

Kemijska analiza srebra i bakra u povijesnim tekstilnim materijalima

Petra Kirin, Martina Đurinec, doc. dr. sc. Iva Rezić (mentor)

**Studentice preddiplomskog studija Tekstilnog inženjerstva na Tekstilno tehnološkom fakultetu*

*** Zavod primijenjenu kemiju Tekstilno tehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu,*

Prilaz baruna Filipovića 28a, Zagreb 10000.

e-mail: iva.rezic@ttf.hr

Sažetak:

Ciljovog rada je dokazati prisutnost srebra i bakra na uzorku povijesnih metalnih vlakana, odnosno srme. Srebro i bakar su se u prošlosti koristili u dekorativne svrhe. Srma je oblik jezgraste pređe u kojoj je središnja nit (jezgra) najčešće pamučna ili lanena pređa gusto obavijena zlanom ili srebrnom niti vrpčasta oblika. Metali od kojih su se izrađivalne metalne srme bili su najčešće srebro, bakar i zlato. Povijesni tekstilni materijali imaju veliku vrijednost i želi ih se pravilno održavati i/ili pohraniti, stoga je potrebno utvrditi koji metal se nalazi u takvom materijalu. U ovom je radu opisan proces identifikacije srebra i bakra u uzorku dobivenog iz restauracijskog zavoda. Kvalitativna metoda kojom je ispitano prisustvo ovih metala u ispitivanom uzorku naziva se tankoslojna kromatografija.

Ključne riječi: srebro; bakar; srma; povijesni tekstil; tankoslojna kromatografija

1. UVOD

Povijesna tekstilna vlakna prvenstveno su se počela koristiti kao zaštita od hladnoće i vrućine (Vojnović, Parac-Osterman, prezentacija) (Raffaelli, Čunko, Dragičević 1982: 827-838) (Rezić 2009: 93-104). Osim toga služila su za izrađivanje odjeće, oružja za lov te za razne potrepštine neophodne za život. Pojam tekstilna namjena označava vjekovnu upotrebnu tekstilija za temeljne čovjekove potrebe kao što su odijevanje, uređenje interijera, higijena i sl. (Rezić 2009: 1-25) (Rezić 2009: 31-38) (Filipović, Lipanović 1995: 1067-1085) (Emsley 2005: 355-359). Analizom tekstilija mogu se utvrditi značajke različitih kultura, od poljoprivrednih značajki do osobnog identiteta (Čunko, Pezelj 2002: 9-11). Stoga se u ovom radu provelo istraživanje o prisutnosti srebra i bakra u srmi jednog povijesnog uzorka. Metalna vlakna ili srme su vlakna dobivena iz

različitih vrsta metala, zlata, srebra, čelika, bakra, volframa. Dio su svakodnevne odjeće te su u širokoj primjeni kao modni dodaci na prirodnim i umjetnim vlaknima. Mogu biti vrlo fine metalne niti koje se koriste za razne tehničke svrhe te kao dodaci u tekstilnim strukturama odnosno materijalima radi postizanja ukrasnih efekata. (Rezić 2009: 93-104). Metoda kojom je dokazano prisutstvo srebra odnosno bakra naziva se tankoslojna kromatografija a koristi se za razdvajanje kemijskih komponenti u smjesi ([hr.wikipedia.org/wiki/Tankoslojna kromatografija](http://hr.wikipedia.org/wiki/Tankoslojna_kromatografija) 2016).



Slika 1. Početak uporabe tekstilija

2. ZNAČENJE TEKSTILA KROZ POVIJEST

Gotovo ne postoji predmet koji bi se toliko vezao uz ljudsku aktivnost kao sam tekstil. U početku se koristio kao zaštita od hladnoće i vrućine i za prekrivanje stidnih dijelova tijela. Osim toga, sve značajnije su postajale razne potrebe kao što su prikrivanje nedostataka, isticanje ljepote, izražavanje materijalnog statusa, izražavanje pripadnosti određenoj sociološkoj grupi, izražavanje raspoloženja te sklonost određenoj tradiciji, kulturi i sl. Najstariji dokaz tekstilije potječe iz neolitske kulture (5000. g. pr. Kr.) (Čunko, Pezelj 2002: 9-11).

Danas se tekstilni materijali ukrašavaju raznim metalnim dijelovima: koncem, perlicama ili srmama. Takvi materijali koriste se na svečanim odijelima, crkvenom ruhu, vojnim odorama ili narodnim nošnjama (Slika 2.) (Narodna umetnost 2016).



Slika 2. Srma kao ukras na narodnoj nošnji

3. SREBRO U POVIJESTI

Naziv dolazi od anglo-saksonske riječi *siolfur*, što znači srebro, dok kemijski simbol, Ag, dolazi od latinske riječi *argentum*. Zanimljiva je činjenica da je srebro dalo ime zemlji Argentini i rijeci Rio de la Plata. Rijeka La Plata bila je vrlo bogat izvor srebra te meta mnogih pljačkaša za vrijeme španjolske vlasti na tom području. Nakon što je narod zbacio španjolsku vlast s tog

područja, promijenio je ime zemlje u Argentina, kako bi sačuvali vezu sa svojim rudnim bogatstvom. Postoje neke velike lokacije srebra. Rudnik srebra u Laurimu iskorištavanjem je također dijelom zaslužan za uspon same Atene i njene civilizacije. Proizvodilo se oko 30 tona srebra. U srednjem vijeku, njemački su se rudnici uzdigli kao glavni opskrbljivači Europe. Srebro su također iskapale i stare civilizacije u Srednjoj i Južnoj Americi. Još neka bogatija nalazišta su Karakas, Peru (1513.), Potosa, Bolivija (1545.) te Zakatekasu, Meksiko (1548.). U novije doba srebro je otkriveno u SAD-u (Nevada) gdje je 1870. svjetska godišnja proizvodnja dosegla preko 3000 tona te je nastavila dalje rasti.

Srebro se prvi puta pojavilo u starom Egiptu i bilo je cijenjeno više od zlata. Iskopani rudnici u Turskoj i Grčkoj ukazuju na to da je srebro iskapano još 3000 godina p. n. e. Srebrni su predmeti uglavnom korišteni u religiozne, tehničke ili kućne svrhe (Emsley 2005: 355-359).

4. BAKAR U POVIJESTI

Arheološki nalazi dokazali su da se bakar otkriven prije 11000 godina, a najstariji dokazi njegove upotrebe datiraju iz 8000. g. pr. Kr. Iz Turske, gdje se i danas eksploatira. U vrijeme rimskog carstva najveće nalazište bakra bilo je na otoku Cipru, prema čijem imenu je nazvan. Do danas pronađeno je više od 10000 mjesta iskopa čiji grumeni znaju težiti do 100 kilograma. Prije 5000 godina naučeno je da bakar može biti učvršćen ako je pomiješan sa drugim metalima. Čisti bakar je premekan da bi se koristio za većinu svojih svrha, no otkrićem hladnog postupka obrade dobivena je gotovo dvostruka tvrdoća čime su alati i oružje dobili dostatnu tvrdoću, no unatoč tome otkrivena je mana- krhkost. Bronca je prva legura koja je stvorena, to je mješavina bakra s kositrom, pri čemu je udio kositra 25% a služila je za pravljenje alata i oružja. Mjed je mješavina koja sadrži bakar i 5 do 45% cinka a koristila se za kovanice, nakit i razne ornamente (wovenwire.com 2015). Bakar se najčešće nalazi u leguri sa kositrom tj. u fosforim broncama, niklom, silicijem te aluminijem. Zbog izuzetne otpornosti i tvrdoće u današnjici se istražuju legure bakra i olova (Rezić 2009: 93-104). Postoje mnoge industrijske namjene bakra zahvaljujući njegovim osobinama, otpornosti prema koroziji te dobrim mehaničkim svojstvima. Po svojoj raznovrsnosti upotrebe, te iznosu utrošenosti za industrijsku upotrebu nakon željeza i aluminija nalazi se na trećem mjestu. Ipak, najučestalija njegova uporaba je u elektrotehnici zbog njegove izvrsne električne vodljivosti na što otpada 65% njegove ukupne potrošnje. Koristi se za bakrene žice, u proizvodnji električne energije, distribuciji energije, prijenosu snage, za elektroničke sklopove i razne električne uređaje. U arhitekturi je nezamjenjiv kao trajan materijal otporan na koroziju, a osim toga ima i druga dobra svojstva povoljna za arhitekturu, a to su niska termička pokretljivost, lagani su, ima gromobrnska svojstva te mogućnost recikliranja. Treba još napomenuti da se koristi u metalurgiji kao legirajući materijal, za izradu kovanica, proizvodi se u obliku poluga, folija i žica omotanih PVC-om (wovenwire.com 2015).

5. SVOJSTVA SREBRA

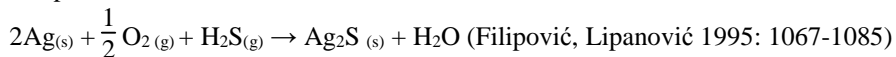
Srebro je meki plemeniti metal kemijskog simbola Ag, atomskog broja 47, gustoće 10,5 kg/l. Svojstveno mu je talište 962 °C, a vrelište 2212 °C. Kao elementarna tvar srebro je bijeli, sjajni metal, vrlo dobre kovnosti i rastezljivosti. Električni otpor mu je manji, a toplinska vodljivost veća od ostalih metala. Topivo je u sumpornoj i dušičnoj kiselini. Kao izotop se pojavljuje srebro 107 (52%) te srebro 109 (48%), no oni nisu radioaktivni.

Karakterizira ga srebrnasti sjaj, no kovanjem može doseći gotovo proziran izgled. Visoke je kovnosti i trajanja, stoga je pogodan za korištenje u mnoge svrhe poput novca, nakita, posuđa, pribora za jelo te vlakana. Poznato je da su se tekstilna vlakna presvlačila tankim slojem srebra te se takva vlakna nazivaju metaliziranim vlaknima. Gram srebra može se razvući u žicu dugu gotovo 2 cm.



Slika 3. Srebrni predmeti: a) novac b) nakit c) tanjur d) vlakna

U kontaktu s vodom i zrakom srebro je stabilno, no najveći problem je vezanje sumpornih spojeva iz zraka pri čemu srebro potamni do sloja crne boje te pređe u srebrov sulfid. Taj sulfid se može ukloniti ispod čega ostane metal sjajne, bijele boje. Kako bi se zaštitilo, potrebno ga je omotati u poseban papir ili tkaninu koji su natopljeni metalnim solima koji na sebe vežu sumporne spojeve. Pogodni su i materijali koji sadrže aktivni ugljen. Za razliku od zlata ili platine, srebro je djelomično otporno na koroziju. Koroziju uzrokuju visoka relativna vlažnost zraka i zagađenost. Ne oksidira na zraku, no reagira sa sumporovodikom iz zraka:



6. SVOJSTVA BAKRA

Bakar je poslije srebra najbolji vodič elektriciteta, a ima i veoma dobru toplinsku vodljivost. Stabilan je te otporan na vodu, zrak i koroziju. Za razliku od željeza koje se izlaganjem vlažnom zraku pretvara u hrđu, bakar s vremenom stvara sloj zelene patine koja se može vidjeti na starim građevinskim konstrukcijama načinjenim od bakra (hr.wikipedia.org/wiki/Bakar 2015).



Slika 4. Kip slobode, New York, SAD, primjer zelene patine nastale u prirodi

7. METALNA VLAKNA

Metalna vlakna su vlakna dobivena iz različitih vrsta metala, zlata, srebra, čelika, bakra, volframa. Dio su svakodnevne odjeće te su u širokoj primjeni kao modni dodaci na prirodnim i umjetnim vlaknima. Mogu biti vrlo fine metalne niti koje se koriste za razne tehničke svrhe te kao dodaci u tekstilnim strukturama odnosno materijalima radi postizanja ukrasnih efekata (Rezić 2009: 93-10). Razlikujemo više načina dobivanja metalnih vlakana, najčešće se koristi postupak izvlačenja, Taylorov postupak, a kako bi dobili vrpčasta vlakna koristi se metoda rezanja folije.

U procesu dobivanja vrpčastih vlakana metalna folija reže se nožem koji rotira i reže tanke vrpce širine 125 do 250 mikrometara. Na taj način mogu se proizvesti aluminijska vlakna za tekstilne svrhe. Sličnim načinom izrade u povijesti su se izrađivale srebrne i zlatne niti, obavijene oko lanene niti kako bi se postigla čvrstoća. Takva jezgrasta pređa zove se srma a koristi se i danas za ukrašavanje grbova, nošnji i vojnih činova.

Vlakna od čelika dobivaju se postupkom izvlačenja grubih metalnih niti koje se stanjuju dijamentnim prstenima. Tako se mogu dobiti vrlo tanke niti, izvlači se snop niti koji je uložen u bakrenu matricu.

S obzirom na talište nekih metala, kod Taylorovog postupka dobivanja metalnih vlakana, odabiru se određene vrste stakla višeg tališta. Takva vlakna se mogu koristiti zajedno sa staklenom oblogom, a u suprotnom, staklo se može ukloniti.

Metalna vlakna imaju veliku čvrstoću, visoki modul elastičnosti, temperature taljenja, a glavna značajka im je velika termička i električna vodljivost.

Čelična vlakna primjenjuju se za ojačavanje pneumatika, u području tekstila za uklanjanje statičkog elektriciteta. Za ukrašavanje odjevnih predmeta tj. dobivanje ukrasnih efekata koriste se aluminijska vlakna. Volframova vlakna imaju ulogu žarnih niti u žaruljama. Metalne niti mogu se prerađivati u tkanine, kao ojačavajući elementi u građevnim konstrukcijama, autoindustriji, strojarstvu i elektroindustriji (Čunko, Andrassy 2005: 306-308).

Osim metalnih srma na povijesnom tekstilu, jedna od prvih primjena metalnih vlakana je proizvodnja žica za glazbene instrumente, kombiniranje prirodnih životinjskih vlakana sa metalnim. Danas se životinjska i prirodna vlakna zamjenjuju polimernim materijalima, (poliamidnim ili ugljikovim) vlaknima te drugim metalnim vlaknima.

Karakterizacija metalnih vlakana bitna je za ljudsko zdravlje jer glazbenici dolaze u neposredan i dugotrajan kontakt s npr. niklom koji je alergeni metal što dovodi do velikog broja nastajanja kontaktnog dermatitisa u ovakvoj vrsti umjetnosti (Rezić prezentacija 2009).

Umjetna ili prirodna vlakna presvučena metalnim slojem nazivaju se metalizirana vlakna. Poznato je da se koriste za dobivanje efektnih pređa u svrhu blještavog efekta na odjevnom predmetu ili za izradu važnih činova. Sjaj, boja i cijena ovise o materijalu koji je korišten za presvlačenje pređe, a to je najčešće bakar, nikel i zlato. Metalizirana vlakna presvučena jeftinijim metalom koriste se za radnu odjeću u eksplozivnom okruženju kako ne bi došlo do iskrenja (Čunko, Andrassy 2005: 306-308).



Slika 5 Morfologija srme (jezgra-tekstilna vlakna (svila, lan, pamuk), omotač- metalno vlakno)

8. KROMATOGRAFIJA

Kromatografija je fizikalna metoda separacije u kojoj se sastojci raspodjeljuju između dviju faza, jedna je nepokretna, a druga pokretna, kreće se u određenom smjeru. Pokretna faza je fluid koji prolazi uzduž ili kroz nepokretni sloj. Može biti plin u tom slučaju radi se o plinskoj kromatografiji ili tekućina (tekućinska kromatografija). Tekućinska kromatografija (LC) može se odvijati na plohi ili u koloni, dok se plinska kromatografija (GC) uvijek odvija u koloni. Kromatografske metode se mogu podijeliti prema obliku kromatografske podloge na kolonsku kromatografiju kojoj se nepokretna faza nalazi unutar cijevi odnosno kolone, i plošnu kromatografiju čija je nepokretna faza ploha ili se nanosi na plohu. Primjer plošne kromatografije je papirna kromatografija (PC) i tankoslojna kromatografija (TC). Kod tankoslojne kromatografije sloj čvrstih čestica nanešen je na nosač, npr. na staklenu ploču. Prema separacijskom mehanizmu kromatografske metode mogu se podijeliti na adsorpcijsku, razdjelnu, ionsko-izmjenjivačku, afinitetnu i kromatografiju isključenjem. Kod adsorpcijske separacije sastojaka uzorka temelji se na razlici u afinitetu adsorpcije sastojaka uzorka prema površini aktivne čvrste faze. Separacija razdjelne kromatografije temelji se na razlici topljivosti sastojaka uzorka koji su u nepokretnoj fazi, kod ionsko-izmjenjivačke kromatografije temelji se na razlici u afinitetu sastojaka prema ionskoj izmjeni. Kromatografija isključenjem koristi razlike u veličini i obliku molekula ili naboju, a afinitetna je posebna vrsta kromatografije u kojoj se koristi biološka interakcija liganda i analita ([hr.wikipedia.org/wiki/Tankoslojna kromatografija](http://hr.wikipedia.org/wiki/Tankoslojna_kromatografija) 2016).

9. TANKOSLOJNA KROMATOGRAFIJA (TLC)

Koristi se za razdvajanje kemijskih komponenti u smjesi. Nepokretna faza obično je sastavljena iz tankog sloja materijala za adsorpciju koji je pričvršćen za ravnu ploču. Tankoslojna kromatografija upotrebljava se za ispitivanja biljnih pigmenta, analizu sastava boja vlakana u forenzičkim ispitivanjima i u identifikaciji komponenti ispitivanog uzorka. Postoji mnoštvo inertnih materijala koji se koriste kao adsorpcijska sredstva u tankoslojnoj kromatografiji, a neke od njih koje se najčešće koriste su silikagel i celuloza. Silikagel je bijeli amorfni porozni materijal pripremljen iz otopine silikata s dodatkom kiseline. Veličina pora je 10 do 15 mikrometara. Na aktivnim mjestima za adsorpciju nalaze se slobodne hidroksilne skupine na kojima dolazi do stvaranja vodikovih veza s tvarima. Celuloza u svojoj strukturi sadrži hidroksilne skupine koje omogućuju vezanje vode vodikovim vezama, stoga je pogodna za razdvajanje hidrofilnih (polarnih) tvari ([hr.wikipedia.org/wiki/Tankoslojna kromatografija](http://hr.wikipedia.org/wiki/Tankoslojna_kromatografija) 2016).

II. EKSPERIMENTALNI DIO

Ispitivani uzorak dio je ruba ukrasnog šava povijesnog materijala. Porub se sastoji od metalne čipke. Dimenzije uzorka su 4,5 cm x 5,5 cm, od čega čipkasti porub iznosi 1 cm x 2 cm.



Slika 6. Uzorak za analizu

Pri odvajanju metalnih niti od celuloznog dijela potrebne su igla, pinceta te čista i suha podloga.

Priprema

Uzorak je sušen prije samog vaganja. Nakon određivanja mase slijedi razdvajanje metalne čipke od šava te posebno odvajanje metalnih niti od celuloznih vlakana.



Slika 7. Uzorak razdvojen na komponente (tkanina, jezgra srme, metalna ovojnica)

Uzorkovanje

Ovaj korak podrazumijeva precizno razvlaknjivanje te razdvajanje metalne čipke kako bi dobili odgovarajući uzorak. Odvajanje je vrlo dugotrajno, jer je potrebno odvojiti svako vlakno od metala. Proces može trajati i preko 10 sati. U ovom slučaju trajao je 17 sati zbog veličine uzorka.

Tablica 1. Postizanje vizualizacije

Postizanje vizualizacije
djelovanjem reagensa na razdvojeni spoj u mrlji
primjenom indikatora
djelovanjem topline ili svjetla
inhibitorskim djelovanjem razdvojenog spoja na razvoj nekih mikrobioloških kultura
učinkom razdvojenog spoja na reakciju između dva reagensa

Detekcija

Metode detekcije daju nam realnu informaciju o sastojcima uzoraka, što čini preduvjet za njihovu identifikaciju. Uzorci se mogu detektirati fizikalnim metodama, kemijskim reakcijama te biološko-fiziološkim postupcima. Prva detekcija je najčešće vizualna (prostom okom ili UV zračenjem). Druga detekcija je instrumentalna.

Princip fotometrijskog detektiranja mrlje

Uski snop zračenja iz izvora pada na kromatografski sloj. U tom sloju dolazi do raspršenja višestrukim prelamanjem zbog različite geometrije zrnaca, a dio raspršenog zračenja ulazi u fotomultiplikator te preko pojačala uzrokuje stvaranje signala koji se zapisuje.

Obično se mrlje na kromatogramu snimaju tako da ploča putuje od starta prema fronti. Prisutnost nekog spoja može mijenjati jačinu signala. Spojevi apsorbiraju dio zračenja i time slabe signal. Za dobivanje prvih podataka služi usporedba položaja mrlje na kromatogramu nepoznatih spojeva s položajem mrlja niza poznatih čistih spojeva.

Identifikacija

Nakon završenog kromatografskog procesa slijedi mogućnost identifikacije uzorka. Postoji nekoliko načina identifikacije.

Tablica 2. Načini identifikacije

<i>Identifikacija</i>
Identifikacija prema položaju mrlje na kromatogramu
Identifikacija bojenjem mrlja specifičnim reagensima
Identifikacija spektrofotometrijskim postupkom

12. REULTATI I RASPRAVA

Tablica 3. Boje mrlja nakon kromatografije za silikagel i ploču sa celulozom

Metalni ioni	Boja mrlje nakon kromatografije
Ag ⁺	ljubičasto-siva
Co ²⁺	svijetloplava
Cu ²⁺	žuta
Cr ³⁺	sivo-zelena
Fe ³⁺	tamnožuta
Mn ²⁺	bezbojno
Zn ²⁺	bezbojno
Uzorak 1a	žuta (puno bakra, malo srebra)
Uzorak 2a	žuta(puno bakra, malo srebra)

Nakon kromatografije pločice su podvrgnute vizualizaciji, izložene su parama koncentriranog amonijaka (NH₃(konc.)), nakon čega su se boje promijenile. Analizirana je otopina uzorka. U otopini uzorka su usporedbom poznatih mrlja metalnih iona u standardnoj otopini analizirani nepoznati uzorci.

Rezultati kromatografske analize su slijedeći:

Srebrov ion u standardnoj otopini je nakon razvijanja pločice i očitavanja kromatograma imao ljubičasto sivu boju mrlje.

Kobaltov ion je u standardnoj otopini nakon razvijanja pločice i očitavanja kromatograma imao svijetlo-plavu boju mrlje.

Bakrov ion je u standardnoj otopini nakon razvijanja pločice i očitavanja kromatograma imao žutu boju mrlje.

Kromov ion je u standardnoj otopini nakon razvijanja pločice i očitavanja kromatograma imao sivo-zelenu boju mrlje.

Željezovov ion je u standardnoj otopini nakon razvijanja pločice i očitavanja kromatograma imao tamnožutu boju mrlje.

Manganovov ion je u standardnoj otopini nakon razvijanja pločice i očitavanja kromatograma imao bezbojnu mrlju.

Kobaltov ion je u standardnoj otopini nakon razvijanja pločice i očitavanja kromatograma imao svijetlo-plavu boju mrlje.

Cinkov ion je u standardnoj otopini nakon razvijanja pločice i očitavanja kromatograma imao bezbojnu mrlju.

Uzorak 1a je nakon razvijanja pločice i očitavanja kromatograma imao žutu boju mrlje.

Uzorak 2a je nakon razvijanja pločice i očitavanja kromatograma imao žutu boju mrlje.

13. ZAKLJUČAK

Povijesni uzorci vrlo su vrijedni i dostupni su za analizu u vrlo malim količinama. Stoga je najvažniji korak analize uzorkovanje, odnosno uzimanje uzorka.

U ovom je radu uzorkovanje vršeno polagano i pažljivo, kako bi se odvojila tanka vlakna iz jezgre uzorka od metalnih lameta koje obavijaju jezgru. Uzorkovanje je trajalo satima, dok je kasnija analiza metodom tankoslojne kromatografije bila mnogo brža.

Na temelju provedenog ispitivanja uzorka povijesnog materijala metodom tankoslojne kromatografije (TLC) dolazi se do zaključka da dani uzorak sadrži srebro, no u vrlo malim količinama. To dokazujemo identifikacijom na temelju boje te položaja mrlje na kromatogramu pri usporedbi s poznatim, čistim metalima.

13. POPIS LITERATURE

Čunko R. i Pezelj E. (2002). Tekstilni materijali, str. 9-11, Zrinski d.d., Čakovec

Čunko R i Andrassy M. (2005). Vlakna, str. 306-308, Zrinski d.d., Čakovec

Emsley J. (2005). Vodič kroz elemente, str. 355-359, Izvori, Zagreb

Filipović I. i Lipanović S. (1995). Opća i anorganska kemija - II. dio kemijski elementi i njihovi spojevi, str. 1067-1085, Školska knjiga

Kaštelan-Macan M., Medić-Šarić M., Turina S. (2006). Plošna kromatografija, Sveučilište u Zagrebu, Farmaceutsko biokemijski fakultet, Zagreb

Rezić I. (2009). Karakterizacija metalnih vlakana posebne namjene, Disertacija, str. 1-25, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb

Rezić I. i sur. (2009)., Nove analitičke instrumentalne metode u restauraciji i konzervaciji tekstila, str. 31-38, *Tekstil* 58 (1-2) [http://riznicasrpska.net/fotografije/Narodna_umetnost/Narodna_nosnja - Zapadna Srbija Macva \(pregaca detalj\) 1.jpg](http://riznicasrpska.net/fotografije/Narodna_umetnost/Narodna_nosnja_-_Zapadna_Srbija_Macva_(pregaca_detalj)_1.jpg), (2016).

<http://www.wovenwire.com/reference/Copper-Read-All-About-It.htm>, (2015).

[https://hr.wikipedia.org/wiki/Bakar_\(element\)](https://hr.wikipedia.org/wiki/Bakar_(element)), (2015).

https://hr.wikipedia.org/wiki/Tankoslojna_kromatografija, (2016).