

Primena reakcije katalitičke oksidacije mono-, di- i tri hidroksi arena vodonik peroksidom za određivanje mikrokoličina bakra

Ispitivana je mogućnost primene reakcije oksidacije hidroksi arena (hidrohinon, pirogalol, rezorcinol i 2-naftol) vodonik peroksidom za određivanje bakra, čija se koncentracija nalazi u intervalu od 1 do 10 g Cu/cm³ rastvora. Metoda je dala zadovoljavajuće rezultate sa rezorcinolom, hidrohinonom i 2-naftolom, dok je sistem sa pirogalolom dao loše rezultate. Bakar se ovom metodom može odrediti u prisustvu deset puta viših koncentracija platine, nikla, cinka, kobalta, hroma, mangana, olova, kalaja, žive i arsena, dok prisustvo titana potpuno onemogućava njegovo određivanje (usled stvaranja narandžastog peroksititanil jona koji apsorbuje na oko 450 nm). Prisustvo seleno inhibiše, dok prisustvo nanogramskih količina gvožđa snažno katališe ove reakcije, tako da se bakar u njihovom prisustvu ne može odrediti.

Uvod

Hidroksi areni predstavljaju jedinjenja koja lako podležu oksidaciji vodonik peroksidom. Ovu reakciju, čiji su krajnji proizvodi jedinjenja tipa hinhidrona, ubrzava mala (katalitička) količina pojedinih metala, (Pine *et al.* 1984). Ova činjenica predstavlja osnovni preduslov za njihovo određivanje kinetičkom metodom.

Mnoge kinetičke metode za određivanje mikrokoličina metala se zasnivaju na reakcijama oksidacije organskih supstrata, (Mitić *et al.* 1997). Tako se, na primer, paladijum može odrediti oksidacijom 1-amino-2-naftol-4-sulfonske kiseline vodonik peroksidom u koncentraciji od samo 4 ng/cm³, (Vajgand *et al.* 1975). Kako oksidacija ovakvih organskih jedinjenja vodi stvaranju obojenih, uglavnom kondenzacionih proizvoda, to se praćenje kinetike oksidacije vrši spektrofotometrijski, (Yatsimirskij 1966; Peshkova & Gromova 1976).

Metoda prezentovana u ovom radu se bazira na katalitičkom dejstvu jona bakra(II) na oksidaciju fenolnih jedinjenja (hidrohinon, rezorcinol, pirogalol, 2-naftol) vodonik peroksidom u vodenom rastvoru, u cilju njego-

*Filip Bihelović
(1981), Srpskih
vladara 4b, učenik 4.
razreda
Hemijsko-prehrambene
tehnološke škole u
Beogradu*

*MENTOR:
Dr Gordana
Milovanović,
Hemijski fakultet
Univerziteta u
Beogradu, katedra za
analitičku hemiju*

vog kvantitativnog određivanja. Oksidacija npr. hidrohinona odvija se slobodno-radikalnim mehanizmom (Vollhardt, Schore 1996), pri čemu nastaje benzohinon. Ovaj hinon dalje reaguje sa ekvimolarnom količinom neizreagovanog hidrohinona, dajući kondenzacioni proizvod žute boje – hinhidron.

Eksperimentalni deo i metoda

Sve upotrebljene hemikalije bile su *pro analysi* kvaliteta i korišćene su bez prethodnog prečišćavanja.

Vodonik peroksid koncentracije 1.50 mol/dm^3 napravljen je razblaživanjem odgovarajuće količine komercijalnog 30%-nog rastvora, destilovanim vodom. Tačna koncentracija vodonik peroksida određivana je svakog dana, standardnom volumetrijskom metodom (titracijom joda koji se oslobodi u reakciji vodonik peroksida i kalijum jodida u kiselj sredini, natrijum tiosulfatom koncentracije 0.1 mol/dm^3 , uz skrob kao indikator (Kolthoff 1951).

Rastvori hidroksi arena koncentracije $210^{-2} \text{ mol/dm}^3$, dobijeni rastvaranjem tačne (izračunate) mase hidroksi arena u destilovanoj vodi, čuvani su u normalnim sudovima obloženim aluminijumskom folijom (zaštita od svetlosti) i zatvoreni parafilmom (zaštita od vazdušnog kiseonika). Rastvori su korišćeni odmah nakon pripremanja.

Rastvor bakra ima početnu koncentraciju metala od 50 g/cm^3 .

Za sva spektrofotometrijska merenja korišćen je spektrofotometar GBC UV-VIS, model Cintra 10 sa kvarcnim kivetama optickog puta 1 cm. Sva merenje vršena su na sobnoj temperaturi (oko 25°C), bez prethodnog termostatiranja.

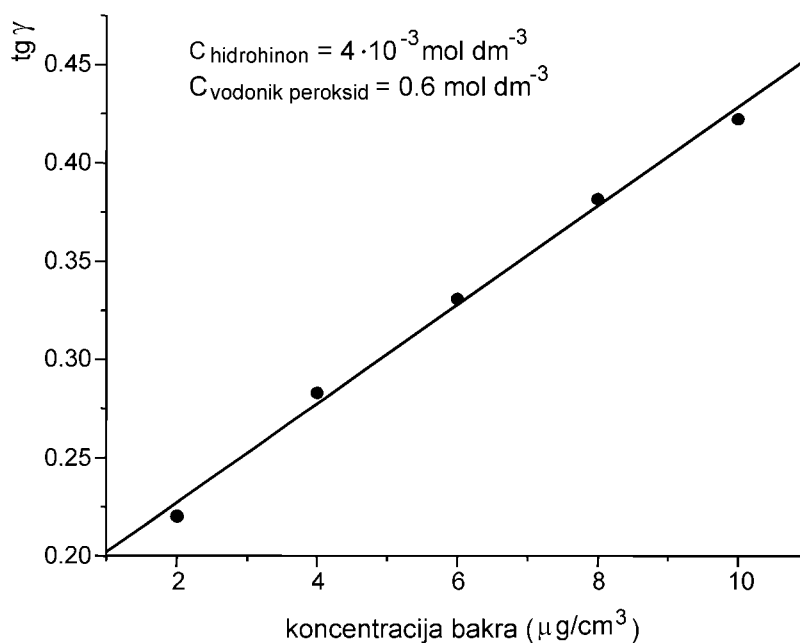
Merenja se vrše na sledeći način: izmeri se pipetom 5 cm^3 rastvora hidroksi arena u erlenmajer, i doda odgovarajuća zapremina destilovane vode. Hronometar se tada uključi, i odmah zatim doda 10 cm^3 rastvora vodonik peroksida, i određena zapremina rastvora bakra ($0.5\text{--}5 \text{ cm}^3$ sa koracima od po 0.5 odnosno 1 cm^3). Nakon isteka 1 minuta snima se promena apsorbance u toku prvih 10 minuta, na prethodno određenoj talasnoj dužini (oko 450 nm). Ukupna zapremina rastvora bakra i destilovane vode iznosi 10 cm^3 , dok ukupna zapremina rastvora iznosi 25 cm^3 . Koncentracije svake vrste u momentu mešanja iznose: hidroksi aren $410^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$; vodonik peroksid 0.6 mol dm^{-3} ; bakar od 1 g cm^{-3} do 10 g cm^{-3} .

U toku reakcije, bezbojna reakciona smeša postepeno poprima žutu boju koja potice od vec pomenutog hinhidrona. Snimanjem UV-VIS spektra pocetnog rastvora i rastvora nakon 10 minuta odredjena je optimalna talasna dužina za pracenje kinetike ove reakcije (navedena je kod svakog postupka).

Rezultati i diskusija

Hidrohinon

Sistem hidrohinon-vodonikperoksid-bakar je pokazao relativno dobre rezultate, što omogućava određivanje bakra ovom metodom u koncentraciji od 2 do 10 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$. Spektrofotometrijsko vremensko skeniranje rađeno je na 450 nm, 5 minuta. Promena koncentracije proizvoda u jedinici vremena (brzina reakcije) zavisi od koncentracije bakra, pa dobijene prave imaju različite nagibe ($\text{tg}\gamma$). Ova zavisnost se linearno povećava sa povećanjem početne koncentracije bakra, kao što je prikazano na slici 1.



Slika 1.
Zavisnost brzine reakcije od koncentracije bakra u sistemu hidrohinon-vodonikperoksid-bakar

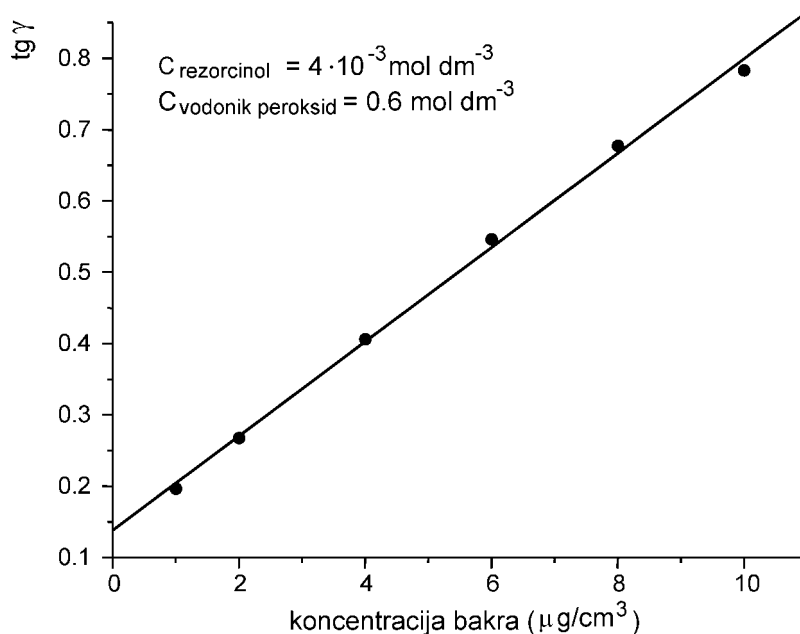
Figure 1.
Dependence of the reaction rate on copper concentration in the method with hydroquinone.

Relativna greška pri korišćenju ove metode iznosi do 3%, tako da se bakar može ovom metodom precizno odrediti u koncentracijama od 2 do 10 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$.

Rezorcinol

Sistem rezorcinol-vodonikperoksid-bakar se može upotrebiti za određivanje bakra u koncentraciji od 1-10 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$. Spektrofotometrijsko skeniranje rađeno je na 455 nm, 10 minuta. Zavisnost nagiba pravih (brzine reakcije) od koncentracije bakra u navedenom sistemu prikazana je na slici 2.

Relativna greška pri korišćenju ovog sistema za određivanje bakra iznosi od 2% za više koncentracije, do 13% za niže koncentracije bakra.



Slika 2.
Zavisnost brzine
reakcije od
koncentracije bakra

Figure 2.
Dependence of the
reaction rate on
copper concentration
in the method based
on the oxidation of
resorcinol with
hydrogen peroxide.

2-naftol

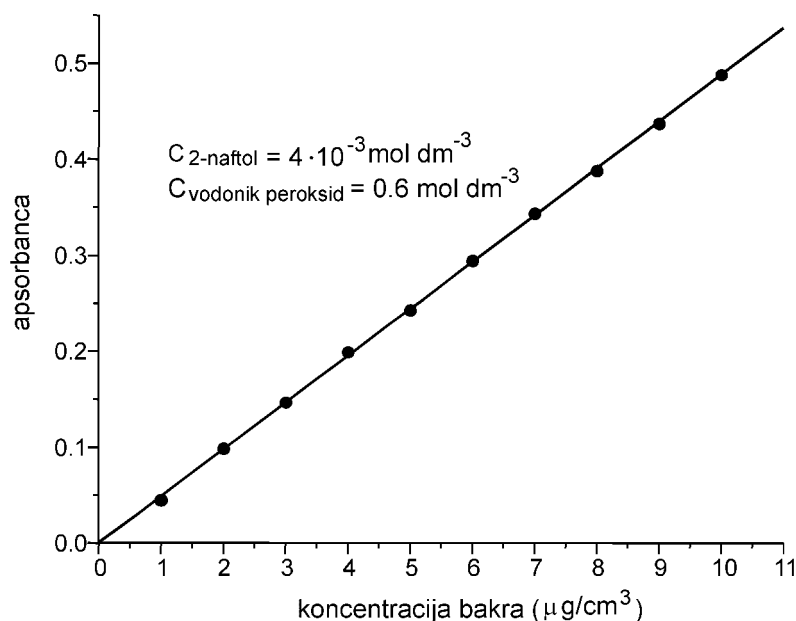
Rezultati dobijeni u ovom slučaju nisu u saglasnosti sa očekivanjem. Promena apsorbance sa vremenom jeste linearna, ali ne dolazi do promena nagiba pravih, tako da se ova metoda ne može nazvati kinetičkom. Međutim, ovaj sistem je dao vrlo dobre rezultate, jer se merenjem apsorbance rastvora nakon deset (pa i manje) minuta može odrediti sadržaj bakra sa relativno velikom preciznošću.

Vremensko skeniranje rađeno je na 410 nm, 10 minuta. Početne koncentracije bakra su varirane od 1 do 10 g/cm^3 . Na slici 3 prikazano je linearno povećanje srednje vrednosti apsorbance (dobijene usrednjavanjem apsorbanci izmerenih na svakih 60 s) u zavisnosti od koncentracije bakra.

Relativna greška pri određivanju bakra ovom metodom je mala i iznosi oko 0.03% za koncentracije preko 10 g/cm^3 , dok za koncentracije od 1 g/cm^3 iznosi oko 8%.

Pirogalol

Kod sistema sa pirogalolom nije uočena adekvatna zavisnost nagiba krive (ili vrednosti apsorbance nakon izvesnog vremena) od početne koncentracije bakra, tako da se ovaj sistem ne može primeniti za njegovo kvantitativno određivanje. Vremensko skeniranje je rađeno na 455 nm, 10 minuta. Mogući i najverovatniji razlog ovakvom ponašanju je izuzetna nestabilnost pirogalola prema vazдушnom kiseoniku, koji ga lako može oksidovati do žutog hinona.



Slika 3.
Zavisnost srednje
vrednosti apsorbance
od koncentracije bakra

Figure 3.
Dependence of the
mean value of
absorbance on copper
concentration

Izvesna odstupanja od idealne linearnosti kod svih sistema mogu biti uzrokovana i promenom temperature (sistem je bio netermostatiran). Poznato je da vrlo mala promena temperature jako menja brzinu ovakvih reakcija (Mitić *et al.* 1997)

Platina, nikl, cink, kobalt, hrom, mangan, olovo, kalaj, titan, živa i arsen u koncentraciji koja je 10 puta viša ne utiču na brzinu reakcije, tj. ne dolazi do promena nagiba prave u njihovom prisustvu. Niska koncentracija gvožđa ubrzava ovu reakciju mnogo puta, tako da se u njegovom prisustvu bakar ne može kvantitativno odrediti.

Zaključak

Predložene metode za određivanje mikrokoličina Cu^{2+} na bazi njegovog katalitičkog dejstva na reakciju oksidacije hidrohinona, rezorcinola i 2-naftola vodonik peroksidom dale su zadovoljavajuće rezultate u pogledu preciznosti i reproduktivnosti.

Bakar se najpreciznije može odrediti koristeći sistem sa hidrohinonom, pri čemu relativna greška iznosi maksimalno 3% za izuzetno niske koncentracije bakra (2 g/cm^3). Metoda sa rezorcinolom ima grešku do 13% što je čini pogodnom za određivanje bakra u koncentracijama iznad 5 g/cm^3 . Koristeći 2-naftol kao supstrat, bakar se može odrediti u koncentraciji od 1 g/cm^3 rastvora (sa relativnom greškom oko 8%) do koncentracije od 10 g/cm^3 rastvora (sa relativnom greškom oko 0.03%). Bakar se

ne može kvantitativno odrediti koristeći pirogalol kao organski supstrat usled izrazite nestabilnosti pirogalola prema svetlosti i vazdušnom kiseoniku.

Sve metode su ocenjene kao relativno selektivne, dok prisustvo gvožđa u vrlo niskim koncentracijama jako ubrzava reakciju.

Literatura

- Kolthoff I.M., Sandel E.B. 1951. *Anorganska kvantitativna analiza*. Zagreb: školska knjiga, Zagreb.
- Mitić S.S., Obradović M.V., Veselinović D.S., Miletić G.Ž. 1997. *Latvias Kimias žurnals*, 3: 88-92
- Mitić S.S., Živanović V.V., Obradović M.V. 1997. *Journal of the Serbian Chemical Society*, **62**: 1011.
- Peshkova P.M., Gromova M.I. 1976. *Metody absobcionnoj spektroskopii v analiticheskoj khimii*. Moskva: Vysshaya shkola
- Pine S.H., Hendrickson J.B., Cram D.J., Hammond G.S. 1984. *Organska kemija*. Zagreb: Školska knjiga
- Vajgand V.J., Igov R.P., Miletić G.Ž. 1975. *Glasnik srpskog hemijskog društva*, **40**: 268.
- Vollhardt P.C., Schore N.E. 1996. *Organska hemija*. Beograd: Hajdigrad
- Yatsimirskij K.B. 1966. *Kinetic methods of analysis*. Oxford: Pergamon Press

Filip Bihelović

Using the Reaction of Oxidation Mono-, Bi- and Trihydroxy Arens with Hydrogen Peroxide in Determination of Microamount of Copper

Using the reaction of oxidation mono-, bi- and tri-hydroxy benzene with hydrogen peroxide in determination of microamount of copper in the concentration range from 1 to 10 g/cm³ has been examined. The method gave good results with hydroquinone, resorcinol and 2-naphthol, while the results with pyrogallol are bad and unrepresentative.

The kinetic method for copper determination with hydroquinone is useful in the range from 2 g/cm³ (the relative error is 3%) to 10 g/cm³ (the relative error is 1%).

The method based on the oxidation of resorcinol with hydrogen peroxide is useful, but has a higher relative error than the method with hy-

droquinone. Namely, the relative error is from 2 to 13% for concentration of copper from 10 to 1 g/cm³, respectively.

2-Naphthol is also good for use as an organic substrate in copper determination with the relative error from 8%, for smaller concentrations, to 0.03% for higher concentrations.

Using these methods, copper can be determined in the presence of 10-fold amounts of platinum, nickel, beryllium, zinc, cobalt, chromium, manganese, lead, tin, mercury and arsenic, until the presence of small concentration of titanium make the determination of copper completely impossible, because of forming orange peroxytitanyl complex, which absorb at 450 nm. Selenium inhibits this reaction, while the presence of ultramicro amounts of iron has a strong accelerating effect, so that copper couldn't be determined in its presence.



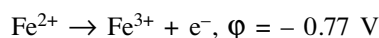
Ispitivanje uticaja gvođenog eksera na promenu hemijskog sastava jabuke

Ispitivano je dejstvo gvođenog eksera na promenu sadržaja organskih i neorganskih materija u plodu domaće jabuke. Ideja autora bila je da razmotri osnovanost jednog narodnog recepta za lečenje anemije, prema kojem oboleli koriste u ishrani jabuke u kojima je izvesno vreme stajao gvođeni ekser. U eksperimentu je u plodove jabuke, u trajanju od jednog do šest dana, postavljan gvođeni ekser i ispitivane promene hemijskog sastava ploda u zavisnosti od dužine vremena izlaganja. Dobijeni rezultati ukazuju da korišćenje ovakvih jabuka u lečenju malokrvnosti ne mora da bude bez osnova.

Uvod

Nedostatak gvožđa u organizmu može izazvati razna oboljenja. Jedno od njih je anemija (malokrvnost), patološko stanje u kome dolazi do smanjenja ukupne mase eritrocita (crvenih krvnih zrnaca) i do 45%. U narodnoj medicini poznato je da se ovaj oblik anemije, uzrokovan nedostatkom gvožđa, može nadoknaditi korišćenjem u ishrani jabuka u kojima je izvesno vreme stajao gvođeni ekser. Inače, pored nedostatka gvožđa, uzroci nastanka ove bolesti mogu biti razna trovanja, krvarenja, nedostatak bakra, esencijalnih belančevina, avitaminoza B12 (perniciozna anemija), nepravilan oblik crvenih krvnih zrnaca (npr. srpasta anemija), itd. (Stevanović *et al.* 1972; Nikolić 1982).

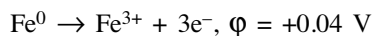
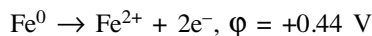
Gvožđe je makro i mikroelement. U organizmu učestvuje u mnogobrojnim procesima i njegove fiziološke funkcije potiču od osobine da formira komplekse helatnog tipa, kao i mogućnosti da menja valentnost:



Gvožđe ulazi u sastav katalitičkih centara mnogih oksidoredukcionih fermenta. U obliku heminske grupe ulaze u sastav citohroma, katalaze i peroksidaze. Citohromi su sastavni delovi respiratornog i fotosintetskog lanca za transport elektrona.

Filip Petronijević (1982), Čačak, Nestora Belića 3, učenik 3. razreda Gimnazije u Čačku

Mehanizam apsorpcije gvožđa započinje njegovom oksidacijom od elementarnog do divalentnog i trovalentnog stanja:



a zatim se vrši usvajanje ovog elementa u obliku jona ili kompleksnih struktura (helati). Kalcijum, magnezijum i kalijum usporavaju usvajanje gvožđa zbog antagonističkog dejstva, a fosfatni jon zbog taloženja. Visoke pH vrednosti (bazna sredina) i dobri aeracioni uslovi otežavaju apsorpciju, jer istovremeno olakšavaju oksidaciju $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$, a trovalentno gvožđe se sporije usvaja (Stojanović *et al.* 1982).

Apsorbovano gvožđe (Fe^{2+} i Fe^{3+}) stvara čitav niz kompleksnih jedinjenja u kojima se kao ligandi pojavljuju brojna organska jedinjenja (vitamini, organske kiseline). Od ovih jedinjenja su najznačajniji vitamin C (L-askorbinska kiselina) i limunska (citratna) kiselina. L-askorbinska i dehidroaskorbinska kiselina lako prelaze jedna u drugu, a proces katališe prisutno gvožđe. Dehidroaskorbinska kiselina ima sposobnost da u prisustvu gvožđa prelazi u derivate koji nemaju vitaminska svojstva (Džamić 1978).

Kompleks gvožđa sa limunskom kiselinom uslovljen je strukturom i strukturnim osobinama ove kiseline, odnosno vrednostima njenih konstanti disocijacije koje iznose: $\text{pK}_{a1} = 3.08$, $\text{pK}_{a2} = 4.74$, $\text{pK}_{a3} = 5.40$. Kao što se može videti na osnovu vrednosti ovih konstanti disocijacije, limunska kiselina spada u red umerenih kiselina, što je značajno za njenu sposobnost da gradi kompleksne strukture sa jonima gvožđa.

Joni gvožđa, usled hidrolize u vodenom rastvoru, reaguju bazno i utiču na povećanje pH vrednosti sredine. Kao posledica ovog procesa dolazi do razgradnje pektina na svoje komponente: D-galakturonsku kiselinu, D-galaktopiranozu i L-arabinofuranozu. Pektin je smeša polisaharida koji, zajedno sa skrobom i celulozom, učestvuje u izgradnji ćelijskog zida (Lajšić 1998).

Eksperiment

Eksperiment je izveden sa plodovima jabuke (*Malus domestica L.*). U plodove jabuke zabodeni su gvozdeni ekseri čija je dodrna površina iznosila oko 2.8 cm^2 . Ekseri su prethodno očišćeni kuvanjem u razblaženoj hlorovodoničnoj kiselini, a zatim ispirani etanolom i destilovanom vodom. Uzorci su podeljeni u sedam grupa, označenih respektivno od F0 do F6, prema vremenu (izraženom u danima) izlaganja plodova jabuke dejstvu gvozdenog eksera. Nakon toga su homogenizovani i korišćeni za određivanje sledećih parametara:

1. vitamin C – metoda po Tilmansu (Tillmans) (Džamić 1975)

2. ukupni redukujući šećeri – metoda po Bertrandu (Bertrand) (Džamić 1975)
3. saharoza – metoda po Bertrandu, posle inverzije uzorka sa koncentrovanom HCl (Džamić 1975)
4. pektin – metodom po Ludkeu i Felzeru (Lüdke, Felser) (Džamić 1975)
5. ukupan organski azot – mikro-kjeldalovom metodom (Rakočević 1997)
6. fosfati-kolorimetrijskom metodom (sa amonijum-molibdatom i kalaj (II)-hloridom)
7. sadržaj mikroelemenata (gvožđe, cink, bakar, mangan, kadmijum, olovo, hrom)-metodom atomske apsorpcione spektrofotometrije, posle koncentrovanja uzorka do 1/5 prvobitne zapremine
8. sadržaj kalijuma i natrijuma – plamenofotometrijski (Rakočević 1997)
9. ukupna koncentracija sulfata – nefelometrijski (nakon tretiranja uzorka sa glicerinom) količina kalcijuma – kompleksometrijski, posle kuvanja uzorka sa rastvorom urotropina (Rakočević 1997)

Kao referentni uzorak (uzorak označen sa F0) korišćen je plod jabuke u kome nije bio postavljen gvozdeni ekser.

U ekseru su, standardnim metodama, određeni sledeći parametri: procenat ugljenika (0.12%), mangana (0.4%), gvožđa (99%), sumpora (0.04%), fosfora (0.04%) i silicijuma (0.21%).

Rezultati i diskusija

Rezultati analiza prikazani su u tabeli 1. Brojevi u oznakama F1 do F6 predstavljaju vreme u danima koliko je ekser stajao u plodu jabuke. Sve vreme eksperimenta uzorci su držani u mraku pri sobnoj temperaturi.

Kao što se vidi, sadržaj gvožđa se povećava u odnosu na 'referentnu' vrednost (uzorak F0; 0 mg/g), što je uslovljeno elktrohemijским procesima 'rastvaranja' gvožđa, pri čemu nastali joni gvožđa (Fe^{2+} i Fe^{3+}) prelaze u jabučnu pulpu i grade odgovarajuća kompleksna jedinjenja sa vitaminima i organskim kiselinama.

Uočava se povećanje koncentracije ukupnih redukujućih šećera. Jedan od razloga za to bi mogao da bude razlaganje pektina u prisustvu slobodnih jona gvožđa koji stvaraju alkalnu sredinu.

U svim uzorcima koji su bili izloženi dejstvu gvoždenog eksersa (uzorci F1-F6) test na pektin do je negativnu reakciju (0%). Količina pektinskih materija u kontrolnom plodu iznosila je 15 procenata od ukupne mase.

Tabela 1. Hemijski sastav ploda jabuke za različita vremena izloženosti dejstvu gvoždenog eksera

uzorak	reduku- jući šećeri [%]	saharozu [%]	pektin [%]	vitamin C [mg/g]	N [%]	Fe [mg/g]	Zn [mg/g]	Cu [mg/g]	Mn [mg/g]	K [mg/g]	Na [mg/g]	Ca [mg/g]	PO [mg/g]	SO [mg/g]
F0	2.9	1.9	15.0	0.13	6.58	0.00	0.007	0.03	0.000	1.54	0.02	1.00	0.033	0.38
F1	5.9	1.8	0.0	0.18	5.88	1.75	0.015	0.03	0.010	1.22	0.01	1.00	0.040	0.45
F2	10.6	0.9	0.0	0.09	4.20	6.56	0.007	0.00	0.017	1.57	0.04	1.00	0.056	0.56
F3	10.8	1.5	0.0	0.08	2.10	7.00	0.005	0.00	0.017	1.64	0.04	1.00	0.051	0.56
F4	15.5	2.2	0.0	0.08	2.09	8.52	0.007	0.00	0.017	1.59	0.04	2.00	0.044	0.64
F5	17.3	2.5	0.0	0.08	2.03	11.60	0.015	0.03	0.017	1.74	0.12	3.50	0.042	0.64
F6	18.4	3.9	0.0	0.08	2.01	14.50	0.004	0.04	0.030	1.47	1.76	4.00	0.041	0.64

NAPOMENA: brojevi u oznakama F0–f6 označavaju vreme izloženosti u danima

Sadržaj saharoze najpre opada u odnosu na početnu vrednost (uzorci F1 i F2), a zatim se povećava. Objašnjenje za ovo je sledeće: kada se u plodu jabuke nagomila dovoljna količina jona gvožđa, dolazi do razgradnje polisaharida na manje jedinice (mono- i disaharide), pri čemu se sadržaj prostih šećera povećava.

Koncentracija vitamina C opada sa vremenom izloženosti ploda gvozdenu ekseru, jer se u prisustvu gvožđa L-askorbinska kiselina oksiduje (Džamić 1976). Osim toga, vitamin C sa jonima gvožđa(II) i gvožđa(III) gradi komplekse helatne strukture. Ovo je takođe pokazano time što su snimljeni UV-spektri rastvora vitamina C u kojima je 32 časa stajao gvozdenu ekser. Pojava karakterističnih traka stepeničastog oblika je dokaz za formiranje pomenutih kompleksa (Lajšić *et al.* 1998).

Količina organskog azota (a time i količina proteina) se smanjuje, jer gvožđe katališe reakciju raspadanja azotnih organskih jedinjenja, pri čemu se taj azot pojavljuje u neorganskom obliku (nitrini i nitratni joni).

Merenja u ovom eksperimentu nisu dovoljno pouzdana (izostaje procena greške), pa se ne mogu diskutovati promene onih parametara za koje su karakteristične niske koncentracije. Ipak, uočava se i trend povećanja količine mangana, što je najverovatnije usled prelaska jona mangana iz eksera (u kome je procenat ovog elementa bio 0.4%) u pulpu jabuke. Isto se uočava da se količina fosfata se najpre povećava (uzorci F1 i F2), a potom smanjuje, verovatno usled nagomilavanja gvožđa i taloženja fosfata u obliku gvožđe-fosfata (Stojanović *et al.* 1989).

Zaključak

Osnovni zaključak eksperimenta je da evidentno dolazi do povećanja količine gvožđa u pulpi jabuke sa vremenom njene izloženosti gvozdenu ekseru. Iz rezultata eksperimenta takođe se uočava i sledeće:

- dolazi do povećanja sadržaja redukujućih šećera i saharoze (posledica raspadanja pektinskih materija)
- sadržaj vitamina C se smanjuje
- procenat organskog azota se smanjuje

Dakle, može se zaključiti da upotreba plodova jabuke u ishrani, u kojima je nekoliko dana stajao gvozdenu ekser, može dati pozitivne rezultate u lečenju nekih oblika anemije.

Literatura

Džamić M. 1975. *Praktikum iz biohemije*. Beograd: ICS Savremena administracija

Rakočević LJ.B. 1997. *Praktikum iz agrohemije*. Čačak: Agronomski fakultet u Čačku

- Martin Yr.W.D., Mayes, A.P., Rodwell, W.V., Granner, K.D. 1985. *Harperov pregled biohemije*. Beograd: ISKRO Savremena administracija, Beograd
- Sarić M. 1975. *Fiziologija biljaka*. Beograd: Naučna knjiga
- Stefanović S. 1990. *Anemija – malokrvnost*. Beograd: Medicinska knjiga
- Stefanović Z. et al. 1972. *Biologija za 8. razred osnovne škole*. Beograd: Zavod za udzbenike i nastavna sredstva
- Lajšić S. et al. 1998. *Hemija prirodnih proizvoda*. Novi Sad: Univerzitet u Novom Sadu
- Pine S. et al. 1984. *Organska hemija*. Tokyo: International Students Edition
- Nikolić B. 1972. *Osnovi fiziologije čoveka*. Beograd: Medicinska knjiga

Filip Petronijević

The Effect of Iron Nail on the Change of the Chemical Content in Apple

The aim of this paper was to examine the effect of iron nail on the change of organic and nonorganic substances content in apple (*Malus domestica* L.). The idea was to prove the 'chemical reasons' of usage of such apples in folk medicine, as remedy for the anaemia. The causes of this illness are different, but the most striking is decreases of iron content. In our experiment we examined the content of iron, and other substances, as a function of time length of holding the nail in an apple.

As the experiment shows, the concentration of iron increases very much, while the contents of other metals decrease. Further, the concentrations of reducible carbohydrates and sacharose are increased (because of the decaying of pectin materials), and the content of vitamin C is decreased, as well as the percentage of organic nitrogen. During these processes the chelate type complexes are formed, where the central ion is iron (Fe^{2+} , Fe^{3+}).

It can be stated that usage of these apples (in which was put an iron nail) in food can give results in curing some forms of anaemia.

