

## Vpliv poobdelav na obarvljivost surovega in beljenega bombaža s kurkuminom in doseganje motivov s tehniko antotipije

*The influence of after-treatments on dyeability of raw and bleached cotton with curcumin, and visibility of anthotype produced motifs*

Izvirni znanstveni članek/Original Scientific Article

Prispelo/Received 10-2016 • Sprejeto/Accepted 11-2016

---

### Izvleček

V raziskavi je bilo proučevano barvanje surove in beljene bombažne tkanine z naravnim barvilom kurkuminom, da bi se izvedla starodavna in okolju prijazna tehnika razvijanja fotografij, imenovana antotipija. Za izvedbo antotipije na bombažnih tkaninah različnih barv je bil kurkumin ekstrahiran s trdo in mehko vodo. Poleg tega so bile uporabljene različne poobdelave, npr. z železovim (II) sulfatom heptahidratom, cinkovim (II) kloridom in srebrovim nitratom, v alkalni kopeli in z drugimi naravnimi barvili (borovnico in malino). Barvne vrednosti CIELAB barvanih vzorcev so bile izmerjene z uporabo refleksijskega spektrofotometra. Določene so bile tudi svetlobne obstojnosti obarvanj, in sicer po standardni metodi v Xenotestu. Rezultati so pokazali, da poleg uporabe različnih kovinskih ionov, naravnih barvil in obdelave v alkalni kopeli vpliva na končni barvni ton tudi trdota vode. Dosežena so bila rumena, oranžna, rdeča in rjava obarvanja bombažnih tkanin. Poobdelava s kovinskimi ioni je izboljšala svetlobne obstojnosti obarvanj in takšni vzorci niso bili primerni za ustvarjanje motivov s tehniko antotipije. Najprimernejši vzorci za oblikovanje motivov po tehniki antotipije so bili surovi bombaž, barvan s kurkuminom, ter surovi in beljeni bombaž, poobdelan z barvilom borovnice in maline, saj je bil na teh vzorcih dosežen večji barvni kontrast med osvetljenimi in neosvetljenimi površinami tkanine.

Ključne besede: bombaž, kurkumin, poobdelave, motivi, antotipija

### Abstract

*Dyeing of raw and bleached cotton fabrics with a natural dye of curcumin was studied to implement the ancient and environmentally friendly technique of developing photos called anthotype. With the aim of achieving different colours of dyed cotton fabrics, several modifications were performed, such as extraction of curcumin in hard and soft water, after-treatments of dyed cotton, i.e. with ferrous sulphate, zinc chloride and silver nitrate, aftertreatment in alkaline bath, and aftertreatment with other natural dyes (blueberry and raspberry). The colour values of dyed samples were determined using a reflectance spectrophotometer. Colour stability to light was determined by the standard method in Xenotest. It was found that the use of various metal salts, natural dyes, alkalinity and hardness of water influenced the colour changes of the substrate. Yellow, red, greenish and brownish colours of fabrics were produced by different treatments. Since the use of metal ions improved the stability of curcumin to light, the motifs produced by anthotype technique were hardly visible. It was found that the natural dye of blueberries and raspberries did not influence the light stability, therefore a larger colour contrast between exposed and unexposed areas of the fabric was visible, and consequently good visibility of the motifs was achieved.*

*Keywords: cotton, curcumin, after-treatment, motifs, anthotype*

## 1 Uvod

Pred odkritjem in vpeljavo prvih sintetičnih barvil v 19. stoletju so ljudje za barvanje izdelkov uporabljali barvila, pridobljena iz rastlin, ki so biorazgradljiva in bolj kompatibilna z okoljem in človekom [1]. Zaradi čedalje globlje ekološke ozaveščenosti se zanimanje za naravna barvila znova povečuje. Naravna barvila so rastlinskega, živalskega ali mineralnega izvora [2]. Večinoma so rastlinskega izvora, pridobljena iz posameznih delov rastlin, stebel, listov, korenin in lubja. Ker so številna občutljiva na spremembe pH, lahko z dodatki alkalij ali kislin spreminjamo njihov barvni ton, tako iz enega barvila dobimo več različnih barvnih tonov. Tega tekstilijam spreminjamo predvsem z uporabo kovinskih soli oziroma kovinskih ionov. Te lahko nanašamo na tekstil pred barvanjem, med njim ali po njem, vendar mnogi niso ekološko sprejemljivi [3–5]. Med raziskovanjem naravnih barvil so ugotovili, da so ta občutljiva na sončno svetlobo in je tako fotografa, kemika, fizika in botanika Sira Johna Fredericka Williama Herschela obširna raziskava naravnih barvil ob izpostavitvi sončni svetlobi pripeljala do fotografskega procesa razvijanja fotografij, ki se imenuje antotipija (*angl.* Anthotype; *gr.* Hortus Lucis) [6]. Antotipija je starodaven in okolju prijazen način izdelovanja fotografij, in sicer z uporabo na svetlobi občutljivih naravnih barvil, pridobljenih iz različnih delov rastlin, kot so cvetje, jagode, listi in korenine. Za nastajanje fotografij je poleg rastlinskega ekstrakta oziroma barvila pomembna sončna svetloba, ker se naravno barvilo kemično in fizikalno spremeni, barva pa začne bledeti. Za postopek je treba pripraviti barvno emulzijo, podlago iz papirja in vzorec v obliki pozitiv. Papir se prebarva z barvno emulzijo, posuši, prekrije s pozitivom in izpostavi delovanju sončne svetlobe. Skozi svetle površine pozitivna prehaja sončna svetloba, ki razgradi barvilo na podlagi, jo posvetli ali potemni, medtem ko skozi temne površine pozitivna svetloba ne more prehajati. Tako ostanejo pokrita mesta enake barve, kot je bila barva podlage pred izpostavitvijo sončni svetlobi. Eno takšnih, ki blede na soncu in je primerno za izvajanje fotografske tehnike antotipije, je tudi barvilo korenine kurkume, ki daje živo rumene barvne tone, uporablja pa se predvsem za barvanje naravnih vlaken (volna, svila in bombaž), lahko pa tudi nekaterih sintetičnih, npr.

poliamida [7–10]. Rumeno barvilo je v Colour Indexu opredeljeno pod oznako C.I. 75300 ali naravno rumena (*angl.* Natural Yellow 3) [11]. Barvilo kurkume se imenuje kurkumin in je najpomembnejša aktivna snov, ki sestavlja kurkumo, saj ima poleg barvalnih lastnosti tudi protivnetne, protimikrobne in protirakave, je antioksidant in anti-septik [12]. V dosedanjih raziskavah barvanja s kurkuminom je bila največ proučevana obdelava s kovinskimi ioni. V raziskavah so bile uporabljene kovinske soli, kot so železova, bakrova, aluminijeva, cinkova itd. [7]. Kot okolju bolj prijazna obdelava pa sta bila uporabljena tudi tanin in hitozan [9, 10, 13]. Kovinski ioni tvorijo komplekse med barvilom in tekstilijo, kar omogoča boljše vezanje barvila na vlakna [14]. Poleg tega pa z uporabo različnih kovinskih soli pri barvanju z istim naravnim barvilom dosežemo različne barvne odtenke pobarvane tekstilije [3, 6, 8].

Ker je bila tehnika antotipije do zdaj uporabljena le na papirju, je bil namen raziskave uporabiti to tehniko na tekstilnem substratu oziroma na bombažu. Cilj raziskave je bil doseči različne barvne odtenke bombažne tkanine z uporabo kurkumina. Predvideli smo, da bomo barvitost tkanin dosegli z ekstrakcijo kurkumina v trdi in mehki vodi, z barvanjem surovega in beljenega bombaža in s poobdelavo pobarvane tkanine s kovinskimi solmi, srebrovim nitratom, alkalno kopeljo in z uporabo drugih naravnih barvil. Ker trda voda vsebuje trdnostne soli, smo predvidevali, da bo ekstrakt temnejši in posledično tudi obarvana tkanina. Podobno smo predvideli tudi za uporabo surovega bombaža, ki bi lahko bil zaradi prisotnosti pigmentov v vlaknih po barvanju s kurkuminom temnejši kot beljeni bombaž. Za oblikovanje motivov na bombažni tkanini s tehniko antotipije je bilo pomembno ugotoviti obstojnost obarvanj na svetlobi, ki bi morala za doseganje dobrega učinka antotipije biti slaba.

## 2 Eksperimentalni del

### 2.1 Material

V raziskavi smo uporabili izkuhano, razškrobljeno surovo in kemično beljeno 100-odstotno bombažno tkanino (Tekstina, d. d., Ajdovščina) v veza- vi platno. Osnovne lastnosti tkanin so podane v preglednici 1.

Preglednica 1: Osnovne lastnosti bombažnih tkanin

Table 1: Basic properties of cotton fabrics

Bombažna tkanina / Cotton fabric	Ploščinska masa / Weight [g/m <sup>2</sup> ]	Gostota niti / Thread count [pick/cm]	
		Osnova / Warp	Votek / Weft
Surov CO/Raw CO	136.8	53	29
Beljen CO/Bleached CO	119.4	54	28

## 2.2 Ekstrakcija naravnega barvila

Naravno barvilo kurkumin smo pridobili z ekstrakcijo 20 g/l mlete korenine kurkume v mehki (deionizirani) in trdi vodi pri 30-minutnem vrenju. Ekstrakt smo odstavili in ga pustili počivati nadaljnjih 30 minut. Mešanico smo precedili, da v ekstraktu ni ostala usedlina, in tako pripravljen ekstrakt uporabili kot barvalno kopel. Za precejanje ekstrakta smo z namenom, da se del le-tega ne adsorbira na celulozo filtrnega papirja, uporabili gosto poliestrsko tkanino.

## 2.3 Določanje trdote vode

Trdoto vode, ki je bila uporabljena za ekstrakcijo kurkumina, smo določili s kompleksometrično titracijo. Določili smo tudi koncentracijo magnezijevih (Mg<sup>2+</sup>) in kalcijevih (Ca<sup>2+</sup>) ionov v vodi. Pri titraciji smo kot titrant uporabili etilendiamintetraocetno kislino (EDTA). Kot indikator smo uporabili spojine, ki s kovinskimi ioni tvorijo obarvan kompleks, npr. eriochromčno T pri določanju celotne trdote in mureksid pri določanju kalcijeve trdote. V ekvivalentni točki, ko je prišlo do preskoka obarvanja vzorca, smo odčitali količino porabljenе raztopine EDTA. Celotna trdota je bila določena glede na porabo EDTA pri titraciji (°d = ml), kjer °d pomeni nemško trdotno stopinjo.

Koncentracije Ca<sup>2+</sup> in Mg<sup>2+</sup> ionov so bile določene s pomočjo enačb 1 in 2:

$$c_{Ca} = \frac{c_{EDTA} \times V_{EDTA}}{V_0} \quad (1),$$

$$c_{Ca + Mg} = \frac{c_{EDTA} \times V_{EDTA}}{V_0} \quad (2),$$

kjer je  $c_{Ca}$  koncentracija Ca ionov,  $c_{Ca+Mg}$  koncentracija Ca<sup>2+</sup> in Mg<sup>2+</sup> ionov,  $c_{EDTA}$  koncentracija EDTA,  $V_{EDTA}$  volumen EDTA pri titraciji,  $V_0$  volumen vzorca. Koncentracija Mg ionov je bila izračunana glede na razliko med  $c_{Ca+Mg}$  in  $c_{Ca}$ .

## 2.4 Barvanje

Vzorci surove in beljene bombažne tkanine smo barvali s pripravljenim ekstraktom kurkumina (brez dodatkov) po postopku izčrpavanja, pri kopelnem razmerju 1 : 20, temperaturi 60 °C in času 60 minut. Barvali smo v laboratorijskem aparatu Launderometru. Po barvanju je sledilo spiranje površinsko vezanega barvila. Vzorce, ki so bili barvani v barvalni kopeli, pripravljene z mehko vodo, smo izpirali z mehko vodo, vzorce, ki so bili barvani v barvalni kopeli, pripravljene s trdo vodo, pa smo izpirali s trdo vodo. Vzorce smo posušili na zraku pri sobni temperaturi.

## 2.5 Poobdelave

Poobdelave barvanih vzorcev so bile namenjene spreminjanju barvnega tona, in sicer smo izvedli poobdelavo s kovinskimi solmi, kot sta 1 mM raztopina železovega (II) sulfata heptahidrata (FeSO<sub>4</sub> × 7H<sub>2</sub>O) in 1M raztopina cinkovega (II) klorida (ZnCl<sub>2</sub>), poobdelavo z 1 mM raztopino srebrovega nitrata (AgNO<sub>3</sub>), poobdelavo z 10 g/l sode (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) (pH<sub>kopeli</sub> = 10) in poobdelavo z ekstraktom barvil borovnice in maline. Poobdelave s kovinskimi solmi in AgNO<sub>3</sub> so potekale pri kopelnem razmerju 1 : 20, sobni temperaturi in času 10 minut. Poobdelava z ekstraktom barvila borovnice in maline je potekala 30 minut pri kopelnem razmerju 1:10 in pri temperaturi 60 °C. Ekstrakti so bili pripravljene enako kot ekstrakt kurkumina, vendar le z mehko vodo. Poobdelava s sodo je potekala 30 minut pri kopelnem razmerju 1 : 20, in pri temperaturi 60 °C. Po vsaki poobdelavi je sledilo 10-minutno sušenje pri 100 °C.

## 2.6 Merjenje barvnih vrednosti

Vzorci bombažnih tkanin smo številčno ovrednotili z merjenjem vrednosti CIE L\*a\*b\* na refleksijskem spektrofotometru (Datacolor Spectraflash). Meritve proučevanih vzorcev barvanih tkanin smo opravili pri naslednjih pogojih: zrcalna komponenta

je bila vključena, premer merilne odprtine je bila 6,6 mm, standardna svetloba in opazovalec D65 / 10°, plasti tkanine so bile štiri, meritev na posameznem vzorcu pa je bilo pet.

Barvno razliko ( $\Delta E_{ab}^*$ ) smo izračunali po naslednji enačbi:

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (3),$$

kjer je  $\Delta L^*$  razlika v svetlosti med standardom in vzorcem,  $\Delta a^*$  razlika med standardom in vzorcem na rdeče-zeleni osi in  $\Delta b^*$  razlika med standardom in vzorcem na rumeno-modri osi.

### 2.7 Svetlobna obstojnost obarvanj

Svetlobno obstojnost obarvanj smo proučevali po standardni metodi SIST EN ISO 105 – BO2 1999. Vzorce smo osvetljevali 20 ur v aparatu Xenotest. Ocena svetlobne obstojnosti je bila podana vizualno glede na bledenje modre lestvice od 1 do 8. Ocena 1 po modri lestvici pomeni, da je svetlobna obstojnost obarvanja vzorca izjemno slaba. Ocena 8 po modri lestvici pomeni, da je svetlobna obstojnost obarvanja vzorca odlična.

### 2.8 Izvedba antotipije

Za oblikovanje motivov na tkanini po fotografskem procesu antotipije smo v programu Adobe Photoshop pripravili pozitivne in negativne in jih natisnili na prozorno folijo. Pozitivi in negativni so vsebovali podobe rastlin. Pozitiv oziroma negativ smo postavili na pobarvan vzorec tkanine, ga prekriili z 2 mm debelim steklom in osvetljevali z žarnico ULTRA VITALUX 300W E27, ki simulira sončno svetlobo oziroma seva v vidnem, UVA- in UVB-območju. Vzorce smo osvetljevali 14 ur pri oddaljenosti žarnice od vzorca 50 cm. Ena ura obsevanja z žarnico ustreza 16-urni izpostavljenosti neposredni sončni svetlobi [15].

## 3 Rezultati z razpravo

V kolikšni meri vplivajo parametri uporabljenega bombažnega substrata (surov, beljen), trdote vode za ekstrakcijo kurkumina in obdelave po barvanju s kovinskimi solmi, srebrovim nitratom, sodo ter ekstraktom barvila maline in borovnice na barvni ton substrata, prikazujejo barvne vrednosti  $CIE L^*a^*b^*$ ,

ki so prikazane v preglednici 2. Predvidevali smo, da bodo vzorci surovega bombaža zaradi prisotnosti pigmentov temnejši. Vendar se je izkazalo, da to velja le pri barvanju bombaža s kurkuminom, pripravljenim v trdi vodi. Ne glede na trdoto vode pa sta barvni vrednosti  $CIE a^*b^*$  surovega bombaža glede na beljen bombaž premaknjeni proti zeleni in modri osi. Torej iz tega lahko sklepamo, da na svetlost bombažnega substrata bolj kot sam substrat vpliva trdota vode, ki je uporabljena za ekstrakcijo naravnega barvila. Bombažni vzorci, ki so bili barvani s kurkuminom, pripravljenim s trdo vodo, so temnejši od vzorcev, ki so bili barvani z mehko vodo. Barvne vrednosti na rdeče-zeleni osi ( $CIE a^*$ ) vzorcev, ki so barvani s kurkuminom, pripravljenim z mehko vodo, so pomaknjene bolj proti zeleni osi kot pa vzorci, ki so bili barvani s kurkuminom, pripravljenem s trdo vodo. Na rumeno-modri osi ( $CIE b^*$ ) opazimo, da se vrednost  $CIE b^*$  zviša vzorcem, ki so bili barvani s kurkuminom, pripravljenem z mehko vodo, torej se pomakne vrednost proti rumeni osi. Pri poobdelavi s  $FeSO_4 \times 7H_2O$  so pobarvani vzorci temnejši, barvna vrednost  $CIE a^*$  se pomakne proti zeleni osi in barvna vrednost  $CIE b^*$  proti modri osi (preglednica 2). Izjema je surovi bombaž, barvan s kurkuminom, pripravljenim z mehko vodo, ki se mu po obdelavi s  $FeSO_4 \times 7H_2O$  barvna vrednost  $CIE a^*$  premakne k rdeči osi. Poobdelava z  $AgNO_3$  povzroči temnejša obarvanja, s pomikom  $CIE a^*$  in  $CIE b^*$  proti zeleni oziroma modri osi. Po poobdelavi z  $ZnCl_2$  so vzorci temnejši in barvna vrednost  $CIE a^*$  se pomakne proti rdeči osi. Poobdelava pobarvanih vzorcev surovega in beljenega bombaža v alkalni kopeli ( $Na_2CO_3$ ) povzroči potemnitev vzorcev, poleg tega se barvne vrednosti  $CIE a^*b^*$  premaknejo k rdeči in modri osi. Vizualno so bili vzorci popolnoma rdeči. Ko smo za poobdelavo uporabili naravni barvili borovnice in maline, so vzorci postali temnejši, barvne vrednosti  $CIE a^*b^*$  pa so se premaknile k zeleni oziroma k modri osi.

Na sliki 1 so predstavljeni rezultati barvnih razlik med vzorci, ki so bili barvani v ekstraktu kurkumina, pripravljenem s trdo vodo, in vzorci, ki so bili barvani v ekstraktu kurkumina, pripravljenem z mehko vodo. Vpliv trdote vode se na spremembo barve v obarvanosti surovega in beljenega bombaža najbolj izraža pri vzorcih, ki niso bili poobdelani, in pri vzorcih, ki so bili poobdelani z  $AgNO_3$  (slika 1). Trda voda vsebuje veliko mineralnih snovi

Preglednica 2: CIE  $L^*a^*b^*$  barvne vrednosti različno obdelanih vzorcev surove in beljene bombažne tkanine, barvane s kurkuminom

Table 2: CIE  $L^*a^*b^*$  colour values of differently modified samples of raw and bleached fabrics, dyed with curcumin

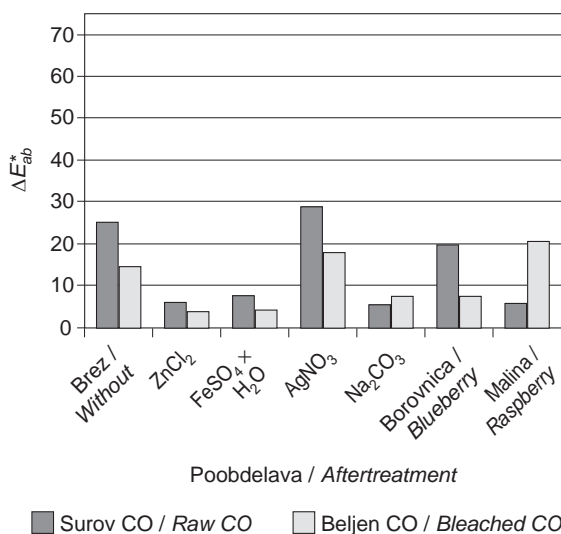
Substrat / Substrate	Trdota vode za ekstrakt / Water hardness of extract	Poobdelava / Aftertreatment	$L^*$	$a^*$	$b^*$
Surovi bombaž / Raw cotton	Mehka / Soft	Brez/Without	79.68	6.68	81.78
		$\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	61.14	10.31	45.23
		$\text{AgNO}_3$	79.29	5.66	80.07
		$\text{ZnCl}_2$	72.37	17.97	74.01
		$\text{Na}_2\text{CO}_3$	48.21	30.76	22.92
		Borovnica/Blueberry	63.05	2.58	55.73
		Malina/Raspberry	72.39	4.19	64.40
	Trda / Hard	Brez/Without	72.10	11.44	58.20
		$\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	57.62	9.70	38.31
		$\text{AgNO}_3$	66.61	12.18	55.20
		$\text{ZnCl}_2$	74.06	16.57	68.27
		$\text{Na}_2\text{CO}_3$	49.55	29.75	22.04
		Borovnica/Blueberry	59.53	0.18	36.53
		Malina/Raspberry	67.08	5.90	66.24
Beljeni bombaž / Bleached cotton	Mehka / Soft	Brez/Without	75.82	10.55	72.30
		$\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	58.70	9.95	40.69
		$\text{AgNO}_3$	74.37	6.01	67.79
		$\text{ZnCl}_2$	75.89	18.01	71.75
		$\text{Na}_2\text{CO}_3$	45.78	29.52	18.58
		Borovnica/Blueberry	63.05	2.58	55.73
		Malina/Raspberry	76.87	4.83	70.89
	Trda / Hard	Brez/Without	74.22	12.1	57.83
		$\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	62.53	8.54	40.11
		$\text{AgNO}_3$	68.04	11.83	52.33
		$\text{ZnCl}_2$	77.77	15.65	69.33
		$\text{Na}_2\text{CO}_3$	52.50	26.49	18.78
		Borovnica/Blueberry	63.36	0.41	47.52
		Malina/Raspberry	71.60	0.17	51.69

Preglednica 3: Trdota vode in koncentracija  $\text{Ca}^{2+}$  in  $\text{Mg}^{2+}$  ionov v vodi, s katero smo izvedli ekstrakcijo kurkumina

Table 3: Water hardness and concentration of  $\text{Ca}^{2+}$  in  $\text{Mg}^{2+}$  ions in water that was used in extraction of curcumin

Vrsta vode / Water type	Celotna trdota vode / Total water hardness [ $^\circ\text{d}$ ]	$c_{\text{Ca}}$ [mmol/l]	$c_{\text{Mg}}$ [mmol/l]
Mehka/Soft	0.24	0	0.04
Trda/Hard	10.01	1.44	0.34

[16]. Pri barvanju z naravnimi barvili mineralne snovi v trdi vodi ne motijo barvalnega procesa, kot je to primer pri barvanju s sintetičnimi barvili, temveč delujejo sinergistično. Posledica obdelave s kovinskimi solmi pa so predvsem temnejša obarvanja bombažne tkanine z barvilom kurkume [3]. Trdoto vode smo analizirali in ugotovili, da je voda srednje trda (10.01 °d) in vsebuje 1,44 mmol/l Ca ionov in 0,43 mmol/l Mg ionov (preglednica 3). Čeprav je bila v trdi vodi nizka koncentracija kovinskih ionov, se je zaradi tvorbe kompleksa med ioni v vodi in kurkuminom spremenila barva na tekstiliji.

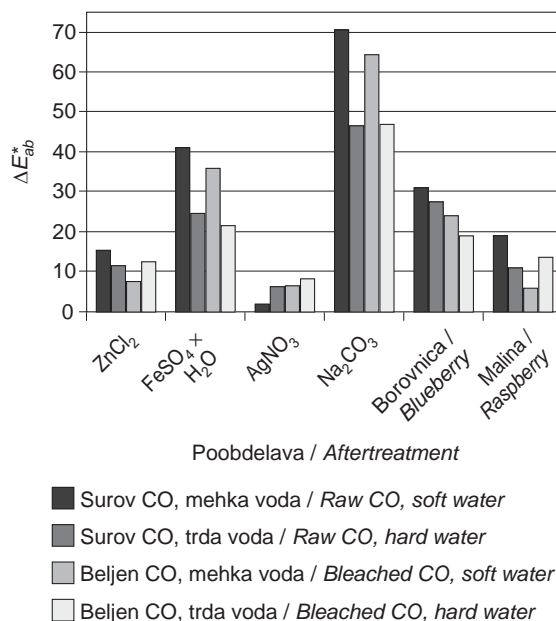


Slika 1: Barvne razlike ( $\Delta E_{ab}^*$ ) med vzorcem, barvanim v kurkuminu, pripravljenim s trdo vodo, in vzorcem, barvanim s kurkuminom, pripravljenim z mehko vodo

Figure 1: Colour difference ( $\Delta E_{ab}^*$ ) between sample dyed in curcumin prepared with hard water and the sample dyed in curcumin prepared with soft water

Na sliki 2 so prikazane barvne razlike ( $\Delta E_{ab}^*$ ) med neobdelanim in različno predobdelanimi vzorci surovega in beljenega bombaža, ki je bil barvan s kurkuminom. Barvna razlika je v vseh primerih izbrane poobdelave za namen spreminjanja barvnega odtenka tkanine večja od 1, kar pomeni, da je vidna s prostim očesom. Iz rezultatov je razvidno, da so barvne razlike največje po obdelavi s sodo ( $\Delta E_{ab}^* = 70,77$ ), kar pomeni, da poobdelava s sodo najbolj vpliva na barvno spremembo. Kurkumin je barvilo, ki je občutljivo na spremembo pH [17]. Ekstrakt kurkumina je rumene barve, če je v

območju pH, nižjem od 7. Pri višjem pH postane ekstrakt oranžno-rdeče barve. Razlog za te spremembe je v keto-enolni tautomeriji kurkumina, saj v nevtralnem ali kislem mediju prevladuje oblika keto, v alkalnem mediju pa enolna oblika [18]. Tovrstno obnašanje molekule je bilo opaženo tudi pri kurkuminu v trdnem stanju [19]. V našem primeru smo tkanino, ki je bila pobarvana s kurkuminom, izpostavili alkalnemu mediju pri pH 10. Barvilo, adsorbirano na bombažni tkanini, je spremenilo svojo obliko iz keto v enolno, posledično pa se je spremenila barva tkanine, in sicer iz rumene v rdečo (preglednica 2). Poleg alkalne poobdelave na spremembo barve najbolj vpliva poobdelava z železovim (II) sulfatom heptahidratom, sledi poobdelava z ekstraktom barvila borovnice in maline, poobdelava s cinkovim (II) kloridom in nazadnje poobdelava s srebrovim nitratom (slika 2). Natančen razlog, zakaj se barva tekstilij spremeni pri uporabi kovinskih ionov, še ni bil raziskan, čeprav so bile izvedene številne študije barvanja z naravnimi barvili in uporabo različnih kovinskih soli. Ne glede na to je znano, da je reakcija naravnih barvil in kovinskih soli povezana s tvorbo kompleksa med barvilom in kovinskim ionom ter vlakni [14].



Slika 2: Barvne razlike ( $\Delta E_{ab}^*$ ) med barvanim vzorcem in barvanim ter poobdelanim vzorcem

Figure 2: Colour difference ( $\Delta E_{ab}^*$ ) between dyed sample and dyed-aftertreated sample

Zebib et al. [20] so proučevali toplotno stabilizacijo kurkumina s kompleksiranjem z divalentnimi kationi in iz analize UV/Vis ugotovili, da se v vseh primerih absorpcijski maksimum premakne k enakim, manjšim valovnim dolžinam. Glede na naše rezultate, da je vrednost  $\Delta E_{ab}^*$  večja po obdelavi s  $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$  in manjša po obdelavi z  $\text{AgNO}_3$ , lahko sklepamo, da na spremembo barve vpliva valentnost kovinskega iona v raztopini poobdelave ( $\text{Fe}^{3+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Ag}^+$ ). Poleg tega na spremembo barve vpliva tudi

koncentracija posameznih ionov v poobdelovalni raztopini. Poobdelava z naravnim barvilom borovnice in maline vpliva na spremembo barve zaradi aditivne kombinacije barvil.

V preglednici 4 so prikazani rezultati svetlobne obstojnosti obarvanj po standardni metodi v Xenotestu. Iz rezultatov je razvidno, da so neobdelani vzorci slabo obstojni na svetlobi, kar potrjuje, da je kurkumin občutljiv na sončno svetlobo [5]. Razlog za občutljivost barvila kurkumina na svetlobi je v

Preglednica 4: Ocene obstojnosti na svetlobi po modri lestvici

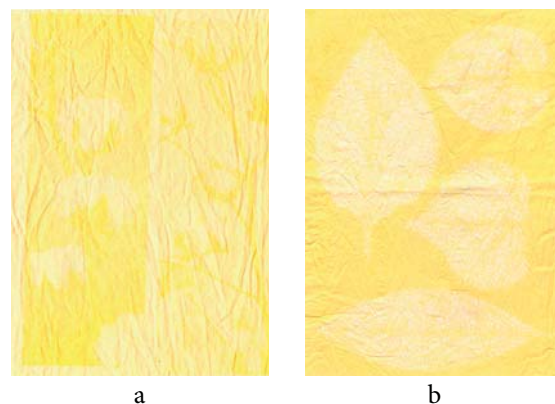
Table 4: Colour fastness to light according to blue scale

Substrat / Substrate	Trdota vode za ekstrakt / Water hardness of extract	Poobdelava / Aftertreatment	Barvna obstojnost po modri lestvici / Colour fastness according to blue scale
Surovi bombaž / Raw cotton	Mehka / Soft	Brez / Without	1
		$\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	3
		$\text{AgNO}_3$	3
		$\text{ZnCl}_2$	3
		$\text{Na}_2\text{CO}_3$	3
		Borovnica / Blueberry	2
		Malina / Raspberry	2
	Trda / Hard	Brez / Without	1
		$\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	3
		$\text{AgNO}_3$	4
		$\text{ZnCl}_2$	3
		$\text{Na}_2\text{CO}_3$	3
		Borovnica / Blueberry	2
		Malina / Raspberry	2
Beljeni bombaž / Bleached cotton	Mehka / Soft	Brez/Without	1
		$\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	3
		$\text{AgNO}_3$	3
		$\text{ZnCl}_2$	3
		$\text{Na}_2\text{CO}_3$	3
		Borovnica / Blueberry	2
		Malina / Raspberry	2
	Trda / Hard	Brez / Without	1
		$\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	3
		$\text{AgNO}_3$	4
		$\text{ZnCl}_2$	3
		$\text{Na}_2\text{CO}_3$	3
		Borovnica / Blueberry	2
		Malina / Raspberry	2

njegovi fotodegradaciji [21]. Energija fotonov, ki jo absorbira fotoobčutljiva molekula, spremeni konfiguracijo elektronov v molekuli kurkumina in ustvari visokoenergetske oblike kisika, ki reagira z organsko snovjo in postopoma zbeli komponente barvila. Iz literature vemo, da obdelava s kovinskimi solmi vpliva na izboljšanje obstojnosti na svetlobi [3, 8, 22]. Trdota vode ni vplivala na obstojnost na svetlobi barvanih vzorcev (preglednica 4). Čeprav so v trdi vodi prisotne soli, ki so povzročile spremembo barve, le-te niso izboljšale obstojnosti obarvanj na svetlobi. Koncentracija teh soli v vodi je prenizka (preglednica 3), da bi lahko vplivala tudi na obstojnost. Poobdelava s srebrovim nitratom najbolj vpliva na izboljšanje obstojnosti na svetlobi (z ocene 1 na oceno 4). Na splošno je poobdelava s kovinskimi solmi izboljšala obstojnost na svetlobi, medtem ko poobdelava z naravnim barvilom borovnice ali maline ni bistveno vplivala na svetlobno obstojnost. V naši raziskavi je bilo sicer zaželeno, da vzorci ne bi imeli dobre svetlobne obstojnosti obarvanj, saj smo predvidevali, da je le tako mogoče ustvariti motive s tehniko antotipije.

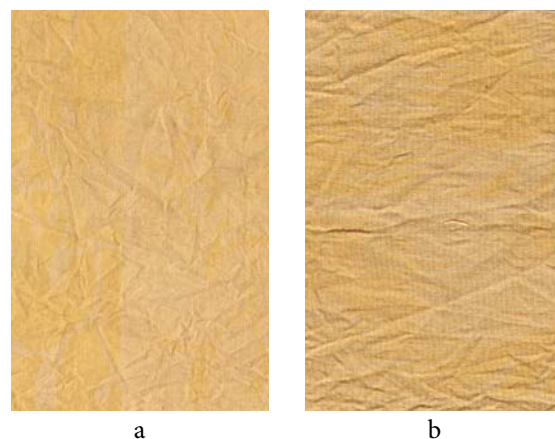
Na slikah 3–6 so predstavljene fotografije pobarvanih vzorcev surovega in beljenega bombaža, na katerih smo ustvarjali motive s tehniko antotipije. Čeprav so vzorci, ki niso bili poobdelani, po barvanju slabo obstojni na svetlobi, je iz slike 3a razvidno, da je kontrast med zbledelim območjem in območjem, ki ni zbledelo, zelo majhen. Razlog je v premajhnem kontrastu med rumeno pobarvano tkanino in njenim belim ozadjem. Kontrast med zbledelim in nezbledelim območjem je na surovem bombažu večji (slika 3b) in so motivi bolje vidni. Uporaba različnih kovinskih ionov sicer spremeni barvni ton barvane tkanine, vendar izboljša obstojnost pobarvanih vzorcev na svetlobi, kar pa ne pripomore k boljšim rezultatom izdelave motivov s tehniko antotipije. Osvetljevani vzorci imajo premajhen kontrast med neosvetljevanim in osvetljevanim delom, zato je motiv slabo viden (slika 4). Prav tako kot uporaba različnih kovinskih ionov tudi uporaba sode izboljša obstojnost pobarvanih vzorcev na svetlobi in ne pripomore k vidnosti motivov (slika 5). Ker sta naravni barvili borovnice in maline, enako kot kurkumin, fotoobčutljivi (degradirata na svetlobi), so bile tudi obstojnosti na svetlobi slabe (preglednica 4). S poobdelavo z naravnim barvilom borovnice in maline smo dosegli temna obarvanja (preglednica 3) in posledično s

tehniko antotipije dosegli večje barvne kontraste med osvetljenimi in neosvetljenimi površinami ter vidnost motiva (slika 6). Čeprav motivi na tekstilu, kjer niso uporabljene kovinske soli, morda niso trajni, šibki in monokromni, je doseganje okrasitve tekstilije okolju prijazno, saj v procesu niso uporabljene agresivne kemikalije. Glede na način ustvarjanja motivov s tehniko antotipije na tekstilu lahko predvidevamo, da bo le-ta s časoma zbledela. Trajnost motivov se lahko podaljša ob primernem shranjevanju in z uporabo UV-absorberja, ki zaščiti pred fotodegradacijo [15].



Slika 3: Motivi, izdelani s tehniko antotipije, na beljenem (a) in surovem (b) bombažu, barvanem s kurkuminom

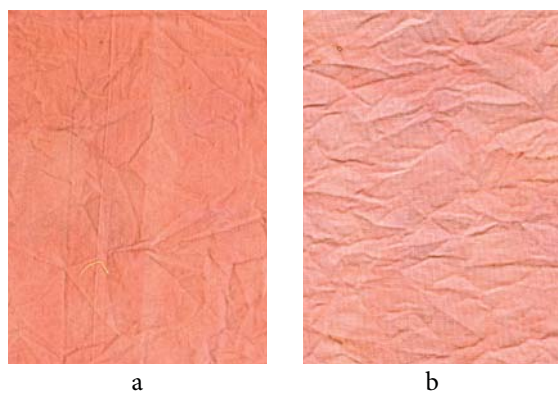
Figure 3: Anthotype motifs on bleached (a) and raw (b) cotton dyed with curcumin



Slika 4: Motivi, izdelani s tehniko antotipije, na beljenem (a) in surovem (b) bombažu, barvanem s kurkuminom in poobdelanem z  $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$

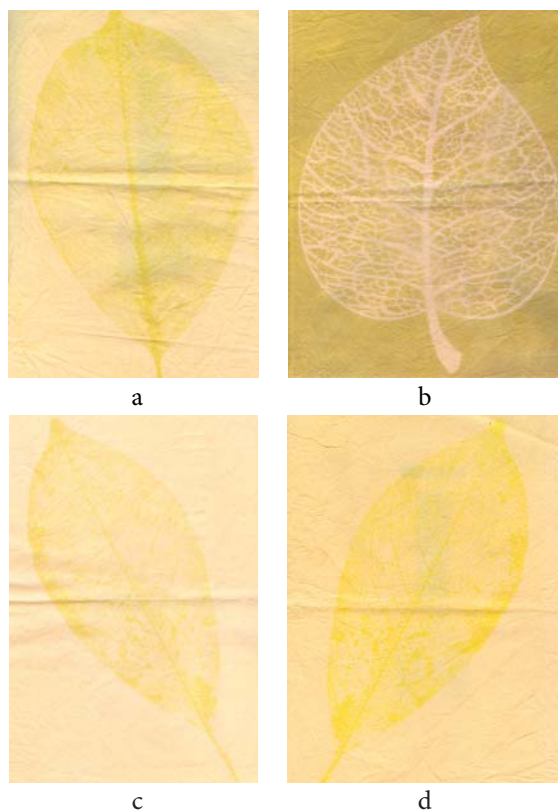
Figure 4: Anthotype motifs on bleached (a) and raw (b) cotton dyed with curcumin and aftertreated with  $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$





Slika 5: Motivi, izdelani s tehniko antotipije, na beljenem (a) in surovem (b) bombažu, barvanem s kurkuminom in poobdelanem s sodo

Figure 5: Anthotype motifs on bleached (a) and raw (b) cotton dyed with curcumin and aftertreated with sodium carbonate



Slika 6: Motivi, izdelani s tehniko antotipije, na surovem (a, c) in beljenem (b, d) bombažu, barvanem s kurkuminom in poobdelanem z naravnim barvilom borovnice (a, b) in maline (c, d)

Figure 6: Anthotype motifs on raw (a, c) and bleached (b, d) cotton dyed with curcumin and aftertreated with natural dye of blueberry (a, b) and raspberry (c, d)

## 4 Sklepi

S kurkuminom, ki je bil ekstrahiran s trdo in mehko vodo, z uporabo različnih poobdelav in uporabljnim substratom (surov, beljen bombaž) smo dosegli različna obarvanja tkanine. Dosegli smo obarvanja različne svetlosti in barvnih odtenkov, kot je rumeno, oranžno, rdeče, zeleno in rjavo. Tehniko antotipije, ki je starodavna fotografska tehnika prenosa motivov na papir, smo uspešno uporabili na tekstilnem substratu. Ker so poobdelave s kovinskimi ioni in obdelava s sodo izboljšale obstojnosti obarvanj na svetlobi, je bilo težko doseči dobro vidne motive s tehniko antotipije. Vzorci, ki so imeli slabo obstojnost na svetlobi, so imeli odlično vidne motive, ki smo jih oblikovali s tehniko antotipije. Izjema je bil vzorec beljenega bombaža, ki je bil barvan s kurkuminom, saj je imel preslab kontrast med neosvetljenim in osvetljenim delom vzorca. Najbolje so bili vidni motivi, ki smo jih izdelali s tehniko antotipije na vzorcih, pobarvanih s kurkuminom in poobdelanih z barvili borovnice in maline.

## Viri

1. SAMANTA, Ashis Kumar, KONAR, Adwaita. Chapter 3: Dyeing of textiles with natural dyes. In *Natural Dyes*. Edited by Emriye Akçakoca Kumbarasar. InTech, 2011, 29–56, doi: 10.5772/21341.
2. DEAN, Jenny. *Wild colour: how to grow, prepare and use natural plant dyes*. London : Mitchell Beazley, 2010, 144.
3. MULEC, Irena, GORJANC, Marija. The influence of mordanting on the dyeability of cotton dyed with turmeric extract. *Tekstilec*, 2015, **58**(3), 199–208, doi: 10.14502/Tekstilec2015.58.199–208.
4. FAKIN, Darinka, TEPEŠ, Darinka, MAJCEN LE MARECHAL, Alenka, OJSTRŠEK, Alenka, BOŽIČ, Mojca. Barvanje volne z rastlinskimi barvili in vrednotenje vzorcev z uporabo barvnega sistema CIE. *Tekstilec*, 2010, **53**(7/9), 179–193.
5. KAUR, Varinder, CHATTOPADHYAY, D. P., KAUR, Satindar. Studies on the effect of mordants on dyeing behaviour of bamboo fibres using natural dyes. *International Journal of Engineering Innovation and Research*, 2014, **3**(5), 666–671.
6. FABBRI, Malin. *Anthotypes : explore the dark-room in your garden and make photographs using plants*. Stockholm : Malin Fabbri, 2012, 100.

7. MIRJALILI, Mohammad, KARIMI, Loghman. Antibacterial dyeing of polyamide using turmeric as a natural dye. *Autex Research Journal*, 2013, **13**(2), 51–56, doi: 10.2478/v10304-012-0023-7.
8. GHORANNEVISS, Seyed Majid, MALEKNIA, Laleh, MIRZAPOUR, Hamid, NOROUZI, Mohammad. Antibacterial properties and color fastness of silk fabric dyed with turmeric extract. *Fibers and Polymers*, 2013, **14**(2), 201–207, doi: 10.1007/s12221-013-0201-9.
9. SRIUMAOUM, Vorabodee, SODSANGCHAN, Chotima, SETTHAYANOND, Jantip, SUWANRUJI, Potjarant, SAE-BAE, Porntip. Effect of chitosan and turmeric dye on ultraviolet protection properties of polyester fabric. *Applied Mechanics and Materials*, 2014, **535**, 658–661, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.535.658.
10. KAVITHA, T., PADMASHWINI, R., SWARNA, A., GIRI DEV, V. R., NEELAKANDAN, R., SENTHIL KUMAR, M. Effect of chitosan treatment on the properties of turmeric dyed cotton yarn. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 2007, **32**(1), 53–56.
11. *Turmeric: The genus Curcuma*. Edited by P. N. Ravindran, K. Nirmal Babu, K. Sivaraman. Boca Raton : CRC Press, 2007.
12. EL-SHISHTAWY, Reda M., SHOKRY, G. M., AHMED, Nahed S. E., KAMEL M. M. Dyeing of modified acrylic fibers with curcumin and madder natural dyes. *Fibers and Polymers*, 2009, **10**(5), 617–624, doi: 0.1007/s12221-010-0617-4.
13. PRABHU, K. H., TELI, M. D. Eco-dyeing using *Tamarindus indica* L. seed coat tannin as a natural mordant for textiles with antibacterial activity. *Journal of Saudi Chemical Society*, 2014, **18**(6), 864–872, doi: 10.1016/j.jscs.2011.10.014.
14. SEQUIN-FREY, Margareta. The chemistry of plant and animal dyes. *Journal of Chemical Education*, 1981, **58**(4), 301–305, doi: 10.1021/ed058p301.
15. LUCERO, A., REBOLLEDO, C., BUONO-CORE, Gonzalo. Effect of some natural UV-absorbers on the photostabilization of active ingredients in german chamomille floral extracts. *Journal of the Chilean Chemical Society*, 2012, **57**(3), 1309–1312, doi: 10.4067/S0717-97072012000300024.
16. VIGO, Tyrone L. *Textile Processing and Properties: Preparation, Dyeing, Finishing and Performance*. Amsterdam : Elsevier, 1997, 479.
17. *Turmeric: The genus Curcuma*. Edited by P. N. Ravindran, K. Nirmal Babu, Kandaswamy Sivaraman. Boca Raton, London, New York : CRC Press, 2007.
18. BASNET, Purusotam, SKALKO-BASNET, Natasa. Curcumin: an anti-inflammatory molecule from a curry spice on the path to cancer treatment. *Molecules*, 2011, **16**, 4567–4598, doi: 10.3390/molecules16064567.
19. KOLEV, Tsonko M., VELCHEVA, Evelina A., STAMBOLISHKA, Bistra A., SPITELLER, Michael. DFT and experimental studies of the structure and vibrational spectra of curcumin. *Quantum Chemistry*, 2005, **102**(6), 1069–1079, doi: 10.1002/qua.20469.
20. ZEBIB, Bachar, MOULOINGUI, Zephirin, NOIROT, Virginie. Stabilization of curcumin by complexation with divalent cations in glycerol/water system. *Bioinorganic Chemistry and Applications*, 2010, **2010**, Art. ID 292760, 8 pages, doi: 10.1155/2010/292760.
21. APPLEBYARD, S. J. Experimenting with cameraless photography using turmeric and borax: an introduction to photophysics. *Physics Education*, 2012, **47**(4), 423–428, doi: 10.1088/0031-9120/47/4/423.
22. UMBREEN, Saima, SHAUKAT, Ali, TANVEER, Hussain, NAWAZ, Rakhshanda. Dyeing properties of natural dyes extracted from turmeric and their comparison with reactive dyeing. *Research Journal of Textile and Apparel*, 2008, **12**(4), 1–11, doi: 10.1108/RJTA-12-04-2008-B001.