**ANALIZA UKUPNOG SADRŽAJA ŽELJEZA U ČAJU (*Camellia sinensis L.*)**

Šaćira Mandal

Katedra za prirodno-matematičke nauke u farmaciji, Farmaceutski fakultet, Univerzitet u Sarajevu, Zmaja od *Bosne 8 (Kampus)*

shakira.mandal@gmail.com

Cilj ovog rada je procjena ukupnog sadržaja željeza (Fe) u nekim brendiranim čajevima, crni i zeleni, primjenom suhe digestije i spektrofotometrijske metode. Ukupno tri uzorka crnog i zelenog čaja različitih proizvođača dostupnih u marketima u Sarajevu pripremljeni su u triplikatu metodom suhe digestije na 500 0C u toku 4 sata a nivo željeza je određen spektrofotometrijski. Sadržaj ukupnog željeza u uzorcima crnog čaja varirao je od 160.7 mg Fe/kg do 278.4 mg Fe/kg dok je u uzorcima zelenog čaja bio 74.43 mg Fe/kg do 137.55 mg Fe/kg. Primjenjena spektrofotometrijska metoda je jednostavna i osjetljiva i može biti upotrebljena za određivanje ukupnog sadržaja željeza u uzorcima biljnog materijala. Rezultati ove analize sugerišu na redovnu konzumaciju crnog i zelenog čaja kao značajnih prirodnih izvora organskog željeza u tragovima za metaboličke potrebe i njegove benefite na ljudsko zdravlje.

Ključne riječi: željezo, crni i zeleni čaj, spektrofotometrija, suha digestija

**UVOD**

Čaj je jedno od najpopularnijih i najviše konzumiranih napitaka u svijetu [1, 2], tako da se dnevno popije oko 18 do 20 milijardi šolja čaja [3]. Čaj je definisan kao smjesa osušenog i zgnječenog lišća ili drugih dijelova biljke, namijenjene za unutrašnju i spoljašnju upotrebu. Pojedini autori posebno ističu povoljan uticaj čajeva na zdravlje ljudi, jer sadrže hranljive elemente u tragovima [4].

Čaj, naziv potiče od biljke Čajevca (*Camellia sinensis L*.) koja se najviše uzgaja u srednjoj Aziji, južnoj Africi nekim dijelovima Evrope. Za izradu čajnog napitka koriste se osušeni i fermentisani listovi Čajevca, dobijeni i pripremljeni po tačno definisanim postupcima. Za proizvodnju fermentisanog i aromatičnog crnog čaja, svježe obrano lišće se ostavi da svene, zavija, gnječi i ostavlja da fermentiše nekoliko sati, pri čemu dobija specifičnu aromu i gubi zelenu boju, koja nakon sušenja u uređajima sa toplim vazduhom prelazi u crnu. Zeleni čaj se od crnog čaja razlikuje po načinu obrade i prerade Čajevca, pri čemu se svježe obrano lišće odmah stabilizuje izlaganjem visokim temperaturama koje inaktivišu enzime i pri tome zadržava zelenu boju [5]. Biljke usvajaju elemente u tragovima direktno preko okruženja u kojem rastu, zemljišta, vazduha i padavina, a indirektno, upotrebom pesticida, đubriva i ostalih materija kojima se biljke tretiraju kako bi se osigurao njihov nesmetan rast i razvoj. Biljke usvajaju željezo u obliku željezo (II) i željezo (III) jona i u obliku helata. Kompeticiju kod usvajanja željeza pokazuju *Cu, Co, Ni, Zn, Cr i Mn,* a kod viših pH vrijednosti tla, apsorpciju ometaju *Ca* i fosfati. Koncentracija željeza u biljkama zavisno o dijela biljke (list, stabljika, korijen) nalazi se unutar 50 – 1000 ppm. Željezo je potrebno biljkama za sintezu hlorofila, redukciju nitrita i sulfata, asimilaciju azota, transport elektrona i dr. Usljed nedostatka željeza u biljkama dolazi do redukcije pigmenta hloroplasta i nastanka oboljenja biljke koje se naziva *Željezna hloroza*, koja se najčešće očituje promjenom boje listova u žutu, a ponekad i bijelu boju [6]. U hemijskom sastavu čaja sadržani su flavonoidi, tanini, katehini, minerali i elementi u tragovima koji su esencijalni za ljudski organizam kao i neznatne količine ugljenih hidrata, masti i proteina. Provedene su brojne studije koje su ispitale pozitivno djelovanje ispijanja crnog čaja po ljudski organizam: podizanje imunog sistema organizma, protektivno djelovanje od različitih vrsta kancera (kancer pluća, prostate i kancera dojke), snižavanje vrijednosti holesterola u krvi (tretman dijabetesa), kao i antioksidativna svojstva ova dva čajna napitaka. U čaju se nalaze različiti elementi u tragovima, među kojima su *Cr, Fe, Co, Ni i Zn* esencijalni za rast i razvoj živih organizama, dok su *Pb, Cd, Hg i As* toksični za žive organizme [7].

Hemijski sastav zelenog čaja ovisi o klimatskim uvjetima i godišnjem dobu, odnosno vlažnosti i periodu branja. Glavne komponente zelenog čaja su kao i u crnom čaju, flavonoidi (polifenoli) i epigalokatehin galat (EGCG) kao najznačajnija aktivna komponenta [8]. EGCG se smatra glavnim katehinom, primarno odgovornim za blagotvorno djelovanje zelenog čaja na humani organizam, posebno na kardiovaskularno zdravlje, prevenciju raka i zaštitu kože. Smatra se da smanjuje i visoke vrijednosti holesterola, povoljno djeluje na oslabljen imunitet a smanjuje i umor [9]. Hemijski sastav zelenog čaja uključuje bjelančevine čiji enzimi čine važan dio (15-20% suhe mase) odnosno aminokiseline: glutaminska kiselina, glicin, triptofan, serin, asparaginska kiselina, tirozin, valin, leucin, treonin, arginin i lizin (1-4% suhe mase), i ugljikohidrate koji čine 5-7% suhe mase. Minerali i elementi u tragovima (kalcij, magnezij, hrom, mangan, željezo, bakar, cink, molibden, selen, natrij, fosfor, kobalt, stroncij, nikl, kalij, fluor i aluminij) na koje otpada 5% suhe mase bitan su dio sastava zelenog čaja. U sastavu su također i lipidi u tragovima (linolna i alfa-linolenska kiselina), steroli (stigmasterol), vitamini (B, C, E), pigmenti (hlorofil, karotenoidi), i volatilna jedinjenja (aldehidi, alkoholi, esteri). Vodeni ekstrakt zelenog čaja koji sadrži sve glavne polifenole pokazuje antimutageno, antidijabetično, antioksidativno, antibakterijsko, antiinflamatorno, antitumorsko i hipoholesterolemično djelovanje. Također, sprječava nastanak karijesa a preventivno dejstvo ekstrakt zelenog čaja pokazao je na razne vrste kancera što su potvrdile studije provedene na animalnim modelima [10].

Željezo je biogeni element i neophodan je ljudskom organizmu za normalno funkcionisanje a čiji sadržaj varira od 4 do 5 g. Kao esencijalni mikroelement, željezo ima raznovrsne uloge u organizmu: neizostavan je u izgradnji i samoj funkciji hemoglobina, u sintezi mioglobina, sintezi enzima (peroksidaze, katalaze, mijeloperoksidaze i dr.), ulazi u sastav metaloproteina apoferitina i hemosiderina. Dnevne potrebe odraslog čovjeka za željezom su od 5 do 10 mg, s tim da je organizmu žene potrebno nešto više željeza zbog menstrualnih gubitaka [11].

Analiza sadržaja metala u čajevima je veoma važna da bi se odredilo da li se njihova koncentracija nalazi u okviru propisanih vrijednosti, odnosno da li je kvalitet čaja zadovoljavajući, tako da ne utiče negativno na zdravlje ljudi koji ga konzumiraju. U ovom radu je određivan ukupni sadržaj željeza u uzorcima tri vrste zelenog i crnog čaja odabranih nasumično u marketima u Sarajevu.

**MATERIJAL I METODE RADA**

**Materijal**

**Hemikalije:**

* Ferric Chloride anhydrous, purum >98% (RT) (Fluka Chemie Buchs, Packed in Switzerland)
* Kaliumthiocyanat Ensure ACS, ISO, reag. Ph.Eur. Potassium thiocyanate (Merck KGgA, Darmstatd, Germany)
* Azotna kiselina, 68%-na, Kemika, Zagreb, Hrvatska
* Sulfatna kiselina, 96%-na, Kemika, Zagreb, Hrvatska
* Hloridna kiselina, 37%-na, Kemika, Zagreb, Hrvatska
* Milli-Q voda, Millipore

**Aparatura:**

* Peć za žarenje, Nabertherm 30-3000°C, Lilienthal, Germany
* Uređaj za proizvodnju ultračiste vode (Arium® 611, Sartorius Mechatronics, Njemačka)
* Ultrasonično kupatilo (Clifton SW1 Ultrasonic Bath, Progen Scientific, London, Velika Britanija)
* Spektrofotometar, „Spectronic Genesys 2“ (Spectronic Instruments, Milton Roy Company, Champaign, Illionois, USA)
* Analitička vaga (AX 250 Deltra Range®, Mettler Toledo Inc, USA)
* Tehnička vaga (BL 1500 S, Sartorius Mechatronics, Njemačka)

**Metode**

**Priprema uzoraka**

Šest uzoraka čaja uzeto je iz marketa u Sarajevu; svi su bili uzorci Čajevca *Camellia sinensis L.,* familija *Theacea*, tri vrste crnog i tri zelenog čaja.

Priprema uzoraka čajeva za analizu metala se obično vrši mikrotalasnom digestijom, mokrom digestijom mineralnim kiselinama [12, 13] i suhom digestijom, spaljivanjem i rastvaranjem pepela u pogodnoj kiselini [14, 15]. Priprema uzoraka u ovom radu vršena je suhom digestijom u peći za žarenje tako što je 1.0000 g uzorka (tačna masa izmjerena je na analitičkoj vagi) žareno na 500C, u toku 4 sata. Pepeo dobijen žarenjem rastvoren je u maloj količini 6 M HCl (1:1), a zatim je rastvor u normalnom sudu dopunjen smjesom 0,05 MHCl i H2SO4 tako da je krajnji volumen bio 50 ml. Digestija svakog uzorka rađena je u triplikatu.

Pripremljeni uzorci crnog i zelenog čaja bili su svjetlo žute do crvenkaste boje i za kvantitativnu analizu, metodom spektrofometrije neophodno je bilo pojačati intenzitet boje pripremljenih rastvora. U tu svrhu koristili smo rastvor kalijevog tiocijanata (5MKSCN) koji sa željezo(III) jonima grade intenzivno obojen kompleks crvene boje različitog hemijskog sastava od [FeSCN(H2O)5]2+do [Fe(SCN)6]3-.

Željezo je određivano u rastvoru na spektrofotometru „Spectronic Genesys 2“ nakon kompleksiranja sa tiocijanatnim jonom u jako kiseloj sredini. Za izradu kalibracionog dijagrama upotrebljavani su standardni rastvori željezo(III) jona odgovarajućih koncentracija. Analizom apsorpcijskog spektra standardnih rastvora nađen je apsorpcijski max. na talasnoj dužini od 481.0 nm, a pripremljeni rastvori uzoraka crnog i zelenog čaja za analizu (mjerni rastvori) i rastvori za kalibracioni dijagram (radni rastvori) analizirani su pod istim uslovima i izmjerene pripadajuće apsorbancije za sve rastvore. Vrijednosti koncentracija za željezo izračunati su iz jednačine pravca, Slika 1.



Slika 1. Kalibraciona kriva za Fe(III) jone

Figure 1. Calibration curve for Fe(III) ions

**REZULTATI I DISKUSIJA**

Metode analize elemenata u uzorcima namirnica i uzorcima iz životne sredine se zasnivaju na različitim spektrometrijskim analitičkim tehnikama: atomska apsorpciona spektrofotometrija (AAS), optička emisiona spektrometrija sa indukovano spregnutom plazmom (ICP–OES) i masena spektrometrija sa indukovano spregnutom plazmom (ICP–MS). Priprema uzoraka u čvrstom agregatnom stanju za analitička određivanja uključuje njihovu destrukciju i prevođenje u rastvor, koja traje najduže u odnosu na ostale operacije i najčešći je uzrok grešaka [16, 17]. Metoda suhe digestije pokazala se kao jednostavna, primjenjiva i pogodna za pripremu uzoraka biljnog materijala za dalju analizu.

Rezultati ispitivanja sadržaja željeza u uzorcima čajeva (zeleni i crni čaj) koji su za analizu pripremani metodom suhe digestije u triplikatu a nakon kompleksiranja određeni spektrofotometrijski, prikazani su u Tabeli 1. Prosječna koncentracija željeza u crnom čaju iznosila je 200.6 mg Fe/kg a u zelenom 112.64 mg Fe/kg, što je od 1,5 do 2 puta više u uzorcima crnog čaja u odnosu na nađene vrijednosti željeza u zelenom čaju. S jedne stane, ova razlika je očekivana obzirom da se biljna vrsta Čajevac obrađuje i proizvodi na drugačiji način i crni čaj je potpuno fermentisan čaj dok je zeleni čaj nefermentisana čajna mješavina. Sa druge strane, geografsko porijeklo, uslovi gajenja i klimatski faktori utiču na sadržaj ne samo željeza već i drugih sastavnih komponenti prisutnih u čaju.

Tabela 1. Sadržaj željeza u crnom čaju i zelenom čaju

Table 1. The content of iron in black and green tea

|  |  |
| --- | --- |
| **Uzorak** | **Sadržaj Fe (mg/kg)** |
| **Crni čaj** | **Zeleni čaj** |
| Uzorak I  | 160,7 | 137,55 |
| Uzorak II  | 162,7 | 125,94 |
| Uzorak III | 278,4 | 74,43 |

Radi poređenja, razlika u sadržaju željeza u ispitivanim uzorcima zelenog i crnog čaja data je na Slici 2.



Slika 2. Poređenje sadržaja željeza u uzorcima zelenog i crnog čaja

Figure 2. Comparation of the total content of iron in green and black tea samples

U studijama koje su provedene u različitim državama svijeta, u kojima je ispitivan sadržaj željeza u crnom i zelenom čaju dobijeni su rezultati od 25 mg/kg do 500 mg/kg *Fe*. U većini navedenih studija, za pripremu uzoraka korištena je metoda suhe digestije, zatim metoda mokre digestije u zatvorenim sistemima i mikrotalasna digestija. Za analizu i određivanje sadržaja željeza korištene su metode atomske apsorpcione spektroskopije, jonski spregnuta plazma-atomska emisiona spektroskopija, jonski spregnuta plazma-masena spektrometrija masa i ekskluziona hromatografija [17].

U jednoj studiji rađenoj u Meghalayi (Indija) dobijeni su rezultati željeza od 124,7 do 139,0 mg/kg *Fe* [5], dok je u studiji u Saudijskoj Arabiji koncentracija željeza u crnom čaju od 108,5 do 351,6 mg/kg *Fe* [18]. U studiji u kojoj se ispitivao crni čaj iz Južne Indije srednja vrijednost željeza iznosila je 446,6 ± 22.8 mg/kg *Fe* [19] a u studiji provedenoj u Češkoj, u kojoj je analizirano 30 različitih vrsta crnog čaja, dobijeni rezultati sadržaja željeza su bili od 136 do 436 mg/kg *Fe* [20]. Istraživanja prisutnih količina metala u čaju, komercijalno dostupnog u Gani, pokazala su da je sadržaj željeza bio u rasponu od 27,3 do 302,95 mg/kg *Fe* sa srednjom vrijednošću od 109,3 mg/kg *Fe* [21]. Rezultati dobijeni u našem radu nakon pripreme uzoraka metodom suhe digestije su od 160,7 mg/kg do 278,4 mg/kg *Fe,* sa srednjom vrijednošću od 200,6 mg/kg *Fe*. Rezultati se nalaze u rasponu rezultata dobijenih u većini navedenih studija u kojima je određivan sadržaj željeza u crnom čaju.

Određivanje željeza u listu zelenog čaja u studiji *Elgalain*, primjenom istih metoda pripreme i analize uzoraka (suha digestija za obradu uzoraka, spektrofotometrija za određivanja sadržaja) kao što je korišteno u ovom radu, određen je sadržaj željeza od 134,78 mg/kg lista čaja, što je u skladu sa rezultatima dobivenim u ovom radu [22]. Rezultati dobijeni u našem radu nakon pripreme uzoraka metodom suhe digestije su od 74,43 mg/kg do 137,55 mg/kg *Fe,* sa srednjom vrijednošću od 112,64 mg/kg *Fe*. Rezultati se nalaze u rasponu rezultata dobijenih u većini navedenih studija u kojima je određivan sadržaj željeza u zelenom čaju.

U studiji koju su proveli *Mayouf J.A. i saradnici* određivana je koncentracija željeza u četiri vrste lista zelenog čaja komercijalno dostupnih u Libiji, primjenom metode suhe digestije prilikom obrade uzorka, i primjenom atomske apsorpcione spektroskopije (AAS) pri kvantifikaciji željeza. Dobiveni rezultati analiza pokazali su da se sadržaj željeza u ovim uzorcima kreće u rasponu od 326 do 454 mg/kg, što su značajno više vrijednosti od dobivenih u ovom radu [23]. *Street R*. i saradnici su proveli studiju u kojoj su određivani ukupni sadržaj bakra, mangana, željeza i cinka( Cu, Mn, Fe i Zn) sa češkog tržišta u listovima čaja i u infuzumu. Korišteno je 30 vrsta lišća čajeva i to: zelenog, crnog, bijelog i tzv.oolong (polufermentisani čaj). Uzorci su obrađeni suhom digestijom u zatvorenom sistemu, a metoda određivanja je bila atomska emisiona spektrometrija sa induktivno kuplovanom plazmom (ICP-AES). Vidljivi su signifikantno viši rezultati širokog raspona i to od 137 mg/kg do 394 mg/kg, vjerovatno zbog same obrade uzorka, a i sam kvalitet lista čajeva je uslovljen zemljom porijekla istog. Od 13 analiziranih uzoraka lista zelenog čaja, 6 ih je uvezeno iz Kine, što govori u prilog tome da je izvorno kinesko lišće zelenog čaja veoma bogato mineralima [20]. Naši rezultati dobiveni nakon obrade uzorka suhom digestijom za *Uzorak 1* (137.55 mg/kg) se uklapaju u donji limit navedenih rezultata studije.

Sve prethodno spomenute studije ukazuju na to da sadržaj željeza u listu zelenog čaja široko varira u ovisnosti od područja na kojem se uzgaja, klimatskih faktora i starosti lista [24]. Bez obzira na metodu obrade uzorka i određivanja željeza u istim, rezultati dobiveni u ovom radu se dobro uklapaju u rezultate studija rađenih u svijetu. Crni čaj sadrži znatnu količinu flavonoida koji mogu ispoljiti važan učinak na apsorpciju slobodnog željeza. Postoji više različitih vrsta flavonoida, svi posjeduju aromatski prsten sa dvije ili više hidroksilnih grupa, koje imaju velik kapacitet vezivanja slobodnog željeza.

U istraživanju provedenom na pacovima, gdje je ishrana sadržavala 10 g tanina po kg životinje i gdje su pacovima davane različite doze željeza (od 5-35 mg/kg), ustanovljeno je smanjenje koncentracije hemoglobina, hematokrita, serumskog željeza, te željeza u jetri, a kao uzrok tome navedena je smanjena apsorpcija željeza iz gastrointestinalnog trakta usljed kompleksiranja sa taninima [25]. Međutim, na apsorpciju željeza utiču mnogi faktori. Pored faktora koji inhibiraju apsorpciju tu si i faktori koji povećavaju apsorpciju željeza. U te faktore ubrajamo askorbinsku kiselinu, crveno meso, meso peradi i riba. U studiji koju je proveo *Kim* sa saradnicima, koja se odnosila na pozitivno djelovanje askorbinske kiseline na apsorpciju željeza u prisustvu polifenola, dokazano je da askorbinska kiselina poništava negativno djelovanje polifenola na apsorpciju željeza [26]. Objavljen je pregledni članak u Velikoj Britaniji, koji je obuhvato 35 radova koji su se odnosili na inhibiciju apsorpcije željeza od strane crnog čaja. Većina studija obrađenih u preglednom članku nisu dokazale značajnu inhibiciju u apsorpciji željeza između konzumenata i nekonzumenata crnog čaja, niti je bilo više prijavljenih slučajeva anemija ili drugih patoloških stanja uzrokovanih nedostatkom željeza.

Uopšteno se u studijama ističe kompleksna povezanost između statusa željeza u organizmu sa nutritivnim i fiziološkim faktorima [27]. U istraživanju u Belgiji, koje je obuhvatilo 16 studija koje su se odnosile na povezanost statusa željeza u organizmu i ispijanja crnog čaja. U jednoj od studija, predstavljen je eksperiment koji je trajao 12 sedmica, sa zdravim ispitanicima oba pola, u kojoj je nađeno da kod zdravih muškaraca je bioraspoloživost željeza bila normalna usljed konzumiranja crnog čaja. Kod žena koje su bile anemične, ustanovljena je negativna povezanost sa ispijanjem crnog čaja, te njima nije preporučena upotreba crnog čaja [28-32].

Mnoge studije su pokazale da sadržaj esencijalnih elemenata lista čaja promovira dobrobit zdravlja korisnika, i smatra se da dugotrajna primjena čajnog napitka može doprinijeti zadovoljavanju dnevnih potreba unosa nekih od ovih elemenata. Nadalje, istraživanja su pokazala da ovi metali bivaju uvođeni u biljku putem medija rasta, nutrijenata, poljoprivrednih praksi i normalno ili jako kiselih zemljišta [15, 33].

Željezo je jedno od najznačajnijih esencijalnih elemenata u tragovima za zdravlje čovjeka.

Dobiveni rezultati ove studije i brojnih drugih studija širom svijeta ukazuju na široku varijaciju koncentracije željeza u listu čaja što se prije svega može pripisati uslovima uzgoja i fakorima okoliša.

**ZAKLJUČCI**

Uzorci čaja (crni i zeleni čaj) analizirani su na ukupni sadržaj željeza i dobijene vrijednosti pokazuju manji sadržaj ispitivanog elementa u uzorcima zelenog čaja u odnosu na željezo nađeno u crnom čaju. Razlozi za ove razlike su obrada i proizvodnja čaja kao i klimatski uslovi i geografsko porijeklo same ispitivane biljne vrste Čajevca. Nađene vrijednosti koncentracija željeza pokazale su da se sadržaj željeza u uzorcima zelenog i crnog čaja nalazi u granicama vrijednosti koje se najčešće sreću u literaturi i provedenim studijama širom svijeta. Na kraju, dobiveni rezultati u ovom radu za ukupni sadržaj željeza ukazuju na benefite ispijanja zelenog i crnog čaja, njegovo pozitivno djelovanje na ljudski organizam i zdravlje i da su ispitivane vrste čaja pokazale visok sadržaj željeza kojima se mogu u potpunosti zadovoljiti dnevne potrebe za ovim važnim nutrientom.

**ZAHVALA**

Ovim radom autor želi iskazati svoju duboku zahvalnost i poštovanje prema *prof.dr Boži Banjaninu*, sa kojim je bilo čast i zadovoljstvo sarađivati a koji nažalost nije više sa nama.

**LITERATURA**

1. Mondal, T.K., Bhattacharya, A., Laxmikumaran, M., Ahuja, P.S. Recent advances of tea (*Camelia sinesis*) biotechnology. Plant Cell Tiss. Org.; 76(2004), 195-254.
2. Seenivasan, S., Manikandan, N., Muraleedharan, N.N., Selvasundaram, R. Heavy metal content of black teas from south India. Food Control; 19(2008), 746-749.
3. Fernandez-Caceres, P., Martin, M.J., Pablos, M., Gonzalez, A.G. Differentiation of tea (*Camellia sinensis*) varieties and their georaphical origin according to their metal content. J. Agric. Food Chem.; 49(2001), 4775-4779.
4. Kovačević, N: Osnovi Farmakognozije, Srpska školska knjiga, Beograd (2004) p. 117-8.
5. Marbaniang, D.G., Baruah, P., Decruse, R., Dkhar, E.R., Diengdoh, D.F., Nongpiur, C.L. Study of trace metal (Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn and Cd) composition in tea available at Shillong, Meghalaya, India. *IJEP.*; 1(1) (2011), 13-21.
6. Piovan, A., et al. Comparative Study of Leaf Morphology, Phenolics and Methylxanthines in *Camellia* *sinensis* Teas from the Italian Market. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry; 2(5) (2014), 154-160.
7. Kim, S.A., Guerinot, M.L. Mining iron: iron uptake and transport in plants. FEBS Letters; 581(12) (2007), 2273-80.
8. Mandel, S., et al. Green tea catechins as brain-permeable, non toxic iron chelators to ‘‘iron out iron’’ from the brain. Journal of Neural Transmission; 71 (2006), 249-257.
9. Jigisha, A., et al. Biochemical characterization and pharmacognostic evaluation of purified catechins in green tea (Camellia sinensis) cultivars of India. 3 Biotech; (2015), 285-294.
10. Thiyam, B., et al. Green tea- a healthy sip. IJSS Case Reports & Reviews. 1 (2015), 55-59.
11. Miholjčić, M., Jadrić, S., and Winterhalter-Jadrić, M: Biohemija, Svjetlost, Sarajevo (1990) p. 40-49.
12. Yemane, M., Chandravanshi, B. S., Wondimu, T. Levels of essential and non-essential metals in leaves of tea plant (*Camelia sinensis* L.) and soil of Wushwush farms, Ethiopia. Food Chem; 107(2008), 1236-1243.
13. Narin, I., Colak, H., Turkoglu, O., Soylak, M., Dogan, M. Heavy metals in black tea samples produced in Turkey. Bull. Environ. Contam. Toxicol.; 72(2004), 844-849.
14. Official Methods of Analysis of AOAC International, 17th Ed., AOAC International, Gaithersburg, MD, USA, 2000, Official Method 999.11.
15. Donkor, A., et al. Assessment of Essential Minerals and Toxic Trace Metals in Popularly Consumed Tea Products in Ghana, A Preliminary Study, Research journal of Chemical and Enviromental Sciences; 3(1) (2015), 49-55.
16. Enders A. Lehmann J.(2012). Comparision of Wet Digestion and Dry Ashing Methods for Total Elemental Analysi of Biochar, Communicarions in Soil Science and Plant Analysis; 43(1) 1042-1052.
17. Skoog, D.A., West, D.M., Holler, F.F. *Fundamentals of Analytical Chemistry*. 7th Ed. Fort Worth (TX): Saunders College Publishing. (1996)
18. Waqar, A., Mian, A. A. Levels of Selected Heavy Metals in Black Tea Varieties Consumed in Saudi Arabia. *Bull Environ Contam Toxicol.*; 81 (2008), 101-104.
19. Karak T.et al. Micronutrients (B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo and Zn) Content in Made Tea (Camellia sinensis L.) and Tea Infusion with Health Prospect: A Critical Review. Critical Reviews *in* Food Science *and* Nutrition; (2015)
20. Street, R., Szakova, J., Drabek, O., Mladkova, L. The status of micronutrients (Cu, Fe, Mn, Zn) in tea and tea infusions in selected samples imported to the Czech Republic. *Czech J. Food Sci*.; 24 (2006), 62-71.
21. Sarfo, D.K., Quarshie, E., Ahialey, K., Denutsui, D., Kaka, E.A., Yankey, R.K., Adotey, D.K. (2012). *Food Science* 53, 12165-8.
22. Elgailani, I.E.H. Spectrophotometric and Phytochemical Analysis of Black Tea- (Camellia sinensis Leaves), Journal of Applied Industrial Sciences; 3(5) (2015), 167-171.
23. Mayouf, J.A., et al. Quantitative assessment of (Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn) in Some Brands of Green Tea Marketed in Libyia, ARPN Journal of Science and Technology; 5(6) (2015), 303-310.
24. Sahito, S.R., et al. The contents of fifteen essential, trace and toxic elements in some green tea samples and in their infusions. Journal of The Chemical Society of Pakistan; 27(1) (2005), 43-47
25. Afsana, K., Shiga, K., Ishizuka, S., Hara, H. Reducing effect of ingesting tannic acid on the absorption of iron, but not zinc, copper and manganaese by rats. *Bioscence, Biotechnology and Biochemistry*; 68 (2004), 584-592.
26. Kim, E.Y., Ham, S.K., Bradke, D., Ma Q., Han, O. Ascorbic Acid Offsets the Inhibitory Effect of Bioactive Dietary Polyphenolic Compounds on Transepithelial Iron Transpor In Caco-2 Intestinal Cells. *The Journal of Nutrition*; 141(5) (2011), 828-834.
27. Nelson, M., Poulter, J. Impact of tea drinking on iron status in the UK: a review. J Hum Nutr Diet; 17(1) (2004), 43-54.
28. Temme, E.H.M., Hoydonck, Van P.G.A. Tea consumption and iron status. European Journal of Clinical Nutrition; 56 (2002), 379-386.
29. Brzezicha J., Malgorzata G., Szefer P. Macro and Microelements in Green Tea and Its Infusions, th International Conference on Evniromental Science and Tecnology. 69(19) (2014), 95-98.
30. Wierzejska, R. Tea and health- a review of the current state of knowledge. Przegl Epidemiol.; 68 (2014), 501-506.
31. Morrissey, J., Guerinot, M.L. Iron uptake and transport in plants: The good, the bad, and the ionome. Chemical reviews; [109(10) (2009), 4553-4567.](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/eutils/elink.fcgi?dbfrom=pubmed&retmode=ref&cmd=prlinks&id=19754138)
32. Ting, A., et al. Microbial and heavy metal contamination in commonly consumed traditional Chinese herbal medicines. Journal of traditional Chinese medicine; 33(1) (2013), 119-24.
33. Yang, C.S., Lambert, J.D., Sang, S. Antioxidative and anti-carcinogenic activities of tea polyphenols. *Arch Toxicol*.; 83(1) (2009), 11-21.

**ANALYSIS OF THE TOTAL CONTENT OF IRON IN TEA (*Camellia sinensis L.*)**

Šaćira Mandal

Department of Natural Sciences in Pharmacy, Faculty of Pharmacy, University of Sarajevo, Zmaja od Bosne 8

shakira.mandal@gmail.com

The aim of this work was the assessment of total iron (Fe) content in some black and green tea brands by using a dry digestion and Spectrophotometric method. A total of three samples of black tea and green tea from different manufactures found in a local market in Sarajevo were prepared in triplicate y the method of dry digestion at 500 0C for 4 hours, while levels of iron was done by spectrophotometry. The content of the total of iron in the black tea samples ranged from 160.7 mg Fe/kg to 278.4 mg Fe/kg while in the green tea samples was 93.17 mg Fe/kg to 292.20 mg Fe/kg. The used spectrophotometric method is simple and sensitive method that can be applied for the determination of the total content of iron in the samples of plant material. Results of this analysis suggest regular consumption of black and green teaa as a significant natural source of organic-trace elements Fe for metabolic needs and their benefits on human health.

Key words: iron, black and green teas, spectrophotometry, dry digestion