

POMEN STEROLOV PRI KARAKTERIZACIJI BUČNEGA OLJA

Tanja POTOČNIK¹⁸, Miha OCVIRK¹⁹, Doris POTOČNIK²⁰ in
Nives OGRINC²¹

Izvirni znanstveni članek / original scientific article

Prispelo / received: 7. 11. 2017

Sprejeto / accepted: 12. 11. 2017

Izveleček

Namen raziskave je bil preveriti geografsko poreklo in botanično pristnost bučnih olj s pomočjo določanja sterolne sestave s plinsko kromatografijo v kombinaciji s kemometrijo. Zbrali smo 37 vzorcev bučnih semen iz trinajstih držav in iz njih ekstrahirali čisto olje. Bučno olje vsebuje več Δ^7 -sterolov kot Δ^5 -sterolov, s čimer se razlikuje od drugih jedilnih olj. Določili smo pet Δ^7 -sterolov, in sicer v slovenskih vzorcih spinasterol (8,64 g/L), stigmastatrienol (6,29 g/L), stigmastadienol (8,88 g/L), avenasterol (5,73 g/L) ter stigmastenol (0,17 g/L). Skupina slovenskih, hrvaških in avstrijskih vzorcev bučnih olj se je s pomočjo kemometrije razlikovala od skupine vzorcev bučnih olj iz drugih držav. Za določitev avtentičnosti smo bučnemu olju dodali sojino, sončnično ter olje oljne ogrščice, ki pripadajo različnim botaničnim družinam, v različnih utežnih deležih (1-10 %). Dosegli smo 100 % točno klasifikacijo botanične pristnosti za vsa dodana olja v vseh količinah dodatka s pomočjo kemometrije.

Ključne besede: bučno olje, steroli, geografsko poreklo, botanična pristnost, kemometrija

THE IMPORTANCE OF STEROLS FOR PUMPKIN SEED OIL CHARACTERIZATION

Abstract

The aim of our study was to verify the geographical origin and botanical authenticity of pumpkin seed oil by sterol content using gas chromatography

¹⁸ Univ. dipl. inž. živ. tehnol., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Oddelek za agrokemijo in pivovarstvo, Cesta Žalskega tabora 2, SI-3310 Žalec, e-naslov: tanja.potocnik@ihps.si

¹⁹ Univ. dipl. kem., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Oddelek za agrokemijo in pivovarstvo, Cesta Žalskega tabora 2, SI-3310 Žalec, e-naslov: miha.ocvirk@ihps.si

²⁰ Dr., Inštitut Jožef Stefan, Odsek za znanost o okolju, Jamova 39, SI-1000 Ljubljana, e-naslov: doris.potocnik@ijs.si

²¹ Prof.dr., Inštitut Jožef Stefan, Odsek za znanost o okolju, Jamova 39, SI-1000 Ljubljana, e-naslov: nives.ogrinc@ijs.si

coupled with chemometrics. Thirty-seven pumpkin seed samples from thirteen countries were collected and pure oils were extracted. Pumpkin seed oil contains more Δ^7 -sterols than Δ^5 -sterols, which makes it different from other edible oils. We identified five Δ^7 -sterols, in slovenian samples these were spinasterol (8,64 g/L), stigmastatrienol (6,29 g/L), stigmastadienol (8,88 g/L), avenasterol (5,73 g/L) and stigmastenol (0,17 g/L). The group of Slovenian, Croatian and Austrian pumpkin seed oil samples distinguished from the group of samples from other countries by the use of chemometrics. To determine adulteration, rapeseed, sunflower and soybean oil, that belong to different botanical families, were added to pumpkin seed oil in varying percentages (1-10 %). We achieved a 100% correct classification of botanical authenticity based on sterol content for all added oils in all added quantities.

Keywords: pumpkin seed oil, sterols, geographical origin, botanical authenticity, chemometrics

1 UVOD

Bučno olje je jedilno, nerafinirano rastlinsko olje, proizvedeno s stiskanjem praženih bučnih semen, katera so pridobljena iz buč (*Cucurbita pepo* L.). Olje je značilne temno zelene barve in posebnega, prijetnega okusa, ki spominja na pražene orehe. Bučno olje ima visoko prehransko vrednost (visoka vsebnost nenasičenih maščobnih kislin, vitamina E, karotenoidov, fitosterolov) in pozitiven vpliv na zdravje (deluje proti raku na prostati, artritisu, znižuje holesterol) (Procida in sod., 2012; Fruhwirth in Hermetter, 2008; Murkovič in sod., 2004, Potočnik in sod., 2016). Bučno olje ima v Sloveniji velik ekonomski pomen, oljne buče so bile posajene na 4.500 hektarjev kmetijskih površin v letu 2017 (SURs). Požlahtnjene so bile številne nove sorte oziroma hibridi z namenom izboljšanja pridelka, povečanja vsebnosti semen ali izboljšanja odpornosti na škodljivce (Fruhwirth in Hermetter, 2008). Bučno olje se večino uporablja za hladne jedi zaradi svoje barve, arome ter maščobnokislinske sestave (Procida in sod., 2012). Prevladujoče maščobne kisline so palmitinska (9,5-14,5%), stearinska (3,1-7,4%), oleinska (21,0-46,9%) in linolna kislina (35,6-60,8%) (Murkovič in sod., 2004).

Bučno olje ima specifično sestavo sterolov, na osnovi katere lahko določamo njegovo pristnost. V primerjavi z večino preostalih rastlinskih olj, ima bučno olje značilno visoko vsebnost Δ^7 -sterolov (spinasterol, $\Delta^{7,25}$ -stigmastadienol, $\Delta^{7,22,25}$ -stigmastatrienol, Δ^7 -stigmastenol, Δ^7 -avenasterol), medtem ko je vsebnost Δ^5 -sterolov nizka (β -sitosterol). Steroli so kristalinični, nevtralni, neumljivi alkoholi z visokimi tališči in lastnostmi, ki so podobni holesterolu. Po kemijski sestavi so steroli visokomolekularni ciklični alkoholi – derivati ciklopentanofenantrena. Rastlinske sterole lahko glede na strukturo C-4 in na osnovi poteka biosinteze razdelimo v 4-desmetil sterole, 4 α -monometil sterole in 4,4-dimetil sterole. 4-

desmetil sterole nadalje delimo glede na pozicijo dvojnih vezi v obroču B na Δ^5 -sterole in Δ^7 -sterole (Makovšek, 2003).

Zaradi pozitivnega vpliva bučnega olja na zdravje ter visokih stroškov pridobivanja dosega bučno olje visoko ceno. Posledično je pogosto potvarjanje bučnega olja z drugimi cenejšimi rastlinskimi olji, kot sta to sončnično ali olje oljne ogrščice (Butinar in sod., 2010, Mandl in sod., 1999). Intenzivna temno zelena barva bučnega olje ter njegov značilen vonj še bolj otežujeta potrošniku, da bi zaznal dodatek drugega olja (Mandl in sod., 1999). Potrošnikom je pomembno, da dobijo pričakovano kvaliteto, hkrati jim postaja tudi poznavanje izvora hrane vedno pomembnejše. Zaradi specifične sestave sterolov v bučnem olju je za določanje geografskega porekla, kot tudi za določanje botanične pristnosti, uporabna metoda določanja sterolne sestave, sklopljena s kemometrijo.

Namen raziskave je bil določiti sterolno sestavo vzorcem bučnega olja različnega geografskega porekla ter vzorcem, potvorjenim s sojinim, sončničnim in oljem oljne ogrščice, dodanim v različnih količinah. S pomočjo statistične obdelave podatkov smo želeli dokazati možnost določanja pristnosti bučnega olja glede na geografsko in botanično poreklo na osnovi sterolne sestave, določene s plinsko kromatografijo, ter z določanjem razmerij stabilnega izotopa ogljika sterolov.

2 MATERIALI IN METODE

2.1 Vzorci

Zbrali smo 37 vzorcev posušenih bučnih semen (*Cucurbita pepo*) iz 13 držav. Iz njih smo s pomočjo kemijske ekstrakcije pridobili pristna bučna olja. Sončnično, sojino in repično olje, ki pripadajo različnim botaničnim družinam, smo pridobili od tovarne olj. Bučnemu olju, pridobljenemu iz bučnih semen s območja Prekmurja, smo dodali sončnično, sojino ter olje oljne ogrščice v količinah od 1 do 10 ut% (1, 2, 3, 4, 5 ter 10 %).

2.2 Ekstrakcija bučnega olja

Bučna olja smo ekstrahirali iz vzorcev bučnih semen različnega geografskega porekla s pomočjo metode, povzete po Hrastar in sod. (2009). Zmleta semena (1g) ekstrahiramo s topilom dvakrat po 5 ml, enkrat z 0.17 M NaCl v metanolu in heptanu (1:3) pri 80 °C z dodatkom butilhidroksitoluena, ter še enkrat s heptanom pri sobni temperaturi. Topilo smo odstranili z rotacijsko evaporacijo z namenom pridobitve čistega bučnega olja v količini okrog 300 mg.

2.3 Ekstrakcija sterolne frakcije

Metoda je bila povzeta po Wenzl in sod. (2002). Za pridobitev raztopine internega standarda smo 2,5 mg holesterola (Sigma-Aldrich, Nemčija) raztopili v 10 ml 1,4-

dioksana. 50 μ l bučnega olja in 100 μ l internega standarda odpipetirali v 10 ml viale skupaj z 2 ml saponifikacijske mešanice (2 g kalijevega hidroksida raztopimo v 1,2 ml deionizirane vode). Saponifikacija je potekala pri 70 °C 2 uri. Po saponifikaciji smo dodali 2 g predkondicionirane alumine (aluminium oxide 90 standardized, Merck, Darmstadt, Nemčija) ter odparili topila. Za ekstrakcijo in čiščenje sterolne frakcije smo uporabili 10 cm dolgo stekleno kolono, napolnjeno s stekleno volno, prekrito z 1 g natrijevega sulfata in 2 g predkondicionirane alumine. Na alumino smo nanесли alumino z analitom. Dodatno smo na kolono dodali 1g natrijevega sulfata, 15 ml topila za izpiranje (1 del 1,4-dioksana in 2 dela *tert*-butilmetileter), ga zbrali v bučki ter ga odparili. Preostanek smo raztopili z 950 μ l t-BME (*tert* butilmetil eter) in 50 μ l derivatizacijskega reagenta (N-metil-N-trimetilsililtrifluoroacetamid, Sigma-Aldrich, Nemčija). Derivatizacija je potekala čez noč pri sobni temperaturi, nato je bila mešanica pripravljena za analizo na plinskem kromatografu s plamensko ionizacijskim detektorjem in plinskim kromatogramu sklopljenem z masnim spektrometrom za analizo izotopskih razmerij.

2.4 Plinska kromatografija

Za analizo sterolov smo uporabili plinski kromatograf (GC Agilent 6890 Series, Hoofddorp, Nizozemska) opremljen s plamensko ionizacijskim detektorjem in ZB-35 kapilarno kolono (Agilent Technologies, Waldbronn, Nemčija). Nosilni plin je bil helij (čistost 5.0) s pretokom 1 ml/min. Injicirali smo 1 μ l vzorca, pri temperaturi injektorja 260 °C in temperaturi detektorja 300 °C. Program je bil sledeč: 1 min pri 180 °C, nato 9 °C/min do 300 °C, kjer je temperatura ostala konstantna za deset minut. Kromatogrami so bili obdelani s pomočjo Agilent Chemstation programske opreme. Kvantifikacija je potekala s pomočjo internega standarda.

2.5 Analiza razmerij stabilnih izotopov ogljika

V vzorcih, v katerih smo izmerili vsebnost sterolov, smo določili še izotopsko sestavo ogljika z masnim spektrometrom za analitiko stabilnih izotopov lahkih elementov, sklopljenim s plinskim kromatografom preko sežigne enote (*ang.* Gas Chromatography-Combustion-Isotope Ratio Mass Spectrometry - GC-C-IRMS; Isoprime GV, UK). Analize smo izvajali na kapilarni koloni DB-1MS dimenzije 60 m \times 0,32 mm \times 0,25 μ m, kot nosilni plin smo uporabili He (pretok 1,5 mL/min). Injicirali smo 1 mL vzorca, raztopljenega v izooktanu pri temperaturi 120 °C (zadrževalni čas 1 min), nato smo temperaturo v pečici postopoma dvigali za 3 °C/min do 300 °C, ter 20 min vzdrževali pri tej temperaturi. Temperatura injektorja je bila 280 °C. Ponovljivost in natančnost meritev smo spremljali z uporabo referenčnih materialov mešanice *n*-alkanov C1 (Indiana University, USA) z definirano $\delta^{13}\text{C}$ vrednostjo in s pomočjo maščobne kisline C19:0 (nanodekanojska

kislina, Restek), različnih koncentracij, z $\delta^{13}\text{C}$ vrednostjo $-29,8 \text{ ‰}$, ki smo jo predhodno določili z elementnim analizatorjem sklopljenim z masnim spektrometrom za analitiko stabilnih izotopov lahkih elementov (EA-IRMS; Europa Scientific 20-20 s preparativnim nastavkom za trdne in tekoče vzorce ANCA-SL). Napaka meritev, določena na podlagi treh različnih paralelnih meritev vzorca, je bila med 0.3 in 1.0 ‰ . Meritve izotopske sestave C v sterolih izražamo s tako imenovano δ -vrednostjo v ‰ preko naslednje enačbe:

$$\delta^{13}\text{C}_{V-PDB}(\text{‰}) = \left[\left(\frac{R_{VZ}}{R_{ST}} \right) - 1 \right] \times 1000$$

(1)

kjer je R razmerje izotopov $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ v vzorcu (vz) oziroma standardu (st). Za ogljik je privzet karbonatni standard V-PDB.

2.6 Statistična analiza

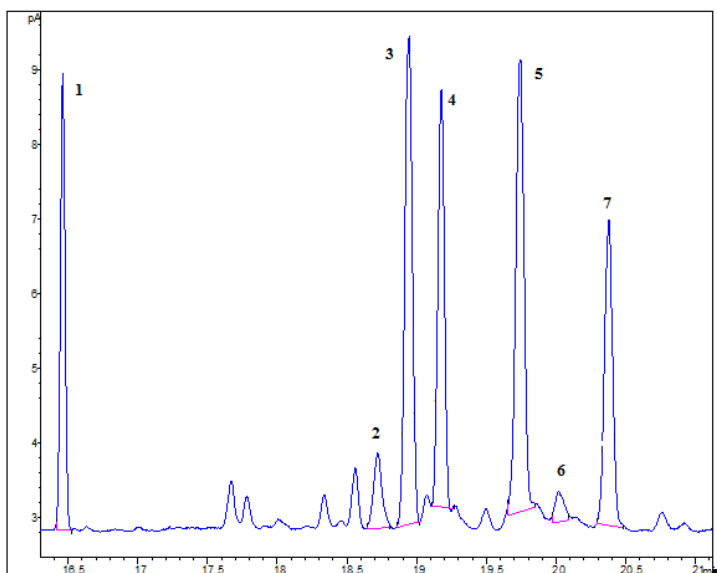
Za statistično obdelavo podatkov smo uporabili kemometrijski analizi PCA (metoda glavnih osi) in RDA (regularizirana diskriminantna analiza) s pomočjo programa SCANWIN (Minitab Inc, PA, USA).

3 REZULTATI IN RAZPRAVA

S pomočjo plinske kromatografije smo analizirali vzorce bučnega olja ter identificirali šest sterolov: β -sitosterol, spinasterol, stigmastatrienol, stigmastadienol, stigmastenol, avenasterol (slika 1).

3.1 Geografska delitev

Povprečne koncentracije β -sitosterola znašajo $1,29 \text{ g/L}$ za vzorce iz Slovenije, $1,97 \text{ g/L}$ za vzorce iz Avstrije, $2,91 \text{ g/L}$ za vzorce iz Hrvaške in kar $7,53 \text{ g/L}$ za vzorce iz preostalih držav, iz katerih smo pridobili bučna semena (preglednica 1). Tudi koncentracije spinasterola so najnižje pri vzorcih iz Slovenije ($6,93 \text{ g/L}$), najvišje pa pri hrvaških vzorcih ($18,96 \text{ g/L}$). Enako velja za vrednosti stigmastatrienola, stigmastadienola, stigmastenola ter avenasterola. Koncentracije vseh detektiranih in identificiranih sterolov so najnižje pri vzorcih iz Slovenije. Medtem ko slovenski in hrvaški vzorci vsebujejo največ stigmastadienola izmed detektiranih sterolov, vsebujejo avstrijski vzorci največ spinasterola. Koncentracije vseh detektiranih sterolov so precej višje v vzorcih iz Hrvaške in preostalih držav, medtem ko slovenski in avstrijski vzorci bučnega olja vsebujejo precej manj identificiranih sterolov.



Slika 1: Tipičen kromatogram sterolov v vzorcu bučnega olja. 1, holesterol; 2, β -sitosterol; 3, spinasterol; 4, stigmastatrienol; 5, stigmastadienol; 6, stigmastenol; 7, avenasterol. Kromatogram je v skladu z že objavljenimi podatki (Wenzl, 2002; Mandl, 1999)

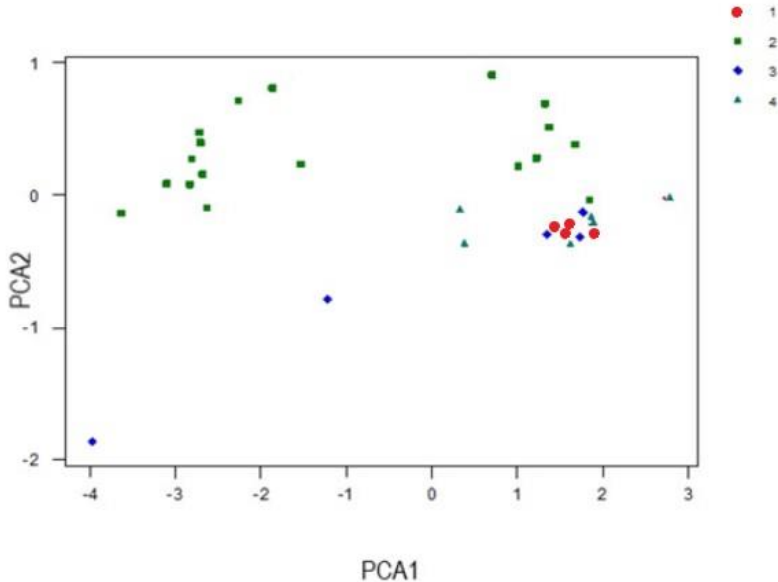
Preglednica 1: Povprečne koncentracije sterolov in pripadajočih standardnih odklonov za vrednosti vzorcev bučnega olja, zbranih iz različnih držav

Država	Vsebnost sterolov (g/L)					
	β sitosterol	spinasterol	stigma- statrienol	stigma- stadienol	stigma- stenol	avenasterol
Slovenija (n=6)	1,3 (0,5)	6,9 (2,3)	6,3 (1,7)	7,6 (2,7)	0,3 (0,1)	4,8 (1,9)
Hrvaška (n=4)	2,9 (1,8)	19,0 (10,8)	17,7 (12,6)	19,2 (14,3)	0,8 (0,7)	12,0 (9,5)
Avstrija (n=6)	2,0 (1,4)	9,0 (4,3)	8,1 (3,7)	7,8 (3,5)	0,4 (0,3)	6,2 (3,8)
Sk* (n=19)	7,5 (3,3)	17,7 (8,9)	16,6 (8,3)	19,3 (10,0)	0,4 (0,3)	12,3 (7,1)

Sk*, skupina različnih držav: Sk*: n=3 (Rusija, Makedonija, Turčija, Španija), n=2 (Sirija), n=1 (Nizozemska, Grčija, Švedska, Ukrajina, Moldavija);

Vsi ti podatki nakazujejo možnost uspešnega geografskega razlikovanja vzorcev na podlagi vsebnosti sterolov. Na sliki 2 je prikazana kemometrična porazdelitev vseh vzorcev s pomočjo metode PCA. Dobro so ločeni vzorci bučnega olja iz skupine različnih držav, ki se nahajajo v zgornjem delu diagrama. Pod njimi se nahajajo vzorci iz Avstrije, Slovenije in Hrvaške, ki pa se deloma prekrivajo. Torej samo s

sterolno sestavo bučnega olja, navkljub velikemu naboru vzorcev, ni možno ločiti vzorcev z geografskim poreklom blizu skupaj. Zatorej sklepamo, da je sterolna sestava preveč podobna in je genetski vpliv močnejši od okoljskega.



Slika 2: Porazdelitev 37ih vzorcev bučnih olj iz Slovenije (+), Hrvaške (◆), Avstrije (▲) in ostalih držav (■), upoštevajoč 6 spremenljivk (identificirani steroli) na podlagi PCA analize

Pri nekaterih vzorcih različnega geografskega porekla smo preliminarno določili vrednosti izotopskega razmerja ogljika posameznih sterolov (preglednica 3). Vrednosti za vzorce iz Makedonije, Savinjske ter Kozjanskega so višje in zajemajo vrednosti med -27,3 ter -29,9 ‰. Nižje vrednosti smo izmerili v vzorcih iz Madžarske, Prekmurja, Švedske, Španije ter Združenih držav Amerike in sicer med -30,7 ter 32,5 ‰.

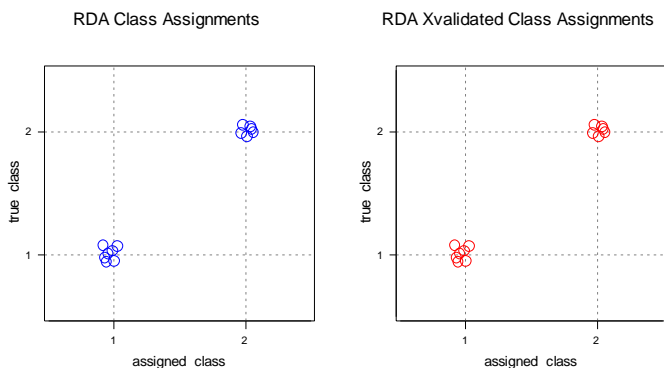
Preglednica 3: $\delta^{13}\text{C}$ (‰) vrednosti vzorcev bučnih olj za posamezne sterole

Poreklo vzorca	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)			
	stigmastatrienol	spinasterol	stigmastadienol	avenasterol
Slovenija, Kozjansko	-27,3	-27,8	-28,3	-28,5
Slovenija, Savinjska	-28,6	-28,5	-29,9	-28,9
Slovenija, Prekmurje	-31,8	-31,1	-31,4	-30,9
Švedska	-31,3	-31,2	-31,8	-31,8
Španija	-31,3	-31,5	-31,6	-32,5
Madžarska	-31,2	-31,8	-28,4	-30,3
Makedonija	-27,5	-28,2	-27,6	-27,5
ZDA	-31,0	-30,7	-31,0	-29,6

3.2 Botanična pristnost

Bučnemu olju smo dodali cenejša olja, ki pripadajo različnim botaničnim družinam, v utežnem deležu od 1 do 10 %. Sončnica spada v družino nebinovk, soja med stročnice, repica med križnice ter buče med buče. Ta raznolikost ima za posledico tudi različno sterolno sestavo. Kot že omenjeno, v bučnem olju, kot posebnost med rastlinskimi olji, prevladujejo Δ^7 -steroli, in sicer ta vsebuje dosti več spinasterola, stigmastatrienola, stigmastadienola ter avenasterola kot druga čista olja, uporabljena v raziskavi. Vsebuje pa precej manj β -sitosterola, ki spada med Δ^5 -sterole. Olje oljne ogrščice vsebuje izmed identificiranih Δ^7 -sterolov le stigmastatrienol (0,35 g/L). Le-tega je precej manj kot v bučnem olju (6,29 g/L). Medtem ko pa vsebuje olje oljne ogrščice bistveno več β -sitosterola kot bučno olje. Posledično mešanje bučnega in repičnega olja vodi k zmanjšanju vseh raziskanih Δ^7 -sterolov v pripravljenih mešanica v primerjavi s čistim bučnim oljem. Večji dodatek olja za potvarjanje torej pomeni linearno znižanje vsebnosti Δ^7 -sterola. Sojino olje poleg stigmastatrienola (2,76 g/L) vsebuje še stigmastadienol (0,96 g/L) izmed Δ^7 -sterolov. Sončnično pa sicer vsebuje vse identificirane Δ^7 -sterole, razen avenasterola, le da so njihove koncentracije precej nižje kot v bučnem olju (preglednica 2).

Vsa uporabljena olja za potvarjanje se med seboj razlikujejo glede prisotnosti in koncentracije posameznih Δ^7 -sterolov, hkrati pa so te vrednosti razlikujejo tudi od sterolov v bučnem olju. Zaradi vseh teh razlik smo pričakovali, da bo statistična obdelava podatkov ločila čista bučna olja od potvorjenih. Na sliki 3 lahko vidimo, da uporaba RDA analize jasno loči skupino čistih bučnih olj od skupine vzorcev potvorjenih olj.



Slika 3: Razvrstitev čistih bučnih olj (skupina 2) in bučnih olj, potvorjenih z oljem oljne ogrščice (skupina 1), določeno s 6 spremenljivkami (identificirani steroli), na podlagi izračunanega RDA modela

Preglednica 2: Sterolna sestava čistih in potvorjenih bučnih olj

Vzorec	Vsebnost sterolov (g/L)					
	β -sitosterol	Spina sterol	Stigmasta trienol	Stigmasta dienol	Stigma stenol	Avena sterol
SO	7,88	0,00	2,76	0,96	0,00	0,00
RO	7,45	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00
SfO	11,43	0,21	2,64	2,43	0,21	0,00
BO	1,64	8,64	6,29	8,88	0,17	5,73
10% Sf	4,33	6,23	2,79	5,16	0,18	3,01
5% SfO	3,57	7,51	5,86	7,50	0,18	3,35
4% SfO	3,27	7,76	5,98	7,66	0,18	3,38
3% SfO	3,02	8,00	6,14	7,89	0,18	4,44
2% SfO	2,88	8,22	6,23	8,11	0,17	4,49
1% SfO	2,80	8,98	6,25	8,89	0,17	5,35
10% RO	7,26	7,60	5,44	7,02	0,04	4,81
5% RO	5,47	8,01	6,01	7,89	0,08	5,13
4% RO	4,87	8,21	6,18	8,05	0,09	5,25
3% RO	2,50	8,33	6,31	8,31	0,11	5,31
2% RO	2,50	8,50	6,47	8,44	0,12	5,48
1% RO	2,30	8,54	6,58	8,54	0,12	5,56
10% SO	5,18	7,73	5,30	5,91	0,01	3,45
5% SO	3,44	7,99	6,10	8,59	0,10	4,08
4% SO	3,05	8,07	6,15	8,87	0,11	5,00
3% SO	2,58	8,26	6,20	8,90	0,12	5,25
2% SO	2,10	8,44	6,22	8,90	0,12	5,30
1% SO	1,61	8,52	6,28	8,92	0,14	5,56

SO, sojino olje; RO, repično olje; SfO, sončnično olje; BO, bučno olje

4 SKLEPI

V raziskavi smo vzorcem bučnega olja iz različnih držav s pomočjo plinske kromatografije določili sterolno sestavo. Prevladujejo Δ^7 -steroli, izmed njih smo detektirali in identificirali 6 sterolov, in sicer β -sitosterol, spinasterol, stigmastatrienol, stigmastadienol, stigmastenol ter avenasterol. Višje vrednosti sterolov dosežejo vzorci iz Hrvaške in iz drugih držav, v primerjavi s slovenskimi in avstrijskimi. Z uporabo kemometrije je razvidno, da so se ločili vzorci iz drugih držav od skupine, ki je zajemala slovenske, avstrijske in hrvaške vzorce. Medtem ko se slednji med sabo samo na podlagi sterolne sestave niso jasno ločili.

Bučno olje je pogosto tarča potvarjanj z drugimi rastlinskimi olji. V raziskavi smo za potvarjanje uporabili sojino, sončnično in repično olje v utežnem deležu od 1 do 10 %. Med uporabljenimi olji so velike razlike v sterolni sestavi. Olja za potvarjanje vsebujejo precej manj Δ^7 -sterolov v primerjavi z bučnim oljem. Zatorej

smo s pomočjo kemometrije jasno ločili skupino bučnih olj s skupino potvorjenih vzorcev za vse vrste dodanih olj, vključno z dodatkom 1 % tujega olja.

Z določanjem sterolne sestave bučnega olja sklopljenim s kemometrijo lahko uspešno ugotovimo botanično pristnost olja, celo do dodatka tujega olja v višini 1%, medtem ko za določanje geografskega porekla metoda ni najbolj primerna oz. bi jo bilo potrebno dopolniti z merjenjem drugih komponent v olju.

Zahvala. Raziskovalni program št. 110-74/2012-2 je sofinancirala Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije iz državnega proračuna.

5 VIRI IN LITERATURA

- Butinar B., Bučar-Miklavčič B., Valenčič V., Raspor P. Stereospecific analysis of ariacylglycerols as a useful means to evaluate genuineness of pumpkin seed oils: lesson from virgin olive oil analyses. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010; 58: 5227-5234.
- Fruhvirth G.O., Hermetter A.. Production technology and characteristics of Styrian pumpkin seed oil. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 2008; 110: 67-644.
- Hrastar R., Petrišič M.G., Ogrinc N., Košir I.J. Fatty acid and stable carbon isotope characterization of *Camelina sativa* oil: implications for authentication. *J. Agric. Food Chem.* 2009; 57: 579-585.
- Makovšek K. Določanje sterolov v bučnih oljih s plinsko kromatografijo. Diplomsko delo. 2003: 42 str.
- Mandl A., Reich G., Lindner W. Detection of adulteration of pumpkin seed oil by analysis of content and composition of specific Δ^7 -phytosterols. *European Food Research and Technology*. 1999; 209: 400-406.
- Murkovič M., Piironen V., Lampi A.M., Kraushofer T., Sontag G. Changes in chemical composition of pumpkin seeds during the roasting process for production of pumpkin seed oil (Part 1: non-volatile compounds). *Food Chem.* 2004; 84: 359-365.
- Procida G., Stancher B., Cateni F., Zacchigna M. Chemical composition and functional characterisation of commercial pumpkin seed oil. *J. Sci. Food Agric.* 2012; 93: 1035-1041.
- Potočnik T., Ogrinc N., Potočnik D., Košir I.J. Fatty acid composition and $\delta^{13}\text{C}$ isotopic ratio characterisation of pumpkin seed oil. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2016; 53: 85-90.
- SURS. Površine poljščin, Slovenija, 2017. Citirano dne: 15. november, 2017: <http://www.stat.si/StatWeb/News/Index/6960>
- Wenzl T., Prettnner E., Schweiger K., Wagner F.S. An improved method to discover adulteration of Styrian pumpkin seed oil. *Journal of Biochemical and Biophysical Methods*. 2002; 53: 193-202.