Toidu- ja Fermentatsioonitehnoloogia Arenduskeskus
Tallinna Tehnikaülikool, Keemia ja biotehnoloogia instituut,
Toidutehnoloogia osakond

Eesti erinevate piirkondade meeproovide füüsikalis-keemiliste omaduste ja antibakteriaalsete, bioaktiivsete ja antioksüdantsete ühendite uuring

Aruanne

Tallinn 2017

Uuringu tellis Eesti Mesinike Liit. Töövõtuleping PR-13-D.3-1 21.11.16

Uuringu viisid läbi Toidu- ja Fermentatsioonitehnoloogia Arenduskeskus koostöös Tallinna Tehnikaülikooli keemia ja biotehnoloogia instituudi toidutehnoloogia osakonnaga.

Kontaktandmed: Toidu- ja Fermentatsioonitehnoloogia Arenduskeskus
Akadeemia tee 15A, 12618
Tallinn
www.tftak.eu

Tallinna Tehnikaülikool, Keemia ja biotehnoloogia instituut
Ehitajate tee 5, 19086
Tallinn
www.ttu.ee/instituut/keemia-ja-biotehnoloogia-instituut/

Sisukord

Uuringu eesmärk ja ülesanded 2
1. Meeproovid ja analüüsimeetodid 3
Analüüsimeetodid 3
2. Õietolmuanalüüs 5
3. Füüsikalis-keemilised kvaliteediparameetrid 9
4. Antibakteriaalsed, antioksüdantsed ja bioaktiivse toimega ühendid 15
Polüfenoolid ja flavonoidid 15
Dihüdroksüatsetoon ja metüülglüoksaal 23
Antioksüdantsus 23
Aminohapped 25
Terpeenid 28
5. Värvus 36
6. Mete füüsikalis-keemiliste omaduste ja koostise vahelised korrelatsioonid 38
7. Mete jaotumine Eesti erinevate piirkondade järgi 40
8. Mee liikide iseloomulikud omadused 41
Kokkuvõte 43
Kasutatud kirjandus 45

Uuringu eesmärk ja ülesanded

Käesoleva uuringu eesmärgiks oli määrata Eesti erinevatest maakondadest uuringuks kogutud 30-ne 2016.a. meeproovi füüsikalis-keemilised omadused ning antibakteriaalse, bioaktiivse ning antioksüdantse toimega põhiliste ühendite sisaldus.

Eesmärgi täitmiseks püstitati järgmised ülesanded:

1. Uurida laboratoorselt meeproovide füüsikalis-keemilisi põhinäitajaid ja hinnata nende vastavust Põllumajandusministri 20. novembri 2014.a määruses nr 104 „Mee koostis- ja kvaliteedinõuded ning toidualase teabe esitamise nõuded" esitatud mee kvaliteedinõuetele.

2. Uurida ja määrata meeproovides antibakteriaalse, antioksüdantse ja bioaktiivse toimega ühendite, sealhulgas flavonoidide ja fenoolühendite kvalitatiivset ja kvantitatiivset sisaldust.

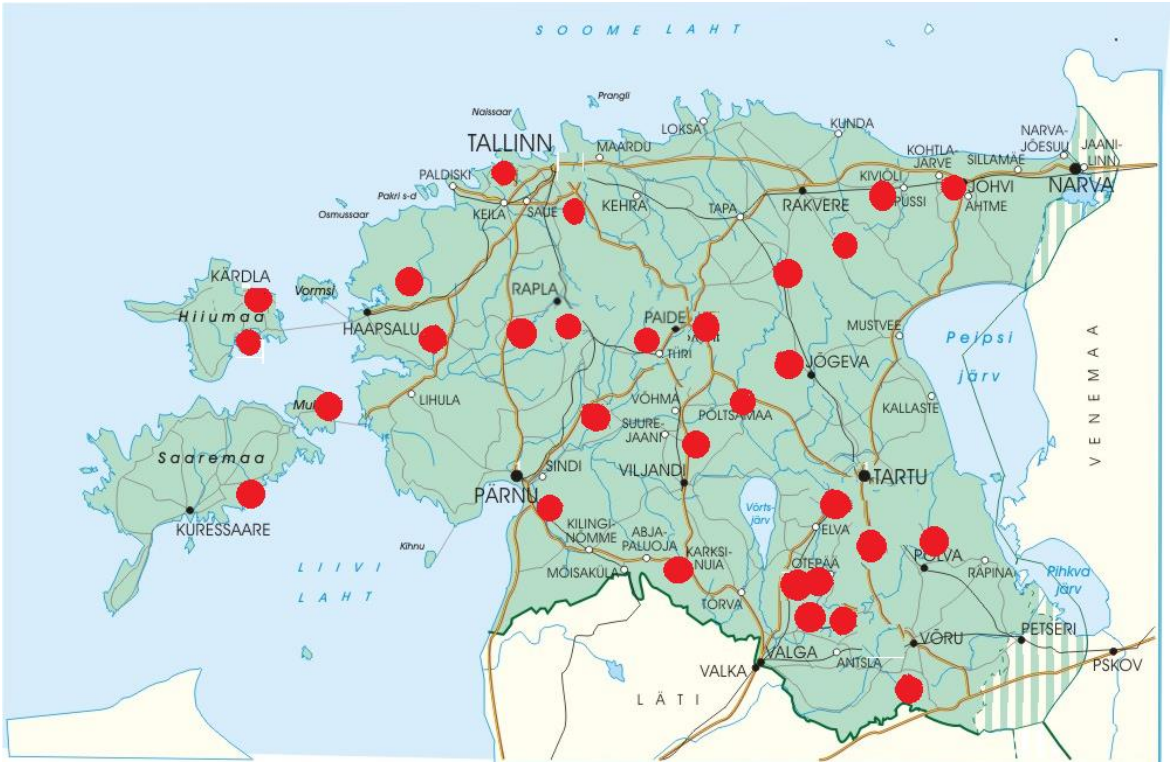
3. Analüüsi tulemuste põhjal hinnata võimalike antibakteriaalsete ühendite (nt. metüülglüoksaal ja dihüdroksüatsetoon) ja bioaktiivsete ühendite olemasolu ja hulka meeproovides.

4. Seoste loomiseks mees leitud antibakteriaalsete ja bioaktiivsete omaduste ning meeproovide botaanilise päritolu vahel teha meeproovide õietolmuanalüüs.

5. Uuringu tulemusi võrrelda andmete kättesaadavuse piires teiste lähipiirkonna maades, Euroopas või maailma teistes piirkondades läbi viidud analoogiliste mee koostise uuringute tulemustega.

1. Meeproovid ja analüüsimeetodid

Ajavahemikus 29.11.2016 – 06.01.2017 saadeti 30-st erinevast Eesti mesilast (joonis 1) 2016 aasta korjest meeproovid Toidu- ja Fermentatsioonitehnoloogia Arenduskeskusesse (TFTAK), kus need märgistati ja säilitati pimedas toatemperatuuril kuni analüüsimiseni.



Joonis 1. Analüüsitud meeproovide mesilate asukoht Eesti kaardil

Analüüsimeetodid

Mete õietolmuanalüüs ja füüsikalis-keemiliste omaduste (elektrijuhtivus, niiskus, diastaasi aktiivsus, vabade hapete sisaldus, invertaasi aktiivsus) määramine telliti OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskusest. Kuna seal ei määratud metes lehemee-elemente, siis kahe meeproovi (nr 28, 29) täiendav analüüs viidi läbi Tallinna Tehnikaülikooli keemia ja biotehnoloogia instituudi toidutehnoloogia osakonnas, kasutades Ricciardelli D'Albore (1997) meetodil ettevalmistatud preparaatide mikroskopeerimist valgusmikroskoobis.

Hüdroksümetüülfurfuraali (HMF), dihüdroksüatsetooni ja metüülglüoksaali sisalduste analüüs telliti Uus-Meremaa laborist Hill Laboratories, kus analüüsid viidi läbi ultra-kõrgsurvevedelikkromatograafia (UPLC) meetodil.

Mete polüfenoolide ja flavonoidide üldsisaldused, vesi- ja rasvlahustuvate antioksüdantide üldsisaldused ning värvus määrati Tallinna Tehnikaülikooli keemia ja biotehnoloogia instituudi toidutehnoloogia osakonnas. Polüfenoolide üldsisaldus määrati

spektrofotomeetriliselt Folin-Ciocalteau meetodil, mis oli kohandatud mee analüüsiks (Meda *et al.*, 2005). Mõõtmised viidi läbi lainepikkusel 760 nm, kasutades standardainena gallushapet.

Flavonoidide üldsisaldus määrati samuti spektrofotomeetriliselt (Bueno-Costa *et al.*, 2016), lainepikkusel 415 nm, kasutades standardainena kvertsetiini.

Mete vesi- ja rasvlahustuvate antioksüdantide üldsisaldus määrati fotokemoluminestsents-meetodil seadmega Photochem (Analytik Jena AG, Saksamaa) kasutades kommertsiaalseid reagendikomplekte ja Wesolowska & Dzugan (2017) meetodit. Vesilahustuvate antioksüdantide standardaineks kasutati askorbiinhapet ning rasvlahustuvate antioksüdantide standardaineks Troloxit.

Värvus määrati kolorimeetriga CM-700d (Konica Minolta, Jaapan) CIE*Lab* meetodil. Igast meeproovist määrati värviruumikoordinaadid (L* (heledus: 0-must, 100-valge), a* (+a punane, -a roheline) ja b* (+b kollane, -b sinine). Värvuse leidmiseks värvikoordinaatide järgi kasutati internetipõhist programmi (http://nixsensor.com/free-color-converter).

Mete suhkrute, polüfenoolide, aminohapete ja terpeenide sisaldused määrati Toidu- ja Fermentatsioonitehnoloogia Arenduskeskuses (TFTAK). Glükoosi, fruktoosi ja sahharoosi määramiseks kasutati LC-RI metoodikat Zorbax Carbohydrate Analysis (Agilent) kolonniga.

Polüfenoolide identifitseerimiseks mee proovidest kasutati TFTAK-is välja töötatud vedelik-kromatograafia-massispektromeetria (LC-MS) meetodit. Polüfenoolide ekstraheerimiseks meest kasutati sipelghappe puhvrit (pH<2) ja tahkefaasi ekstraktsiooni kolonne (Oasis HLB, Waters, USA) (Michalkiewicz et 2008).

Aminohapete sisalduse määramiseks kasutati firma Waters poolt välja töötatud LC-UV metoodikat (AccQ•Tag™ Ultra Derivatization Kit; Waters, USA). Antud metoodikaga määrati vabad aminohapped.

Terpeenide sisalduse määramiseks kasutati TFTAK-is välja töötatud gaasikromatograafia-massispektomeetria (GC-MS) meetodit. Terpeenide ekstraheerimiseks kasutati tahke faasi mikroekstraktsiooni (SPME) meetodit (30/50 µm DVB/Car/PDMS Stableflex 2 fiiber). Terpeenide lahutamiseks kasutati DB5-MS kolonni, 30 m× 0.25 mm × 1.0 µm (Restek, Bellefonte, PA) ning detekteerimiseks massispektomeetrit (Agilent 6890, USA) *Time-Of-Flight* (TOF) detektoriga. Ühendite suhtliseks kvantifitseerimiseks kasutati sisestandardit 2-kloro-6-metüülfenool.

Tulemuste graafiliseks visualiseerimiseks kasutati peakomponentide analüüsi (PCA) kasutades tarkvarasid Rstudio 1.0.136 (Boston, USA) ja Pythoni programmeerimise keskkonda JuPyTer koos andmeanalüüsi lisamoodulitega (Sklearn, Matplotlib, NumPy, Seaborn). Andmed normaliseeriti enne analüüsi läbi viimist.

2. Õietolmuanalüüs

Õietolmuanalüüsist (Tabel 1) selgub, et kogutud metes on ülekaalukalt esindatud ristõieliste (*Brassicaceae*) õietolmuterad, millele järgnevad roosõielised (*Rosaceae*), paju (*Salix*) ja valge ristik (*Trifolium repens*) (sh. mesikas (*Melilotus Alba*)), angervaks (*Filipendula*), paakspuu (*Frangula alnus*), tulikalised (*Ranunculus*), sarikalised (*Apiaceae*) ja muud liblikõielised (*Fabaceae*). Uuritud meed sisaldasid väga palju erinevaid korjetaimede liike ning enamus neist olid polüfloorsed meed.

Rist- ja roosõieliste õietolmu leidus kõikides uuritud meeproovides. Kõrge rapsi õietolmusisaldusega meteks võiks nimetada meesid nr. 7, 12 ja 27 mis sisaldasid üle 60% ristõieliste õietolmu (tõenäoliselt raps). Suure ristõieliste sisaldusega olid veel meed nr. 3, 13, 26 ja 30. Tagasihoidlikuks jäi roosõieliste õietolmu hulk metes. Kõige suurema roosõieliste õietolmu protsendiga (32%) oli mesi nr. 21.

Valge ristik või mesikas olid esindatud peaaegu kõigis meeproovides (v.a. mesi nr.5), mille suurimad sisaldused olid metel nr. 17 ja 19 (vastavalt 45% ja 53%).

Paju õietolm oli esindatud enamikes metes, üle 60% sisaldasid seda meed nr. 9 ja 25 (vastavalt 67% ja 61%). Kuna paju on aga nii nektaritaim kui tuultolmleja ning selle õietolmu sisaldus peaks mees olema vähemalt 70%, siis antud meesid ei saa siiski nimetada monofloorseteks meteks, vaid pigem suure paju õietolmu sisaldusega meteks.

Kanarbikulisi sisaldas kõige suuremal määral mesi nr. 17 (7%). Tegemist on pressitud meega ja seetõttu ei pruugi õietolmuspekter olla päris õige, kuna lisandub juurde suirast pärinev õietolm. Kuigi kanarbiku õietolm on ala-esindatud ning seda peaks olema vähemalt 10%, et selle mett nimetada monofloorseks, siis tuginedes antud mee organoleptilistele ja füüsikalis-keemilistele näitajatele uurimustöös, oli tegemist kanarbikumeega. Kõikidest uuritud metest sisaldas kanarbikuliste õietolmu vähesel määral veel viis mett (nr.1, 4, 15, 23 ja 28). Neist kaks mett pärinesid Raplamaalt, kaks Hiiumaalt ning üks Võrumaalt.

Paakspuu õietolmu sisaldasid kõikidest uuritud meeproovidest 11 mett, millest pooled pärinesid Läänemaalt, Hiiumaalt ja Saaremaalt. Suurima paakspuu õietolmusisaldusega oli mesi nr. 23 (29%) ning tuginedes selle organoleptilistele ja füüsikalis-keemilistele parameetritele nimetati seda paakspuumeeks. Teiste mete paakspuu õietolmusisaldus jäi alla 14%.

Võililles õietolmu sisaldus oli kõige suurem mees nr. 1 (4%). Tegemist oli ka varasuvise meega ning seda võib lugeda võililleemeeks. Võililles nektarieritus on tagasihoidlik ning õietolm võib olla ala-esindatud (Rohtla, 2001). Võililles õietolmu (1%) sisaldasid veel meed nr. 15 ja 25.

Pooltes uuritud metes leidus palju ka angervaksa õietolmu, kõige enam määrati seda metes nr.18 ja 19 (vastavalt 40% ja 22%).

Tabel 1. Õietolmu sisaldused meeproovides

	Meeproovi number																													
Korjetaimed	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
Ristõielised	8	23	55	29	31	41	69	35	4	33	18	65	57	5	46	26	9	10	11	36	18	5	1	22	19	54	62	15	37	59
Roosõielised	23	5	4	12	4	13	2	6	10	11	10	7	6	8	6	17	+	5	3	6	32	27	17	12	3	10	8	7	3	1
Valge ristik,mesikas	16	26	9	11		3	2	28	4	2	+	3	4	7	9	+	45	31	53	+	1	7	8	5	1	7	3	7	18	20
Aasristik, punane	+	+	+		+					2	1		3	+	2	2		1	+	4	+	2	+	5	1	7	+	3	4	7
Paju	25	29	22	22	34	27	14		67	33	55	13	22	58	15	26			1	37	22		10	16	61	6	17	57	13	+
Sarikalised	+	3	4	+		1	1	19	+	+		2	+	5	+	+	10	1	+	+	+	1	2	1			1	3	4	1
Paakspuu	2		+	2		+	2	1				+			+					4	6	14	29	5	+		1		+	1
Kanarbikulised	1	+		3	+	+	+								2		7						1			+	+	1		
Võililill	4	+		+						+			+	+	1					+		+			1		+			
Päevalill	+											+													+					
Ohakas													+		+		+	+							+	+			+	
Arujumikas			+	+						+							4	+	+			3					+		+	
Takjas								+									+										+			
Rukkililill	+	+			+		+						+		+										+		+	1	1	
Muud korvõielised	6	+	+	+	+	2	+	+			1	3	2	1	+	4	1	+				4	+		2	2	+	+		1

Korjetaimed	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
Meelespea				+														+		+		1	17	+						
Galeega	+	1	2					+			7		+	4	+				2		1			3					2	1
Hiirehernes	4	3	1		+	1	+	+		1	2	+	+		3	2	+	1	+	+	3			4	+		+	3	13	
Seahernes	+	+	+								+				+		2	2	+		+			3		+				+
Lutsern	+		+	+									+									+	+	+						
Muud liblikõielised	1	3		2			3	2	4				+			+	5	4	3		+	+	2	9		1	+	+	2	3
Vaher	2	+	+	+	3	1	+		4	2	3		+	4		5				+					3		2			
Hobukastan	1	+		+	+	2			+	+			+	+		+				+	3	6		1	+				+	
Ussikeel						+															+			6						
Harilik nõiahammas								+								+	+	1	+		+			+					+	
Põdrakanep																			+											+
Angervaks	1	+	+	11		+	+	6	2				+	+	+	3	10	40	22	1	1	7	8	5					+	2
Nelgiline				+	+																									
Liilialine	+			+	+											+				+	1									
Huulõieline	+	+	+			+	+	+				+					2			+				+						
Tatar	+														+	+								1						+
Sirel	+		+			+									+							+			+					

Korjetaimed	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
Tulikaline	+		+	2	+	2			1	13		+			8	6				5	5	9	1		3	8	+	+		
Tamm	+								2		+	+				1					4	1	+	+		+				
Pärn									+								1					+								
Kask	+	2	+		5	1	2			1	+	+	1	3	+	+				2	+	7			+		+	+		
Mänd				+		+				+		+			+	+									+	+		+		
Kuslapuu				+												2					+	+		+		+			+	
Kõrreline	+	+			+			+				+						+	+					+		+				+
Lõikhein	+	+	+		+		+				+											+		+		1				
Kannike										+					+						+				+					
Kadakas																					+	+		+						
Oblikas				+																			+							
Jalakas					+						+				+	1	+		+	+		+	1		+	+	+	+		+
Tundmatu	+	+	+	+	+	+	+	+	1			+		1																

Meed nr. 28 ja 29 on õietolmuanalüüsi järgi küll polüfloorsed meed, kuid sisaldasid palju mesikaste ja lehemee elemente ning neid võiks nimetada lehe- ja õiemee segumeteks.

Tatra õietolmu sisaldas mesi nr. 24 (1%). Teistest metes see puudus või esinesid üksikud õietolmuterad. Ka vähene tatra õietolmu sisaldus metes võib muuta mee omadusi.

3. Füüsikalis-keemilised kvaliteediparameetrid

Mee füüsikalis-keemiliste kvaliteedinäitajate kohta on seadusega kehtestatud piirnormid, et vältida mee võltsimist ning tagada usaldusväärne meetoodang turul (2001/110/EC; VV määrus 41):

Füüsikalis-keemiline kvaliteediparameeter	**Seadusega ettenähtud piirnorm**	**Kvaliteetmee piirnorm**
Fruktoosi- ja glükoosisisaldus [1]	õiemees vähemalt 60 g/100 g	
Sahharoosisisaldus [2]	kuni 5 g/100 g	
Niiskussisaldus [3]	kuni 20%	kuni 18.5%
Elektrijuhtivus [4]	õiemees kuni 0.8 (mS/cm)	
Vabad happed	kuni 50 mEKV/kg	
Diastaasiaktiivsus [5]	üle 8	üle 10
Hüdroksümetüülfurfuraal (HMF) [6]	kuni 40 mg/kg	kuni 15 mg/kg

1- lehemees ja lehemee ning õiemee segus vähemalt 45 g/100g
2- harilikust robiiniast, lutsernist, banksiast, magusristikust, eukalüptist või tsitrusest saadud mees kuni 10 g/100g; lavendlist või harilikust kurgirohust saadud mees kuni 15 g/100g.
3- kanarbikumees kuni 23%
4- lehemees ning kastanimees ning nende segus vähemalt 0.8 mS/cm; välja arvatud harilikust maasikapuust, eerikast, eukalüptist, pärnast, kanarbikust, lõunamürdist ja melaleukast saadud mees.
5- looduslikult vähese ensüümi sisaldusega mees nagu tsitrusemesi, peab diastaasarv olema vähemalt 3.
6- erand on tsitrusemeele, mille HMF sisaldus võib olla kuni 15 mg/kg ning troopilise kliimaga piirkondadest pärit meele ja selle segudele, kus HMF sisaldus võib olla kuni 80 mg/kg.

Uuritud mete füüsikalis-keemilised parameetrid on välja toodud tabelis 2.

Mee niiskussisaldus (%) varieerub tavaliselt vahemikus 15-21%, sõltuvalt mee botaanilisest päritolust, küpsusastmest, töötlemisest ja säilitustingimustest. Niiskussisaldus on üks olulisemaid omadusi, mis mõjutab mee viskoossust, kristalliseerumist, säilivust, maitset, aroomi, värvust, lahustuvust. Kui mee niiskussisaldus on üle 20%, võivad hakata toimuma käärimisprotsessid (da Silva *et al.,* 2016).

Uuritud mete niiskussisaldused varieerusid vahemikus 15.6 kuni 20.9% ning keskmine tulemus oli 18.8%. Kvaliteetmee piirnormide alla kuulusid 14 mett. Veidi üle 20%-line niiskussisaldus esines neljal meel (nr. 10, 14, 25, 26). Kõrgem tulemus oli ka kanarbikumeel (20.4%), mis aga vastas normidele, jäädes alla 23%.

Elektrijuhtivus (mS/cm) näitab mee omadust juhtida elektrivoolu, mis on otseses sõltuvuses lahuses olevate ioonide ja mineraalainete kontsentratsiooniga (A-Rahaman *et al.,* 2013) ning orgaaniliste hapete ja valkudega (Petretto *et al*., 2015). Mida suurem on nende sisaldus, seda suurem on ka elektrijuhtivus (Kaškoniene *et al.,* 2010b). Elektrijuhtivuse määramisega eristatakse õiemett lehemeest. Lehemee elektrijuhtivus on suurem kui õiemeel (vähemalt 0.8 mS/cm), lehe- ja õiemeesegudel 0.51-0.79 mS/cm ning puhastel õiemetel 0.15-0.50 mS/cm. Kuid erandiks on mõned õiemeed, mille elektrijuhtivus on kõrgem (näiteks kanarbiku-, manuka-, teepuu-, eukalüptimesi) ning seetõttu pelgalt elektrijuhtivuse järgi ei saa mee botaanilist päritolu kindlaks määrata (Rouff, 2006).

Elektrijuhtivuse järgi osutusid kõik uuritud meed õiemeteks (<0.8 mS/cm). Keskmiseks elektijuhtivuse väärtuseks oli 0.39 ± 0.16 mS/cm. Kõige kõrgemad elektrijuhtivuse väärtused olid kanarbiku- ja paakspuumeel (0.73 mS/cm ja 0.75 mS/cm). Kanarbikumeel on tavaliselt nektarimetest üks kõrgemaid elektrijuhtivuse väärtuseid, kui mitte arvesse võtta kastanimett, mille väärtus on veel suurem. Kanarbikumee elektrijuhtivus võib olla isegi kõrgem kui 0.8 mS/cm, kuid keskmiseks on leitud 0.73 mS/cm (Persano Oddo *et al.,* 2004), nagu ka antud uurimustöö puhul. Erinevate uuringute põhjal on kanarbikumete elektrijuhtivuse väärtuseks saadud Soome metes 0.65 mS/cm ja 0.73-1.21 mS/cm (Salonen, 2011; Salonen *et al*., 2017), Kreeka metes 0.61 ja 0.76 mS/cm (Pasias *et al*.,2017) ning Eesti metes 0.4 ja 0.60 mS/cm (Kivima *et al*., 2014). Mida suurem on mee elektrijuhtivuse väärtus, seda suurem on ka tema mineraalainete sisaldus (Kivima *et al*., 2014; da Silva *et al*, 2016; Salonen *et al*., 2017).

Uuritud polüfloorsete mete elektrijuhtivuse keskmiseks väärtuseks saadi 0.35 mS/cm, mis on väiksem kui Kreekas ja Soomes uuritud polüfloorsete mete keskmised 0.54 mS/cm ja 0.46 mS/cm (Pasias *et al*., 2017; Salonen *et al*., 2017). Leedus uuritud mete elektrijuhtivused jäid vahemikku 0.52- 0.85 mS/cm (Kaškoniene *et al*., 2010a).

Soome (Salonen, 2011) võililleme elektrijuhtivus (0.27 mS/cm) jäi poole väiksemaks Eesti võililleme omast (0.54 mS/cm), mis võis olla tingitud ka viimase suuremast võilille õietolmu sisaldusest, kuid uuemates Soome mete uuringutes on võililleme elektrijuhtivuste keskmisteks väärtusteks saadud 0.53 mS/cm (Salonen *et al*., 2017).

Kõrge rapsi õietolmusisaldusega mete elektrijuhtivuse väärtuseks antud töös saadi 0.30 mS/cm, mis on sarnane Leedu ja Soome metega: 0.13-0.58 mS/cm ja 0.19-0.26 mS/cm (Kaškoniene *et al*., 2010a; Salonen *et al*., 2017), kuid on suurem 2010 aastal kogutud Eesti rapsimetest (0.13 mS/cm) (Kivima *et al*., 2014). Suure paju õietolmusisaldusega mete elektrijuhtivused antud töös olid 0.26 mS/cm ja 0.31 mS/cm, mis on madalamad Leedu pajumetest (0.39-0.89 mS/cm) (Kaškoniene *et al*., 2010a), kuid samas kõrgemad Soome

pajumeest (0.19 mS/cm) (Salonen *et al*., 2017).

Tabel 2. Meeproovide füüsikalis-keemilised parameetrid

Mee nr.	El.juhtivus (mS/cm)	Niiskus (%)	Invertaasi akt.(U/kg)	Vabad h. (mmol/kg)	Diastaasi aktiivsus	HMF (mg/kg)
1	0.54	18.2	188.0	17	32.2	3.7
2	0.40	19.8	126.0	40	33.8	6.8
3	0.30	16.8	133.0	20	29.2	8.4
4	0.56	20.0	206.0	35	48.6	6.1
5	0.26	20.0	124.0	18	22.0	5.0
6	0.35	15.6	132.0	21	26.0	7.2
7	0.36	19.1	167.0	26	34.4	8.2
8	0.22	18.0	199.0	25	40.8	6.9
9	0.26	19.5	50.6	38	19.6	19.5
10	0.21	20.3	118.0	16	21.6	6.0
11	0.23	19.8	114.0	22	26.3	11.5
12	0.25	18.3	93.5	20	22.5	8.9
13	0.27	16.4	63.9	18	21.1	11.8
14	0.48	20.4	168.0	25	24.6	5.0
15	0.41	19.1	153.0	27	30.9	6.5
16	0.19	17.4	82.8	12	17.7	9.1
17	0.73	20.4	114.0	39	58.8	7.8
18	0.23	18.5	74.1	21	25.6	9.2
19	0.32	19.3	119.0	23	24.9	7.2
20	0.37	17.6	184.0	16	28.1	5.6
21	0.65	17.8	182.0	23	22.5	9.4
22	0.52	18.2	102.0	20	15.4	5.1
23	0.75	15.6	168.0	14	21.1	6.5
24	0.66	19.9	172.0	31	39.1	9.2
25	0.31	20.7	145.0	23	26.4	8.4
26	0.28	20.9	124.0	17	16.0	5.9
27	0.29	20.0	189.0	21	25.4	7.8
28	0.49	18.3	50.4	43	35.5	5.9
29	0.49	18.9	231.0	35	36.2	10.0
30	0.20	19.2	228.0	23	37.1	3.5
Keskm.	0.39	18.80	140.04	24.30	28.78	7.74
SD	0.16	1.45	49.80	8.23	9.66	3.02
Vahemik	0.19-0.75	15.6-20.9	50.4-231.0	12-43	15.4-58.80	3.5-19.5

Vabade hapete sisaldus (mmol/kg) on oluline parameeter, mis on seotud mee kvaliteedi langusega. Indikaatori suurenemine näitab suhkrute käärimist orgaanilisteks hapeteks ja mee kvaliteedi langust (da Silva *et al.,* 2016). Uuritud mete vabade hapete sisaldused varieerusid vahemikus 14 kuni 43 mmol/kg (keskmine 24.39 mmol/kg) ning vastasid nõuetele.

Invertaasi- ja diastaasiaktiivsused on mee värskuse indikaatoriks. Mida suurem on nende aktiivsus, seda värskem on mesi ning seda vähem on tehtud vigu mee kuumutamisel. Aja

jooksul ning kuumutamisel üle 60°C ensüümiaktiivsus mees langeb (Pita-Calvo *et al.,* 2017; da Silva *et al.,* 2016). Kuigi Eestis ei ole mee invertaasiaktiivsus normeeritud, on soovitatavaks värske kuumutamata mee invertaasiarvuks vähemalt 50 U/kg. Erinevalt diastaasist inaktiveerub invertaas kiiremini, reageerides ka juba nõrgale kuumutamisele (Liitmaa ja Sõukand, 2009). Ensüümide aktiivsused sõltuvad ka mesilaste vanusest, nektari kogumise perioodist ja juurdevoolu kiirusest, keskkonnatingimustest ja mesinike oskustest. Nektari kiire juurdevoolu tõttu ensüümide aktiivsused vähenevad (Pasias *et al.,* 2017). Madalama ensüümi sisaldusega meed on toodetud varakevadistest nektaritest, millel on madal nektari kontsentratsioon ja kõrgem suhkru sisaldus (da Silva *et al.,* 2016).

Uuritud mete invertaasiaktiivsus (U/kg) varieerus vahemikus 50.40 kuni 231. Keskmiseks invertaasiaktiivsuseks saadi uuritud metel 140.04 U/kg. Katsetulemuste põhjal võib järeldada, et tegemist oli värskete, kuumutamata metega. Invertaasiaktiivsus võib mees olla suure variatiivsusega, eriti suvistes metes (Liitmaa ja Sõukand, 2009).

Sarnaselt invertaasiaktiivsusele, võib ka diastaasiaktiivsus olla erinevates metes väga varieeruv (Liitmaa ja Sõukand, 2009). Uuritud Eesti mete diastaasiaktiivsus jäi vahemikku 15.40 kuni 58.80, millest kõrgeim väärtus kuulus kanarbikumeele nr. 17. Kõik uuritud meed vastasid diastaasiaktiivsuse osas kvaliteetmee normidele.

Madalama invertaasi ja diastaasi aktiivsuse väärtusega (50.6 U/kg ja 19.6) oli mesi nr. 9, kuid vastas siiski kehtestatud kvaliteedinõuetele. Madalam invertaasi aktiivsus oli ka meel nr. 28 (50.4 U/kg).

Aldehüüdide hulka kuuluv **hüdroksümetüülfurfuraal** (5-HMF) on üks olulisemaid mee kvaliteedi näitajaid, viidates mee värskusele – mida väiksem on selle ühendi kontsentratsioon, seda kvaliteetsem ja värskem on mesi. Kuumutamisel ja pikaajalisel säilitamisel 5-HMF kontsentratsioon suureneb, näidates mee kvaliteedi halvenemist. Ensüümiaktiivsuse ja 5-HMF sisalduse vahel esineb negatiivne korrelatsioon (Pita-Calvo *et al.,* 2017). See ühend moodustub mees monosahhariidide happekatalüüsitud lagunemisel, samuti Maillardi reaktsioonis (da Silva *et al.,* 2016). Värskes kuumutamata mees 5-HMF peaaegu puudub (1 – 5 mg/kg) (Liitmaa ja Sõukand, 2009).

Uuritud mete HMF sisaldused jäid alla 15 mg/kg, mistõttu osutusid kõik meed kvaliteetmeteks.

Peamised mees leiduvad **suhkrud** on glükoos ja fruktoos ning palju väiksemates kontsentratsioonides leidub metes disahhariide ja teisi suhkruid (da Silva *et al*., 2016). Suhkrute sisaldus sõltub mee botaanilisest päritolust ning peaaegu kõigis meetüüpides domineerib fruktoos. Keskmine fruktoosi ja glükoosi suhe mees on 1.2:1 ning see aitab hinnata mee kristalliseerumist, sest glükoos lahustub halvemini vees kui fruktoos (da Silva *et al*., 2016). Ainult mõned meed, nagu rapsi- ja võililleemeed, sisaldavad rohkem glükoosi (Crane, 1980) ning need kristalliseeruvad ka kiiremini (Escuredo *et al*. 2013).

Lisaks glükoosile ja fruktoosile on oluline ka sahharoosi sisaldus, mis näitab ära mee küpsuse. Suur sahharoosi sisaldus võib viidata mee võltsingule (suhkru lisamine) või liiga pikaajalisele mesilaste toitmisele suhkrusiirupiga, samuti küpsemata mee vurritamisele, milles sahharoos ei ole veel jõudnud laguneda glükoosiks ja fruktoosiks. Sellest tulenevalt ei tohiks sahharoosi sisaldus mees olla üle 5 g/100g (da Silva *et al*., 2016).

Glükoosi ja fruktoosi sisaldus ning nende omavaheline suhe (F/G) on üks mee botaanilise päritolu näitajaks, kus õiemete fruktoosi ja glükoosi suhe on keskmiselt 1, samas kui lehemeel on 1.5 kuni 2 (Gleiter *et al*., 2006). Rapsi F/G võib jääda tavaliselt ka alla 1 (Kivima *et al*., 2014). Mee kvaliteedi indikaatoritena saab kasutada ka glükoosi ja fruktoosi summat ning glükoosi ja vee suhet (G/W) (da Silva *et al*., 2016).

Suhkrute sisalduse poolest vastasid uuritavad meed kvaliteedinormidele, kus fruktoosi ja glükoosi sisaldus kokku oli üle 60 g/100g (Tabel 3). Kõikides metes oli fruktoosi sisaldus (keskm. 39.44 g/100g) glükoosi sisaldusest (keskm. 34.83 g/100g) kõrgem. Erandiks mesi nr.5. Sahharoosi täpset sisaldust ei õnnestunud määrata, kuna see jäi kõikides proovides alla metoodika määramispiiri (2 g/100g kohta), jäädes seadusega etteantud piirnormidesse (5g/100g).

Fruktoosi/glükoosi suhte (F/G) järgi võib järeldada, et uuritavate proovide puhul on tegemist õiemetega, sest nende väärtus on 1 või veidi rohkem. Teistest metest märgatavalt kõrgemat F/G väärtust (1.41 ja 1.39) omavad meed nr. 22 ja 23, kus esimene sisaldab loetud õietolmu teradest enim hobukastanit (6%) ja vähesel määral paakspuud ning teine kõige rohkem paakspuud (29%). Kanarbikumee (nr. 17) F/G on veidi madalam (1.27). Itaalia ja Soome kanarbikumee fruktoosi/glükoosi suhteks on saadud vastavalt 1.26 ja 1.32 (Persano Oddo *et al*., 2004; Salonen *et al*., 2017). Uuritud lehe- ja õiemeesegude (nr. 28 ja 29) fruktoosi/glükoosi suhe on 1.15, mis on madalam Itaalia, Hispaania või Soome lehemete omast (F/G-1.25; 1.28 ja 1.20) (Persano Oddo *et al*., 2004; Manzanares *et al*., 2011; Salonen *et al*., 2017).

Leedu uuringutes on saadud suure paju õietolmu sisaldusega (55-92%) metel fruktoosi sisalduseks 32.92-38.88 g/100g ning glükoosi sisalduseks 35.27-42.29 g/100g (F/G 0.78-1.10) (Kaškoniene *et al*., 2008a). Uuritud Eesti metel (paju õietolmu sisaldus kõrgem kui 50%) on fruktoosi ja glükoosi sisaldus vastavalt 36.5-46.4 g/100g ja 32.6-37.9 g/100g (F/G 0.99-1.22). Eesti mete fruktoosi/glükoosi suhe on kõrgem, mis võib olla tingitud ka muude taimede õietolmu ja nektari olemasolust. Soome pajumee fruktoosi ja glükoosi sisalduseks on saadud vastavalt 39.6 g/100g ja 31.3 g/100g (Salonen *et al*., 2017).

Tabel 3. Suhkrute sisaldus mees (g/100g), F-fruktoos, G-glükoos

Mee nr.	Fruktoos	Glükoos	F+G	F/G	Sahharoos
1	38.0	35.7	73.8	1.07	< 2
2	36.5	34.8	71.3	1.05	< 2
3	38.1	33.1	71.2	1.15	< 2
4	37.8	32.1	69.9	1.18	< 2
5	37.3	37.8	75.1	0.99	< 2
6	39.2	34.0	73.2	1.15	< 2
7	38.5	35.4	73.9	1.09	< 2
8	39.8	36.2	76.0	1.10	< 2
9	36.8	35.6	72.4	1.03	< 2
10	38.7	36.4	75.1	1.06	< 2
11	36.5	35.3	71.8	1.04	< 2
12	39.2	36.9	76.1	1.06	< 2
13	38.3	35.5	73.7	1.08	< 2
14	38.4	33.0	71.5	1.16	< 2
15	37.8	32.9	70.7	1.15	< 2
16	38.8	35.4	74.2	1.09	< 2
17	39.7	31.6	71.3	1.26	< 2
18	39.5	37.0	76.4	1.07	< 2
19	37.5	36.8	74.3	1.02	< 2
20	38.4	34.2	72.6	1.12	< 2
21	38.5	30.2	68.7	1.28	< 2
22	41.1	29.2	70.3	1.41	< 2
23	41.5	29.9	71.4	1.39	< 2
24	44.5	37.4	81.9	1.19	< 2
25	46.4	37.9	84.2	1.22	< 2
26	44.9	39.7	84.6	1.13	< 2
27	45.9	36.9	82.9	1.24	< 2
28	37.6	32.6	70.2	1.15	< 2
29	37.4	32.6	70.0	1.15	< 2
30	40.7	38.8	79.5	1.05	< 2
Keskm.	39.44	34.83	74.27	1.14	
SD	2.70	2.66	4.36	0.10	
Vahemik	36.5-46.4	29.2-39.7	68.7-84.6	1.0-1.4	

Leedu polüfloorsete mete fruktoosi sisalduseks on saadud 32.9-40.0 g/100g ja glükoosi 34.6-42.6 g/100g (Kaškoniene *et al.*, 2010a). Teises Eesti metega tehtud uuringus leiti, et metes domineeris fruktoos keskmisega 36.53 g/100g ning glükoosi keskmiseks saadi 34.79 g/100g (Kivima *et al.*, 2014). Šveitsi uuringutes on fruktoosi ja glükoosi vastavateks sisaldusteks saadud 32.3-41.0 g/100g ja 26.2-40.0 g/100g, millest madalaimad glükoosi väärtused olid kanarbikumeel ning kõrgeimad rapsi- ja võililleme tel (Ruoff, 2006).

4. Antibakteriaalsed, antioksüdantsed ja bioaktiivse toimega ühendid

Polüfenoolid ja flavonoidid

Mesi sisaldab umbes 0.1-0.5% fenoolseid ühendeid, mis annavad meele antioksüdantsed, antibakteriaalsed ja antikantserogeensed omadused (Ferreira *et al.,* 2009). Mees sisalduvad polüfenoolid on flavonoidid ja fenoolhapped ning need kanduvad mette nektarikorje ajal korjetaime nektarist ja õietolmust (Alvarez-Suarez *et al.,* 2013; Escuredo *et al.,* 2013), mistõttu kasutatakse neid floraalsete markeritena mee botaanilise päritolu kindlakstegemisel (da Silva *et al.,* 2016). Flavonoidid on põhilised mees leiduvad funktsionaalsed ühendid, mis moodustavad polüfenoolide üldsisaldusest keskmiselt 2-10% (Pita-Calvo *et al.,* 2017) ning mis oluliselt mõjutavad antioksüdatiivsust, omades inimese tervisele palju kasu (da Silva *et al*., 2016). Põhilised mees leiduvad fütokemikaalid on flavonoidid (apigeniin, krüsiin, galangiin, hesperetiin, kemferool, luteoliin, müritsetiin, pinobanksiin, pinotsembriin, kvertsetiin, tritsetiin) ja fenoolhapped (kohv-, klorogeen-, kumaar-, feerula-, gallus-, protokatehool-, sirel- ja vanillhapped) ning nende derivaadid (Campone *et al*., 2014). Mõned fenoolsed ühendid on iseloomulikud ainult monofloorsetele metele ning nende määramist on kasutatud näiteks kanarbiku-, kastani-, eukalüpti-, rapsi- ja pärnaõiemee botaanilise päritolu kindlakstegemisel (Karoui *et al*., 2007). Kanarbikumetele on iseloomulik kõrgem fenoolsete ühendite derivaatide sisaldus ja madalam flavonoidide sisaldus (Jasicka-Misiak *et al*., 2012).

Flavonoide võib mette üle kanduda ka taruvaigust, mis sisaldab flavonoide kuni 10% ning peamisteks flavonoidideks taruvaigus on galangiin ja pinotsembriin (Deadman, 2009). On leitud, et mee kuumutamisel galangiini, kemferooli ja müritsetiini kontsentratsioon väheneb (da Silva *et al*., 2016).

Kanarbiku-, tatra- ja lehemeed on värvuselt tumedamad ja kõrgema polüfenoolide üldsisaldusega ning rapsi-, pärna-, ja robiiniamesi on värvuselt heledamad ning madalama polüfenoolide üldsisaldusega (Jaskiewiez *et al.*, 2013). Lehemee polüfenoolide ja flavonoidide sisaldus on tavaliselt suurem polüfloorsete mete vastavatest väärtustest (Pita-Calvo *et al*., 2017; Meda *et al*., 2005; Wilczynska, 2014).

Kõikide uuritud mete polüfenoolide keskmine sisaldus oli 41.95±13.77 mgGAE/100g (Tabel 4), varieerudes vahemikus 26.15 kuni 88.70 mgGAE/100g (GAE-gallushappe ekvivalent). Flavonoidide keskmine üldsisaldus oli 3.46±1.05 mgQE/100g, varieerudes vahemikus 1.86 kuni 6.35 mgQE/100g (QE – kvertsetiini ekvivalent). Mõlema ühendi sisaldused erinevates metes varieerusid enam kui kolmekordselt. Kõige kõrgema polüfenoolide väärtusega meed olid mesi nr. 17 (kanarbiku) (88.70 mgGAE/100g) ja meed nr. 28 ja 29 (lehe- ja õiemeesegud) (68.57 mgGAE/100g ja 56 mgGAE/100g). Üldiselt võib väita, et kõrgema polüfenoolide sisalduse korral oli ka kõrgem flavonoidide sisaldus metes.

Tabel 4. Polüfenoolide, flavonoidide, antioksüdantide, dihüdroksüatsetooni ja metüülglüoksaali sisaldused mees

Mee nr.	Polüfenoolide üldsisaldus (mgGAE/100g)	Flavonoidide üldsisaldus (mgQE/100g)	Vesilahustuvad antioksüdandid (mgAAE/100g)	Rasvlahustuvad antioksüdandid (mgTE/100g)	Dihüdroksü-atsetoon (mg/kg)	Metüül-glüoksaal (mg/kg)
1	37.49	3.00	84.49	23.87	< 11	< 6
2	53.61	3.42	118.41	31.17	< 11	< 6
3	38.31	3.23	65.15	20.10	< 11	< 6
4	53.91	3.53	55.49	17.35	< 11	< 6
5	28.26	2.53	37.83	18.42	< 11	< 6
6	41.11	3.12	55.99	20.11	< 10	< 5
7	50.39	4.28	200.37	40.72	< 11	< 6
8	28.81	1.86	81.37	16.47	< 11	< 6
9	34.78	3.27	66.52	16.85	< 10	< 5
10	27.94	3.10	76.96	17.20	< 11	< 6
11	30.89	3.05	96.78	20.48	< 11	< 6
12	35.23	2.77	84.84	18.16	< 11	< 6
13	29.76	2.07	78.43	18.07	< 10	< 5
14	49.04	3.94	140.64	31.47	< 11	< 6
15	48.42	3.17	135.26	27.03	< 11	< 6
16	26.15	2.43	69.16	19.40	< 11	< 6
17	88.70	6.35	245.29	60.73	< 11	7
18	33.70	3.45	86.97	20.71	< 11	< 6
19	40.34	3.34	113.89	21.39	< 10	< 5
20	38.67	3.01	87.46	17.78	< 11	< 6
21	52.64	4.25	105.87	22.81	< 10	< 5
22	40.16	3.83	85.66	14.40	< 11	< 6
23	46.43	4.22	81.98	16.60	< 11	< 6
24	50.72	5.68	176.90	31.91	< 11	< 6
25	35.63	2.82	105.36	25.23	< 11	7
26	30.82	2.43	138.25	27.68	< 11	< 6
27	34.69	2.69	96.64	22.81	< 11	< 6
28	68.57	5.32	299.31	32.55	< 11	< 6
29	56.48	4.94	311.16	37.00	< 11	< 6
30	26.75	2.57	73.75	17.10	< 11	< 6
Keskm.	43.49	3.46	115.21	24.19		
SD	11.93	1.05	67.94	9.61		
Vahemik	26.15-88.70	1.86-6.35	37.83-311.16	14.40-60.73		

GAE – gallushappe ekvivalent, QE – kvertsetiini ekvivalent, AAE – askorbiinhappe ekvivalent, TE – Trolox ekvivalent

Erinevatel meesortidel võivad polüfenoolide sisaldused varieeruda:
tatramesi 177±79.4; 121.86 või 111.3 mgGAE/100g (Poola: Wilczyńska, 2014; Kowalski, 2013; Kuś *et al*., 2014), manukamesi 52.63-89.9 mgGAE/100g (Alzahrani *et al*., 2012; Moniruzzaman *et al*., 2013), 43.12-193.39 mgGAE/100g (Brasiilia: Bueno-Costa *et al*., 2016), akaatsiamesi 38.29 mgGAE/100g (Poola: Kowalski, 2013), 44.8 mgGAE/100g (Sloveenia: Bertoncelj *et al*., 2007), pärnaõiemesi 69.11 mgGAE/100g (Poola: Kowalski, 2013), ananassimesi 27.75 mgGAE/100g (Kishore *et al*., 2011), lehemesi 109 mgGAE/100g (Poola: Kowalski, 2013), 114 mgGAE/100g (Lääne-Aafrika: Meda *et al*., 2005), kastanimesi 199.9 ±34.1 mgGAE/100g (Sloveenia: Bertoncelj *et al*., 2007).

Eesti kaubandusvõrgust ostetud manukamee polüfenoolide ja flavonoidide väärtuseks saadi vastavalt 63.43 mg/100g ning 11.02 mg/100g (Valgepea, 2017; Järvela, 2017). Uus-Meremaal uuritud manukamee polüfenoolide üldsisalduse väärtuseks on saadud 90.3-270.6 mg/100g (Stephens *et al*, 2010).

Ristõieliste sisaldusega meed ei andnud nii kõrgeid polüfenoolide ja flavonoidide sisaldusi kui kanarbiku ja paakspuu õietolmu sisaldavad meed. Kõrge rapsiõietolmu sisaldusega metes oli keskmine polüfenoolide üldsisaldus 41.10 mgGAE/100g, mis on sarnane Poola rapsimee keskmisega 47.5 mgGAE/100g (Wilczyńska, 2014). Tšehhist ja Poolast pärit rapsimete polüfenoolide sisalduseks on saadud keskmiselt 10.41 mgGAE/100g ja 18.3 mgGAE/100g, mis on kõvasti madalam kui Eesti metel (Lachman *et al*., 2010; Kuś *et al*., 2014). Tšehhi rapsimete keskmine flavonoidide sisaldus oli samuti madalam 0.59 mgQE/100g (Lachman *et al*., 2010).

Uuritud kõrge paju õietolmusisaldustega mete (nr. 9 ja 25) keskmised polüfenoolide üldsisaldused (34.78 ja 35.63 mgGAE/100g) sarnanesid rapsimete ja enamike segumete omadega. Poola pajumete polüfenoolide üldsisalduseks on saadud 28.8 mgGAE/100g (Jerković *et al*., 2014b).

Kanarbikumee polüfenoolide üldsisaldus oli 88.70 mgGAE/100g, mis on kõrgem võrreldes Poola tulemustega (30.6 mgGAE/100g) (Kuś *et al*., 2014) ning madalam teisest Poola uuringust saadud kanarbikumete keskmisest (155 mgGAE/100g) (Wilczyńska, 2014). Kõige kõrgem oli uuritud Eesti metest ka kanarbikumee flavonoidide üldsisaldus (6.35 mgQE/100g) ning sarnased väärtused on saadud ka Hispaanias, kus keskmiseks väärtuseks oli 6.0±1.4 mgQE/100g (Escuredo *et al*., 2013).

Lisaks polüfenoolide ja flavonoidide üldsisaldustele meeproovides identifitseeriti mees leiduvad polüfenoolid ja määrati nende massispektri signaalide intensiivsused, mille järgi võib kaudselt hinnata uuritavate ühendite sisaldust meeproovides (tabel 5). Kõige kõrgema intensiivsusega esinesid mees abstsiishape ja selle derivaat, kohvhape ja kumaarhape. Samuti näitasid kõrgemat intensiivsust ka šikiimhape, 4-hüdroksübensoehape, transfeerulahape ja selle derivaat, salitsüülhape, kvertsetiin ja kemferool.

Tabel 5. Mete (nr 1-15) polüfenoolide intensiivsused, kus punane: üle 10000, oranž: 5000-10000, tumekollane: 1000-5000, helekollane: 100-1000 ja valge: alla 100. (D1-D3 on erinevate polüfenoolide derivaadid, mis omavad küll sama molekulmassi kui aine, mille derivaadid nad on, aga on erineva retentsiooniajaga).

Mee nr.	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
Šikiimhape D1	1 300	3 800	2 000	4 000	1 300	2 700	3 200	2 800	3 800	2 600	3 400	2 800	2 200	1 900	3 300
Gallushape D1	100	100	100	200	100	100	100	100	100	100	400	100	100	100	200
Protokatehoolhape	200	900	600	400	100	1 200	300	200	200	200	300	500	300	600	400
Protokatehoolhape ja genestiin D1	100	0	100	600	200	300	200	200	100	200	200	600	600	900	1 100
Klorogeenhape	1 000	400	500	400	100	1 000	200	300	300	400	200	600	500	1 300	500
Klorogeenhape D1	100	600	0	2 200	200	800	300	1 200	100	100	100	0	200	200	2 400
Katehiin	0	0	0	0	0	100	0	0	0	100	100	0	0	100	0
4-hüdroksübensoe hape	700	1 600	1 300	2 400	1 000	1 000	2 000	1 000	1 400	1 300	2 100	1 300	1 200	1 100	3 400
Genestiinhape	100	100	0	100	0	100	100	100	100	0	100	100	0	100	100
Kohvhape	1 400	1 200	1 200	1 400	1 000	3 100	1 200	1 400	1 400	1 100	1 400	1 400	1 300	2 000	2 200
Kohvhape D1	4 500	5 100	3 800	4 600	3 900	5 300	5 900	18 900	6 600	7 300	4 700	3 100	3 700	2 600	3 000
Kumaarhape	6 500	5 000	4 700	4 500	3 900	3 600	4 600	4 600	4 300	4 000	3 500	4 000	1 000	6 100	6 100
Kumaarhape D1	600	700	600	900	600	700	1 000	700	700	1 100	1 100	800	1 000	1 400	1 700
Transfeerulhape	2 200	2 500	2 500	2 400	2 000	1 800	2 400	2 400	1 900	1 700	1 800	1 900	1 800	2 800	2 800
Trans feerulhape D1	700	600	500	700	600	800	200	700	600	0	1 200	1 000	1 200	1 200	900
Müritsetiin	300	200	200	1 100	200	400	300	200	500	200	600	300	200	200	1 000
Moriin	100	100	100	100	200	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Mee nr.	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
Salitsüülhape	3 300	2 900	1 000	900	400	3 200	800	500	300	700	600	1 400	1 800	3 100	1 700
Abstsiishape	16 800	8 700	28 100	15 000	35 000	18 300	10 000	4 700	27 600	54 400	53 000	20 700	48 200	50 400	23 700
Abstsiishape D1	3 000	1 300	4 800	3 900	6 900	3 900	1 700	900	6 000	15 100	13 900	4 100	10 700	15 000	4 600
Abstsiishape D2	0	300	400	400	0	100	400	100	100	400	200	400	300	1 100	300
Abstsiishape D3	0	400	400	1 900	0	200	200	500	100	500	300	300	300	1 300	1 000
Luteoliin	100	100	300	200	0	1 400	200	100	100	100	100	100	100	500	100
Luteoliin ja kemferool D1	800	1 400	1 100	600	700	800	700	400	800	1 200	500	700	800	1 300	800
Kvertsetiin	500	1 100	1 000	700	800	500	1 200	700	400	900	1 100	700	700	1 900	1 200
Kaneelhape D1	100	500	100	3 200	200	500	300	800	200	100	100	100	200	200	2 100
Kaneelhape D2	100	100	500	100	100	300	100	400	0	200	200	500	300	300	300
Apigeniin	300	400	400	600	200	300	300	400	300	300	200	200	300	500	400
Naringeniin	1 100	600	800	600	600	800	400	500	500	100	0	0	700	1 500	1 700
Naringeniin D1	200	2 900	1 100	200	500	1 400	900	100	4 000	1 100	1 700	700	1 000	3 300	200
Kemferool	1 000	3 700	2 800	2 400	2 200	1 500	3 800	2 400	1 400	2 700	3 300	2 800	2 100	5 000	2 700
Krüsiin	0	400	100	0	100	200	100	0	500	100	100	100	100	500	0
Krüsiin D1	500	600	900	400	200	800	200	400	300	400	200	500	600	500	400
Galangiin	0	300	100	100	100	200	100	0	200	100	100	100	100	200	0

Tabel 5 jätk. Mete (nr 16-30) polüfenoolide intensiivsused, kus punane: üle 10000, oranž: 5000-10000, tumekollane: 1000-5000, helekollane: 100-1000 ja valge: alla 100. (D1-D3 on erinevate polüfenoolide derivaadid, mis omavad küll sama molekulmassi kui aine, mille derivaadid nad on, aga on erineva retentsiooniajaga).

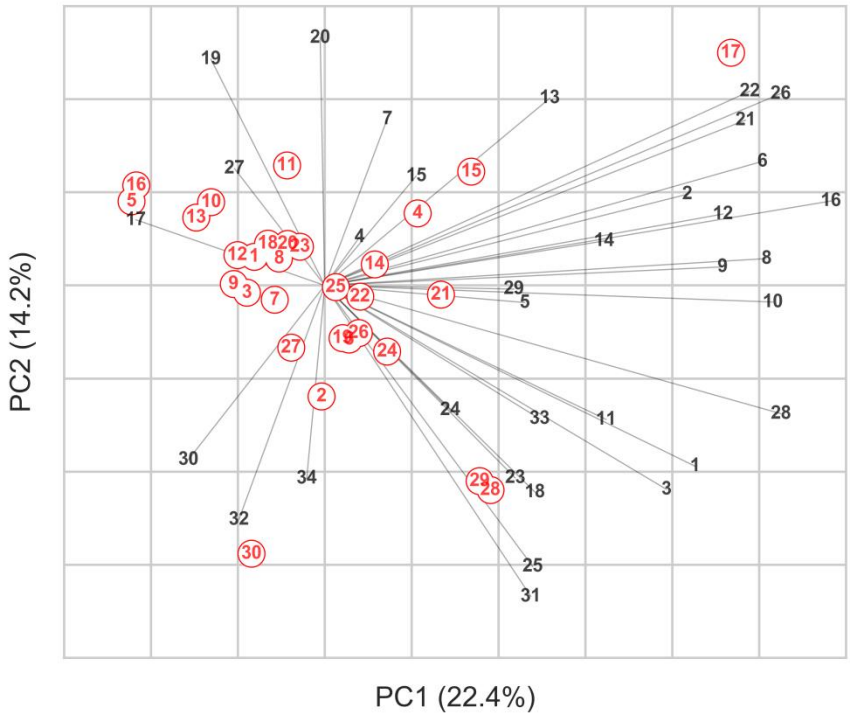
Mee nr.	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
Šikiimhape D1	2 000	3 500	2 500	3 000	2 500	4 200	3 600	2 500	3 200	2 600	3 300	2 700	4 900	4 200	3 600
Gallushape D1	100	300	100	200	200	200	200	100	200	100	200	100	200	200	100
Protokatehoolhape	200	600	200	400	300	500	600	600	600	400	700	400	1 300	1 100	200
Protokatehoolhape ja genestiin D1	700	100	500	600	1 600	1 400	1 300	1 900	500	600	400	600	300	200	500
Klorogeenhape	300	700	400	800	400	200	500	200	400	400	300	400	800	500	200
Klorogeenhape D1	100	2 300	200	100	200	1 000	100	300	600	700	200	200	700	500	300
Katehiin	100	100	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
4-hüdroksübensoe hape	1 000	3 000	1 600	1 600	2 000	3 000	2 500	2 600	2 300	1 500	2 100	1 100	2 400	2 100	1 800
Genestiinhape	0	200	0	100	100	200	200	200	200	100	100	100	100	100	0
Kohvhape	700	3 100	1 600	2 100	1 900	1 400	1 300	1 100	1 300	1 600	2 600	1 100	2 400	2 400	1 100
Kohvhape D1	3 400	16 100	3 100	2 700	2 700	10 300	9 000	9 600	19 300	13 900	14 600	12 100	16 900	11 700	11 600
Kumaarhape	3 100	7 600	4 600	4 800	5 100	6 400	5 200	5 000	4 600	4 900	4 400	4 800	4 200	5 000	3 500
Kumaarhape D1	600	1 200	1 100	700	600	900	700	900	800	600	700	800	600	800	700
Transfeerulhape	900	2 400	2 100	2 500	2 700	3 200	3 000	2 800	1 700	2 400	2 100	2 000	2 000	2 400	1 300
Trans feerulhape D1	600	800	1 400	600	700	1 500	1 300	1 100	500	700	900	900	400	700	400
Müritsetiin	100	1 700	600	800	700	800	400	200	1 200	700	700	200	800	700	200
Moriin	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Mee nr.	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Salitsüülhape	700	1 200	500	2 300	1 400	1 300	1 500	2 100	2 100	1 300	4 200	2 600	2 800	4 300	1 200
Abstsiishape	28 400	31 600	3 300	14 600	44 300	13 800	12 200	12 500	22 900	32 100	12 700	25 100	11 600	9 800	2 700
Abstsiishape D1	5 600	12 400	400	2 400	8 100	2 000	1 200	1 900	4 600	6 300	2 100	4 200	1 400	1 200	500
Abstsiishape D2	0	4 500	300	0	0	0	0	100	200	200	100	100	600	400	100
Abstsiishape D3	100	10 400	200	100	0	0	0	0	100	100	0	100	400	400	100
Luteoliin	100	100	100	300	100	200	500	400	200	100	100	100	700	1 100	200
Luteoliin ja kemferool D1	400	900	900	900	600	800	500	400	600	1 300	400	1 300	1 100	1 300	700
Kvertsetiin	400	700	900	1 600	1 100	1 300	1 000	300	2 900	1 500	1 200	1 400	2 500	2 300	2 300
Kaneelhape D1	200	7 300	200	100	200	700	200	300	400	400	200	200	500	400	300
Kaneelhape D2	300	200	600	100	300	200	300	200	100	300	0	200	100	200	100
Apigeniin	100	1 100	500	300	300	500	500	200	400	500	300	400	800	800	900
Naringeniin	1 100	800	600	700	700	1 000	600	300	600	1 400	1 300	1 000	700	900	500
Naringeniin D1	200	200	400	600	2 800	200	200	200	800	1 100	800	1 000	200	700	6 200
Kemferool	1 000	2 000	2 600	3 900	2 800	4 400	3 800	2 500	4 900	3 400	2 600	4 200	7 400	5 800	6 400
Krüsiin	0	0	100	100	400	100	100	0	100	200	100	200	100	200	2 700
Krüsiin D1	200	600	500	900	300	800	200	200	100	700	200	900	900	1 100	200
Galangiin	0	300	100	100	200	100	0	0	100	100	100	200	0	100	1 400

Protokatehoolhapet võib käsitleda ka lehemee markerina, millega eristada lehemett õiemeest (Wang *et al*., 2011). Antud uuringus olevatel meeproovidel, mis sisaldasid lehemee elemente (nr. 28 ja 29) oli selle sisaldus võrreldes teiste metega tunduvalt intensiivsem (joonis 2). Lehemete markerühenditena on ära märgitud veel abstsiishape, 4-hüdroksübensoehape ja krüsiin (Trautvetter *et al*., 2009) kuid antud uuringus nende ühendite eristuvat intensiivsust ei olnud, mis võis olla tingitud sellest, et uuritavad meed olid lehe- ja õiemeesegud.

Kaneelhappe, abstsiishappe derivaadid D_2 ja D_3 ning müritsetiini tunduvalt kõrgema intensiivsuse poolest eristus teistest metest kanarbikumesi (nr. 17). Nende ühendite kõrgem intensiivsus oli ka nendel metel, mis sisaldasid samuti kanarbiku õietolmu (mesi nr. 4 ja 15, vastavalt 3% ja 2%). Kõrgemad kaneelhappe, abstsiishappe derivaatide ja müritsetiini intensiivsused tunduvad olevat iseloomulikud ainult kanarbikumeele, mis on vastavuses kirjandusega (Kaškoniene *et al*., 2010b, Anklam, 1998). Sarnaseid tulemusi on saadud ka Soomes, kus põhilisemateks polüfenoolideks olid kaneelhape ja derivaadid ning lisaks bensoehape (Salonen, 2011).

Mesi nr. 30 eristus polüfenoolide intensiivsuste põhjal teistest metest krüsiini ja galangiini poolest, mis on mõlemad taruvaigus sisalduvad flavonoidid (Tomás-Barberán *et al*. 2001), viidates mee taruvaigu sisaldusele.



Joonis 2. PCA analüüs metes sisalduvate polüfenoolide kohta. Punasega mee number, mustaga polüfenooli järjekorra number

Poola pajumetes on määratud suurema sisaldusega 4-hüdroksübensoehape (keskm. 5.8 mg/kg) ja abstsiishape ning selle derivaadid (16.3 mg/kg ja 31.3 mg/kg) (Jerković *et al.*, 2014b). Uuritud suurema paju õietolmu sisaldusega Eesti metes nende ühendite kõrgemat intensiivsust ei täheldatud. Kuna abstsiishapet ja selle derivaate on leitud palju ka teistes meesortides, nagu kanarbik ning antud uuringus kõikides metes, siis ei saa neid ühendeid nimetada ühegi kindla meeliigi markerühenditeks (Jerković *et al.*, 2014b).

Tšehhis analüüsitud metest sisaldasid väheses koguses apigeniini ainult rapsi- ja segumeed (Lachman *et al.*, 2010) ning Leedu uuringus on rapsimete markerühenditeks märgitud kvertsetiin ja kemferool (Kaškoniene *et al.*, 2010b). Ka kõikides uuritud Eesti metes oli apigeniin esindatud (küll väikese intensiivsusega) ning leidus sarnaste intensiivsustega kvertsetiini ja kemferooli, mis on ka loogiline, sest kõik meed sisaldasid ristõieliste (tõenäoliselt raps) õietolmu.

Dihüdroksüatsetoon ja metüülglüoksaal

Metüülglüoksaal on metes leiduv ühend, mis pärineb nektarist ning mida ei esine palju värskes mees. See moodustub dihüdroksüatsetoonist mee hoiustamise ajal (Salonen *et al.*, 2017). Katsetega on kindlaks tehtud, et manuka mesi, mis on värskelt mesilaste poolt toodetud, sisaldab vähemas koguses metüülglüoksaali ja kõrgemas koguses dihüdroksüatsetooni. Mee hoiustamisel 37°C juures väheneb aga dihüdroksüatsetooni ning suureneb metüülglüoksaali kogus (Adams *et al.*, 2009). Ka teistes meeliikides võib leiduda metüülglüoksaali, kuid üldjuhul väga väikestes kogustes (Schneider *et al.*, 2012).

Kõikides uuritud meeproovides jäid dihüdroksüatsetooni (<10 kuni 11 mg/kg) ja metüülglüoksaali (<6 kuni 7 mg/kg) sisaldused sarnasteks (Tabel 4). Suured dihüdroksüatsetooni ja metüülglüoksaali sisaldused on teadaolevalt omased siiski manukameele. Austraalias uuritud manukametel on saadud dihüdroksüatsetooni ja metüülglüoksaali sisaldusteks vastavalt 412-2403 mg/kg ja 43-1723 mg/kg (Windsor *et al.*, 2011) ning Uus-Meremaal metüülglüoksaali tulemuseks 513-1541 mg/kg (Stephens *et al.*, 2010). Soomes tehtud uuringus määrati metes metüülglüoksaali sisaldus, kus kõrgeim väärtus saadi kuni 166 mg/kg. Metüülglüoksaali ei leitud võililles-, kanarbiku-, mesika- ega köömnemetes (Salonen *et al.*, 2017).

Antioksüdantsus

Mees olevad antioksüdandid võivad olla nii ensümaatilised (katalaas, glükoosi oksüdaas, peroksidaas) kui ka mitte-ensümaatilised ained (askorbiinhape, *a*-tokoferool, karotenoidid, aminohapped, valgud, orgaanilised happed, Maillardi reaktsiooni produktid) ja rohkem kui

150 polüfenoolset ühendit, kuhu kuuluvad ka flavonoidid, flavonoolid, fenoolhapped, katehhiinid ja kaneelhappe derivaadid (Ferreira *et al*., 2009). Nende sisaldus metes on väga varieeruv, sõltudes nii ilma kui geograafilisest oludest, aga ka suurimat mõju avaldavast botaanilisest päritolust. Sellest tulenevalt on loogiline, et erinevatest piirkondadest pärit mete omadused ja bioloogiline aktiivsus annavad erinevaid tulemusi (Silici *et al*., 2010). Mee antioksüdantide hulka kuuluvad ka teatud aminohapped nagu proliin, histidiin, glütsiin ja alaniin (Alqarni *et al*., 2012).

Antioksüdantsuse näitajaks võib lugeda ka mee värvust, kus üldiselt heledamatel metel on madalam polüfenoolide sisaldus ning antioksüdantsus ja tumedamatel kõrgem (Alves *et al*., 2013; Lachman *et al*., 2010; Vela *et al*., 2007). Samuti on seotud mee antioksüdantsus ja polüfenoolide sisaldus (Vela *et al*. 2007; Al-Mamary *et al*., 2002).

Uuringus olevate mete puhul määrati vesilahustuvate antioksüdantide üldsisaldus, kuhu kuuluvad näiteks flavonoidid, askorbiinhape, aminohapped ning rasvlahustuvate antioksüdantide üldsisaldus, kuhu kuuluvad tokoferool, tokotrienoolid, karotenoidid ja muud ühendid (Weslowska ja Džugan, 2017). Eesti mete keskmine vesilahustuvate antioksüdantide üldsisaldus oli 115.21 mgAAE/100g ning rasvlahustuvate antioksüdantide keskmine üldsisaldus 24.19 mgTE/100g (Tabel 4) (AAE – askorbiinhappe ekvivalent, TE- Trolox ekvivalent). Analüüsist selgus, et uuritud metes oli vesilahustuvate antioksüdantide sisaldus domineerivam.

Vesilahustuvate antioksüdantide sisaldused olid väga varieeruvad, jäädes vahemikku 37.83-311.16 mgAAE/100g. Kõige kõrgemad väärtused olid lehe-õiemeesegudel (299.31 mgAAE/100g ja 311.16 mgAAE/100g) ning veidi vähemal määral kanarbikumeel (245.29 mgAAE/100g). Paju-, rapsi-, võililles- ja teiste polüfloorsete mete vesilahustuvate antioksüdantide sisaldus oli palju madalam. Ka paakspuumee tulemus jäi eelnevalt mainitud metega samale tasemele, sisaldades vesilahustuvaid antioksüdante 81.98 mgAAE/100g. Poolas tehtud uuringus on erinevate meesortide vesilahustuvate antioksüdantide tulemusteks saadud: lehemesi 186.35 mgAAE/100g; õie- ja lehemee segu 80.65 mgAAE/100g; tatar 201.99 mgAAE/100g; kanarbik 96.86 mgAAE/100g; pärn 69.91 mgAAE/100g; raps 90.52 mgAAE/100g ja polüfloorsed meed 164.65 mgAAE/100g (Wesolowska ja Dżugan, 2017).

Rasvlahustuvate antioksüdantide sisaldused uuritud metes olid vahemikus 14.40 kuni 60.73 mgTE/100g ning kõige kõrgem sisaldus esines kanarbikumeel (60.73 mgTE/100g). Poole madalam rasvlahustuvate antioksüdantide sisaldus oli lehe-õiemeesegudel (32.55 mgTE/100g ja 37.00 mgTE/100g) ning teistel polüfloorsetel ja monofloorsetel meesortidel. Poola uuringus on erinevatel meesortidel saadud järgnevad rasvlahustuvate antioksüdantide sisaldused: lehemesi 59.38 mgTE/100g; õie- ja lehemee segu 53.58 mgTE/100g; tatar 69.88 mgTE/100g; kanarbik 56.89 mgTE/100g; pärn 21.20 mgTE/100g; raps 23.16 mgTE/100g ja polüfloorsed meed 52.07 mgTE/100g (Wesolowska ja Dżugan, 2017).

Meed nr. 7 ja 24 on määratud õietolmu sisalduste poolest küll segumeed, kuid sisaldavad

küllaltki kõrgetes kogustes vesi- ja rasvlahustuvaid antioksüdante (vastavalt 200.37 mgAAE/100g ja 40.72 mgTE/100g ning 176.90 mgAAE/100g ja 31.91 mgTE/100g), ka polüfenoolide, flavonoidide ja aminohapete üldsisaldused on nendel keskmisest kõrgemad. Ning sellele viitab ka nende mete tumedam ja punakam värvigamma.

Eesti kaubandusvõrgust ostetud manukamee vesi- ja rasvlahustuvate antioksüdantide sisalduseks on saadud vastavalt 215 mgAAE/100g ja 29.15 mgTE/100g, mis on madalamad kanarbiku- ja õie-lehemeesegudest.

Kirjanduse analüüs näitas, et teistes mete antioksüdantsuse uuringutes on kasutatud erinevaid meetodeid (nt. FRAP, DPPH) ning saadavad andmed võivad seetõttu erineda. Näiteks FRAP meetodiga ei mõõdeta glutatiooni, tioole ja valke. DPPH on võimalik lahustada vaid oraanilises lahustis, mitte vesilahuses, mistõttu ei mõõdeta hüdrofiilseid antioksüdante. Ka samu meetodeid kasutanud uuringuid on omavahel keeruline võrrelda kuna autorid modifitseerivad originaalmeetodeid. Võrdluseks, Tai mete antioksüdantide sisaldus määratuna DPPH meetodil varieerus 2,6 mgTE/100g litšimeel kuni 52,2 mgTE/100g mangustanimeel (Bundit, 2016). Uus-Meremaa manukamee antioksüdantide sisalduseks samal meetodil saadi 28,4 mgTE/100g (Bundit, 2016). Rumeenia (Transilvaania piirkonnas) lehemee antioksüdantide sisaldus määratuna DPPH meetodil varieerus 67 - 667 mgTE/100g (Giorgiana, 2008).

Aminohapped

Aminohapped moodustavad mees sisalduvatest ainetest 1%. Kõige enam leidub proliini, mille sisaldus erinevates metes varieerub ning mida on 50-80% kõikidest aminohapetest (Karoui *et al.*, 2007). Proliin jõuab mee hulka osaliselt nektari koostisosana, osaliselt mesilaste süljenäärmete eritisena mee valmistamise käigus (Alqarni *et al.*, 2012). Proliini sisaldust võib käsitleda ka mees sisalduvate aminohapete koguhulga näitajana. Seda võib vaadelda kui lisa kvaliteedinäitajat, kuna paljudes Euroopa riikides hinnatakse mee kvaliteeti, küpsust ja naturaalset päritolu mees leiduva proliini koguse järgi. Üldine nõue on, et kvaliteetse naturaalse mee proliinisisaldus peab olema vähemalt 200 mg/kg (Wang, 2011). Lisaks proliinile leidub mees veel aminohappeid - glütsiini (Gly), alaniini (Ala), valiini (Val), leutsiini (Leu), isoleutsiini (Ile), fenüülalaniini (Phe), türosiini (Tyr), trüptofaani, seriini (Ser), treoniini (Thr), tsüsteiini, metioniini, asparagiinhapet (Asp) ja glutamiinhapet (Glu) (Crane, 1980), millede kogus sõltub mee päritolust (õie- või lehemesi) (Hermosin *et al.*, 2003). Väga rikkaliku aminohapete sisaldusega on lehemesi (Crane, 1980).

Kõige enam leidus aminohapetest kõikides uuritud meeproovides proliini (Pro), mille sisaldus oli vahemikus 257 mg/kg kuni 1328 mg/kg (Tabel 6). Meed nr. 28 ja 29 (lehe-õiemeesegud) paistsid silma kõige kõrgema proliini sisaduse poolest (vastavalt 1328 mg/kg ja 1023 mg/kg), mis on vastavuses kirjandusega (Crane, 1980). Sarnaseid tulemusi on saadud lehemetel Lääne-Aafrikas (1216.6 mg/kg) (Meda *et al.*, 2005). Hispaania lehe-ja õiemete puhul on saadud proliini sisaldusteks vastavalt 1069 mg/kg ja 602 mg/kg (Manzanares *et al.*, 2011).

Kanarbikumesi (nr.17) sisaldas proliini küll vähem (956 mg/kg) kui lehe-õiemeesegud, kuid siiski rohkem kui teised uuritud meed. Kõige vähem proliini sisaldasid polüfloorsed meed. Võrdluseks, manukamee proliini hulk mees on keskmiselt 1530 mg/kg (Alqarni *et al*., 2012). Itaalias tehtud uuringus on proliini sisaldused saadud erinevatel meesortidel järgmised: lehemesi 468 mg/kg, võililleme si 348 mg/kg, kanarbikumesi 646 mg/kg ja rapsimesi 235 mg/kg (Persano Oddo *et al*., 2004) ning Eesti uuringus järgnevad: võililleme si 334 mg/kg, kanarbikumesi 487 mg/kg, rapsimesi 327 mg/kg, pajumesi 218 mg/kg ja polüfloorne mesi 382.5 mg/kg (Rebane ja Herodes, 2008).

Tabel 6. Mete aminohapete sisaldus (mg/kg)

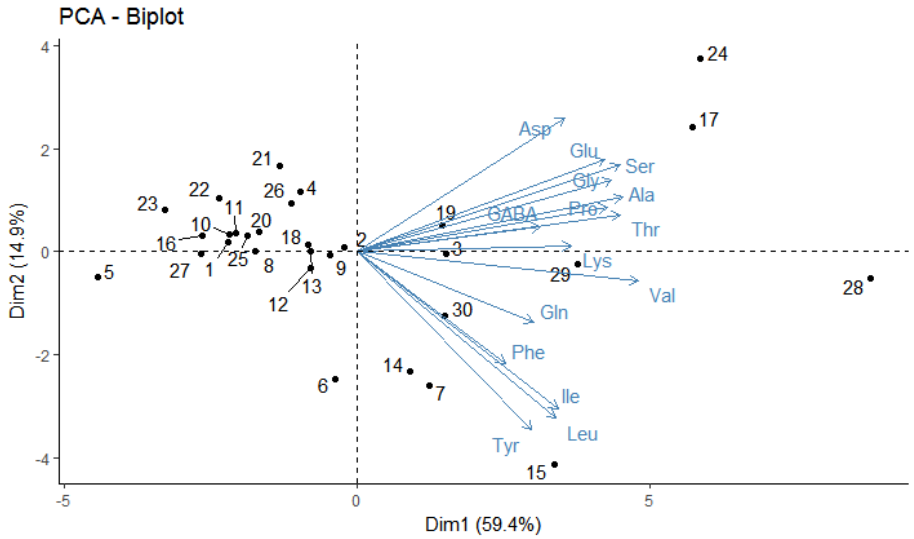
Mee nr.	Ala	Asp	GABA	Gln	Glu	Gly	Ile	Leu	Lys	Phe	Pro	Ser	Thr	Tyr	Val
1	9	7	4	18	19	2	4	6	13	27	334	8	5	8	8
2	11	11	5	26	20	3	7	13	22	73	552	11	5	9	9
3	12	15	6	48	27	3	9	13	19	98	512	15	8	9	13
4	10	14	2	23	18	3	3	4	20	17	622	12	7	7	8
5	4	6	2	28	9	0	2	1	10	26	257	5	2	8	4
6	9	7	4	30	13	2	6	8	18	283	426	10	5	33	8
7	11	10	1	42	23	2	18	28	21	92	643	11	6	22	12
8	8	6	5	24	15	2	4	6	20	19	543	9	5	11	7
9	10	13	6	53	22	3	8	8	20	36	399	10	5	8	6
10	7	10	4	31	15	2	4	5	19	15	290	9	5	4	7
11	8	8	5	29	10	3	4	4	21	16	389	10	5	6	6
12	8	9	5	35	15	3	6	11	18	83	367	12	6	9	8
13	8	11	4	44	20	2	7	8	15	20	350	12	7	7	10
14	11	9	4	35	18	3	11	27	15	230	447	10	8	18	12
15	12	10	7	42	20	4	25	43	20	27	480	12	10	38	15
16	6	7	4	24	12	2	4	0	15	19	307	9	5	6	7
17	24	19	14	28	32	7	9	11	31	33	956	20	14	13	16
18	8	8	6	35	15	4	5	9	23	36	430	11	5	8	7
19	12	11	6	44	24	4	7	8	36	49	638	13	7	10	10
20	9	13	2	39	15	2	4	5	15	22	492	11	5	5	8
21	13	19	3	13	22	2	3	5	11	22	661	12	5	4	7
22	10	12	3	9	16	3	3	5	8	18	471	11	4	6	6
23	10	9	3	3	21	2	2	5	2	16	375	8	3	8	4
24	18	46	4	41	49	7	9	10	26	31	757	31	13	13	15
25	8	13	3	33	14	2	4	5	21	30	475	11	4	6	7
26	9	15	6	37	18	1	4	3	23	13	525	12	5	4	8
27	7	7	4	24	12	2	4	4	14	36	320	8	4	9	6
28	26	26	9	56	37	7	16	32	33	294	1328	28	11	28	19
29	18	20	6	46	29	4	9	20	30	205	1023	18	7	18	13
30	9	16	5	36	22	3	15	22	33	42	589	15	6	19	11

Lisaks proliinile olid uuritud metes kõrgema sisaldusega aminohapeteks glutamiin (Gln) (3-56 mg/kg) ja fenüülalaniin (Phe) (13-294 mg/kg), kus viimase puhul on eriti suured varieeruvused. Madalamaid väärtusi omasid polüfloorsed meed ning kõrgemaid meed nr. 28 ja 29 (lehe-õiemeesegud). Teiste aminohapete sisaldus on aga tunduvalt väiksem. Ka varasemas Eesti mete uuringus saadi kõige kõrgemad proliini ja fenüülalaniini sisaldused (Rebane ja Herodes, 2008).

Meed nr. 28 ja 29 (lehe-õiemeesegud) eristusid teistest metest peale kõrge proliini (Pro) sisalduse ka tunduvalt kõrgema fenüülalaniini (Phe) sisalduse poolest (vastavalt 294 ja 205 mg/kg). Kanarbikumesi näiteks sisaldas seda kõigest 33 mg/kg. Fenüülalaniini (Phe) kõrge sisaldus oli veel metel nr. 6 ja 14. Võimalik, et need meed sisaldasid samuti lehemee elemente, või andis mõjutusi hobukastani, vahtra või huulõieliste õietolmu sisaldus. Hispaanias tehtud mete uuringus selgus sarnaselt, et põhilisemateks aminohapeteks metes oli proliin (Pro) ja fenüülalaniin (Phe), kus näiteks lavendlimesi sisaldas proliini 556 mg/kg ja fenüülalaniini 616 mg/kg (Hermosin *et al*., 2003). Osade allikate väitel on kõrge fenüülalaniini (Phe) sisaldus iseloomulik ka lavendlimeele, kus selle sisalduseks antud mees on saadud lausa 1152 mg/kg (Cotte *et al*., 2004).

Kanarbikumesi eristus teistest metest suurema alaniini (Ala), gamma-aminobutüürhappe (GABA), glütsiini (Gly), treoniini (Thr) ja valiini (Val) sisalduse poolest (Tabel 6, Joonis 3). Soome uuringu põhjal sisaldab kanarbikumesi aga suuremas koguses glutamiini (Gln) ja glutamiinhapet (Glu) (Salonen, 2011), mille kogused antud uuringus olevas kanarbikumees ei ole teiste metega võrreldes eristuvad.

Antud uuringus olevates kõrge rapsi õietolmu sisaldusega metes domineerisid proliin (Pro), glutamiin (Gln), lüsiin (Lys), fenüülalaniin (Phe) ja glutamiinhape (Glu). Need on kirjanduse põhjal rapsimeele iseloomulikud aminohapped (Chen *et al*., 2017). Ka pajumetes esineb enim just samu aminohappeid, sarnastes kogustes ja koguhulk on ka sarnane.



Joonis 3. PCA analüüs metes sisalduvate aminohapete kohta

Mesi nr. 24 eristub teistest metest kõrgema asparagiinhappe (Asp) ja seriini (Ser) sisalduse poolest, mille väärtused on isegi kõrgemad kui lehe-õiemeesegudel (nr. 28 ja 29) ja kanarbikumeel nr 17 (Joonis 3). Mesi nr. 24 on õietolmusisalduse poolest väga liigirikas mesi, mis sisaldab hobukastani, ussikeele, tatra ja tamme õietolmu, mis kõik võivad mõjutada mee aminohappelist koostist. Kõrgema leutsiini (Leu) sisaldusega olid meed nr. 7, 14 ja 15 (neil oli ka keskmisest kõrgem polüfenoolide sisaldus 48.42-50.39 mgGAE/kg).

Paakspuu- ja võililleemesi (nr. 23 ja 1) aga mingisuguseid teistest eristuvaid aminohapete sisaldusi ei näidanud ning enamus polüfloorseid meesid olid aminohapete sisalduste poolest üsna sarnased (Joonis 3).

Suurem osa vabadest aminohapetest lisatakse meele mesilaste poolt, mistõttu sama botaanilise päritoluga mete aminohapete sisaldused võivad olla väga suurte erinevustega (Bogdanov *et al*., 2004).

Terpeenid

Lenduvad ühendid (sh. terpeenid), on mees esindatud palju väiksemates kontsentratsioonides kui teised orgaanilised ained (suhkrud, polüfenoolid) ning annavad meele sellele omase maitse ja lõhna (Jerković ja Kuś, 2014a). Mees ja nektaris leiduvad lenduvad ühendid on sarnased, kuna taimedes sisalduvad eeterlikud õlid satuvad ka mette. Taimede eeterlikele õlidele on kõige iseloomulikumad monoterpeenid, millest enimlevinud on linalool ja geraniool, milledel on teadaolevalt haavu parandavad, antibakteriaalsed ja hallitus- ning põletikuvastased omadused (Cacho *et al*., 2015). Nagu polüfenoolidki, mõjutavad terpeenid mee antioksüdatiivsust ja antimikroobsust. Enimlevinud monoterpeene on ka linalool oksiidid, hotrienool, liilia aldehüüdi isomeerid, liilia alkoholi isomeerid ning (E)- või (Z)-8-hüdroksüüllinalool (Jerković ja Kuś, 2014a). Terpeenide olemasolu metes mõjutavad nii geograafiline päritolu kui ka ilmastikutingimused, samuti mee küpsus ja selle töötlemine ning mees sisalduvate erinevate taimede mõju (Kaškoniene *et al*., 2010b).

Kirjandusest leiab, et tsitruseliste meele on iseloomulik kõrge linalooli derivaatide sisaldus, õunapuuõitest saadud mees aga hotrienool (Jerković ja Kuś, 2014a). Tooremas mees on hotrienooli sisaldus madalama kontsentratsiooniga kui küpsemas, mis viitab sellele, et hotrienool moodustub mee küpsemise protsessil tarus olevates tingimustes (Cacho *et al*., 2015).

Kõige enam sisaldasid uuritud meed α-isoforooni (2.6-274.7 ppb) (tabel 7), mis on meele iseloomulik terpeen ning annab vahase, puiduse ja magusa maitse ja lõhna. Paljudes metes domineerisid ka (Z)-linalool oksiid (19.1-68.2 ppb) (lillene, puidune) ja hotrienool (15.4-76.3 ppb) (hüatsint, lilleline, värske, puidune) ning vähemal määral ka (E)-linalool oksiid (6.7-31.4 ppb) (lilleline) ja dihüdro-p-tsümeen (1.0-40.0 ppb) (pipar, tsitrus, värske) (The Good Scents Company, 2015).

Tabel 7. Terpeenide ja terpenoidide sisaldus erinevates metes (nr 1-15), kus „-„-ainet ei leitud, „j“- mesi sisaldab aine jälgi alla 0.5ppb.

		Mee nr.														
Aine nr.	**Aine kontsentratsioon (ppb)**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
1	1-isopropüül-4-meüleenbitsüklo[3.1.0]heks-2-een	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	j	j	-
2	β-pineen	1,5	j	j	j	j	j	j	j	-	j	j	j	j	j	j
3	α-fellandreen	j	j	j	j	j	j	j	-	j	j	j	-	j	j	-
4	α-terpineen	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
5	p-tsümeen	2,7	0,7	2,1	0,8	4,9	1,8	0,8	0,3	2,1	5,5	1,9	1,1	4,2	4,2	2,0
6	dihüdroisoforoon	j	j	j	-	j	j	j	j	-	j	j	j	j	j	j
7	d-limoneen	1,1	0,5	0,6	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	0,5	j
8	β-fellandreen	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
9	β-isoforoon	j	-	j	j	0,8	j	-	j	j	0,9	j	j	0,8	1,1	j
10	γ-terpinene	j	j	j	-	j	j	-	j	j	0,7	j	j	j	j	j
11	(Z)-linalool oksiid	35,3	33,4	30,3	26,4	45,7	28,3	40,2	62,7	40,7	27,2	30,8	28,3	44,6	47,4	38,4
12	(E)-linalool oksiid	17,2	13,2	11,9	10,1	17,4	9,6	15,6	29,8	16,5	10,2	10,4	9,0	16,5	20,6	20,9
13	dihüdro-p-tsümen	16,8	5,4	9,2	6,5	22,4	7,3	12,1	1,0	31,5	20,6	8,9	3,7	18,7	18,6	9,1
14	hotrienool	32,9	29,0	37,3	36,1	57,9	58,7	69,4	70,4	19,2	28,5	44,9	21,6	55,8	76,3	34,4
15	(E)-pinokarveool	-	-	-	-	-	-	-	-	j	-	-	-	-	-	-
16	purpurokatehool	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	(E,E)-2,6-dimetüül-1,3,5,7-oktatetraeen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	α-isoforoon	46,8	14,1	107,0	45,7	141,1	86,9	15,6	6,9	79,1	66,4	95,8	69,8	51,6	127,3	64,9

		Mee nr.														
Aine nr.	**Aine kontsentratsioon (ppb)**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
19	liilia aldehüüd B	j	j	-	-	j	-	j	j	-	j	-	j	-	j	j
20	4-oksoisoforoon	22,1	6,1	21,5	32,6	30,9	9,6	13,0	5,1	10,9	21,0	21,3	10,1	23,4	44,2	28,3
21	liilia aldehüüd A	15,7	7,2	3,7	2,4	7,1	3,4	7,4	3,3	0,7	2,2	3,3	3,3	4,4	9,9	7,8
22	liilia aldehüüd C (või D)	6,8	3,2	1,3	1,5	2,7	2,9	4,6	1,6	2,0	1,3	2,6	1,6	0,6	1,5	2,6
23	2,6,6-trimetüül-1,4-tsükloheksaandioon	j	-	-	-	-	-	j	-	-	-	-	-	j	-	-
24	epoksülinalool	3,0	0,9	0,8	1,6	1,2	1,8	1,1	10,0	0,6	0,6	j	0,5	0,9	2,1	2,1
25	borneool	7,0	1,0	5,1	1,7	14,8	6,5	3,1	1,4	7,8	27,3	8,2	2,9	13,3	9,3	5,9
26	(Z)-karveool	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
27	(-)-4-terpineool	1,8	0,6	0,8	j	2,4	1,7	0,6	j	0,7	2,3	0,9	0,9	1,9	2,8	0,8
28	p-tsümeen-8-ool	-	j	-	-	j	-	j	j	j	j	j	j	j	j	j
29	α-terpineool	8,4	3,7	8,3	4,1	8,2	2,3	4,3	1,3	3,0	3,0	1,4	2,2	3,9	5,1	2,6
30	mürtenool	9,1	3,7	8,3	4,1	6,2	0,7	4,5	1,3	0,8	6,8	1,3	0,6	3,9	5,9	2,1
31	d-verbenoon	j	j	j	2,4	1,1	0,9	2,1	0,9	0,7	0,9	2,7	j	j	0,6	1,5
32	9-oksabitaüklo[3.3.1]non-6-een-2-ool, endo-	j	-	j	-	j	j	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33	1-p-menteen-9-aal isomeer 1	3,7	2,4	3,2	2,8	4,5	1,5	6,4	3,2	2,0	3,0	6,1	1,7	4,1	2,9	3,1
34	1-p-menteen-9-aal isomeer 2	3,5	2,4	3,1	2,1	4,2	1,4	6,1	3,2	2,2	2,8	5,7	1,5	4,3	2,9	3,1
35	neodihüdrokarveool	j	j	j	j	j	j	j	j	-	j	j	j	j	j	j

		Mee nr.														
Aine nr.	**Aine kontsentratsioon (ppb)**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
36	tümool	15,6	1,0	1,2	1,6	4,7	57,6	1,1	j	4,3	58,5	68,2	1,4	2,9	68,0	11,1
37	kuminool	4,7	0,6	0,8	0,8	1,9	j	1,8	j	0,8	j	j	j	j	3,0	1,2
38	α-damastsenoon	-	j	-	1,0	1,5	-	-	j	0,5	1,6	0,9	-	1,1	2,1	1,0
39	β-damastsenoon	5,9	1,5	13,3	20,7	34,1	3,2	2,0	2,5	7,3	33,7	18,5	5,9	24,0	46,2	18,7
40	(Z)-jasmoon	0,5	j	1,7	j	5,5	1,0	j	j	0,7	4,9	1,4	1,2	4,3	8,8	1,1
41	β-karüofülleen	j	j	0,6	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
42	bourgeonaal	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
43	α-kalakoreen	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	0,5	j
44	3-hydroksü-β-damaskoon	j	j	-	0,8	1,4	j	j	j	-	0,5	-	j	j	1,3	j

Tabel 7 jätk. Terpeenide ja terpenoidide sisaldus erinevates metes (nr 16-30), kus „-„-ainet ei leitud, „j“- mesi sisaldab aine jälgi alla 0.5ppb.

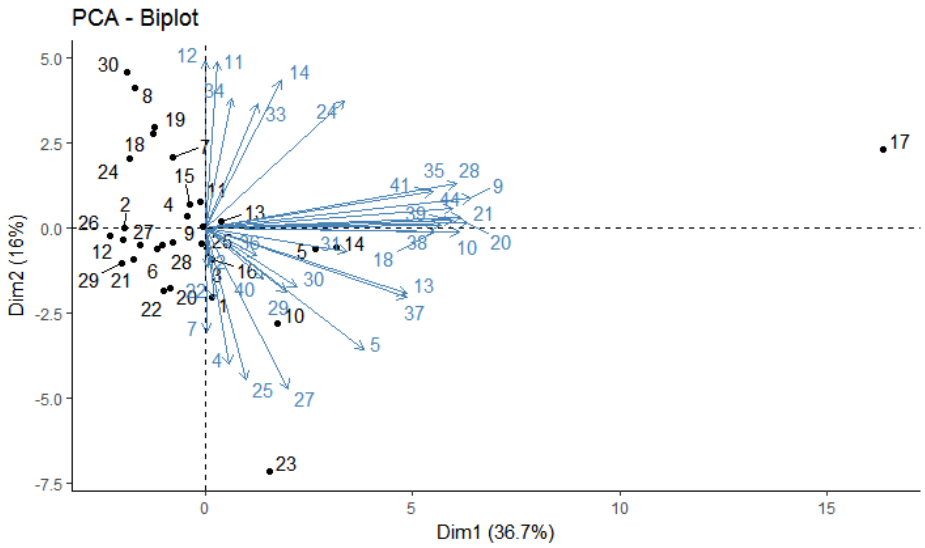
		Mee nr.														
Aine nr.	**Aine kontsentratsioon (ppb)**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
1	1-isopropüül-4-meüleenbitsüklo[3.1.0]heks-2-een	-	-	-	-	-	-	-	j	-	-	-	-	-	-	-
2	β-pineen	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
3	α-fellandreen	j	j	j	j	j	j	-	j	j	j	j	j	-	-	j
4	α-terpineen	j	j	j	j	j	j	j	0,7	j	j	j	j	j	j	j
5	p-tsümeen	3,3	4,1	0,7	1,2	2,5	1,1	1,9	4,5	1,1	2,3	0,8	2,3	1,0	0,9	0,6
6	dihüdroisoforoon	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
7	d-limoneen	j	j	j	j	j	j	j	0,9	j	0,9	j	j	0,6	0,6	j
8	β-fellandreen	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
9	β-isoforoon	j	5,1	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	-
10	γ-terpinene	j	3,0	j	j	j	j	j	0,8	j	j	j	j	j	j	-
11	(Z)-linalool oksiid	32,4	41,4	51,5	68,2	20,9	35,8	23,3	20,5	51,5	51,4	24,2	26,6	40,8	19,6	60,1
12	(E)-linalool oksiid	12,2	17,8	22,6	29,6	9,7	13,7	12,3	6,7	23,7	24,7	12,7	11,4	17,2	8,8	31,4
13	dihüdro-p-tsümen	15,9	40,0	10,5	14,8	6,5	4,5	21,1	24,7	5,1	10,6	3,9	10,1	19,1	4,9	2,4
14	hotrienool	29,4	59,3	56,9	59,3	25,3	19,5	16,3	15,4	45,4	48,4	16,7	25,7	26,4	26,6	61,7
15	(E)-pinokarveool	-	-	-	-	-	-	-	-	-	j	-	-	-	-	-
16	purpurokatehool	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	j
17	(E,E)-2,6-dimetüül-1,3,5,7-oktatetraeen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	j
18	α-isoforoon	106,4	274,7	2,6	26,4	77,0	14,2	17,3	14,8	30,8	68,3	33,3	78,4	22,3	9,8	3,0

		Mee nr.														
Aine nr.	**Aine kontsentratsioon (ppb)**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
19	liilia aldehüüd B	j	j	j	-	j	-	-	j	j	j	-	-	j	j	-
20	4-oksoisoforoon	12,0	340,3	3,2	5,1	21,6	30,6	22,4	78,2	17,4	14,3	2,6	9,1	9,9	7,9	2,3
21	liilia aldehüüd A	7,6	49,4	4,5	3,6	3,4	3,4	2,6	11,2	2,1	3,5	j	2,2	2,0	1,5	1,4
22	liilia aldehüüd C (või D)	3,2	3,0	2,5	3,1	2,0	3,9	1,7	5,2	1,3	2,5	6,6	1,1	2,3	2,4	0,6
23	2,6,6-trimetüül-1,4-tsükloheksaandioon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	epoksülinalool	1,2	13,7	9,8	1,4	1,0	1,5	1,7	1,9	3,9	1,5	1,3	0,7	0,8	0,9	8,5
25	borneool	9,7	3,2	2,2	1,3	14,8	12,7	13,3	19,1	5,4	6,0	1,9	6,7	1,4	1,2	0,7
26	(Z)-karveool	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
27	(-)-4-terpineool	2,1	0,9	0,5	j	1,0	0,8	0,8	4,9	j	0,8	j	0,6	j	j	j
28	p-tsümeen-8-ool	j	0,9	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
29	α-terpineool	2,7	6,8	1,8	6,1	5,3	1,8	2,9	6,8	2,0	13,5	3,1	3,3	10,1	4,2	0,8
30	mürtenool	2,0	6,8	1,8	6,1	1,5	j	2,9	6,8	j	13,5	3,3	1,1	10,0	4,2	0,8
31	d-verbenoon	0,6	3,4	0,6	j	1,0	2,3	1,7	2,2	0,5	0,7	j	j	0,6	1,0	j
32	9-oksabitaüklo[3.3.1]non-6-een-2-ool, endo-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33	1-p-menteen-9-aal isomeer 1	3,8	3,8	3,7	4,1	1,2	0,8	0,9	0,6	2,3	3,6	2,4	2,1	2,4	1,2	4,6
34	1-p-menteen-9-aal isomeer 2	3,4	3,0	3,6	4,6	1,1	0,9	0,9	0,8	2,4	3,5	2,3	1,9	2,3	1,3	5,1
35	neodihüdrokarveool	j	1,9	j	j	j	j	j	-	j	j	j	j	j	j	-

		Mee nr.														
Aine nr.	**Aine kontsentratsioon (ppb)**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
36	tümool	0,7	16,9	1,0	1,2	16,9	j	1,6	1,2	j	30,1	j	1,1	37,8	17,2	16,6
37	kuminool	3,3	10,2	1,9	1,5	j	0,7	4,1	8,8	0,7	0,9	j	j	2,2	0,6	j
38	α-damastsenoon	0,9	3,4	j	j	0,7	j	j	j	j	0,5	-	-	j	-	j
39	β-damastsenoon	16,9	81,2	1,3	3,5	15,1	1,5	1,0	1,0	3,2	12,2	1,8	5,6	1,0	1,9	0,5
40	(Z)-jasmoon	2,1	j	j	j	1,5	j	j	j	j	1,4	j	1,2	1,2	0,9	j
41	β-karüofülleen	j	1,3	-	j	j	j	j	j	-	-	j	j	j	j	j
42	bourgeonaal	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
43	α-kalakoreen	j	1,0	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
44	3-hydroksü-β-damaskoon	j	2,7	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j

Terpeenide sisalduse poolest erinesid teistest metest kanarbikumesi (nr. 17) ja vähemal määral paakspuumesi (nr. 23) (Joonis 4). Kanarbikumesi sisaldas enamikke määratud terpeene kõige suuremal hulgal. Kanarbikumesi sisaldas näiteks mitmeid kordi rohkem 4-oksoisoforooni (340.3 ppb), samas kui ülejäänud metel jäi see alla 80 ppb. Sellest võib järeldada, et 4-oksoisoforoon on iseloomulik just kanarbikumeele, mis vastab ka kirjanduse andmetele (Castro-Vasquez et al., 2007; Kuś ja van Ruth, 2015). 4-oksoisoforoon on lenduv ühend, mis annab meele erinevad lõhna- ja maitseomadused, nagu kopitanud, puidune, tsitrus, tee. Samuti oli kanarbikumees kõige kõrgem α-isoforooni ja β-damastsenooni sisaldus (õun, roos, mesi) (The Good Scents Company, 2015).

Teistest metest rohkemal määral sisaldas 4-oksoisoforooni ka paakspuumesi (nr.23) (78.2 ppb). Samuti erines teistest metest paakspuumesi veel just (-)-4-terpineooli sisalduse poolest (4.9 ppb) (puidune, mullane, tsitrus, mentool) ning oli ainuke mesi, mis sisaldas vähesel määral α-terpineeni (0.7 ppb) (puidune, mänd, tsitrus, sidrun, laim, tüümian) (The Good Scents Company, 2015).



Joonis 4. PCA analüüs metes sisalduvate terpeenide kohta. Sinisega terpeeni järjekorra number, mustaga mee number

Poola pajumetes on määratud põhilisteks monoterpeenideks linalooli derivaadid, hotrienool ja (-)-4-terpineool (Jerković *et al.*, 2014a). Samuti sisaldasid uuritud kõrge paju õietolmusisaldusega meed peale α-isoforooni kõige rohkem (Z)-linalool oksiidi ning nende hotrienooli sisaldus oli keskmisest kõrgem.

Ristõieliste õietolmu sisaldusega domineerisid kõige enam hotrienool, α-isoforoon ja (Z)-linalool oksiid. Võililleme oli ainuke, mis sisaldas β-pineeni, mis omab taimset ja puidust maitse ja lõhnaomadust (The Good Scents Company, 2015).

5. Värvus

Mee värvus on seotud mineraalainete, õietolmu ja fenoolsete ühendite sisaldusega ning sõltub paljudest faktoritest nagu Maillardi reaktsiooni produktid, polüfenoolide sisaldus ja fruktoosi karamelliseerumine (Petretto *et al*., 2015). Värvus võib varieeruda värvusetust/helekollasest kuni tumepruuni ja punaka toonini ning sõltub otseselt korjetaimedest (White ja Doner, 1980).

Mee värvuse määramiseks mõõdeti selle L*-; a*- ja b*-koordinaadid, kus L*-väärtus näitab mee heledust/tumedust (mida kõrgem on väärtus, seda heledam on mesi). Uuritud mete L*-väärtused (heledus/tumedus) varieerusid vahemikus 65.28-90.35 (Tabel 8). Kõige madalama väärtusega (ehk kõige tumedam) oli mesi nr. 17 (L*-väärtus 65.28), mis ühtlasi sisaldas ka kõige suuremal hulgal polüfenoole ja rasvlahustuvaid antioksüdante. Samuti oli sellel punane värvuskomponent üks kõrgematest (a*-väärtus 9.06) ning b*-väärtus oli 37.80. Positiivne a*-väärtus näitab punase värvitooni esinemist mees ning negatiinve väärtus roheka värvitooni esinemist, positiivne b*-väärtus aga kollase värvi ja negatiivne väärtus sinaka värvitooni esinemist. Teistes uuringutes on kanarbikumee puhul saadud L*; a* ja b*-väärtuseks vastavalt L* 67.3; a* 10.5 ja b* 68.0 (Poola: Kuś *et al*., 2014) ja L* 66.1; a* 12.0 ning b* 68.6 (Itaalia,Hispaania: Tuberoso *et al*., 2014) ning L* 60.16-90.43; a* -0.50-20.96 ja b* 35.01-76.86 (Soome: Salonen *et al*., 2017), mis on sarnased Eesti metega.

Võrdluseks: tatramete keskmised L*-; a*- ja b'-väärtused on L* 41.5; a* 31.9 ja b* 69.2 (Poola: Kuś *et al*., 2014) ning L* 41.3; a* 30.9 ja b* 71.2 (Poola, Ukraina, Ungari: Tuberoso *et al*., 2014). Tatramesi on pisut tumedam, kaldudes tugevalt punase ja kollase värvitooni poole. Samas pärnaõiemetel on järgnevad L*-; a*- ja b*-väärtused: L* 83.4; a* -1.1 ja b* 36.3 (Poola: Kuś *et al*., 2014) ning L* 78.4; a* 1.9 ja b* 53.6 (Rumeenia, Ukraina, Poola: Tuberoso *et al*., 2014). Pärnaõiemesi on palju heledam, kaldudes roheka ja kollase värvitooni poole.

Meed nr. 28 ja 29 (lehe- ja õiemeesegud) eristusid teistest polüfloorsetest metest kõigi kolme värviruumi parameetri poolest: peale kanarbikumee olid need kõige tumedamad meed (L*-väärtus 76.77 ja 76.68) ja kaldusid kõige rohkem punase värvitooni poole (a*-väärtused 12.52 ja 12.31) ning kõige rohkem kollasuse poole (b*-väärtused 60.34 ja 58.65). Soome lehemee värvikoordinaatide väärtusteks on L*-84.29; a*-1.29 ja b*-84.06 (Salonen *et al*., 2017). Eestis uuritud lehe- ja õiemeesegud on tumedamad, erinevalt Soome omast omavad tugevat punakat ja nõrgemat kollakat tooni.

Rapsi-, paju- ja segumete heledus on kõigil üsna sarnane. Poola rapsimete L*-; a*- ja b*-väärtusteks on sarnaselt saadud vastavalt L* 81,8; a* -0.5 ja b* 28.4 (Kuś *et al*., 2014) ning Itaalia, Saksa ja Poola koondtulemused L* 81.2; a* -0.5 ja b* 30.9 (Tuberoso *et al*., 2014) ja Soome rapsimete tulemused L* 84.29; a* 1.29 ja b* 84.06 (Salonen *et al*., 2017). Eesti kõrge rapsi õietolmusisaldusega meed on oma värviparameetrite poolest sarnased, kuid on vähem kollakamat tooni kui Soome omad.

Tabel 8. *CIELab*'i meetodil saadud värviruumi 3-arvulised väärtused. L*-heledus/tumedus; a*-roheline/punane; b*-sinine kollane värvuskomponent.

Mee nr.	L-väärtus	a*-väärtus	b*-väärtus	Värvus
1	85.39	-0.31	43.43	
2	72.78	5.85	43.95	
3	84.85	1.25	38.60	
4	82.31	2.31	42.28	
5	88.07	-1.73	26.71	
6	84.30	0.34	39.23	
7	78.38	6.22	48.93	
8	88.41	-1.09	29.10	
9	85.64	-0.72	31.63	
10	88.56	-1.57	27.46	
11	85.36	-0.07	33.51	
12	86.57	-0.63	36.22	
13	87.98	-1.37	30.91	
14	83.52	1.56	51.76	
15	83.81	2.68	43.50	
16	90.35	-1.11	29.64	
17	65.28	9.06	37.80	
18	84.36	0.25	35.82	
19	85.42	2.01	44.40	
20	86.34	0.40	40.56	
21	81.23	2.98	46.48	
22	85.46	0.64	40.76	
23	83.47	1.89	46.61	
24	82.77	3.77	47.56	
25	87.12	-0.17	36.87	
26	86.18	0.60	34.91	
27	86.69	0.11	36.09	
28	76.77	12.52	60.34	
29	76.68	12.31	58.65	
30	88.33	-1.23	25.63	
Keskm.	83.75	1.89	39.64	
SD	5.26	3.79	8.78	
Vahemik	65.28-90.35	-1.73-12.52	26.71-60.34	

Poola pajumete L*-; a*- ja b* väärtused on L* 71.9; a* 2.9 ja b* 53.5 (Jerković *et al.*, 2014) ja Soome omad L* 78.84; a* 7.85 ja b* 63.15 (Salonen *et al.*, 2017), mis on samuti sarnased uuritud Eesti pajumetega (nr. 9 ja 25), mis on vähem kollasemad.

6. Mete füüsikalis-keemiliste omaduste ja koostise vahelised korrelatsioonid

Korrelatsioonimaatriksi (tabel 9) põhjal leiti, et mee elektrijuhtivus ja vähemal määral ka vabade hapete sisaldus ning diastaasiaktiivsus on seotud polüfenoolide, flavonoidide, aminohapete ja antioksüdantide üldsisaldusega. Selle põhjal saaks järeldada, et need väärtused võivad olla mee polüfenoolide ja flavonoidide ja antioksüdantide sisalduse näitajateks. Mee niiskus, invertaasi aktiivsus ja HMF sisaldus ei mõjuta oluliselt polüfenoolide ega antioksüdantide sisaldust, omades väga madalaid korrelatsioone.

Tugev korrelatsioon esineb aminohapete ja vesilahustuvate antioksüdantide sisalduste vahel (0.863). Üldiselt, mida rohkem sisaldab mesi aminohappeid, seda kõrgem on mee antioksüdantsus, kuna aminohapped kuuluvad vesilahustuvate antioksüdantide alla. Muidugi on ka erandeid, kus peaks ikkagi vaatama mee aminohappelist koostist eraldi. Tabel 10 põhjal võib öelda, et põhilisemateks antioksüdantide (ka polüfenoolide ja flavonoidide) sisalduste mõjutajateks aminohapetest on kõige rohkem alaniin (Ala) ja proliin (Pro) ning seejärel glutamiinhape (Glu), glütsiin (Gly), treoniin (Thr) ja valiin (Val). Proliini (Pro) ja polüfenoolide vahel on teise autori poolt leitud samuti kõrge korrelatsioon 0.764 (Khalil *et al.*, 2012). Kõige vähem mõjutab mee polüfenoolide ja antioksüdantide sisaldust glutamiin (Gln).

Vesi- ja rasvlahustuvate antioksüdantide ning polüfenoolide vahel on kõrged korrelatsioonid (0.728 ja 0.800), mis viitab sellele, et fenoolsed ühendid on ühed põhilised komponendid, mis mõjutavad mee antioksüdatiivsust. Seda kinnitab ka teiste uuringute põhjal saadud korrelatsiooniarvutused polüfenoolide ja antioksüdantide sisalduse vahel 0.933 (Bertoncelj *et al.*, 2007), 0.758 (Wesolowska ja Dżugan, 2017) ja 0.975 (Kuś *et al.*, 2014). Antioksüdantsuse ja flavonoidide sisalduse vahel on leitud korrelatsioon 0.911 (Wesolowska ja Dżugan, 2017).

Tabel 9. Korrelatsioonimaatriks: mete koostisosade ja värvuse vaheline seos

	El.j	Vabad h.	Diastaas	F/G	TPC	TFC	ACW	ACL	AH	L	a
Vabad h.	0,343										
Diastaas	0,405	0,636									
F/G	0,684	-0,009	0,028								
TPC	0,770	0,717	0,660	0,409							
TFC	0,776	0,601	0,508	0,434	0,877						
ACW	0,420	0,615	0,455	0,166	0,728	0,746					
ACL	0,462	0,562	0,608	0,135	0,800	0,724	0,796				
AH	0,391	0,726	0,539	0,118	0,736	0,712	0,863	0,617			
L	-0,618	-0,738	-0,646	-0,241	-0,926	-0,795	-0,710	-0,848	-0,660		
a	0,547	0,727	0,536	0,230	0,853	0,804	0,921	0,750	0,888	-0,845	
b	0,650	0,467	0,238	0,360	0,685	0,689	0,711	0,462	0,707	-0,566	0,792

F/G- fruktoosi/glükoosi suhe; TPC- polüfenoolide üldsisaldus; TFC-flavonoidide üldsisaldus; ACW- vesilahustuvad antioksüdandid; ACL- rasvlahustuvad antioksüdandid; AH- aminohapped; L- värvikoordinaatide L*-väärtus; a-värvikoordinaatide a*-väärtus; b-värvikoordinaatide b*-väärtus

Korrelatsioonigraafiku põhjal (tabel 9) saab väita, et mee värvust võib kasutada mee polüfenoolide, flavonoidide, antioksüdantsuse ja aminohapete sisalduse hindamiseks. Mida tumedam on mee värvus, seda suuremad on ka kasulike ühendite sisaldused. Kõige suurem korrelatsioon on mee heleduse/tumeduse ja polüfenoolide sisalduse vahel (-0.926). Mee värvus peegeldab osaliselt antioksüdatiivsete omadustega pigmentide sisaldust (Bertoncelj *et al.*, 2007). Sellest tulenevalt selgus korrelatsiooniarvutuste põhjal, et uuritud mete punane värvitoon (a*-väärtus) tundub olevat seotud just rohkem vesilahustuvate antioksüdantide sisaldusega, omades tugevat korrelatsiooni (0.921) ning rasvlahustuvate antioksüdantide sisaldus pigem heleduse/tumedusega (-0.848). Muidugi on ka kõigil teistel värvikoordinaatidel kõrged korrelatsioonid polüfenoolide ja antioksüdantide vahel. Värvuse seotusest aminohapetega on kõige kõrgem korrelatsioon värvigamma a*-väärtusega (0.888), mis viitab punakama tooni poole.

Antud tulemusi kinnitavad ka uuringud, kus kõige heledam mesi sisaldas flavonoide 3.77±0.96 mgQE/100g ning tumedamad meed 6.09±1.35 mgQE/100g ning kõige tumedamad 8.42±1.98 mgQE/100g (Meda *et al.*, 2005). Eesti mete puhul leiti tugev korrelatsioon värvuse (L*-väärtus) ja polüfenoolide ja flavonoidide üldsisalduste vahel (-0.926, -0.795), mis tähendab, et mida heledam on mesi, seda vähem sisaldab see fenoolseid ühendeid ning mida tumedam on mesi, seda rohkem. Kõrge korrelatsioon on saadud ka Poolas uuritud metel polüfenoolide ja värvuse vahel (L*-väärtus) (-0.986) (Kuš *et al.*, 2014). Kõrged korrelatsioonid on saadud ka a*- ja b*-väärtuste ja polüfenoolide sisalduste vahel (vastavalt 0.979 ja 0.7682) (Kuś et al., 2014), mis sarnanevad antud uurimustöö korrelatsioonidega (0.853 ja 0.685).

Tabel 10. Korrelatsioonimaatriks: polüfenoolide, flavonoidide, vesi- ja rasvlahustuvate antioksüdantide seos erinevate aminohapetega

Aminohapped	Ala	Asp	GABA	Gln	Glu	Gly	Ile	Leu	Lys	Phe	Pro	Ser	Thr	Tyr	Val
Polüfenoolid	0,877	0,469	0,536	0,067	0,628	0,730	0,334	0,413	0,325	0,370	0,766	0,583	0,710	0,365	0,665
Flavonoidid	0,859	0,672	0,416	0,090	0,768	0,784	0,271	0,330	0,317	0,335	0,739	0,714	0,685	0,268	0,626
ACW	0,848	0,538	0,509	0,397	0,660	0,668	0,466	0,552	0,564	0,488	0,865	0,696	0,634	0,416	0,743
ACL	0,724	0,382	0,594	0,221	0,537	0,611	0,389	0,415	0,459	0,280	0,627	0,495	0,675	0,329	0,661

ACW-vesilahustuvad antioksüdandid ja ACL-rasvlahustuvad antioksüdandid

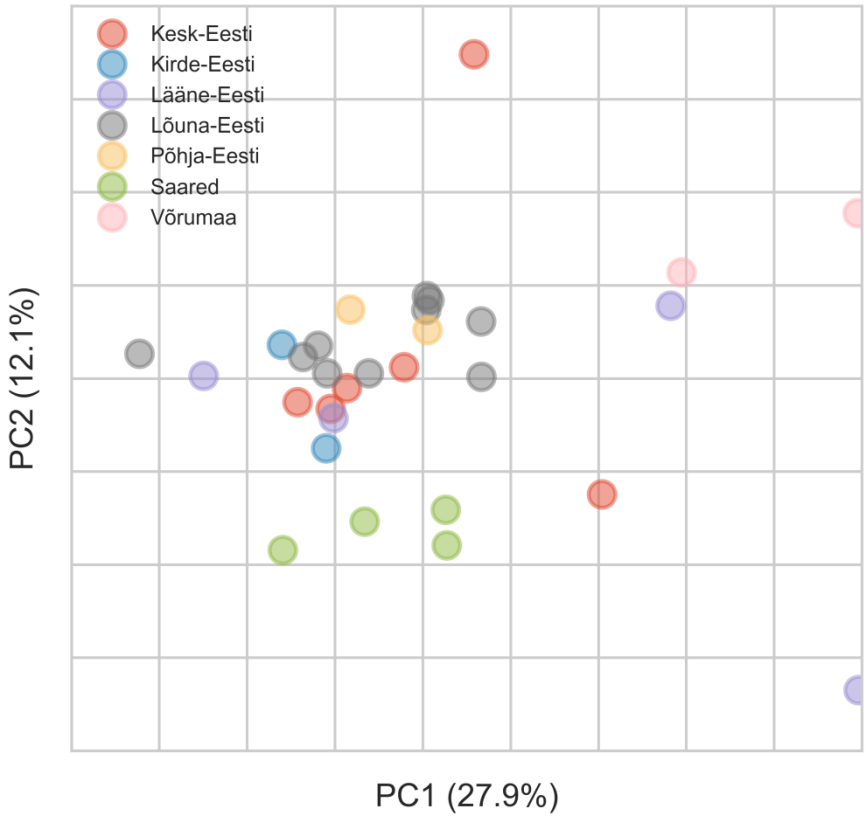
Korrelatsiooniarvutuste põhjal omavad mee fruktoosi ja glükoosi omavahelised sisaldused minimaalset mõju nii mee füüsikalis-keemilistele omadustele, polüfenoolide, flavonoidide ja antioksüdantide sisaldusele kui ka värvusele.

Mida rohkem on polüfenoole, seda rohkem on flavonoide, mida kinnitab ka nende

omavaheline korrelatsioon (0.877, Tabel 9). Kirjandusest on leitud sarnaseid korrelatsioone- 0.603 ja 0.961 (Escuredo *et al*, 2013 ja A-Rahaman *et al*, 2013) 0.776 (Khalil *et al*., 2012).

7. Mete jaotumine Eesti erinevate piirkondade järgi

Mete erinevuste uurimiseks Eesti piirkondade järgi kasutati aminohapete, suhkrute ja polüfenoolide tulemusi (Joonis 5). Haldusjaotuse tegemisel on lähtutud Eesti riiklikust haldusjaotusest.



Joonis 5. Uuritud mete jaotumine Eesti erinevate piirkondade järgi

Enamus mete puhul ei olnud grupeerumist piirkondade järgi. Teistest eristusid saared ja Võrumaa, kus saartelt saadud meed sisaldasid palju paakspuu õietolmu ning Võrumaa meed on lehe-õiemeesegud. Joonisest võib siiski järeldada, et uuritud Eesti mete puhul piirkondade vahel erisusi ei esine, pigem on tegemist botaanilise eripäraga.

8. Mee liikide iseloomulikud omadused

Käesoleva uuringu andmetele tugindedes võib teha järgmised järeldused mee liikide kohta.

Kanarbikumesi:

- kõrgeim elektrijuhtivus, vabade hapete sisaldus ja diastaasi aktiivsus
- kõrgem F/G
- kõrgeim polüfenoolide ja flavonoidide üldsisaldus
- kaneelhape ja müritsetiin – eristub nende polüfenoolide kõrgemate intensiivsuste poolest
- kõrge vesilahustuvate ja kõige kõrgem rasvlahustuvate antioksüdantide sisaldus
- aminohapete kõrge kogusisaldus, millest suuremas koguses alaniini (Ala), gamma-aminobutüürhapet (GABA), glütsiini (Gly), treoniini (Thr) ja valiini (Val). Kõrge kontsentratsiooniga proliini (Pro).
- enamikest määratud terpeenidest suurim sisaldus kanarbikumeel. Väga kõrge 4-oksoisoforooni sisaldus ning kõrged α-isoforooni ja β-damastsenooni sisaldused
- värvuselt kõige tumedam ja kõrgem punane toon

Paakspuumesi:

- kõrgem elektrijuhtivus
- kõrgeim F/G, madalaim glükoosi sisaldus
- keskmine polüfenoolide ja flavonoidide üldsisaldus
- protokatehoolhappe kõrgeim intensiivsus
- vesi- ja rasvlahustuvate antioksüdantide sisaldus keskmisest madalam
- aminohapete puhul iseäralikud ühendid ja erisused puuduvad
- terpeenidest kõrgeim (-)-4-terpineooli sisaldus, ainuke mesi, mis sisaldas vähesel määral α-terpineeni
- värvuselt keskmisest tumedam

Lehe-õiemeesegu:

- keskmisest kõrgemad elektrijuhtivuse, vabade hapete sisalduse ja diastaasi aktiivsuse väärtused
- keskmisest kõrgem F/G
- keskmisest kõrgem polüfenoolide ja flavonoidide üldsisaldus
- eristub protokatehoolhappe kõrgeima intensiivsuse poolest

- kõrgeim vesilahustuvate antioksüdantide sisaldus ja keskmine rasvlahustuvate antioksüdantide sisaldus
- kõrgeim aminohapete kogusisaldus, kõrgeim proliini (Pro) sisaldus
- eristub fenüülalaniini (Phe) kõrge sisalduse poolest
- terpeenidest iseäralikud ühendid puuduvad
- värvuselt tume, kõige punasema tooniga

Võilillemesi:

- keskmisest kõrgem elektrijuhtivus ja diastaasi aktiivsus ning madal vabade hapete sisaldus
- madal F/G (1.07)
- keskmisest madalam polüfenoolide ja flavonoidide üldsisaldus
- kõrgem kumaarhappe intensiivsus
- teiste metega võrreldes keskmine antioksüdantsus
- aminohapete puhul eripärasused puudusid, kogusisaldus madal
- terpeenidest sisaldas ainukese meena β-pineeni
- värvuselt hele ja tugev kollasus.

Kõrge rapsi õietolmu sisaldusega mesi:

- madal elektrijuhtivus
- madal F/G
- keskmisest madalamad polüfenoolide ja flavonoidide üldsisaldused
- erinevate polüfenoolide intensiivsuste järgi ei eristunud teistest metest
- antioksüdantsuse sisaldus keskmine või madalam
- aminohapete puhul eripärasused puudusid, kogusisaldus madal
- terpeenide madalad kontsentratsioonid, puudub α-damastsenoon
- värvuselt hele, keskmine kollasus

Kõrge paju õietolmu sisaldusega mesi:

- keskmine elektrijuhtivus, vabade hapete sisaldus
- keskmisest madalamad polüfenoolide ja flavonoidide üldsisaldused
- erinevate polüfenoolide intensiivsuste järgi ei eristunud teistest metest
- antioksüdantide sisaldus keskmisest madalam
- aminohapete sisalduste eripärasused puudusid, koguhulk keskmine (kõrgem kui rapsimeel)
- terpeenidest iseäralikud ühendid puuduvad
- värvuselt hele, punasus ja kollasus nõrk

Kokkuvõte

Uuritud metes oli ülekaalukalt esindatud ristõieliste, roosõieliste, paju ja valge ristiku (sh. mesika) õietolmuterad. Vähemal määral esines ka aasristikut, sarikaliseid, paakspuud ja angervaksa.

Õietolmu sisalduste järgi jagunesid meed järgnevalt: kõrge rapsi õietolmu sisaldusega meed (nr. 7, 12, 27), võililleme si (nr. 1), kanarbikumesi (nr. 17), lehe-õiemeesegud (nr. 28, 29), paakspuumesi (nr. 23), suure paju õietolmu sisaldusega meed (nr. 9, 25). Ülejäänud olid polüfloorsed meed.

Uuritud meed vastasid kehtestatud füüsikalis-keemilistele kvaliteedi parameetritele.

Suhkrute sisalduse poolest vastasid meed kvaliteedinormile, kus glükoosi ja fruktoosi sisaldus kokku oli üle 60 g/100g. Kõigis metes oli fruktoosi sisaldus kõrgem.

Fruktoosi/glükoosi suhte (F/G) järgi osutusid uuritud meed õiemeteks, kus kõige kõrgemad väärtused esinesid paakspuumeel (1.41) ja kanarbikumeel (1.27).

Uuritud mete polüfenoolide ja flavonoidide sisaldused olid vastavalt vahemikus 26.15-88.70 mgGAE/100g ja 1.86-6.35 mgQE/100g. Kõrgeimad väärtused olid kanarbikumeel ja lehe-õiemeesegudel. Polüfenoolidest olid mee proovides rohkem esindatud abstsiishape, kohvhape ja kumaarhape, aga ka šikiimhape, 4-hüdroksübensoehape, transfeerulahape, salitsüülhape, kvertsetiin ja kemferool. Protokatehoolhappe intensiivsus oli kõige kõrgem lehe-õiemeesegudes, kaneelhappe ja müritsetiini intensiivsus kanarbikumees.

Dihüdroksüatsetooni ja metüülglüoksaali sisaldus metes oli väga väike, vastavalt <10 kuni 11 mg/kg ja <6 kuni 7 mg/kg.

Vesilahustuvate antioksüdantide sisaldus oli uuritud metes 37.83 mg/100g kuni 311.16 mg/100g, kus kõige kõrgem väärtus lehe-õiemeesegudel ja veidi vähem kanarbikumeel. Teistel meesortidel palju madalam.

Rasvlahustuvate antioksüdantide sisaldus mees oli 14.40 mg/100g kuni 60.73 mg/100g ning kõrgeim sisaldus oli kanarbikumeel.

Aminohapetest leidus uuritud metest kõige enam proliini (Pro) 257-1328 mg/kg. Enim leidus seda lehe-õiemeesegudes ja kanarbikumees. Väikseim sisaldus segumetes.

Terpeenidest sisaldasid meed enim α-isoforooni, (Z)-linalool oksiidi ja hotrienooli, vähemal määral ka (E)- linalool oksiidi ja dihüdro-p-tsümeeni.

4-oksoisoforooni, α-isoforooni ja β-damastsenooni, sisalduse poolest eristus kanarbikumesi ning (-)-4-terpineooli ja α-terpineeni poolest paakspuumesi.

Mee värvusel heleduse/tumeduse L*-väärtus oli vahemikus 65.28-90.35, mis tähendab, et

Eesti meed on pigem heledamad ning tumedat mett esineb vähem. Tumedaim oli kanarbikumesi.

Mida tumedam on mesi, seda kõrgemad on selle antioksüdantsus ning polüfenoolide ja flavonoidide sisaldused.

Kõrgema elektrijuhtivuse, vabade hapete sisalduse ja diastaasi arvu korral, on tõenäoliselt suurem polüfenoolide, flavonoidide ja aminohapete ning antioksüdantide üldsisaldus.

Antibakteriaalsete, antioksüdatiivsete ja bioaktiivse toimega ühendite sisaldust metes mõjutab mee liigirikkus ja mõnede taimede puhul isegi üsna vähene esindatus õietolmusisalduses.

Et konkreetse meeliigi kohta (kanarbikumesi, paakspuumesi, võililleemesi, pajumesi, rapsimesi) saaks tuua põhjalikumaid järeldusi, oleks tarvis teha täiendavaid katseid monofloorsete meeliikidega.

Uurida tasuks ka tumedamaid meeliike (tatra-, kanarbiku- ja metsaõiemeed), mis on kõrgema bioaktiivsete ühendite sisaldusega.

Mete füüsikalis-keemiliste põhinäitajate ja antioksüdantsete ning bioaktiivsete ühendite seoste loomiseks maitse ja lõhnaga, oleks huvitav läbi viia sensoorika katsed.

Mees sisalduva õietolmu määramiseks uurida õietolmu DNA määramist, mille kaudu selguks milliste taimede DNA oleks nektaris või mees.

Uurida tuleks mete antibakteriaalsust ning nende toimet erinevatele mikroorganismidele.

Uurimist vääriks ka bioaktiivsete ühendite sisalduse muutumine mee soojendamisel ja säilitamisel.

Et hinnata Eesti mee omadusi, peaks täpsema ülevaate saamiseks uurima ka lähipiirkondade meesid (nt. Läti, Leedu, Soome).

Kasutatud kirjandus

Adams, C. J.; Manly-Harris, M.; Molan, P. C. (2009). The origin of methylglyoxal in New Zealand manuka (*Leptospermum scoparium*) honey. *Carbohydrate Research*, 344, p. 1050-1053.

Al-Mamary, M.; Al-Meeri, A.; Al-Habori, M. (2002). Antioxidant activities and total phenolics of different types of honey. *Nutrition Research*, 22, 1041-1047.

Alvarez-Suarez, J. M.; Giampieri, F.; Battino, M. (2013). Honey as a Source of Dietary Antioxidants: Structures, Bioavailability and Evidence of Protective Effects Against Human Chronic Diseases. *Current Medicinal Chemistry*, 20 (1), p. 1-17.

Alves, A.; Ramos, A.; Gonçalves, M.M.; Bernardo, M.; Mendes, B. (2013). Antioxidant activity, quality parameters and mineral content of Portugese monofloral honeys. *Journal of Food Composition and Analysis*, 30, 130-138.

Alzahrani H.A.; Alsabehi, R.; Boukraa, L.; Abdellah, D.; Belllik, Y.; Bakhotmah, B.A. (2012). Antibacterial and antioxidant potency of floral honeys from different botanical and geographical origins. *Molecules*, volume 17, 10540-10549.

Anklam, E. (1998). A review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey. Food Chemistry, 63, 549-562.

A-Rahaman, N. L.; Chua, L. S.; Sarmidi, M. R.; Aziz, R. (2013). Physicochemical and radical scavenging activities of honey samples from Malaysia. *Agricultural Sciences*, 4 (5B), p. 46-51

Alqarni, A.S.; Owayss, A.A.; Mahmoud, A.A. (2012). Physicochemical characteristics, total phenols and pigments of national and international honeys in Saudi Arabia. *Arabian Journal of Chemistry*, 9, 114-120.

Bertoncelj, J.; Doberšek, U.; Jamnik, M.; Golob, T. (2007). Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and color of Slovenian honey. *Food Chemistry*. 105, 822-828.

Bogdanov, S.; Ruoff, K.; Persano Oddo, L. (2004). Physico-chemical methods for the characterisation of unifloral honeys: a review. *Apidologie 35*, S4-S17.

Bueno-Costa, F.M.; Zambiazi, R.C.; Bohmer, B.W.; Chaves, F.C.; da Silva, W.P.; Zanusso, J.T.; Dutra, I. (2016). Antibacterial and antioxidant activity of honeys from the state of Rio Grande du Soul, Brazil. *LWT-Food Science and Technology*. 65, 333-340.

Bundit, T.; Anothai, T.; Pattaramart, P.; Roongpet, T.; Chuleeporn, S. (2016). Comparison of antioxidant contents of Thai honeys to Manuka honey. *Malaysian Journal of Nutrition.* 22(3), 413-420.

Cacho, J.I.; Campillo, N.; Viñas, P.; Hernández-Córdoba, M. (2015). Evaluation of three headspace sorptive extraction coatings for the determination of volatile terpenes in honey using gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1399, 18-24.

Campone, L.; Piccinelli, A.L.; Pagano, I.; Carabetta, S.; Di Sanzo, R.; Russo, M.; Rastrelli, L. (2014). Determination of phenolic compounds in honey using dispersive liquid-liquid microextraction. *Journal of Chromatography* A, 1334, 9-15.

Castro-Vázquez, L.; Díaz-Maroto, M.C.; Pérez-Coello, M.S. (2007). Aroma composition and new chemical markers of Spanish cirtus honeys. *Food Chemistry*, 103, 601-606.

Chen, H.; Jin, LH.; Chang, QY.;Peng, T.; Hu, XY.; Fan, CL.; Pang, Gf.; Lu, ML.; Wang, WW. (2017). Discrimination of botanical origins for Chinese honey according to free amino acids content by high-performance liquid chromatography with fluorescence detection with chemometric approaches. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97, issue 7, 2042-2049.

Cotte, J.F.; Casabianca, H.; Giroud, B.; Albert, M.; Lheritier, J.; Grenier-Loustalot, M.F. (2004). Characterization of honey amino acid profiles using high-pressure liquid chromatography to control authenticity. *Anal Bioanal Chem*, 378, 1342-1350.

Crane, E. 1980. *A Book of Honey*. International Bee Research Association, Oxford University Press.

da Silva, M. P.; Gauche, G; Gonzaga, L.; Oliveira Costa, A.; Fett, R. (2016). Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry*, 196, p.309-323.

Deadman, B. J. (2009). Master Thesis: The Flavonoid Profile of Nwe Zealand Manuka Honey. *The University of Waikato*

Escuredo, O.; Míguez, M.; Fernández-González, M.; Seijo, M. C. (2013). Nutritional value and antioxidant activity of honeys produced in a European Atlantic area. *Food Chemistry*, 138, p. 851-856.

Ferreira, C.F.R.I.; Barreira, C.M.J.; Aires, E.; Estevinho M.L. (2009). Antioxidant activity of Portugese honey samples: Different contributions of the entire honey and phenolic extract. Food Chemistry, 114, 1438-1443.

Giorgiana, S.O.; Marghitas, L.Al.; Bobis, O.; Popescu, O.; Bonta, V.; Maghear, O.; Dezmieran, D. (2008). Correlation between the phenolic content and antioxidant capacity of declared honeydew honeys produced in Transylvania. *Bulletin UASVM Animal Science and Biotechnologies*, 65(1-2), 249-254.

Gleiter, R.A.; Horn, H.; Marioli, J.M. (2006). Influence of type and state of crystallization on the water activity of honey. *Food Chemistry*, 96, 441-445.

Hermosín, I.; Chicón, R.M.; Cabezudo, M.D. (2003). Free amino acid composition and botanical origin of honey. *Food Chemistry*, 83, 263-268.

Jasicka-Misiak, I.; Poliwoda, A.; Dereń, M.; Kafarski, P. (2012). Phenolic compounds and abscisic acid as potential markers for the floral origin of two Polish unifloral honeys. *Food Chemistry*, 131, 1149-1156.

Jaskiewiez, K.; Witek, M.; Rybak-Chielewska, H.; Szcesna, T.; Was, E.; Teper, D. (2013). Comparison of the antioxidant activity and the content of phenolic compounds in light and dark honeys. *ResearchIntitute of Horticulture*, Apicultural Division.

Jerković, I.; Kuś, P.M. (2014a). Terpenes in honey: occurence, origin and their role as chemical biomarkers. *Royal Society of Chemistry*, 4, 31710-31728.

Jerković, I.; Kuś, P.M.; Tuberoso, C.I.G.; Šarolić, M. (2014b). Phytochemical and physical-chemical analysis of Polish willow (*Salix spp*.) honey: Identification of the marker compounds. *Food Chemistry*. 145, 8-14.

Järvela, K. (2017). Flavonoidid mees, õietolmus ja suiras. Bakalaureusetöö. Tallinna Tehnikaülikool.

Karoui, R.; Dufour, E.; Bosset, J.-O.; De Baerdemaeker, J. (2007). The use of front face fluorescence spectroscopy to classify the botanical origin of honey samples produced in Switzerland. *Food Chemistry*, 101, 314-323.

Kaškoniene, V.; Venskutonis, P.R.; Čeksteryte, V. (2008a). Carbohydrate composition of monofloral willow (*salix alba spp*.) honey. Foodbalt.

Kaškoniene, V.; Venskutonis, P.R.; Čeksterytė, V. (2008b). Composition of volatile compounds of honey of various floral origin and beebread collected in Lithuania. *Food Chemistry*, 111, 988-997.

Kaškoniene, V.; Venskutonis, P.R.; Čeksteryte, V. (2010a). Carbohydrate composition and electrical conductivity of different origin honeys from Lithuania. *LWT-Food Science and Technology*. 43, 801-807.

Kaškoniene, V.; Venskutonis, P.R. (2010b). Floral markers in honey in various botanical and geographical origins: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 9, 620-634.

Khalil, Md.I.; Moniruzzaman, M.; Boukraâ, L.; Benhanifia, M.; Islam, Md.A.; Islam, Md.N.; Sulaiman, S.A.; Gan, S.H. (2012). Physicochemical and antioxidant properties of Algerian honey. *Molecules*, 17, 11199-111215.

Kishore, R.K.; Halim, A.S.; Syazana, M.S.N.; Sirajudeen, K.N.S. (2011). Tualang honey has higher pehnolic content and greater radical scavenging activity compared with other honey

sources. *Nutrition Research*, 31, 322-325.

Kivima, E.; Seiman, A.; Pall, R.; Sarapuu, E.; Martverk, K.; Laos, K. (2014). Characterization of Estonian honeys by botanical origin. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 63 (2), p. 183-192.

Kowalski, S. (2013). Changes of antioxidant activity and formation of 5-hydroxymathylfurfural in honey during thermal and microwawe processing. *Food Chemistry*. 141, 1378-1382.

Kuś, P.M.; Congiu, F.; Teper, D.; Sroka, Z.; Jerković, I. (2014). Antioxidant activity, color characteristics, total phenol content and general HPLC fingerprints of six Polich unifloral honey types. *LWT-Food Science and Technology*. 55, 124-130.

Kuś, P.M. ja van Ruth, S. (2015). Discrimination of Polish unifloral honeys using overall PTR-MS and HPLC fingerprints combined with chemometrics. *LWT- Food Science and Technology*, 62, 69-75.

Lachman, J.; Hejtmánková, A.; Sýkora, J.; Karban, J. (2010). Contents of major phenolic and flavonoid antioxidants in selected Czech Honey. 28, no.5, 412-426.

Liitmaa, M.; Sõukand, Ü. (2009). Meeproovide kogumine analüüsiks ja mee kvaliteedi määramine ja jääkained meeproovides. *Eesti Keskkonnauuringute Keskus* - [võrgumaterjal] 01.05.2017.

Manzanares, A.B.; García, Z.H.; Galdón, B.R.; Rodríguez, E.R. (2011). Differentiation of blossom and honeydew honeys using multivariate analysis on the physicochemical parameters and sugar composition. Food Chemistry, 126, 664-672.

Meda, A.; Lamien, C. E.; Romito, M.; Millogo, J.; Nacoulma O. G. (2005). Determination of the total phenolics, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry*, 91, 571-577.

Michalkiewicz A, Biesaga M, Pyrzynska K. (2008). Solid-phase extraction procedure for determination of phenolic acids and some flavonols in honey. Journal of Chromatography A, 1187, 18-24.

Moniruzzaman, M.; Sulamain, S.A.; Khali, M.I.; Gan, S.H. (2013). Evulation of physicochemical and antioxidant properties of sourwood and other Malaysian honeys: a comparison with manuka honey. *Chemistry Central Journal*, 7, 138.

Moniruzzaman, M.; An, C.Y.; Rao, P.V.; Hawlader, M.N.I.; Azlan, S.A.B.M.;Sulaiman, S.A.; Gan, S.H. (2014). Identification of Phenolic Acids and Flavonoids in Monofloral Honey from Bangladesh by High Performance Liquid Chromatography: Determination ofAntioxidant Capacity. *BioMed Research International*, doi: 10.1155/2014/737490

Nõukogu Direktiiv 2001/110/EÜ, 20.detsember 2001 mee kohta. Official Journal of the European Communities.

Pasias, I. N.; Kiriakou, I. K.; Proestos, C. (2017). HMF and diastase activity in honeys: A fully validated approach and a chemometric analysis for identification of honey freshness and adulteration. *Food Chemistry*, 229, 425-431.

Persano Oddo, L; Piro, R. (2004). Main European unifloral honeys:descriptive sheets. *Apidologie*, 35, S38-S81.

Petretto, G.L.; Cossu, M.; Alamanni, M.C. (2015). Phenolic content, antioxidant and physico-chemical properties of Sardinian monofloral honeys. *International Journal of Food Science and Technology*, 50, 482-491.

Pita-Calvo, C.; Vázquez, M. (2017). Differences between honeydew and blossom honeys: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 59, 79-87.

Radovic, B.S.; Careri, M.; Mangia, A.; Musci, M.; Gerboles, M.; Anklam, E. (2001). Contribution of dynamic headspace GC-MS analysis of aroma compounds to authenticity testing of honey. *Food Chemistry*, 72, 511-520.

Rebane, R. ja Herodes, K. (2008). Evaluation on the botanical origin of Estonian uni- and polyfloral honeys ny amino acid content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 10716-10720.

Rohtla, A. (2001). Meetaimed ja mesi. OÜ Kirjastus „Valgus“, p. 1-194.

Ruoff, K. Authentication of the Botanical Origin of Honey. A dissertation ETH no. 16857. Zurich.

Salonen, A. (2011). Boreal unifloral honeys: Screening of composition and properties. In: Dissertations in Forestry and Natural Sciences No 51. (Eds. Pasanen, P., Vornanen, M., Peiponen, K). University of Eastern Finland, 1-65.

Salonen, A.; Virjamo, V.; Tammela, P.; Fauch, L.; Julkunen-Tiitto, R. (2017). Screening bioactivity and bioactive constituents of Nordic unifloral honeys. *Food Chemistry*, 237, 214-224.

Schneider, M.; Coyle, S.; Warnock, M.; Fyfe, L. (2012). Anti-microbal activity and composition of manuka and portobello honey. *Phytotheraphy Research*, 27, issue 8, 1162-1168.

Silici, S.; Sagdic, O.; Ekici, L. (2010). Total phenolic content, antiradical, antooxidant and antimicrobal activities of Rhododendron honeys. *Food Chemistry*, 121, 238-243.

Stephens, J.M.; Schlothhauer, R.C.; Morris, B.D.; Yang, D.; Fearnley, L.; Greenwood, D.R.;

Loomes, K.M. (2010). Phenolic compounds and methylglyoxal in some New Zealand manuka and kanuka honeys. Food Chemistry, 120, 78-86.

The Good Scents Company (2015). The Good Scents Company Information System. www.thegoodscentscompany.com

Tomás-Barberán, F.A; Martos, I; Ferreres, F; Radovic, B.S; Anklam, E. (2001). HPLC flavonoid profiles as markers for the botanical origin of European unifloral honeys. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(5), 485-496.

Trautvetter, S.; Koelling-Speer, J.; Speer, K. (2009). Confirmation of phenolic acids and flavonoids in honey s by UPLC-MS. *Apidologie* 40, 140-150.

Tuberoso, C.I.G.; Jerković, I.; Sarais, G.; Congiu, F.; Marijanović, Z.; Kuś, P.M. (2014). Color evaluation of seventeen European unifloral honey types by means of spectrophotometrically determined CIE $L^*C^*_{ab}h°_{ab}$ chromaticity. Food Chemistry, 145, 284-291.

Vabariigi Valitsuse määrus 41 „Mee koostis- ja kvaliteedinõuded ning märgistamise erinõuded“ https://www.riigiteataja.ee/akt/711581

Valgepea, T. (2017). Mee, õietolmu ja suira polüfenoolide sisaldus. Bakalaureusetöö. Tallinna Tehnikaülikool.

Vela, L.; de Lorenzo, C.; Pérez, R.A. (2007). Antooxidant capacity of Spanish honeys and its correlation with polyphenol content and other physicochemical properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*,87, 1069-1075.

Wang, J.; Li, Q.X. (2011). Advances in Food and Nutrition Research. Chapter 3. Chemical composition, characterization, and differentiation of honey botanical and geographical origins. Volume 62, pp. 89-137.

Wesolowska, M & Dzugan, M. (2017). The Use of the PHOTOCHEM Device in Evaluation of Antioxidant Activity of Polish Honey. *Food Analytical Methods*, 10, 1568–1574.

White, J.E. Jr.; Doner, L.W. (1980). Honey Composition and Prpperties. Beekeeping in the United States, Agriculture handbook number 335, p 82-91.

Wilczyńska, A. (2014). Effect of filtration on colour, antioxidant activity and total phenolics of honey. *LWT – Food Science and Technology*, 54, p. 767-774.

Windsor, S.; Pappalardo, M.; Brooks, P.; Williams, S.; Manley-Harris, M. (2011). A convenient new analysis of dihydroxyacetone and methylglyoxal applied to Australian *Laptospermum* honeys. *Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy*, 4 (1), pp. 6-11.