

Katja Brenčič, Linda Ogrizek, Marija Gorjanc

Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Aškerčeva 12, 1000 Ljubljana

---

# Priprava pigmentov iz invazivnih tujerodnih rastlin in izdelava okolju prijaznih tiskarskih past za tisk tekstilij

## *Preparation of pigments from invasive alien plant species and development of environmentally friendly printing pastes for textile application*

### Strokovni članek/Professional article

Prispelo/Received 3-2022 • Sprejeto/Accepted 3-2022

Korespondenčna avtorica/Corresponding author:

izr. prof. dr. Marija Gorjanc

E-pošta: marija.gorjanc@ntf.uni-lj.si

ORCID ID: 0000-0002-3820-9761

---

### Izvleček

Predstavljena je priprava pigmentov po principu obarjanja naravnih barvil s kovinskimi solmi, kot so železov, bakrov in aluminijev sulfat, in priprava naravnih past za tiskanje na tekstil. Naravna barvila so bila pridobljena iz delov invazivnih tujerodnih rastlin, npr. listov in plodov octovca, listov in korenike japonskega dresnika in cvetov zlate rozge. Barve in količina dobljenih pigmentov so bile odvisne od rastlinskega vira in dela rastline ter uporabljene kovinske soli. Največ pigmenta je bilo pridobljenega iz listov octovca, najmanj pa iz plodov octovca. Barve pigmentov so bile rumena, rdeča, zelena, rjava, siva in črna. Pigmente se je na bombažno tkanino nanoslo s štirimi naravnimi tiskarskimi pastami, izdelanimi iz krompirjevih olupkov, škroba tapioke, inulina, indijskega trpotca in suhega graha. Za najprimernejšo pasto je bila izbrana pasta na osnovi indijskega trpotca. Obstojnost pri drgnjenju je bila odlična, pri pranju pa slabša. Pri pranju so bili zelo dobro obstojni odtisi pigmentov, pridobljenih iz listov japonskega dresnika.

Ključne besede: invazivne tujerodne rastline, pigmenti, tiskarska pasta

### Abstract

The preparation of pigments according to the principle of precipitation of natural dyes with metal salts, e.g. iron, copper and aluminium sulphate, and the preparation of natural pastes for printing on textiles are presented. Natural dyes were obtained from parts of invasive alien plants – leaves and drupes of staghorn sumac, leaves and rhizomes of Japanese knotweed and flowers of goldenrod. The colour and amount of pigments obtained depended on the plant, part of the plant and the metal salt used. The most pigment was obtained from the leaves of the staghorn sumac and the least from the staghorn sumac drupes. The obtained pigment colours were yellow, red, green, brown, grey and black. The pigments were applied to a cotton fabric with four natural printing pastes made from potato peels, tapioca starch, inulin, Indian plantain and dried peas. The paste based on Indian plantain was chosen as the most suitable paste. The colourfastness to rubbing was excellent for most pigments, while it was somewhat poorer to domestic laundering. The pigments that had very good to excellent colourfastness to domestic laundering were produced from the leaves of Japanese knotweed.

Keywords: invasive alien plant species, pigments, printing paste

---

## 1 Uvod

Pridobivanje pigmentov iz zemeljskih mineralov in naravnih barvil iz rastlinskih delov je starodavna večšina, ki izvira iz paleolitika. V antiki pa so začeli pridobivati nove, bolj barvite pigmente, ki se v angleškem jeziku imenujejo »lake« pigment [1]. Slovenske besedne zveze ali izraza, ki bi označeval »lake« pigment, ne poznamo in uporabljamo le izraz pigment [2]. Tovrstni pigmenti nastanejo z obarjanjem organskega barvila z anorganskim substratom oziroma se vodni ekstrakt barvila meša s kovinsko soljo, kjer se kompleksno vezeta anion barvila in kation kovinske soli ter tako nastane v vodi netopna oborina oziroma pigment. Pogoj za večjo topnost barvila v ekstrakcijski kopeli oziroma pridobitve anionskega naboja barvila je dodatek alkalije v ekstrakcijsko kopel [3, 4]. Najpogostejši vir za pridobivanje naravnih barvil ali pigmentov so gojene rastline [5]. Bolj trajnosten pristop k pridobivanju barvil pa je uporaba odpadnih rastlin, kot so invazivne tujerodne rastline. Te se potem, ko jih odstranijo iz okolja, odpelje na sežig, vendar so raziskave pokazale, da so odlični viri barvil [6–9]. Tovrstna barvila torej lahko uporabimo za pripravo pigmentov za tiskanje tekstilij. Tiskarske paste za tiskanje tekstilij vsebujejo pretežno sintetična zgostila in veziva, lahko pa so izdelana iz naravnih sestavin, kar omogoča razvoj novih okolju prijaznih postopkov tiskanja tekstilij [10–13]. V prispevku sta predstavljeni priprava pigmentov iz invazivnih tujerodnih rastlin in priprava štirih tiskarskih past, ki ne vsebujejo sintetičnih snovi. Pri pripravi tiskarskih past smo sledili trendu »food grade«, kjer se uporabljajo snovi, ki so primerne za užitanje in niso nevarne za zdravje [14, 15]. Krompirjev škrob se uporablja kot

zgostilo za tiskarske paste, krompirjevi olupki pa so odlični viri škroba [16]. Zgostila, ki imajo potencial za uporabo v tiskarski pasti in se sicer uporabljajo predvsem v veganski in brezglutenski prehrani, so moka tapioke, inulin in indijski trpotec [17–19]. Odlični viri veziv pa je posušeni grah, ki se uporablja za pripravo pekarskih izdelkov in hrane za živali [20, 21].

## 2 Eksperimentalni del

### Priprava pigmentov

Dele invazivnih rastlin, kot so plod in listi octovca (*Rhus typhina*), listi in korenika japonskega dresnika (*Fallopia japonica*) in cvetovi zlate rozge (*Solidago canadensis*), smo očistili in narezali na manjše delce ter pripravili vodne ekstrakte v koncentraciji 50 g/l rastlinskega dela. Suhe rastlinske dele in 20 g/l natrijevega karbonata ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) smo prelili z deionizirano vodo ter segrevali do vrenja. Ekstrakcija je potekala 20 minut pri rahlem vrenju in dve uri pri sobni temperaturi. Sledila je filtracija ekstrakta, da smo ločili trdne delce od raztopine. V ohlajen ekstrakt smo dodali 20 g/l kovinskih soli, kot so železov ( $\text{FeSO}_4$ ), aluminijev ( $\text{AlSO}_4$ ) in bakrov ( $\text{CuSO}_4$ ) sulfat. Pri tem je nastala oborina oziroma se je začel tvoriti pigment. Pigment smo odnučali in ga na filtrnem papirju sušili štiri ure pri 50 °C. Posušene pigmente smo v terilnici zdrobili v prah.

### Priprava tiskarskih past

Za pripravo tiskarskih past smo uporabili sredstva, ki so primerna za živila, oziroma uporabili tudi ostanke hrane, npr. krompirjeve olupke. V preglednici 1 so zapisane proučevane tiskarske paste.

Preglednica 1: Recepture naravnih tiskarskih past

Pasta 1	Pasta 2	Pasta 3	Pasta 4
7 g posušeni in zmletih krompirjevih olupkov	15 g moke iz tapioke	30 g inulina	1 g fino zmletega indijskega trpotca
50 ml hladne deionizirane vode	1 g posušenega in zmletega graha	30 ml hladne deionizirane vode	50 ml hladne deionizirane vode
2 g posušenega in zmletega graha	22,5 ml hladne deionizirane vode	1 g posušenega in zmletega graha	2 g posušenega in zmletega graha
2,5 ml očetne kisline (30-%)	2,5 ml očetne kisline (30-%)	2,5 ml očetne kisline (30-%)	2,5 ml očetne kisline (30-%)
1,2 g pigmenta	1,2 g pigmenta	1,2 g pigmenta	1,2 g pigmenta

### Tiskanje blaga in testi obstojnosti

Za tiskanje blaga s pigmenti iz invazivnih rastlin smo uporabili industrijsko beljeno bombažno tkanino (Tekstina, d.o.o., Ajdovščina). Tiskali smo v tehniki ploskega filmskega tiska z dvojnimi raklanjem. Po tiskanju smo vzorce posušili pri sobni temperaturi in 15 minut pri 100 °C parili v laboratorijskem parilniku, nato oprali z mrzlo, toplo in še enkrat mrzlo tekočo vodo ter posušili pri sobni temperaturi. Na potiskanih vzorcih smo preverili obstojnost pri pranju in drgnjenju, kot je navedeno v literaturi [9].

## 3 Rezultati z razpravo

Iz delov invazivnih rastlin smo pridobili 15 pigmentov, ki so imeli glede na vrsto rastline in njenega dela ter uporabljene kovinske soli različno barvo, od rumene, rdeče, zelene, do rjave, sive in črne. Videz in barva pigmentov sta predstavljena na sliki 1.

Količina pridobljenih pigmentov je bila odvisna tudi od uporabljene rastline in kovinske soli (slika 2): listi octovca v kombinaciji s  $\text{FeSO}_4$  > zlata rozga v kombinaciji s  $\text{CuSO}_4$  > listi japonskega dresnika v kombinaciji z  $\text{AlSO}_4$  > korenika japonskega dresnika v kombinaciji s  $\text{FeSO}_4$  > zlata rozga v kombinaciji s  $\text{FeSO}_4$  > listi octovca v kombinaciji z  $\text{AlSO}_4$  > listi japonskega dresnika v kombinaciji s  $\text{CuSO}_4$  > korenika japonskega dresnika v kombinaciji z  $\text{AlSO}_4$  > listi japonskega dresnika v kombinaciji s  $\text{FeSO}_4$  > listi japonskega dresnika v kombinaciji s  $\text{CuSO}_4$  > zlata rozga v kombinaciji z  $\text{AlSO}_4$  > plodovi octovca v kombinaciji s  $\text{CuSO}_4$  > s  $\text{FeSO}_4$  > z  $\text{AlSO}_4$ . Iz plodov octovca smo pridobili zelo majhno količino pigmenta, kar pomeni, da plodovi niso primerni za izdelavo pigmenta. Razlog za to je visoka kislost ekstrakta, za tvorbo pigmenta pa je potreben alkalni medij. Na sliki 3 je prikazan tisk blaga s tiskarsko pasto na osnovi krompirjevih olupkov (pasta 1). Pri iskanju optimalne recepture za pasto smo naleteli na težavo,

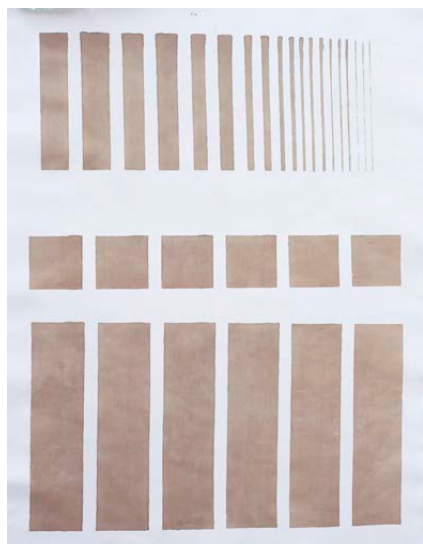


Slika 1: Pigmenti, pridobljeni iz delov invazivnih tujerodnih rastlin (z leve proti desni: plod in listi octovca, listi in korenika japonskega dresnika, cvetovi zlata rozge) in kovinskih soli (od zgoraj navzdol: aluminijev sulfat, bakrov sulfat, železov sulfat)

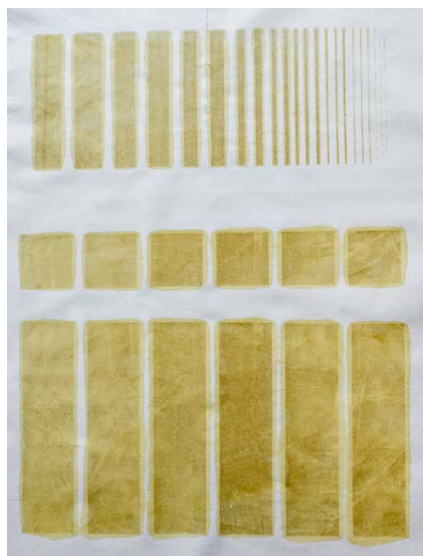


Slika 2: Količina pridobljenih pigmentov je odvisna od rastline in vrste kovinske soli, iz katerih se izdelava pigment

pasta se je razlivala pod šablono, posledica pa so bili nepravilni robovi tiskanih oblik (slika 4). Ugotovili smo, da s povečanjem količine graha, ki deluje kot vezivo, manjšo količino vode in ohranjanjem prvotne količine krompirja dosežemo želeno strukturo tiskarske paste.



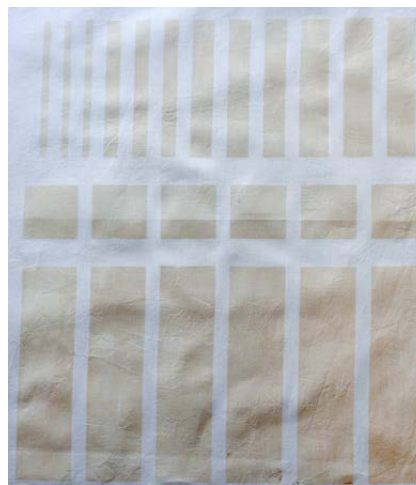
Slika 3: Tisk (odtis) pigmenta listov japonskega dresnika v tiskarski pasti optimizirane recepture na osnovi krompirja (pasta 1)



Slika 4: Problem razlivanja tiskarske paste na osnovi krompirja pred optimizacijo recepture. Na sliki je prikazan tisk s pigmentom zlate rozge.

Tiskarska pasta na osnovi škroba iz tapioke (pasta 2) se je izkazala za sicer dobro tiskarsko pasto, vendar

je njena priprava preveč zapletena, predvsem pa je tapioka kot sestavina izjemno nepredvidljiva. Za njeno pravilno pripravo je treba izjemno natančno meriti čas segrevanja, predvsem pa je treba previdno uravnavati jakost ognja. Ko je bil plamen gorilnika šibak, je segrevanje trajalo dlje časa, vendar pa se moka ni zgostila niti po dveh urah. Zato smo po nekaj poskusih ugotovili, da tapioka najbolje deluje, če se jo intenzivno segreva pri stalnem, močnem ognju, vendar jo je treba ves čas mešati in spremljati, kako hitro se gosti. Ugotovili smo tudi, da se je nikakor ne sme segrevati dlje, saj se izjemno hitro sprime v kepe, ki se kljub dodajanju vode ne razpustijo. Pri pripravi tiskarske paste iz tapioke je pomembno, da pigment dodajamo na sobno temperaturo ohlajeni osnovni pasti. Tiskarska pasta iz tapioke med tiskom postane precej lepljiva in se z njo sorazmerno težko tiska. Prav tako je pri tisku pomembno, da smo hitri, saj pasta izjemno hitro zamaši pore na situ, kar onemogoča prenos pigmenta na tekstil. Na sliki 5 je prikazan potisk blaga z optimizirano recepturo na osnovi tapioke.



Slika 5: Blago, potiskano s pigmentom korenike japonskega dresnika v tiskarski pasti na osnovi tapioke (pasta 2)

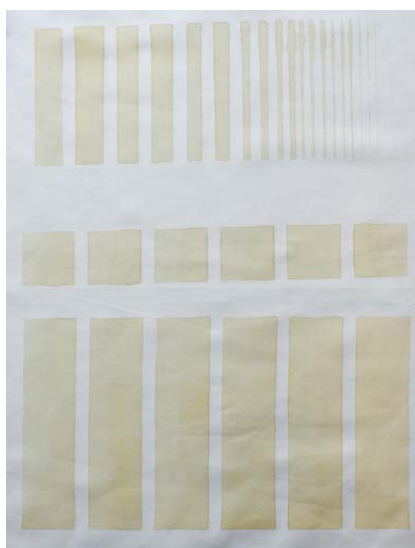
Inulin se je kot osnova za tiskarsko pasto izkazal za dobro izbiro, potrebnega je bilo le malce več časa, da smo ugotovili pravilna razmerja dodatkov v pasto (pasta 3). Pomembno je vedeti, da inulin, ki je sicer bel, ob segrevanju potemni in karamelizira. Tudi tukaj je pomembno, da zmes pustimo, da se popolnoma ohladi, preden ji dodajamo očetno kislino in pigment, saj v nasprotnem primeru očetna kislina prehitro hlapi, kar ovira raztapljanje pigmenta. Tiskanje z inulinom je preprosto. Kljub precejšnji viskoznosti ne



Slika 6: Blago, potiskano s pigmentom zlate rozge v tiskarski pasti na osnovi inulina (pasta 3).  
Z leve proti desni: vzorec po tiskanju, vzorec po parjenju in vzorec po izpiranju in sušenju.

povzroča razlivanja na tekstilu. Vseeno pa je tiskarska pasta na osnovi inulina nepredvidljiva s stališča končnih barv potiskov. Na sliki 6 je prikazano stanje barv potiska s pigmentom, pridobljenim iz korenike japonskega dresnika, takoj po tiskanju, parjenju in izpiranju.

Indijski trpotec je najboljša izbira za izdelavo naravne tiskarske paste, saj je njegova priprava najhitrejša in preprosta. Tiskanje poteka hitro in je preprosto, struktura paste pa omogoča preprosto rokovanje s pasto. Pri tiskarski pasti na osnovi indijskega trpotca ne prihaja do sprememb barv potiska po parjenju ali izpiranju (slika 7).



Slika 7: Blago, potiskano s pigmentom listov japonskega dresnika v tiskarski pasti na osnovi indijskega trpotca (pasta 4)

Pigmenti, pridobljeni iz invazivnih tujerodnih rastlin, v pasti na osnovi indijskega trpotca omogočajo tisk v toplih barvnih tonih (slika 8).

Na potiskanih vzorcih, kjer je bila uporabljena tiskarska pasta na osnovi indijskega trpotca, smo te-



Slika 8: Prikaz barvitosti in možnosti tiskanja različnih grafičnih vzorcev s pigmenti, pridobljenimi iz invazivnih tujerodnih rastlin, v tiskarski pasti na osnovi indijskega trpotca

stirali obstojnost pri pranju in drgnjenju. Rezultati so predstavljeni v preglednici 2. Odtisi so na splošno slabše obstojni pri pranju in zelo dobro obstojni pri drgnjenju. Ocena obstojnosti pri pranju je podana za vizualno oceno spremembe barve odtisa pred pranjem in po njem. Zelo dobro obstojnost pri pranju so imeli vzorci, potiskani s pigmentom iz listov japonskega dresnika (ocene od 3–4 do 4). Prenos barve na suho spremljevalno tkanino je bil izjemno majhen ali pa ga ni bilo mogoče opaziti, torej imajo vzorci odlično obstojnost pri suhem drgnjenju z ocenami od 4–5 do 5. Izjema je vzorec, ki je bil potiskan s pigmentom, pridobljenim iz korenike japonskega dresnika v kombinaciji s  $\text{FeSO}_4$ , ki je imel slabšo obstojnost (ocena 3). Nekoliko več barve se je preneslo na mokro spremljevalno tkanino, vendar so rezultati na splošno zelo dobri, razen zopet pri pigmentih, pridobljenih iz korenike japonskega dresnika.

Preglednica 2: Ocene obstojnost tiskov na osnovi indijskega trpotca (pasta 4) pri pranju in drgnjenju po sivi lestvici (ocena 1 najslabša obstojnost, ocena 5 najboljša obstojnost)

Pigment		Ocena obstojnosti pri pranju	Ocena obstojnosti pri drgnjenju	
Rastlina in njen del	Kovinska sol		Prenos barve na suho spremljevalno tkanino	Prenos barve na mokro spremljevalno tkanino
Octovec, listi	AlSO <sub>4</sub>	3	4–5	3
	CuSO <sub>4</sub>	2	5	4
	FeSO <sub>4</sub>	2–3	5	4–5
Japonski dresnik, korenika	AlSO <sub>4</sub>	1	5	2–3
	CuSO <sub>4</sub>	1	4	1–2
	FeSO <sub>4</sub>	1–2	3	2
Japonski dresnik, listi	AlSO <sub>4</sub>	3–4	4–5	4–5
	CuSO <sub>4</sub>	4	4–5	4–5
	FeSO <sub>4</sub>	4	5	4–5
Zlata rozga, cvetovi	AlSO <sub>4</sub>	2–3	4–5	3
	CuSO <sub>4</sub>	2	5	4
	FeSO <sub>4</sub>	4	5	4–5

## 4 Sklepi

Prispevek podaja nove možnosti trajnostnega plemenitjenja tekstilij. Pigmente po postopku obarjanja s kovinskimi solmi lahko pridobimo iz invazivnih tujerodnih rastlin, ki sicer pomenijo naravovarstveno in gospodarsko nevarnost. Barve in količina končnega pigmenta variirajo glede na del rastline, iz katere pridobivamo pigment, in uporabljeno kovinsko sol. Pri izdelavi pigmenta moramo upoštevati, da se več pigmenta lahko izdelata iz ekstrakta rastline, ki je bolj alkalen. Med osnovami za izdelavo tiskarske paste se je indijski trpotec izkazal za najprimernejšega, saj sta bili priprava in uporaba tiskarske paste zelo preprosti, barve potiskov pa se po parjenju in izpiranju niso spreminjale. Obstojnost potiskov je bila zelo dobra do odlična pri pigmentu, ki je bil pridobljen iz listov japonskega dresnika, zelo slaba pa pri pigmentu, pridobljenem iz korenike japonskega dresnika.

### Zahvala

Raziskava je bila sofinancirana iz projekta APPLAUSE Project no. UIA02-228. Informacije in stališča odražajo izključno poglede avtorjev. Pobuda UIA zanje ne odgovarja, prav tako ne za njihovo uporabo.

### Viri

- FOURNIER, Frédéric, de VIGUERIE, Laurence, BALME, Sebastien, JANOT, Jean-Marc,

- WALTER, Philippe, JABER, Maguy. Physico-chemical characterization of lake pigments based on montmorillonite and carminic acid. *Applied Clay Science*, 2016, **130**, 12–17, doi: 10.1016/j.clay.2016.01.046.
- KIRBY, Jo, SAUNDERS, David, SPRING, Marika, HIGGITT, Catherine. Rdeča in modra: nedavne raziskave pigmentov, barvil in spremembe barvnih plasti v londonski Narodni Galeriji = Red and blue: recent work on pigments, paint and colour change at the National Gallery, London. In *Znanost za umetnost : konservatorstvo in restavracijsko danes : zbornik prispevkov mednarodnega simpozija = Science in art : conservation and restoration today : international symposium proceedings* Uredili Tamara Trček Pečak, Nada Madžarac. Ljubljana : Zavod za varstvo kulturne dediščine Slovenije, Restavracijski center, 2012, str. 73–93.
- DEVEOGLU, Ozan, TORGAN, Emine, KARADAG, Recep. The characterisation by liquid chromatography of lake pigments prepared from European buckthorn (*Rhamnus cathartica* L.). *Pigment & Resin Technology*, 2012, **41**(6), 331–338, doi: 10.1108/03699421211274234.
- JIMTAISONG, Ampa. Aluminium and calcium lake pigments of Lac natural dye. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences* 2020, **56**, doi: 10.1590/s2175-97902019000418140.
- PERRY, J.J., BROWN, L., JURNECZKO, Ewa, LUDKIN, E. in SINGER, B.W. Identifying the plant origin of artists' yellow lake pigments by electro-

- pray mass spectrometry. *Archaeometry*, 2010, **53**(1), 164–177, doi: 10.1111/j.1475-4754.2010.00530.x.
6. FLAX, Becky, BOWER, Anne, WAGNER-GRAHAM, Mary Ann, BRIGHT, Madison, COOPER, Irene, NGUYEN, William, NUNEZ, Haileen, PURDY, Bennett, WAHBA, Nicholas, SAVAGE, Tyler, D'SOUZA, Ivan, LACOUR, Abigail, AKELAITIS, Emily. Natural dyes from three invasive plant species in The United States. *Journal of Natural Fibers* 2021 (in press), 1–15, doi: 10.1080/15440478.2021.2002784.
  7. GORJANC, Marija, KERT, Mateja, MUJADŽIĆ, Amra, SIMONČIČ, Barbara, FORTE-TAVČER, Petra, TOMŠIČ, Brigita, KOSTAJNŠEK, Klara. Cationic pretreatment of cotton and dyeing with *Fallopia Japonica* leaves. *Tekstilec*, 2019, **62**(3), 181–186, doi: 10.14502/tekstilec2019.62.181-186.
  8. KLANČNIK, Maja. Printing with natural dye extracted from *Impatiens glandulifera* Royle. *Coatings*, 2021, **11**(4), 1–12, doi: 10.3390/coatings11040445.
  9. TOPIČ, Taja., GORJANC, Marija, KERT, Mateja. The influence of the treatment process on the dyeability of cotton fabric using goldenrod dye. *Tekstilec*, 2018, **61**(3), 192–200, doi: 10.14502/Tekstilec2018.61.192-200.
  10. SAVVIDIS, Georgios, KARANIKAS, Vaggelis, ZARKOGIANNI, Maria, ELEFThERIADIS, Ioannis, NIKOLAIDIS, Nikolaos, TSATSARONI, Eforia. Screen-printing of cotton with natural pigments: evaluation of color and fastness properties of the prints. *Journal of Natural Fibers* 2017, **14**(3), 326–334, doi: 10.1080/15440478.2016.1212761.
  11. M EL-SHISHTAWY, Reda, AHMED, Nahed, NASSAR, Sahar. Novel green coloration of cotton fabric. Part II: effect of different print paste formulations on the printability of bio-mordanted fabric with madder natural dye. *Egyptian Journal of Chemistry* 2020, **63**(5), 1669–1677, doi: 10.21608/ejchem.2020.22637.2345.
  12. BEN, Fadhel, MILED, Wafa, HADDAR, Wafa, MEKSI, Nizar. Clean printing process of cotton with natural dyes: effect of paste formulation components on printing performances. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*, 2021, **27**(1), 1–13, doi: 10.2298/ciceq191004019b.
  13. MONGKHOLRATTANASIT, Rattanaphol, KLAICHOI, Charoon, RUNGRUANGKITKRAI, Nattadon. Reactive dye printing on cotton fabric using modified starch of wild taro corms as a new thickening agent. *Cellulose Chemistry and Technology* 2021, **55**(9-10), 1119–1129, doi: 10.35812/CelluloseChemTechnol.2021.55.96.
  14. Today's trends in food-grade applications [online]. Solvay [accessed 8.03.2022]. Available on World Wide Web: <<https://www.solvay.com/en/chemical-categories/specialty-polymers/consumer/food-contact/food-grade-applications-trends>>.
  15. XIAO, Jie, LI, Yunqi, HUANG, Qingrong. Recent advances on food-grade particles stabilized Pickering emulsions: fabrication, characterization and research trends. *Trends in Food Science & Technology*, 2016, **55**, 48–60, doi: 10.1016/j.tifs.2016.05.010.
  16. Emsland-Group [online]. Printing thickeners [accessed 8.03.2022]. Available on World Wide Web: <<https://www.emsland-group.de/product-solutions/specialities/textiles/printing-thickeners>>.
  17. BREUNINGER, W. F., PIYACHOMKWAN, K., SRIROTH, K. Tapioca/Cassava starch: production and use. In *Starch: chemistry and technology*. Edited by James BeMiller and Roy Whistler. Amsterdam : Elsevier, 2009, pp. 541–568, doi: 10.1016/B978-0-12-746275-2.00012-4.
  18. SHOAIIB, Muhammad, SHEHZAD, Aamir, OMAR, Mukama, RAKHA, Allah, RAZA, Husnain, SHARIF, Hafiz R., SHAKEEL, Azam, ANSARI, Anum, NIAZI, Sobia. Inulin: properties, health benefits and food applications. *Carbohydrate Polymers*, 2016, **147**, 444–454, doi: 10.1016/j.carbpol.2016.04.020.
  19. MASOOD, Rashid, MIRAFITAB, Mohsen. Psyllium: current and future applications. In *Medical and healthcare textiles* (Woodhead Publishing Series in Textiles). Edited by S.C. Anand, J.F. Kennedy, M. Mirafitab and S. Rajendran. Woodhead Publishing, 2010, pp. 244–253, doi: 10.1533/9780857090348.244.
  20. MOHAMMED, Yesuf, CHEN, Chengci, WALIA, Maninder, TORRION, Jessica, MCVAY, Kent, LAMB, P.F., MILLER, Perry, ECKHOFF, Joyce, MILLER, John, KHAN, Qasim. Dry pea (*Pisum sativum L.*) protein, starch, and ash concentrations as affected by cultivar and environment. *Canadian Journal of Plant Science*, 2018, **98**(5), 1188–1198, doi: 10.1139/CJPS-2017-0338.
  21. Vestkorn pea starch feed [online]. Vestkorn [accessed 8.03.2022]. Available on World Wide Web: <<https://vestkorn.com/vestkorn-pea-starch-feed/>>.