

GRAUDU UN TO PĀRSTRĀDES FRAKCIJU KRĀSAS IZVĒRTĒJUMS MIEŽU RAKSTUROŠANAI PĀRTIKAS VIRZIENAM

Zaiga Jansone, Māra Bleidere

LLU APP Agrolesursu un ekonomikas institūts, Stendes pētniecības centrs
jansonezaiga@inbox.lv

Ievads

Graudu krāsa miežiem variē no gandrīz baltas vai gaiši dzeltenas līdz purpura, violetai, zilai un melnai, ko nosaka paaugstināts polifenolu antocianīnu un proantocianidīnu saturs plēksnē, perikarpā un/vai aleirona slānī (Abdel-Aal *et al.*, 2006). Parasti kvalitatīvi miežu graudi, kurus akceptē pārtikas nozares uzņēmumi, ir izteikti gaiši dzelteni vai gandrīz baltā krāsā. Ir miežu genotipi, kuriem plēksne ir gaišā krāsā, bet aleirona slānis, kas atrodas tūlīt zem plēksnes, ir ar zilganpelēku nokrāsu. Miežu graudiem ar zilganpelēku aleirona krāsu ir sliktāks vizuālais izskats, šo pazīmi bieži, iepērkot graudus, ņem vērā arī graudu pārstrādes uzņēmumi. Miežu graudu krāsa parasti var mainīties graudu veidošanās laikā sēnīšu infekciju vai fenolsavienojumu patoloģisku metabolisma procesu dēļ, kas rezultātā var ietekmēt arī graudu un to pārstrādes produktu kvalitāti (Baik, Ullrich, 2008). Savukārt agrometeoroloģiskie apstākļi, piemēram, slāpekļa mēslojums un lietaini apstākļi graudu nogatavošanās laikā var ietekmēt zilganpelēkas aleirona krāsas veidošanos (Shewry, Ulrich, 2014). Tomēr zinātniski pierādīts, ka tolerantu šķirņu selekcija ir efektīvs veids, lai izaudzētu noturīgi gaišas krāsas miežu graudus (Li *et al.*, 2003; Quinde *et al.*, 2004).

Pieaugot pilngraudu graudu izejvielu pielietojumam miežu pārtikas produktu ražošanā, kuriem ir papildu paaugstināta diētiskā vērtība un garšas īpašības, samazinās patērētāju aizspriedumi pret tumšāku graudaugu izstrādājumu krāsu. Miežu pārstrādes produktu (grūbu, putraimu) ieguvei Latvijā līdz šim ir izmantotas šo sugu plēkšņainās formas. Tāpēc potenciālie šo graudaugu pārstrādes uzņēmumi Latvijā ir ieinteresēti jaunu zināšanu ieguvē par šo graudaugu kvalitātes izpēti pārtikas virzienam. Graudu un to pārstrādes frakciju krāsas izpēte vasaras miežu selekcijas materiālā līdz šim nav analizēta. Pētījuma mērķis ir izvērtēt plēkšņaino miežu graudu un to pārstrādes frakciju krāsu dažādiem vasaras miežu genotipiem, noskaidrojot korelatīvās sakarības starp iegūtajiem mērījumu datiem.

Materiāli un metodes

Plēkšņaino graudu un skrotēto graudu frakciju krāsas izpētei un salīdzināšanai iekļauti 50 vasaras miežu (*Hordeum vulgare* L.) plēkšņainie genotipi (13 līnijas Stendes vasaras miežu selekcijas programmas; 9 miežu šķirnes no Valsts Augu šķirņu kataloga un 28 genotipi no darba kolekcijas), kas vienādos apstākļos audzēti 2015. gadā. Izvēlēta ģenētiskā daudzveidība no selekcijas un kolekcijas materiāla raksturojama ar paaugstinātu produktivitāti, labiem graudu fizikālajiem rādītājiem un atšķirīgu beta-glikānu un kopproteīna saturu graudos. Papildu krāsas izpēte pilngraudu frakcijai un miltiem no pilngraudu un skrotētiem graudiem veikta 12 plēkšņainajiem vasaras miežu genotipiem (5 selekcijas līnijām, 4 šķirnēm no kataloga un 3 šķirnēm no darba kolekcijas), kur viens genotips ('G-83') ir ar melnu grauda plēksni. Rezultātu salīdzināšanai starp plēkšņainajiem un kailgraudu miežiem pētījumā iekļautas arī divas kailgraudu miežu šķirnes: 'Irbe' un 'Kornelija' no Valsts Augu šķirņu kataloga.

Kvalitatīvā graudu frakcija iegūta, tos sijājot ar garenacu 2.2 mm izmēra sietu. Graudu skrotēšana veikta ar laboratorijas skrotētāju (*Dimo's Labtronics*, Kanāda), izmantojot #30 izmēra akmeni. Kvalitatīvo skrotēto graudu frakciju iegūst ar garenacu 2.0 mm sietu, atdalot šķeltās grūbas. Pilngraudu frakcija iegūta, lai analizētu grauda aleirona krāsu, miežu paraugus skrotēja 20 s, atdalot tikai plēksni. Skrotēto graudu (grūbu) frakcija iegūta, paraugus skrotējot 1.4 min, lai kvalitāte atbilstu ražotāja izvirzītajām prasībām miežu grūbu ražošanai. Graudu fracionēšanas metodika un skrotēšanas ilgums miežu grūbu ieguvei izvēlēts atbilstoši AS „Dobeles Dzirnāvieks” ražošanā izmantotajai graudu pārstrādes tehnoloģijai. Miltu frakcijas iegūtas, pilngraudu un skrotētos graudu paraugus samaļot ar laboratorijas dzirnāvējumu *Knifetec 1095* (*Foss*).

Graudu un to pārstrādes frakciju krāsa analizēta ar digitālo kolorimetru WF32 16 mm (*Graigar Technology Co*), kur paraugu krāsas salīdzināšanai izmantotas L* vērtības no CIE Lab krāsu skalas L*, a*, b* sistēmā. L* vērtība baltās krāsas skalā no 0 (melns) līdz 100 (balts) raksturo parauga gaišumu/spilgtumu (angl. *lightness/brightness*) (Whan, 2014). Krāsas mērījums katrai

šķirnei veikts 5 atkārtojumos. Rezultāti statistiski apstrādāti, izmantojot dispersijas un korelācijas analīzi. Datu statistiskajā apstrādē analizēta tikai miežu genotipu grupa ar gaišu grauda plēksni, izslēdzot miežu šķirni ar melnu grauda plēksni ‘G-38’.

Rezultāti un diskusijas

Novērtējot krāsu miežu graudiem ar plēksni, šī pazīme starp pētījumā iekļautajiem 50 genotipiem atbilstoši L^* vērtībām variēja no 47.74 līdz 64.79 (1. tab.). Izmantojot kā novērtēšanas kritēriju pazīmes vidējo vērtību un standartnovirzi (vidēji+s), atzīmējami seši miežu genotipi (‘ST-12890’; ‘ST-12902’; 09-5/167; ‘Abava’, ‘Landsorte aus Tirol’, ‘Hockey’) ar izteikti gaišu plēksnes krāsu ($63.45-64.79 > \text{vidēji}+s=64.06$). Novērtējot skrotēto graudu (grūbu) krāsu, septiņiem genotipiem (‘ST-13071’; ‘ST-13083’; 09-5/167; ‘ST-12984’, ‘Iron’; ‘Evergreen’, ‘Quench’) konstatēta būtiski gaišāka šīs graudu frakcijas krāsa ($72.81-73.63 > \text{vidēji}+s=72.45$).

1. tabula

Graudu un to pārstrādes frakciju krāsas novērtējums

Genotips	Graudi			Milti	
	ar plēksni	pilngraudu	skrotēti	pilngraudu	skrotēti
<i>Vidēji; n=50</i>	61.69	–	70.11	–	–
<i>min.–maks.</i>	47.74–64.79	–	61.62–73.63	–	–
<i>s</i>	2.36	–	2.34	–	–
<i>>vidēji+s</i>	64.06	–	72.45	–	–
Plēkšņains, gaiša plēksne					
ST-12902	63.68*	67.44*	72.34	89.48	91.88*
ST-13083	62.63	65.84	72.94*	89.60	92.37*
ST-13074	63.21	65.44	71.68	89.38	92.18*
ST-12924	61.89	65.56	72.03*	89.62	92.10*
ST-12835	63.24	66.22*	72.28*	89.47	91.84*
Quench	62.76	65.23	73.31*	89.11	91.31
Abava	63.45*	64.48	70.59	88.70	90.73
Jumara	61.46	64.42	70.51	88.99	90.79
Ansis	62.78	65.18	71.23	89.51	90.97
Grimmet	62.00	63.74*	70.34*	89.91	91.17
Landsorte aus Tirol	64.28*	63.56*	69.99*	89.69	91.43
<i>Vidēji; n=11</i>	62.85	65.19	71.57	89.41	91.52
<i>min.–maks.</i>	61.46–64.28	63.56–67.44	69.99–73.31	88.70–89.62	90.73–92.37
<i>s</i>	0.84	1.12	1.12	0.35	0.58
<i>$\gamma_{0.05}$</i>	0.586	0.823	0.829	0.411	0.382
Plēkšņains, melna plēksne					
G-83	47.73*	51.62*	61.62*	83.85*	86.99*
Kailgraudu					
Irbe	x	61.31	x	89.36	x
Kornelija	x	59.41	x	89.86	x

*starpība būtiski atšķirīga, salīdzinot ar paraugkopas vidējo, $p < 0.001$

Pētījumā iekļautajam genotipam ‘G-38’ ar melnas krāsas plēksni L^* vērtības bija būtiski zemākas visu pētīto frakciju paraugiem, ja salīdzina ar parastajiem gaišas grauda krāsas genotipiem (1. tab.). Ja miežu šķirnei grauda plēksne ir izteikti tumša krāsā vai melna, tad arī skrotētie graudi un milti šādiem genotipiem būs izteikti tumši. Šādus tumšas krāsas miežu graudus ar paaugstinātu antocianīna saturu to krāsainā izskata dēļ audzē arī nelielos daudzumos un parasti izmanto, lai iegūtu specifiskus pārtikas produktus (Abdel-Aal, 2006). Graudiem ar īpaši izteiktu krāsojumu ir pievērsta uzmanība arī to funkcionalitātes dēļ, jo tiem ir konstatēta paaugstināta fenolsavienojumu un antioksidantu aktivitāte (Kim *et al.*, 2007).

Vasaras miežu graudu krāsa pētījumā iekļautajiem genotipiem ar gaišu plēksni variēja no 61.46 (‘Grimmet’) līdz 64.28 (‘Landsorte Aus Tirol’), kurai graudi bija ar visgaišāko plēksni. Konstatētas būtiskas ($p < 0.001$) atšķirības starp šķirnēm. Miežu līnijai ‘ST-12902’ ($L^*=63.68$) un šķirnei ‘Abava’ ($L^*=63.45$) L^* vērtības bija būtiski ($p < 0.01$) augstākas salīdzinot ar izvēlētās

paraugkopas vidējo vērtību ($L^*=62.85$). Būtiskas atšķirības konstatētas arī starp miežu pilngraudu frakcijas krāsu. Salīdzinot ar kailgraudu miežiem, kurus var uzskatīt kā miežu pilngraudu izejvielu, to graudu krāsa bija nedaudz tumšāka nekā plēkšņainajiem genotipiem. Miežu līnijām ‘ST-12902’, ‘ST-12835’ bija raksturīga būtiski gaišāka grauda aleirona krāsa. Savukārt šķirnēm ‘Grimmet’ un ‘Landsorte aus Tirol’ aleirona krāsa bija izteikti tumšāka ($L^*=63.74$ un 63.56). Tas ietekmēja arī skrotēto graudu jeb grūbu krāsu, kas šīm abām šķirnēm bija arī būtiski tumšāka, ja salīdzina ar paraugkopas vidējo vērtību. Visgaišāko skrotēto graudu frakciju ieguva šķirnei ‘Quench’ ($L^*=73.31$). Būtiski augstāku L^* vērtību konstatēja arī trīs selekcijas līnijām (1. tab.).

Novērtējot pilngraudu un skrotēto graudu miltu krāsu, konstatētas būtiskas ($p < 0.001$) atšķirības starp dažādiem miežu genotipiem. Šķirnēm ‘Abava’ un ‘Jumara’ šādi milti bija salīdzinoši tumšāki nekā pārējiem genotipiem. Pilngraudu miltu krāsa no plēkšņainajiem miežiem būtiski neatšķīrās no abu kailgraudu miežu šķirņu miltiem. Miltiem, kas bija iegūti no skrotētiem miežiem, bija izteikti gaišāka krāsa. Arī šajā variantā starp šķirnēm bija būtiskas ($p < 0.001$) atšķirības. Visām 5 pētījumā iekļautām miežu līnijām skrotētu graudu milti bija būtiski gaišāki nekā pārējām pētījumā iekļautajām šķirnēm.

Korelācijas koeficienti starp graudu un pārstrādes frakciju krāsas izpētes datiem liecina, ka no graudiem ar gaišāku pilngraudu frakcijas (aleirona) krāsu ir iespējams iegūt gaišākas krāsas skrotētos produktus (grūbas). Par to liecina būtiska cieša pozitīva korelācija starp šīm pazīmēm ($r=0.758$; $p < 0.01$) (2. tab.). Skrotēto graudu miltu krāsai ir pozitīvas korelatīvas sakarības ar pilngraudu frakcijas aleirona krāsu ($r=0.591$; $p < 0.05$) un skrotēto graudu krāsu ($r=0.613$; $p < 0.05$). Savstarpēji salīdzinot miežu genotipus pēc grauda ārējās plēksnes krāsas, nav iespējams paredzēt, kāda būs iegūto pārstrādes frakciju krāsa.

2. tabula

Korelatīvās sakarības starp krāsas L^* vērtībām dažādām graudu un miltu frakcijām

Rādītāji	Graudi/plēksne	Pilngraudu	Skrotēti	Milti/pilngraudu
Pilngraudu	0.150	x	x	x
Skrotēti	-0.027	0.758**	x	x
Milti/pilngraudu	-0.008	0.009	-0.005	x
Milti/skrotēti	0.142	0.591*	0.613*	0.487

*; **būtisks pie $p < 0.05$ un $p < 0.01$ ticamības līmeņa ($r_{0.05; n-2}=0.576$; $r_{0.01; n-2}=0.708$)

Pētījums turpināsies arī 2016. un 2017. gadā, lai noteiktu visām minētajām pazīmēm iedzīstamības koeficientu jeb spēju pārnest pazīmi no vienas paaudzes uz nākamo.

Pārtikas produktu krāsa un izskats kopumā ir pirmie faktori, ko patērētāji ievēro, pirms produktu iegādes un to patēriņa. Pelēka un tumša krāsa produktiem, ko iegūst vārītas grūbas vai miežu graudus izmantojot citu graudaugu, piemēram, rīsu vai kviešu papildināšanai vai aizvietošanai, ir izaicinājums graudaugu produktu ražotājiem un viens no galvenajiem šķēršļiem, kas kavē izmantot miežus pārtikas produktos. Nevēlama krāsas maiņa jeb brūnēšanas reakcija (angl. *browning reaction*), ko parasti novēro termiski apstrādātiem produktiem, kas papildināti ar miežu miltiem, izraisa polifenoloksidāzes (PPO) aktivitāte graudā. Šis enzīms ir sastopams visā miežu kodolā un veicina fenolsavienojumu oksidēšanos, pārvēršot tos O-hinonos, kas savukārt reaģē ar citiem fenolsavienojumiem vai aminoskābēm, tādejādi izraisot produkta krāsas maiņu (Baik, Ullrich, 2008). Mutaģenēzes ceļā ir iegūti miežu genotipi, kuru graudos nav antocianidīnu, jo to aleirona slānis ir bez pigmentācijas (Jende-Strid, 1978). Tāpēc gan polifenolu, gan PPO aktivitātes nevēlamo ietekmi uz miežu produktu krāsas izmaiņām iespējams kontrolēt, izvēloties atbilstošas šķirnes. Ir zināms, ka fenolsavienojumiem un to aktivitātei ir antioksidantu īpašības un liela nozīmē pārtikas funkcionalitātes paaugstināšanā (Baik, Ullrich, 2008). Tāpēc miežu graudu kvalitātes pētnieki un selekcionāri meklē iespēju veidot miežu šķirnes ar zemu to fenolsavienojumu saturu, kas rada produkta brūnēšanu, bet bagātus ar fenolsavienojumiem, kuriem ir augsta antioksidantu aktivitāte. Lai novērtētu brūnēšanas reakciju, krāsas izvērtējumu dažādiem miežu genotipiem turpmāk veiks arī termiski apstrādātiem graudu paraugiem.

Secinājumi

1. Starp šķirnēm konstatētas būtiskas ($p < 0.001$) atšķirības pēc visiem analizētajiem graudu un pārstrādes frakciju krāsas mērījumiem.
2. No graudiem ar gaišāku pilngraudu frakcijas jeb grauda aleirona krāsu ir iespējams iegūt gaišākas krāsas skrotēto produktu, par ko liecina būtiska cieša pozitīva korelācija starp šīm pazīmēm ($r=0.758$; $p < 0.01$).
3. Graudu un to pārstrādes frakciju krāsas izvērtējums ar kolorimetru ir izmantojams miežu graudu un to pārstrādes frakciju raksturošanai pārtikas virzienam.

Pateicība. Pētījums veikts ar Valsts pētījumu programmas projekta AgroBioRes (Nr.10-4/VPP-7/3) finansējumu.

Izmantotā literatūra

1. Abdel-Aal E. M., Young J. C., Rabalski I. (2006). Anthocyanin composition in black, blue, pink, purple and red cereal grains. *Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 54, p. 4696–4704.
2. Aoki E. *et al.* (2013). Breeding of a new six-row hulled barley cultivar ‘Hurushirane’ with proanthocyanidin-free gene. *Breeding Research*, Vol. 15 (3), p. 105–209.
3. Baik B. K., Ullrich S. E. (2008). Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest. *Journal of Cereal Science*, Vol. 48, p. 233–242
4. Jende-Strid B. (1978). Mutations effecting flavonoid synthesis in barley. *Carlsberg Res. Communication*, Vol. 43, p. 265–273.
5. Kim M. J. *et al.* (2007). Relationship between phenolic compounds, anthocyanins content and antioxidant activity in colored barley germplasm. *J. Agric Food Chem.*, Vol 55(12), p. 4802–4809.
6. Li C. D. *et al.* (2003). Quantitative trait loci controlling kernel discoloration in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Australian Journal of Agricultural Research*, Vol. 54, p. 1251–1259.
7. Shewry P. R., Ulrich S. E. (2014). *Barley chemistry and technology*. AACC International. 322 p.
8. Whan A. P., Smith A. B., Cavanagh C. R. *et al.* (2014). Grain scan: a low cost, fast methods for grain size and colour measurements. *Plant Methods*, Vol. 10, p. 1–10.

AUGSNES MINERĀLAIS SLĀPEKLIS UN MĒSLOŠANAS REKOMENDĀCIJAS

Ināra Līpenīte, Aldis Kārklīšs, Antons Ruža

Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Lauksaimniecības fakultāte
inara.lipenite@llu.lv

Ievads

Slāpeklim kā vienam no galvenajiem augu barības elementiem ir ļoti būtiska nozīme augu barošanās procesā, biomasas veidošanā un augkopības produkcijas kvalitātes nodrošināšanā. No augu barības elementiem ražas veidošanai slāpeklis proporcionāli tiek patērēts visvairāk. Tā nozīme nav pārvērtējama. Taču svarīgākais jautājums ir slāpekļa izmantošanas efektivitātes paaugstināšana, jo globāli raugoties, slāpekli izmanto tikai apmēram 50% līmenī, bet daudzviet arī krietni mazāk. Augu slāpekļa vajadzības nodrošināšanā jau daudzus gadus desmitus galvenā loma ir slāpekļa minerālmēsliem, taču tas kā zināms nav vienīgais slāpekļa avots. Ilgtspējīga lauksaimniecība un vides kvalitātes saglabāšana nav iedomājama bez visu iespējamo slāpekļa resursu apzināšanas un slāpekļa aprites izpratnes paplašināšanas (Smil, 1999; Dobermann, 2005). Ir pareizi jānovērtē, kāds ir kultūraugu nodrošinājums ar to augšanai, attīstībai un ražas veidošanai nepieciešamo slāpekli. Slāpekļa mēslošanas normatīvu izstrādē ir svarīgi pareizi novērtēt augsnes slāpekļa resursus – tieši to augu barības elementa daļu, kas veģetācijas perioda laikā būs augiem pieejamā veidā. Pētījumos (Curtin, Campbell, 2008) noskaidrots, ka slāpekļa nodrošinājumu vislabāk raksturo labilo organisko slāpekli saturošo savienojumu daudzums augsnē, t. i., tā augsnes organiskās vielas komponente, kas nav fizikāli saistīta augsnē un visvieglāk pakļaujas mikrobioloģisko procesu iedarbībai. Tomēr tās kvantitatīva noteikšana nav radusi plašu