

KVIETINĖS RAUGO DUONOS SU BALTYMINIU PRIEDU FIZIKINĖS SAVYBĖS

Evelina POCHORENKO, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Agronomijos fakultetas, el. paštas:
evelina.pochorenko@vdu.lt

Santrauka

Augaliniai baltymai vis dažniau naudojami kepinų maistinės vertės padidinimui. Atlikus tyrimą įvertintos kvietinės raugo duonos su 20, 30 ir 40 proc. avinžirnių ir žaliųjų lęšių miltų priedu fizikinės savybės: duonos minkštimo ir plutos spalva bei tekstūra, duonos akytumas. Atliktų tyrimų rezultatai parodė, kad didėjant ankštinių miltų kiekiui duonoje, ryškėjo jos spalvos pokyčiai, mažėjo akytumas ir didėjo minkštimo tankis, lyginant su kontrolinio varianto duona. Avinžirnių ir žaliųjų lęšių miltai pasižymėjo nevienodu poveikiu duonos struktūros formavimuisi, o nustatyti skirtumai siejami su jų sudėties ypatumais ir baltymų sąveika fermentacijos metu, turinčia įtakos glitimo tinklo formavimuisi. Didžiausi fizinių savybių pokyčiai nustatyti esant 40 proc. ankštinių miltų priedui, kai raugo duonos struktūra tapo tankesnė ir mažiau porėta. Optimaliomis fizinėmis savybėmis išsiskyrė kvietinė raugo duona su 20 proc. ankštinių miltų priedu. Gauti tyrimo rezultatai rodo, kad ankštiniai miltai gali būti naudojami kvietinės raugo duonos gamyboje, tačiau būtina parinkti optimalų jų kiekį, siekiant išlaikyti balansą tarp maistinės vertės ir technologinio stabilumo bei produkto kokybės.

Reikšminiai žodžiai: kvietinė raugo duona, augaliniai baltymai, avinžirnių miltai, žaliųjų lęšių miltai, duonos fizikinės savybės.

Įvadas

Duona – tradicinis, vienas populiariausių maisto produktų visame pasaulyje, dažniausiai gaminamas iš rugių ar paprastųjų kviečių. Ji yra kalorijų ir sudėtingų angliavandenių šaltinis, su nedideliu kiekiu nepakeičiamųjų aminorūgščių, tokių kaip lizinas ir treoninas. Duonos kepinui naudojant rafinuotus baltuosius miltus vietoj viso grūdų miltų, sumažėja baltos duonos maistinė vertė ir skaidulų kiekis (Dewettinck et al., 2008). Pastaruoju metu vartotojai vis labiau rūpinasi savo sveikata ir sąmoningai vertina maisto gamybos poveikį aplinkai. Šiuo požiūriu ankštiniai augalai yra potencialus ingredientas, galintis pagerinti duonos maistinę vertę. Ankštinių miltuose esančios aminorūgštys praturtina kvietinius miltus ir pagerina grūdinių maisto produktų maistines savybes (Boye et al., 2010). Nepriklausomai nuo ankštinių augalų rūšies, dalies kvietinių miltų pakeitimas jais pagerina maistinę vertę, padidindamas baltymų, mineralinių medžiagų ir skaidulų kiekį, sumažindamas glikemini indeksą (Erbersdobler et al., 2017, Turfani et al., 2017, Bresciani, Marti, 2019, Fendri et al., 2016, Edwards et al., 2020). Ankstesni tyrimai parodė, kad augaliniai baltymai daro įtaką duonos tekstūrai, spalvai ir kitiems fiziniams rodikliams – priklausomai nuo priedo tipo ir kiekio, šie rodikliai gali reikšmingai kisti (Aider et al., 2012).

Glitimas atlieka svarbų struktūrinį vaidmenį duonoje. Viena vertus, ankštinių augalų baltymai negali sudaryti glitimo tinklo, kita vertus, silpnai ankštinių augalų ir kviečių baltymų sąveika sumažina tešlos elastingumą ir veikia oro įsiskverbimą bei dujų sulaikymą tešlos rauginimo metu, todėl duona gali būti prastos struktūros ir tekstūros (Angioloni, Collar, 2012). Ankštinių augalų baltymai ne tik susilpnina glitimą kiekio atžvilgiu, bet ir lemia konkurenciją tarp kviečių (gliadino ir glutenino) ir ankštinių augalų (albumino ir glogulino) baltymų prisijungiant vandenį. Ankštinių augalų baltymai turi daugiau hidroksilo grupių, todėl jų vandens surišimo pajėgumas yra didesnis (Turfani et al., 2017).

Nepaisant to, dalies kvietinių miltų pakeitimas ankštinių augalų miltais siekiant sukurti naujus sveikatai palankius maisto produktus yra perspektyvi šiuolaikinė ne tik maisto produktų vertę padidinanti, bet ir klimato kaitą mažinanti tendencija (Sabanis, Tzia, 2009, Boukid et al., 2019, Coda et al., 2017). Ankštinių augalų auginimas daro mažą poveikį aplinkai dėl mažo anglies dioksido ir vandens pėdsako. Anglies pėdsakas daugiausia siejamas su žemės ūkio šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimu (Crews, Peoples, 2004). Didesnis ankštinių augalų auginimo tvarumas, lyginant su javais, daro juos patraukliomis žaliavomis maisto gamybai (Bresciani, Marti, 2019).

Tyrimo tikslas – nustatyti avinžirnių ir žaliųjų lęšių miltų įtaką kvietinės raugo duonos fizikinėms savybėms.

Iškeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Nustatyti kvietinių, avinžirnių ir žaliųjų lęšių miltų bei iš jų pagamintos duonos spalvą.
2. Įvertinti avinžirnių bei žaliųjų lęšių miltų priedo įtaką kvietinės raugo duonos tekstūrai ir akytumui.

Tyrimų objektas ir metodai

Tyrimai buvo vykdomi 2025 m. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Atviros prieigos žemės ir miškų jungtinio tyrimų centro Augalinių maisto žaliavų kokybės laboratorijoje. Kepta kvietinė raugo duona su 20, 30 ir 40 proc. avinžirnių ir žaliųjų lęšių miltų priedu. Kvietinės duonos kepinui buvo naudojami 4 rūšių kvietiniai miltai: T70, 550C, pilno grūdų, 00 tipo. Duonos gamybos receptūra pateikta 1 lentelėje.

- Atliktas dviejų veiksmų eksperimentas:
 Veiksny A – ankštinių miltai:
 1. Kvietiniai miltai (kontrolinis variantas);
 2. Avinžirnių miltai;
 3. Žaliųjų lęšių miltai.
 Veiksny B – miltų priedo dydis:
 1. 20 proc.;
 2. 30 proc.;
 3. 40 proc..

1 lentelė. Kvietinės raugo duonos su skirtingais augaliniais baltymineis priedais sudėtis 1 duonos kepalui
1 table. *Ingredients of wheat sourdough bread with different plant-based protein additives for 1 loaf of bread*

Ingredientai (g) Ingredients (g)	Variantas Treatment						
	K	A20	A30	A40	L20	L30	L40
Kvietiniai miltai T70 / Wheat flour T70	221	177	155	133	177	155	133
Kvietiniai miltai 550C / Wheat flour 550C	40	32	28	24	32	28	24
Kvietiniai rupūs / Wholemeal wheat flour	92	74	64	55	74	64	55
Baltyminis priedas / Protein additive	0	71	106	141	71	106	141
Vanduo 1 / Water 1	295						
Raugas / Sourdough (kvietiniai 00 tipo miltai, vanduo)	89						
Druska / Salt	8						
Bassinage (vanduo 2) / Bassinage (water 2)	16						

K – duona be priedo (kontrolinis variantas), A20 – duona su 20 proc. avinžirnių miltų priedu, A30 – duona su 30 proc. avinžirnių miltų priedu, A40 – duona su 40 proc. avinžirnių miltų priedu, L20 – duona su 20 proc. žaliųjų lęšių miltų priedu, L30 – duona su 30 proc. žaliųjų lęšių miltų priedu, L40 – duona su 40 proc. žaliųjų lęšių miltų priedu.

K – bread without additives (control variant), A20 – bread with 20% chickpea flour additive, A30 – bread with 30% chickpea flour additive, A40 – bread with 40% chickpea flour additive, L20 – bread with 20% green lentil flour additive, L30 – bread with 30% green lentil flour additive, L40 – bread with 40% green lentil flour additive.

Duonos gamybos technologija

Duonos kepimui reikalingas raugas užmaišytas dieną prieš pradedant kepti duoną. Maišyklėje 5 min. 1 greičiu (be druskos ir vandens 2), vėliau – 3 min. 2 greičiu (su druska ir vandeniu 2), užmaišyta tešla, kurios temperatūra po maišymo buvo ne aukštesnė nei 26 °C. Tešla formuota lankstant 3 kartus kas 30 min. Iš viso tešla kildinta 26±2°C apie 4 val. Po kildinimo tešla padalinta, suformuoti duonos pusgaminiai, jie sudėti į metalines formas ir uždengti. Pusgaminiai kildinti 26±2 °C 2 val. ir po to dar 14 val. (per naktį) šaldytuve 6°C. Po kildinimo duona kepta padinėje krosnyje su vandens garų padavimu 240 °C 10min. ir 220 °C 25–30 min. arba iki kol vidinė kepalio temperatūra pasiekė 97 °C. Duona atvėsinta iki 21±1 °C ir atlikti laboratoriniai tyrimai.

Standartiniais metodais nustatyta:

- Kvietinių ir ankštinių miltų, duonos minkštimo bei plutos spalva – spektrofotometru „ColorFlex“ naudojant visuotinę HunterLabTM programinę įrangą. Šviesos atspindžio režimu matuotos spalvos koordinatės L*, a* ir b* (atitinkamai šviesumas, raudonumas ir geltonumas pagal CIE L* a* b* skalę) ir apskaičiuotas spalvos grynumas (C) ir spalvos tonas (h°).

- Duonos minkštimo ir plutos tekstūra (kietumas) (N) nustatyta tekstūros analizatoriumi TA.XT plus Texture Analyser pagal standartą AACC 74-09.01.

- Duonos akytumas, proc. – LST 1442:1996.

Tyrimų duomenys įvertinti dviejų veiksmų dispersinės analizės metodu (ANOVA), naudojant kompiuterinę programą STATISTICA. Apskaičiuoti tyrimo rezultatų aritmetiniai vidurkiai, skirtumas tarp vidurkių įvertintas Fisher LSD testu ($p \leq 0,05$) (Sakalauskas, 2003).

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Miltų tipas turėjo reikšmingą įtaką jų spalvos rodiklių vertėms. L* reikšmė arba šviesumas svyravo nuo 90,53 iki 79,13, priklausomai nuo miltų rūšies. Esmingai didžiausia L* reikšmė išsiskyrė kvietiniai 00 tipo miltai, jie buvo esmingai šviesiausi, o tamsiausi buvo žaliųjų lęšių ir avinžirnių miltai, kurių L* koordinatės vertė buvo esmingai mažiausia (žr. 2 lentelę). Esmingai didžiausia a* reikšmė nustatyta pilno grūdo kvietinių, o mažiausia – 0,66 00 tipo kvietinių miltų, todėl galima teigti, kad pilno grūdo kvietiniai miltai pasižymėjo ryškiausiu rausvu atspalviu, o 00 tipo kvietiniai miltai, išsiskyrė esmingai silpniausiu rausvu atspalviu. Įvertinus b* reikšmes arba miltų geltonumą, nustatyta, kad avinžirnių miltai pasižymėjo ryškesniu geltonu atspalviu (23,25), o žaliųjų lęšių miltai buvo tamsesni, su pilkšvu atspalviu (22,99). D. Mengistu (2024) nustatė, kad avinžirnių miltų mėginių šviesumo reikšmės svyravo nuo 82,77 iki 86,12, a* nuo -0,67 iki -1,49, o b* nuo 22,07 iki 27,97. Šie skirtumai gali būti susiję su didesniu pigmentų ar skaidulų kiekiu ankštinių augalų

miltuose, kurie lemia tamsesnę spalvą. Rezultatai taip pat gali skirtis, priklausomai nuo ankštinių ir kviečių veislės bei auginimo, laikymo ir kitų sąlygų.

2 lentelė. Duonos gamyboje naudotų miltų spalvos rodiklių vertės

2 table. The color of flour used in bread production

Miltai Flour	Miltų spalvos rodiklių vertės Flour color index values		
	L*	a*	b*
Kvietiniai miltai 550C / Wheat flour 550C	90,53 b	0,87 e	10,35 e
Kvietiniai rupūs / Wholemeal wheat flour	80,05 e	2,99 a	13,23 c
Kvietiniai miltai T70 / Wheat flour T70	89,92 c	1,15 d	9,36 f
Kvietiniai miltai 00 tipo / Wheat flour type 00	91,72 a	0,66 f	10,59 d
Avinžirnių miltai / Chickpeas flour	87,38 d	1,90 b	23,25 a
Žaliųjų lęšių miltai / Green lentils flour	79,13 f	1,24 c	22,99 b

Esminiai skirtumai ($p < 0,05$) tarp vidurkių pažymėti skirtingomis mažosiomis abėcėlės raidėmis.

Significant differences ($p < 0.05$) between means are indicated by different lowercase letters.

Maisto produktų spalva, duonos taip pat, yra labai svarbus vartotojų priimtinumo veiksnys (Ćacak-Pietrzak et al., 2023). Kontrolinio varianto raugo duonos minkštimo šviesumas L^* buvo 55,82 (žr. 3 lentelę) ir jis esmingai nesiskyrė nuo duonos su avinžirnių miltų priedu, išskyrus duoną, kur avinžirnių miltų priedas sudarė 40 proc. Tamsiausia buvo duona su žaliųjų lęšių miltų priedu, didėjant šių miltų kiekiui duonoje ji darėsi esmingai tamsesnė. Esmingai didžiausia a^* reikšmė arba intensyviausiu raudonumu išsiskyrė duona su 40 proc. avinžirnių miltų priedu – 5,98, o mažiausia reikšmė ir intensyvesniu žaliu atspalviu – duona su 40 proc. žaliųjų lęšių priedu – 4,41. Visų tirtų duonos variantų spalvos b^* koordinatės reikšmės svyravo nuo 12,81 iki 25,21 ir skyrėsi esmingai. Tyrimo rezultatai rodo, kad skirtingų ankštinių miltų priedo panaudojimas esmingai darė įtaką raugo duonos minkštimo spalvai, o tai galėtų lemti ir vartotojų pasirinkimą.

Ankštinių miltų panaudojimas turėjo įtakos ir duonos plutos spalvai – kontrolinio varianto duonos šviesumas L^* buvo 46,22, o pakeitus dalį kvietinių miltų ankštiniais šviesumas esmingai sumažėjo iki 27,54. Didžiausia a^* reikšmė išsiskyrė avinžirnių miltai – 19,60, o mažiausia – žaliųjų lęšių – 11,97. Avinžirnių miltų priedas, nepriklausomai nuo jo kiekio, turėjo esminės įtakos duonos plutos rausvumui. Kontrolinio varianto ir duonos su žaliųjų lęšių priedu a^* koordinatės vertės esmingai nesiskyrė. Geltonumo intensyvumas (b^* koordinatės reikšmė) svyravo nuo 12,91 iki 30,85. Tai rodo, kad ankštinių miltų priedas taip pat turėjo reikšmingos įtakos duonos plutos spalvos intensyvumui. Esmingai geltoniausia buvo duona su avinžirnių miltų priedu. Avinžirnių priedo dydis turėjo esminės įtakos intensyvesnei gelsvai spalvai.

A. Olojeda ir kt. (2022) tyrimo rezultatai rodo, kad didėjant ankštinių miltų kiekiui, duonos minkštimo spalvos koordinatės reikšmės statistškai esmingai nesiskyrė, L^* svyravo nuo 34,14 iki 35,98, a^* – nuo 5,89 iki 6,81, o b^* – nuo 12,35 iki 13,41. Duonos plutos L^* ir b^* reikšmės svyravo, atitinkamai nuo 37,72 iki 44,50, ir nuo 15,04 iki 16,95, tik a^* reikšmės statistškai esmingai kito nuo 7,47 iki 8,72. K. Felisiak ir kt. (2024) nurodo, kad didėjant ankštinių miltų kiekiui, bendras produkto šviesumas L^* mažėjo nuo 67,6 iki 49,7, a^* padidėjo nuo 10,6 iki 16,9, o b^* nuo 22,2 iki 31,1. Įvertinus visus rezultatus, galima teigti, kad ankštinių miltai duonoje lemia duonos tamsumą, raudonumo a^* ir geltonumo b^* reikšmių didėjimas nusako intensyvesnius rausvus ir gelsvus atspalvius.

3 lentelė. Duonos minkštimo ir plutos spalvos parametrai

3 table. The color of bread crumb and crust

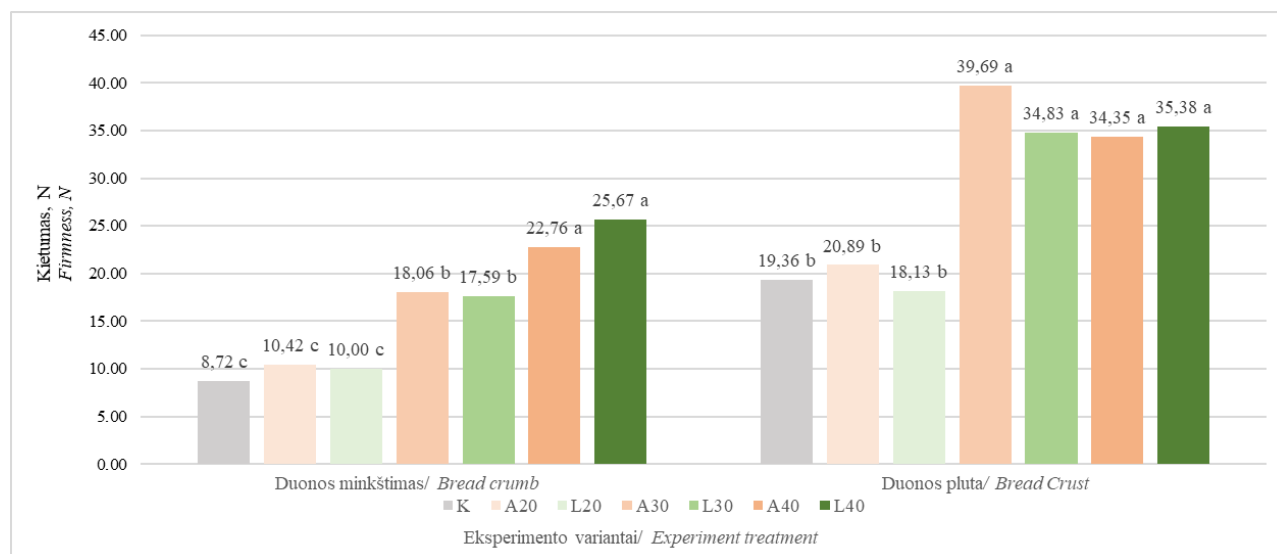
Variantas Treatment	Duonos minkštimo spalva Bread crumb colour			Duonos plutos spalva Bread crust colour		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
K	55,82 b	4,90 c	16,27 d	46,22 a	13,62 b	27,41 bc
A20	55,38 b	5,02 c	20,39 c	39,70 ab	17,99 a	28,22 b
A30	56,51 ab	5,54 b	22,96 b	40,28 ab	19,06 a	30,85 a
A40	57,74 a	5,98 a	25,21 a	35,33 bc	19,60 a	26,81 c
L20	51,61 c	4,95 c	14,03 e	27,09 d	11,97 b	12,91 e
L30	44,68 d	4,84 c	13,29 f	25,99 d	12,97 b	14,83 d
L40	44,14 d	4,41 d	12,81 g	27,54 cd	13,80 b	15,52 d

Esminiai skirtumai ($p < 0,05$) tarp vidurkių pažymėti skirtingomis mažosiomis abėcėlės raidėmis. K – duona be priedo (kontrolinis variantas), A20 – duona su 20 proc. avinžirnių miltų priedu, A30 – duona su 30 proc. avinžirnių miltų priedu, A40 – duona su 40 proc. avinžirnių miltų priedu, L20 – duona su 20 proc. žaliųjų lęšių miltų priedu, L30 – duona su 30 proc. žaliųjų lęšių miltų priedu, L40 – duona su 40 proc. žaliųjų lęšių miltų priedu.

Significant differences ($p < 0.05$) between means are indicated by different lowercase letters. K – bread without additives (control variant), A20 – bread with 20% chickpea flour additive, A30 – bread with 30% chickpea flour additive, A40 – bread with 40% chickpea flour additive, L20 – bread with 20% green lentil flour additive, L30 – bread with 30% green lentil flour additive, L40 – bread with 40% green lentil flour additive.

Įvertinus duonos tekstūrą nustatyta, kad ankštinių miltų priedas turėjo esminės įtakos duonos minkštimo kietumui. Mažiausiu minkštimo kietumu išsiskyrė kontrolinio varianto ir su 20 proc. ankštinių miltų priedu kvietinė raugo duona. Esmingai kietiausias minkštumas buvo duonos su 40 proc. ankštinių miltų priedu (žalieji lęšiai – 25,67 N, avinžirniai – 22,76N). Tyrimo rezultatai rodo, kad ankštinių miltų priedo kiekis turi esminės įtakos duonos tekstūrai, kuo jis didesnis, tuo duonos minkštumas yra kietesnis. G. Ćacak Pietrzak ir kt. (2023) teigia, kad šie pokyčiai atsiranda dėl sumažėjusio duonos tūrio ir padidėjusio minkštimo tankio, dėl kurio jis tampa kompaktiškesnis ir tankesnis, o pluta tvirtesnė. Analizuojant kepinų plutos kietumą, taip pat nustatyti statistškai reikšmingi skirtumai tarp tirtų mėginių. Plutos kietumas svyravo nuo

18,13 iki 39,69 N. Esmingai mažiausiu plutos kietumu išsiskyrė duona be ir su mažiausiu ankštinių miltų priedu. Duonos su 30 ir 40 proc. ankštinių miltų priedu plutos kietumas esmingai nesiskyrė. D. Atudorei ir kt. (2022) teigia, kad duonos su ankštinių miltų priedais minkštimo kietumas svyravo nuo 9,01 iki 18,21 N, priklausomai nuo priedo kiekio. Įvertinus atliktų tyrimų rezultatus galima teigti, kad ankštinių miltų priedo kiekis turi reikšmingą įtaką duonos tekstūrai.

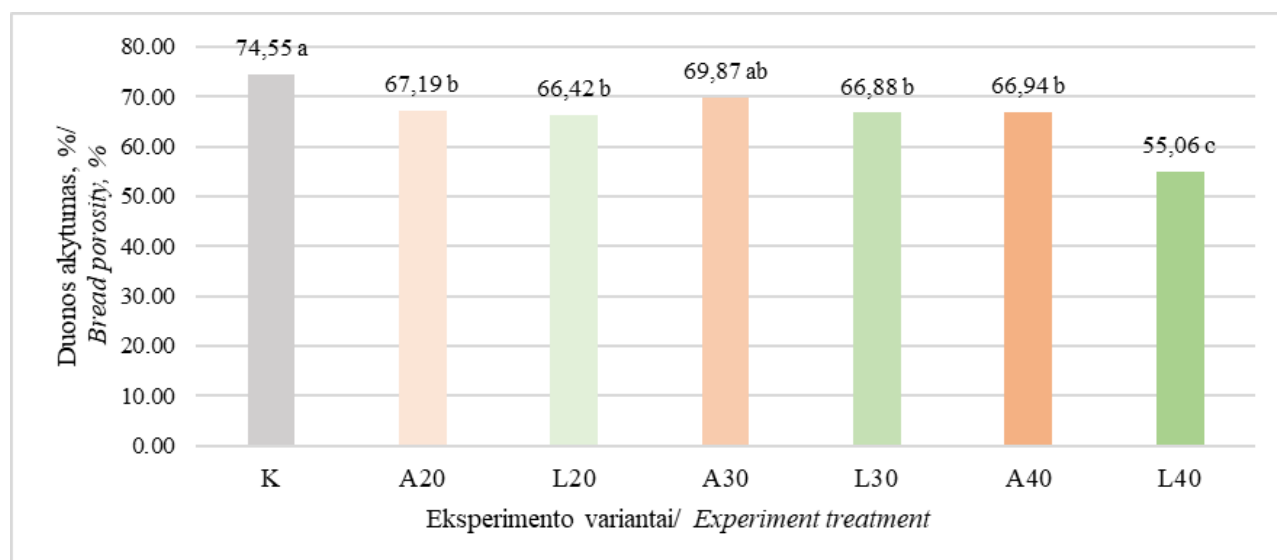


Esminiai skirtumai ($p < 0,05$) tarp vidurkių pažymėti skirtingomis mažosiomis abėcėlės raidėmis. K – duona be priedo (kontrolinis variantas), A20 – duona su 20 proc. avinžirnių miltų priedu, A30 – duona su 30 proc. avinžirnių miltų priedu, A40 – duona su 40 proc. avinžirnių miltų priedu, L20 – duona su 20 proc. žaliųjų lęšių miltų priedu, L30 – duona su 30 proc. žaliųjų lęšių miltų priedu, L40 – duona su 40 proc. žaliųjų lęšių miltų priedu. Significant differences ($p < 0,05$) between means are indicated by different lowercase letters. K – bread without additives (control variant), A20 – bread with 20% chickpea flour additive, A30 – bread with 30% chickpea flour additive, A40 – bread with 40% chickpea flour additive, L20 – bread with 20% green lentil flour additive, L30 – bread with 30% green lentil flour additive, L40 – bread with 40% green lentil flour additive.

1 pav. Ankštinių miltų priedo įtaka kvietinės raugo duonos minkštimo ir plutos kietumui

1 fig. The effect of legume flour additive on the firmness of wheat sourdough bread crumb and crust

Akytumas (*porosity*) apibrėžiamas kaip atvirų erdvių tūrio santykis su bendru medžiagos tūriu (Srikiatden, Roberts, 2007). Duonos atveju akytumas nusako porų tūrio dalį visame duonos kepalė. Duonos porėta struktūra susidaro dėl oro įsiterpimo ir burbuliukų susiformavimo tešlos maišymo metu, mielių fermentacijos proceso bei oro burbuliukų plėtimosi ir jų sienelių plyšimo kepimo metu (Besbes et al., 2013).



Esminiai skirtumai ($p < 0,05$) tarp vidurkių pažymėti skirtingomis mažosiomis abėcėlės raidėmis. K – duona be priedo (kontrolinis variantas), A20 – duona su 20 proc. avinžirnių miltų priedu, A30 – duona su 30 proc. avinžirnių miltų priedu, A40 – duona su 40 proc. avinžirnių miltų priedu, L20 – duona su 20 proc. žaliųjų lęšių miltų priedu, L30 – duona su 30 proc. žaliųjų lęšių miltų priedu, L40 – duona su 40 proc. žaliųjų lęšių miltų priedu. Significant differences ($p < 0,05$) between means are indicated by different lowercase letters. K – bread without additives (control variant), A20 – bread with 20% chickpea flour additive, A30 – bread with 30% chickpea flour additive, A40 – bread with 40% chickpea flour additive, L20 – bread with 20% green lentil flour additive, L30 – bread with 30% green lentil flour additive, L40 – bread with 40% green lentil flour additive.

2 pav. Ankštinių miltų priedo įtaka kvietinės raugo duonos akytumui

2 fig. The effect of legume flour additive on the firmness of wheat sourdough bread porosity

Atlikus tyrimą nustatyta, kad kvietinės raugo duonos akytumas svyravo nuo 55,06 iki 74,55 proc. Kontrolinio varianto duonos akytumas buvo 74,55 proc. ir jis esmingai skyrėsi nuo duonos su priedu akytumo. Esmingai mažiausiu akytumu išsiskyrė duona su 40 proc. žaliųjų lęšių priedu, kitų variantų duonos akytumas esmingai nesiskyrė. Mokslininkų Y. Yevchuk ir kt. (2023) tyrimo rezultatai rodo, kad duonos su lęšių priedu akytumas sumažėjo nuo 78 iki 52 proc., priklausomai nuo priedo kiekio. Įvertinus rezultatus galima teigti, kad ankštinių miltų priedas gali sumažinti raugo duonos akytumą ir padaryti jos struktūrą tankesnę, nors mažas priedo kiekis nebūtinai sukelia statistškai reikšmingus tekstūros pokyčius.

Išvados

1. Avinžirnių ir žaliųjų lęšių miltų priedas esmingai pakeitė kvietinės raugo duonos spalvą: žaliųjų lęšių miltai esmingai sumažino minkštimo ir plutos šviesumą (L^*), o avinžirnių miltų priedas lėmė esmingai intensyvesnį minkštimo ir plutos rausvumą (a^*) bei geltonumą (b^*), lyginant su kontrolinio varianto bei su žaliųjų lęšių miltų priedu duona.

2. Didėjant ankštinių miltų daliai kvietinėje raugo duonoje, esmingai didėjo minkštimo ir plutos kietumas bei mažėjo akytumas – 40 proc. ankštinių miltų priedas lėmė esmingai kiečiausią minkštimą ir mažiausią akytumą (duonos su žaliųjų lęšių miltai), o kontrolinio varianto ir duonos su 20 proc. ankštinių miltų priedu tekstūros rodikliai esmingai nesiskyrė.

Literatūra

1. Aider, M., Sirois-Gosselin, M., Boye, J. (2012). Pea, Lentil and Chickpea Protein Application in Bread Making. *Journal of Food Research*, 1(4), 160-173. <https://doi.org/10.5539/jfr.v1n4p160>
2. Angioloni, A., Collar, C. (2012). High legume-wheat matrices: an alternative to promote bread nutritional value meeting dough viscoelastic restrictions. *European Food Research and Technology*, 234, 273-284. <https://doi.org/10.1007/s00217-011-1637-z>
3. Atudorei, D., Mironeasa, S., Codină, G. G. (2022). Effects of Germinated Lentil Flour on Dough Rheological Behavior and Bread Quality. *Foods*, 11(19). <https://doi.org/10.3390/foods11192982>
4. Besbes, E., Jury, V., Monteau, J.Y., Le Bail, A. (2013). Characterizing the cellular structure of bread crumb and crust as affected by heating rate using X-ray microtomography. *Journal of Food Engineering*, 115(3), 415-423. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.10.005>
5. Boukid, F., Zannini, E., Carini, E., Vittadini, E. (2019). Pulses for bread fortification: A necessity or a choice? *Trends in Food Science & Technology*, 88, 416-428. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.04.007>
6. Boye, J., Zare, F., Pletch, A. (2010). Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food Research International*, 43(2), 414-431. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.003>
7. Bresciani, A., Marti, A. (2019). Using Pulses in Baked Products: Lights, Shadows, and Potential Solutions. *Foods*, 8(10), 451-470. <https://doi.org/10.3390/foods8100451>
8. Ćacak-Pietrzak, G., Dziki, D., Gawlik-Dziki, U., Parol-Nadłonek, N., Kalisz, S., Krajewska, A., Stępniewska, S. (2023). Wheat Bread Enriched with Black Chokeberry (*Aronia melanocarpa* L.) Pomace: Physicochemical Properties and Sensory Evaluation. *Applied Sciences*, 13(12), 6936. <https://doi.org/10.3390/app13126936>
9. Coda, R., Varis, J., Verni, M., Rizzello, C., Katina, K. (2017). Improvement of the protein quality of wheat bread through faba bean sourdough addition. *LWT - Food Science and Technology*, 82(1), 296-302. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.04.062>
10. Crews, T., Peoples, M. (2004). Legume versus fertilizer sources of nitrogen: ecological tradeoffs and human needs. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 102(3), 279-297. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.09.018>
11. Dewettinck, K., Van Bockstaele, F., Kühne, B., Van de Walle, D., Courtens, T., Gellynck, X. (2008). Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception. *Journal of Cereal Science*, 48(2), 243-257. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.01.003>
12. Edwards, C., Ryden, P., Pinto, A., Van der Schoot, A., Stocchi, C., Perez-Moral, N., Butterworth, P. J., Bajka, B., Berry, S., E., Hill, S., E., Ellis, P. (2020). Chemical, physical and glycaemic characterisation of PulseON®: A novel legume cell-powder ingredient for use in the design of functional foods. *Journal of Functional Foods*, (68), 103918. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103918>
13. Erbersdobler, H., A. Barth, C., Jahreis, G. (2017). Legumes in human nutrition. *Science & Research*, (64), 140-144. <https://doi.org/10.4455/eu.2017.034>
14. Felisiak, K., Przybylska, S., Tokarczyk, G., Tabaszewska, M., Słupski, J., Wydurska, J. (2024). Effect of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Flour Incorporation on Quality, Antioxidant Properties, and Bioactive Compounds of Shortbread Cookies. *Foods*, 13(15). <https://doi.org/10.3390/foods13152356>
15. Fendri, L. B., Chaari, F., Maaloul, M., Kallel, F., Abdelkafi, L., Chaabouni, S. E., Ghribi-Aydi, D. (2016). Wheat bread enrichment by pea and broad bean pods fibers: Effect on dough rheology and bread quality. *LWT - Food Science and Technology*, (73), 584-591. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.06.070>
16. Mengistu, D. (2024). Influence of Varieties on the Flow Characteristics of Chickpea Flour and the Physico-Functional Properties of Seeds and Splits. *Asian Journal of Biological Sciences*, 17(3), 417-432. <https://doi.org/10.3923/ajbs.2024.417.432>

17. Olojede , A., Sanni, A., Banwo, K., Michael, T. (2022). Improvement of Texture, Nutritional Qualities, and Consumers Perceptions of Sorghum-Based Sourdough Bread Made with *Pediococcus pentosaceus* and *Weissella confusa* Strains. *Fermentation*, 8(1). <https://doi.org/10.3390/fermentation8010032>
18. Sabanis, D., Tzia, C. (2009). Effect of Rice, Corn and Soy Flour Addition on Characteristics of Bread Produced from Different Wheat Cultivars. *Food and Bioprocess Technology*, 2, 68-79. <https://doi.org/10.1007/s11947-007-0037-7>
19. Sakalauskas V. (2003). Duomenų analizė su STATISTIKA. Vilnius: Margi raštai. P. 235.
20. Srikiatden, J., Roberts, J. (2007). Moisture Transfer in Solid Food Materials: A Review of Mechanisms, Models and Measurements. *International Journal of Food Properties*, 10, 739-777. <https://doi.org/10.1080/10942910601161672>
21. Turfani, V., Narducci, V., Durazzo, A., Galli, V., Carcea, M. (2017). Technological, nutritional and functional properties of wheat bread enriched with lentil or carob flours. *LWT - Food Science and Technology*, 78, 361-366. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.12.030>
22. Yevchuk, Y., Novikova, T., Vyshynskyi, A., Shevchuk, O. (2023). Use of lentil flour in special purpose bread. *Advanced Agritechologies*, 11(1). <https://doi.org/10.47414/na.11.1.2023.277212>

WHEAT SOURDOUGH BREAD WITH PROTEIN ADDITIVE PHYSICAL PROPERTIES

Abstract

Plant proteins are increasingly used to increase the nutritional value of baked goods. The study evaluated the physical properties of wheat sourdough bread with 20, 30, and 40% chickpea and green lentil flour additives: the color and texture of the bread crumb and crust and the porosity of the bread. The results of the study showed that as the amount of legume flour in the bread increased, its color changed, its porosity decreased, and the density of the crumb increased compared to the control bread. Chickpea and green lentil flour had an uneven effect on the formation of the bread structure, and the differences found are related to their composition and the interaction of proteins during fermentation, which affects the formation of the gluten network. The greatest changes in physical properties were observed with a 40% addition of legume flour, when the structure of the sourdough bread became denser and less porous. The optimal physical properties were observed in wheat sourdough bread with a 20% addition of legume flour. The results of the study show that legume flour can be used in the production of wheat sourdough bread, but it is necessary to select the optimal amount in order to maintain a balance between nutritional value, technological stability, and product quality.

Keywords: wheat sourdough bread, plant proteins, chickpea flour, green lentil flour, physical properties of bread