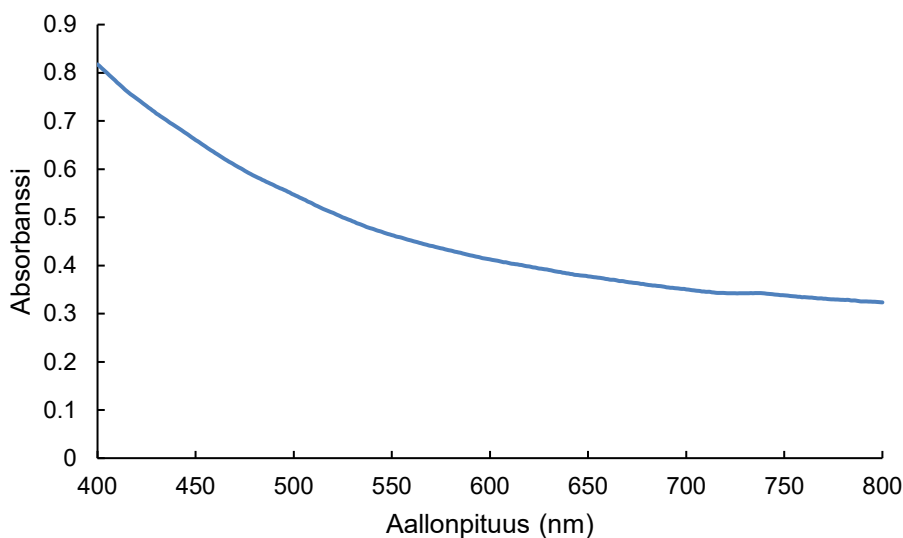


Kuva 16. Pesun vaikutus absorbanssiin UVC-altistamattomalla näytteellä, joka sisälsi puretetta..

Pesu laski absorbanssia, mutta erotus ei keskimäärin ollut kovin suuri. 680 nm:n yläpuolella erotus oli selkeästi suurempi, mutta tämän aallonpituuden alapuolella se pysyi tasaisena. Pesun jälkeen absorbanssi oli pienempi kuin ennen luonnonvalolle altistusta.

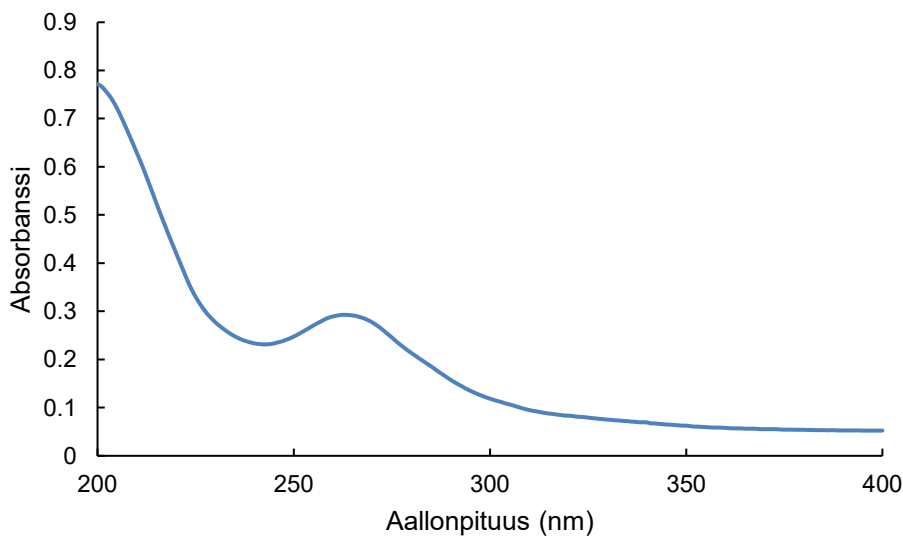
5.7 Näyte 6: 2 mg/ml WBE + 2 mg/ml AL-purete, ei UVC-altistusta

Väriliuoksena käytettiin 2 mg/ml WBE-liuosta, jossa oli lisäksi puretteena 2 mg/ml alumiinikaliumsulfaatti dodekahydraattia (AL). Näkyvän valon alueen spektri on esitetty kuvassa 17 ja UV-valon alueen spektri on esitetty kuvassa 18.



Kuva 17. Näkyvän valon ($\lambda = 400\text{--}800\text{ nm}$) spektri 2 mg/ml WBE-liuokselle, jossa 2 mg/ml AL-purete.

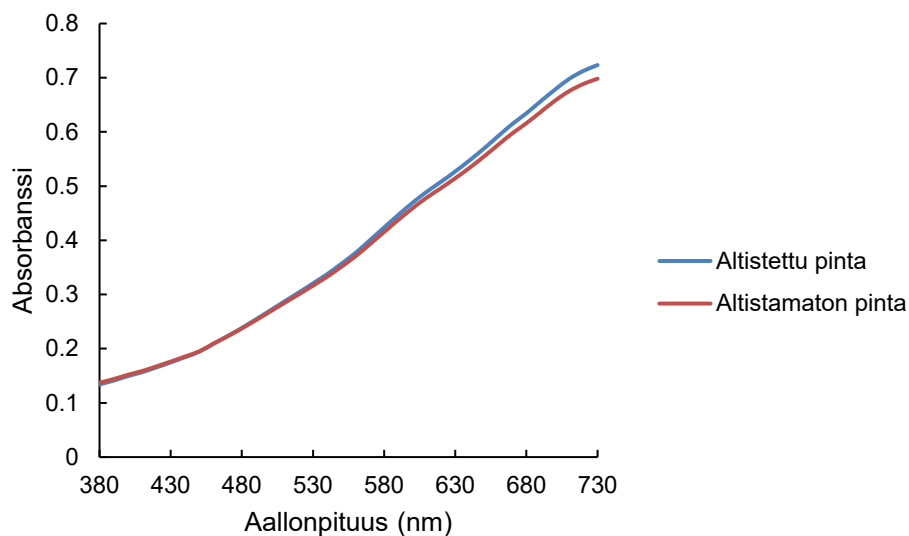
Spektri oli näkyvän valon alueella melko tasainen. Spektrikäyrä oli hieman jyrkempi 400–550 nm:n välillä, mutta keskimäärin käyrä oli melko loiva. Minkäänlaista spektriipiikkiä ei havaittu ollenkaan.



Kuva 18. UV-valon ($\lambda = 200\text{--}400\text{ nm}$) spektri 2 mg/ml WBE-liuokselle, jossa 2 mg/ml AL-purete.

Selkeät spektriipiikit havaittiin 250–300 nm:n ja 200–250 nm:n välillä. 250–300 nm:n välillä piikki oli matalampi, mutta siinä havaittiin selkeämpi huippu kuin 200–250 nm:n välillä olevassa spektriipiikissä. 300 nm:n yläpuolella spektrikäyrä oli matala ja tasainen.

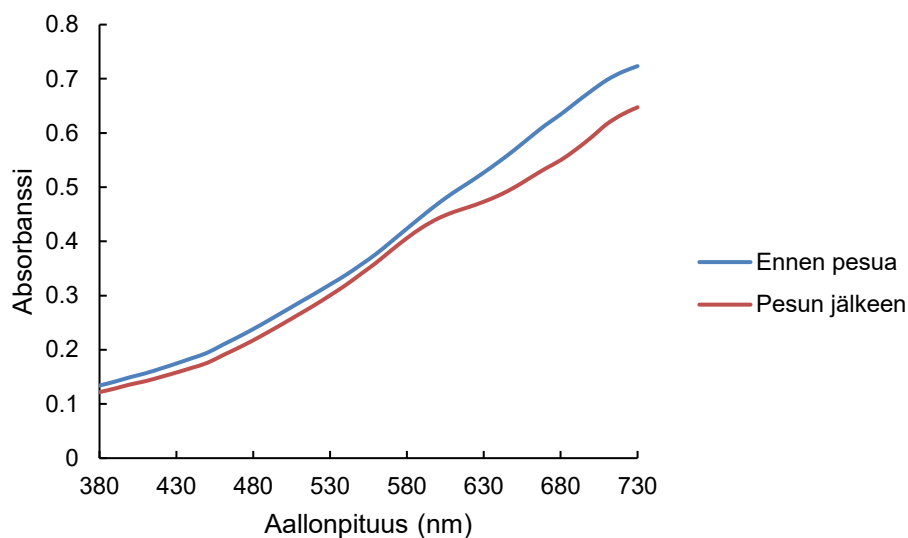
Näyte kuivattiin huoneenlämmössä, eikä sitä altistettu UVC-säteilylle missään vaiheessa. Luonnonvalon vaikutus absorbanssiin on esitetty kuvassa 19.



Kuva 19. Luonnonvalon vaikutus absorbanssiin UVC-altistamattomalla näytteellä, joka sisälsi puretetta.

Luonnonvalolla ei käytännössä ollut ollenkaan vaikutusta absorbanssiin. 630 nm:n yläpuolella on havaittavissa hyvin pieni ero, mutta se on käytännössä merkityksetön. Muilla aallonpituuksilla eroa absorbanssien välillä ei ole.

Pesun vaikutus absorbanssiin on esitetty kuvassa 20.

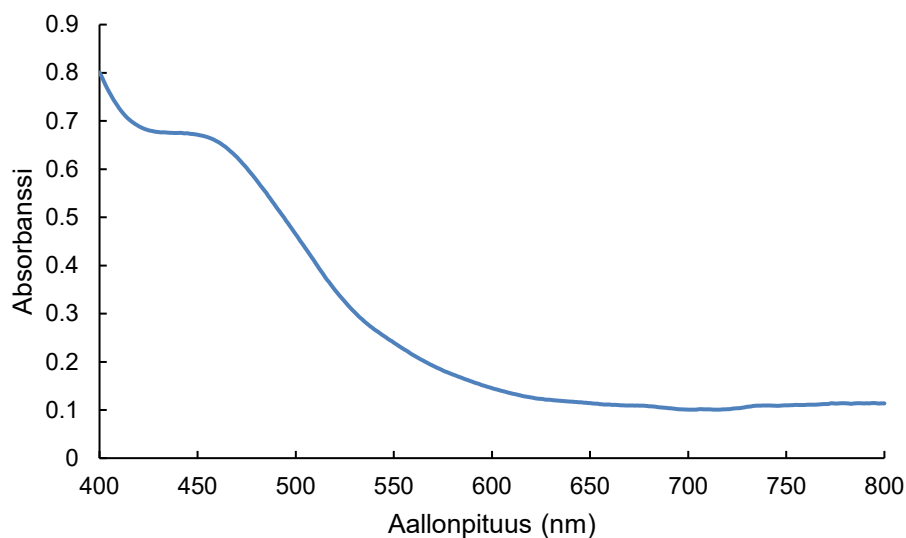


Kuva 20. Pesun vaikutus absorbanssiin UVC-altistamattomalla näytteellä, joka sisälsi puretetta.

Pesu laski absorbanssia. Erotus oli suurin korkeammilla aallonpituuksilla, mutta muuten erotus pysyi melko tasaisena. Ennen pesua absorbanssi laski tasaisesti siirryttäessä korkeammilta aallonpituuksilta matalammille aallonpituuksille, mutta pesun jälkeen absorbanssin lasku tasoittui hieman 580–630 nm:n välissä. Tämän jälkeen absorbanssi jatkoi laskuaan. Tasoittumisen seurauksena absorbanssien erotus pieneni. Pesun jälkeen absorbanssi oli hieman pienempi kuin se oli ennen luonnonvalolle altistusta.

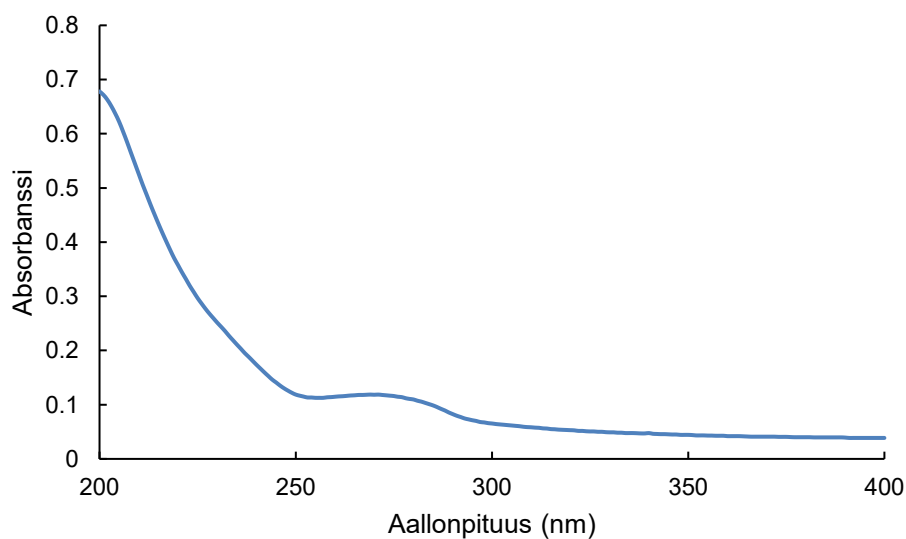
5.8 Näyte 7: 2 mg/ml WBE + 2 mg/ml CI-purete, ei UVC-altistusta

Värihuoksena käytettiin 2 mg/ml WBE-liuosta, jossa oli puretteena 2 mg/ml sitruunahappoa (CI). Näkyvän valon alueen spektri on esitetty kuvassa 21 ja UV-alueen spektri on esitetty kuvassa 22.



Kuva 21. Näkyvän valon ($\lambda = 400\text{--}800\text{ nm}$) spektri 2 mg/ml WBE-liuokselle, jossa 2 mg/ml Cl-purete.

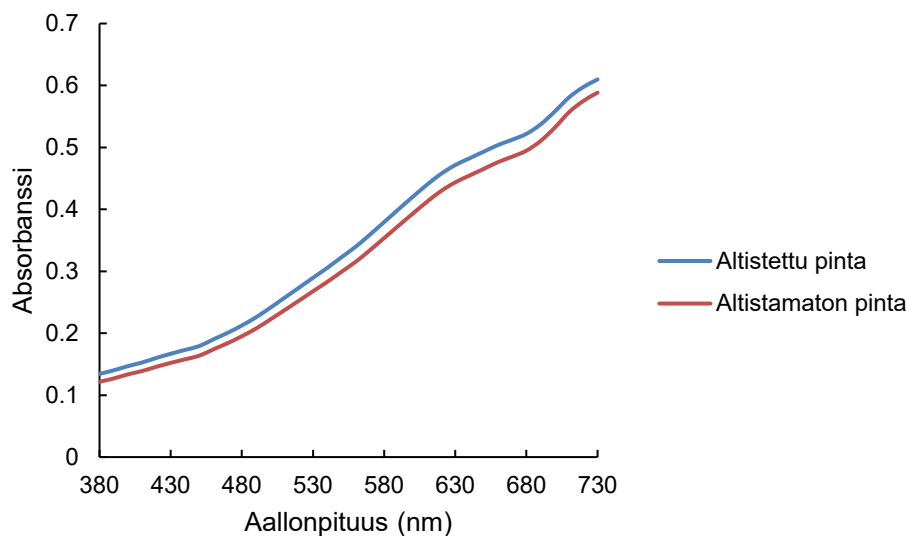
Näkyvän valon alueella näytteillä esiintyi pieni ja heikosti havaittava spektriikki 450–500 nm:n välillä. Korkeilla aallonpituuksilla spektrikäyrä oli tasainen ja matala.



Kuva 22. UV-valon ($\lambda = 20\text{--}400\text{ nm}$) spektri 2 mg/ml WBE-liuokselle, jossa 2 mg/ml Cl-purete.

Hyvin matala spektriikki havaittiin 250–300 nm:n välillä. Spektri oli jyrkkä 200–250 nm:n välillä. 300–400 nm:n välillä spektrin absorbanssi oli matala ja tasainen.

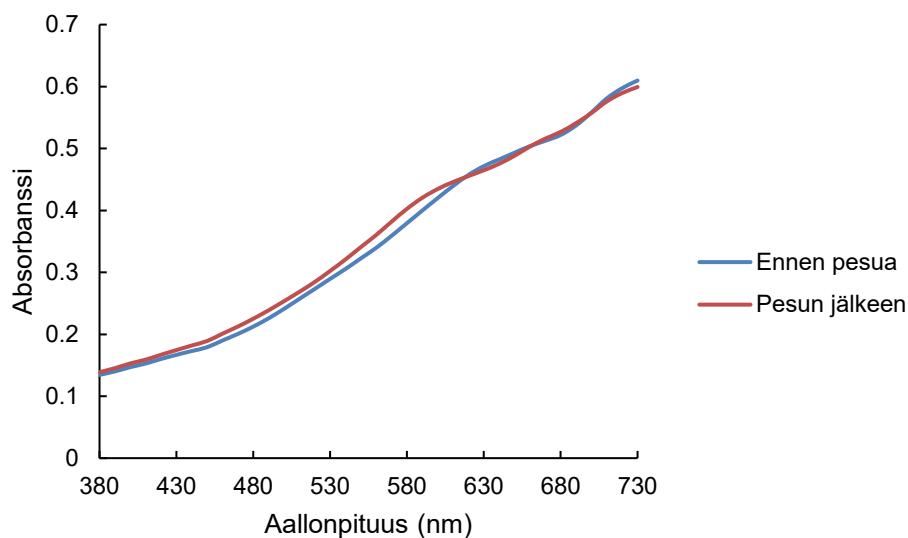
Näytteet kuivattiin huoneenlämmössä eikä niitä altistettu UVC-säteilylle. Luonnonvalon vaikutus absorbanssiin on esitetty kuvassa 23.



Kuva 23. Luonnonvalon vaikutus absorbanssiin UVC-altistamattomalla näytteellä, jolla oli puretetta.

Luonnonvalolle altistus nosti hieman absorbanssia. Erotus oli kuitenkin melko pieni kaikilla aallonpituuksilla.

Pesun vaikutus absorbanssiin on esitetty kuvassa 24.

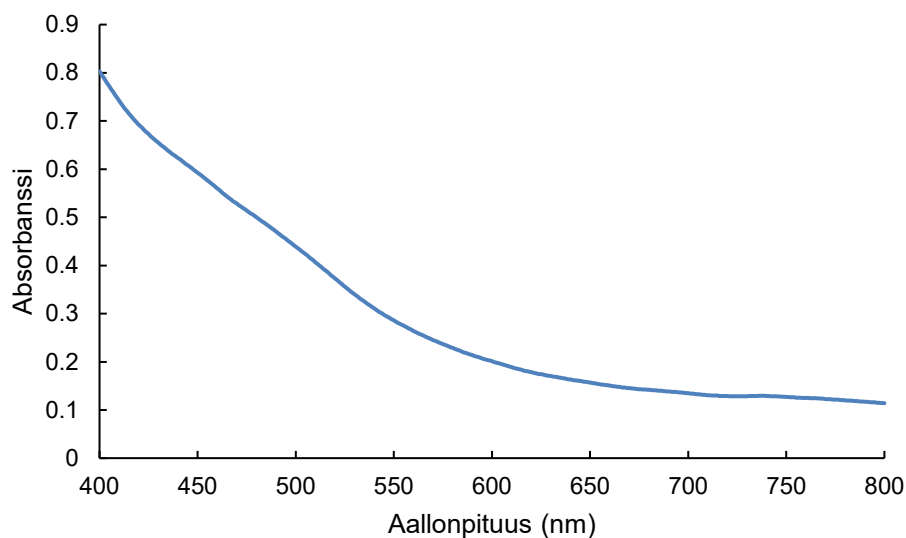


Kuva 24. Pesun vaikutus absorbanssiin UVC-altistamattomalla näytteellä, jossa oli puretetta.

Absorbansseissa ei käytännössä ollut ollenkaan erotusta koko mitattavalla aallonpituus-alueella. 630–730 nm:n välillä erotusta ei ollut, ja 630 nm:n alapuolella pesun jälkeen absorbanssi oli aavistuksen verran suurempi. Erotus oli kuitenkin hyvin pientä. Absorbanssit eivät juuri muuttuneet pesun jälkeen verrattaessa absorbansseihin altistuksen jälkeen.

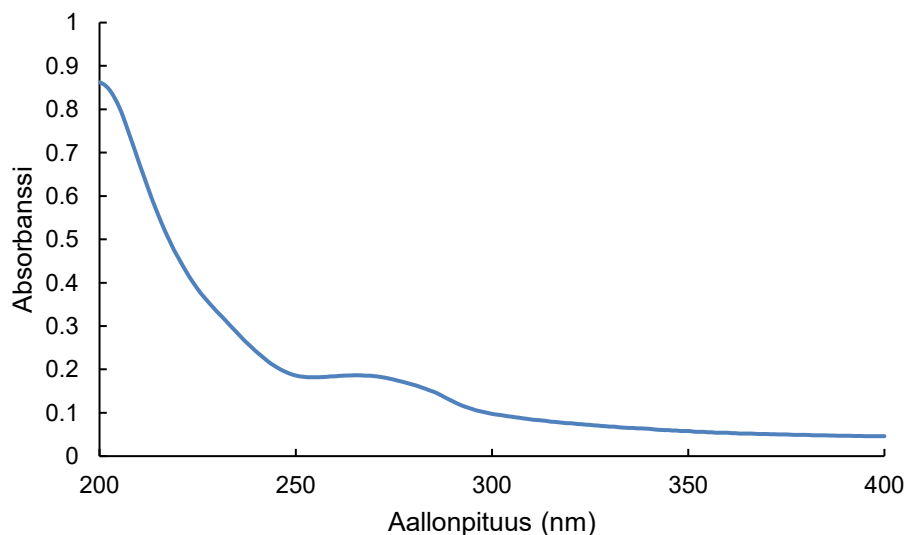
5.9 Näyte 8: 2 mg/ml WBE + 2 mg/ml OX-purete, ei UVC-altistusta

Väriliuksena käytettiin 2 mg/ml WBE-liuosta, jossa oli puretteena 2 mg/ml oksaalihappoa (OX). Näkyvän valon alueen spektri on esitetty kuvassa 25 ja UV-valon alueen spektri on esitetty kuvassa 26.



Kuva 25. Näkyvän valon ($\lambda = 400\text{--}800\text{ nm}$) spektri 2 mg/ml WBE-liukselle, jossa 2 mg/ml OX-purete.

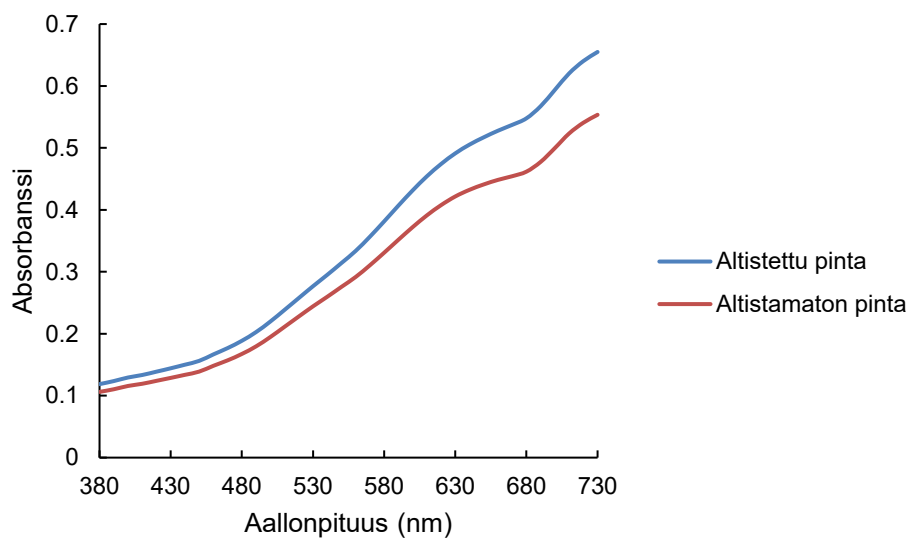
Näkyvän valon alueella ei havaittu ollenkaan spektriipiikkiä. Spektrikäyrän jyrkkyys oli tasainen 400–550 nm:n välillä, ja tästä korkeammilla aallonpituuksilla käyrä oli matala ja tasainen.



Kuva 26. UV-valon ($\lambda = 200\text{--}400\text{ nm}$) spektri 2 mg/ml WBE-liukselle, jossa 2 mg/ml OX-purete.

Ensimmäinen spektriikki havaittiin 250–300 nm:n välillä ja toinen havaittiin 200–250 nm:n välillä. 250–300 nm:n välillä havaittu spektriikki oli pienempi ja siinä oli selkeämpi huippu havaittavissa.

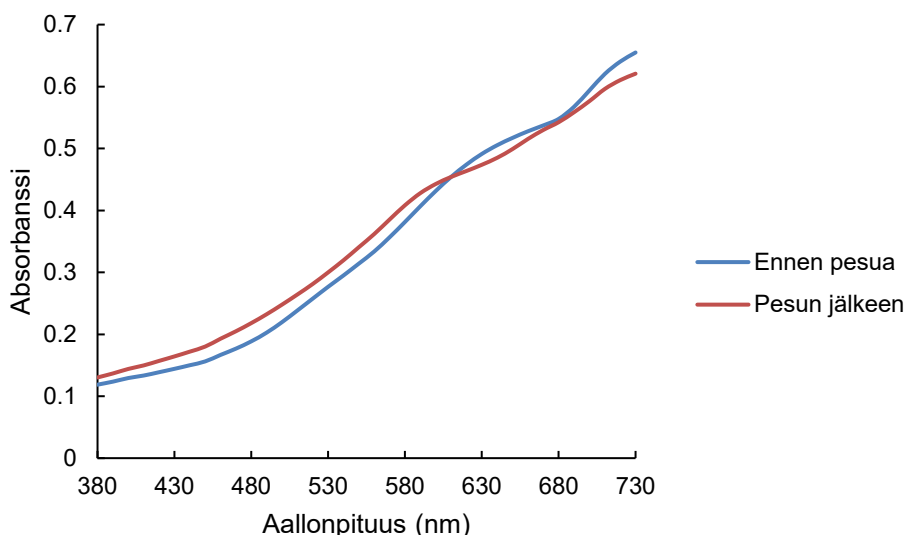
Värjäämisen jälkeen näytteet kuivattiin huoneenlämmössä, eikä niitä altistettu UVC-säteilylle. Luonnonvalon vaikutus absorbanssiin on esitetty kuvassa 27.



Kuva 27. Luonnonvalon vaikutus absorbanssiin UVC-altistamattomalla näytteellä, jossa oli puretetta.

Absorbanssi nousi selkeäsi korkeilla aallonpituuksilla, mutta erotus oli pienempi matalammilla aallonpituuksilla.

Pesun vaikutus absorbanssiin on esitetty kuvassa 28.



Kuva 28. Pesun vaikutus absorbanssiin UVC-altistamattomalla näytteellä, jossa oli puretetta.

Noin 600 nm:n kohdalla absorbanssit olivat samat ennen pesua ja pesun jälkeen. Tästä korkeammilla aallonpituuksilla absorbanssi oli paikoitellen korkeampi ennen pesua kuin pesun jälkeen, eli pesu laski absorbanssia. 600 nm:n alapuolella absorbanssi oli korkeampi pesun jälkeen, eli pesu nosti absorbanssia. Erotus tällä alueella oli kuitenkin melko pieni ja tasainen. Pesun jälkeinen absorbanssi oli suurempi kuin absorbanssi ennen altistusta.

6 Tulosten vertailu ja johtopäätökset

Lähes kaikilla väriliuksilla näkyvän valon alueella mitatut spektrikäyrät olivat melko tasanaisia, eikä niissä havaittu selkeitä spektriipukkeja. Ainoan poikkeuksen muodosti WBE-liuos, jossa oli käytetty puretteena oksaalihappoa (OX). Koska näkyvän valon alueella ei havaittu spektriipukkeja, näytteet absorboivat valoa paremmin UV-säteilyn aallonpituuksilla. Tätä tukee se, että UV-valon aallonpituuksilla näytteiden spektreissä havaittiin vähintään yksi tai kaksi selkeää spektriipukkiä. Matalampi ja yleensä myös selkeämpi piikki havaittiin 200–250 nm:n välillä, jonne UVC-säteilyn aallonpituudet sijoittuvat. Spektrien absorbanssit olivat UV-valon alueella myös muuten alhaisempia, mutta piikkien kohdalla käyrän nousu oli jyrkempi kuin näkyvän valon alueella.

Luonnonvalolle altistus ei nostanut absorbanssia merkittävästi millään näytteellä. Puretteen käytöllä ei ollut vaikutusta kankaiden absorbanssiin luonnonvalolle altistuksen jälkeen eli ilman puretetta värjättyjen ja puretetta sisältävien näytteiden absorbanssit nousivat suunnilleen saman verran. Yhden näytteen väri altistettiin UVC-säteilylle ennen värjäystä, mutta itse näytettä ei altistettu. Tämän näytteen absorbanssi nousi keskimäärin hieman enemmän luonnonvalolle altistuksen jälkeen kuin muilla altistamattomilla näytteillä. Tästä voi päätellä, että värin altistamisella saattoi olla vaikutusta asiaan.

Kankaiden absorbanssin nousuun ennen pesua vaikutti lähinnä UVC-säteily ja sen voimakkuus. Koska väriliuokset absorboivat parhaiten valoa UVC-alueen aallonpituuksilla, oli luontevaa altistaa kankaat UVC-säteilylle. UVC-säteily tummensi kankaan pintaa, mikä havaittiin mittauksen jälkeen korkeampana absorbanssina. Näytteet absorboivat erityisesti korkeilla aallonpituuksilla. Koska ruskea väri muodostuu lähinnä keltaisen ja oranssin eri väriyhdistelmistä muiden värien kanssa, ruskeat näytteet absorboivat valoa samalla aallonpituusalueella kuin nämä värit eli 560–630 nm:n välillä [10, s. 87]. UVC-säteilyllä siis oli suurempi vaikutus kankaan tummumiseen kuin luonnonvalolla, koska absorbanssierot olivat suurempia. Myös altistuksen voimakkuus vaikutti absorbanssiin. Mitä suurempi altistus oli, sitä enemmän kangas absorboi altistamisen jälkeen. Tästä voi päätellä, että pidempi altistusaika tummensi näytettä enemmän.

Pesun jälkeen lähes kaikilla näytteillä, joissa ei ollut puretetta, havaittiin selkeä absorbanssin lasku, mikä viittasi siihen, että kankaat vaalenivat pesun aikana. Näiden näytteiden absorbanssit laskivat pesun jälkeen samalle tasolle kuin se oli ennen altistusta, eli pesussa kankaista irtosi melko paljon väriä. Verrattuna ennen altistusta mitattuihin absorbansseihin, suuremmat mitatut absorbanssit pesun jälkeen viittasivat siihen, että väri todella pysyi kankaassa eikä kankaan väri vaalentunut samalle tasolle, kuin se oli ollut ennen altistusta. Tämä havaittiin lähinnä näytteillä, jotka altistettiin UVC-säteilylle, ja näytteillä, joiden värin joukossa oli puretetta. Puretetta sisältävien näytteiden absorbanssien erotus pesun jälkeen oli myös keskimäärin pienempi kuin ilman puretetta värjättyillä kankailla, joten purete auttoi väriä pysymään kankaassa. Joillakin näytteillä pesun jälkeiset absorbanssit olivat suurempia kuin ennen altistusta mitatut absorbanssit, ja joillakin pesun jälkeinen absorbanssi oli pienempi.

Puretteidenkin välillä oli eroja. Puretteista alumiinikaliumsulfaatti dodekahydraatti (AL) ja parkkihappo (TA) kiinnittivät värin heikommin näytteeseen, eli pesun aikana näytteistä

irtosi väriä. Tämä havaittiin absorbanssin selkeänä laskuna. Muilla puretteilla absorbanssit ennen pesua ja pesun jälkeen olivat käytännössä samat, joten purete auttoi väriä pysymään näytteissä kiinni pesun aikana. Oksaalihappoa käytettäessä näytteen absorbanssi nousi pesun jälkeen matalammilla aallonpituuksilla, joten näyte siis absorboi enemmän valoa tällä alueella. Tämä havainto tukee sitä tietoa, että oksaalihappo tummentaa värejä [5, s. 16].

Yhteenvetona voidaan todeta, että sekä UV-altistuksella että puretteen käytöllä on vaikutusta värin pysyvyyteen kankaassa. Näiden tulosten perusteella värin voi saada tummemmaksi altistamalla sen voimakkaalle UVC-säteilylle ja sen saa käyttämällä puretetta. Vaaleampia sävyjä halutessaan UVC-säteilylle altistuksen voi jättää väliin, mutta puretteen käyttö on joka tapauksessa suotavaa. Puretteista parhaiten toimi sitruunahappo (C1).

Lähteet

- 1 Biertümpfel, Adrea & Wurl, Günter. 2009. Dye Plants in Europe. Handbook of Natural Colorants. Chicester: Wiley.
- 2 Saxena, Sujata & Raja, A. S. M. 2014. Natural Dyes: Sources, Chemistry, Application and Sustainability Issues. Roadmap to Sustainable Textiles and Clothing. Singapore: Springer Science + Business Media.
- 3 Räisänen, Riikka; Primetta, Anja & Niinimäki, Kirsi. 2015. Luonnonväriaineet. Helsinki: Maahenki Oy.
- 4 Mussak, Rita A. M. & Bechtold, Thomas. Natural Colorants in Textile Dyeing. Handbook of Natural Colorants. Chicester: Wiley.
- 5 Aittomäki, Riitta; Colliander, Hans & Kotiranta, Heikki. 1992. Väriä luonnosta. Rauma: Kirjayhtymä Oy.
- 6 Ganglberger, Erika. Environmental Aspects and Sustainability. Handbook of Natural Colorants. Chicester: Wiley.
- 7 Textiles. Tests for colour fastness. Part A03: Grey scale for assessing staining. 1993. Standardi. ISO 105-A02.
- 8 Textiles. Tests for colour fastness. Part A02: Grey scale for assessing change in colour. 1993. Standardi. ISO 105-A03.
- 9 Tekstiilit. Värinkestot. Osa C06: Värien pesunkesto koti- ja pesulapesuissa. 2010. Standardi. SFS-EN ISO 105_C06.
- 10 Seppänen, Raimo; Kervinen, Martti; Parkkila, Irma; Karkela, Lea & Meriläinen, Pekka. 2007. maol-taulukot. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.