

## Ekstruzijos parametrų įtaka ruginių ekstrudatų kokybei

R. Bernatovičiūtė, R. Urbaitė, G. Juodeikienė

*Kauno technologijos universitetas, Radvilėnų pl. 19, LT-50254 Kaunas; rasa@nevezis.lt*

G. Zweytick, G. Shleining

*Institute of Food Technology, University of Agricultural Science, 1190 Viena, Austria*

Darbas skirtas ekstruzijos parametrams parinkti, ruošiant naujos rūšies ruginius ekstrudatus su grikių miltų priedais, santykiu 60:40; 80:20 nuo miltų masės. Ekstrudatams gaminti naudotas dviejų velenų CM45-F tipo kūginis ekstruderis. Eksperimento metu išbandyti įvairaus sraigto žingsnio velenai: didesnio žingsnio (SK1552-300 B) ir mažesnio žingsnio (SK1552-300), o taip pat keistas jų greitis (60; 70; 80 min<sup>-1</sup>). Kiti ekstrudero parametrai buvo pastovūs.

Geriausia ruginių ekstrudatų kokybe, mažiausiu tankiu (68,96 g/dm<sup>3</sup>), didžiausiu išsipūtimo indeksu (7,98), vidutiniu porų skersmeniu (354,89 μm), mažiausia slėgio jėga (134,12 N) ir lėčiausiu žiedėjimu pasižymėjo gaminiai, ruošti naudojant mažo sraigto žingsnio veleną ir taikant didžiausią jo greitį – 80 min<sup>-1</sup>.

Tyrimais įrodyta, kad esant šiems optimaliems ekstruzijos parametrms galima pagaminti ruginius ekstrudatus su didesniu grikių kiekiu (40 %) ir geromis skoninėmis bei tekstūros savybėmis.

Tokiu būdu, parinkus ekstruzijos parametrus galima buvo vartoti netradicines grūdines žaliavas – rugius ir grikius – kokybiškiems naujos rūšies ekstrudatams gaminti tuo praplečiant šios rūšies produktų asortimentą ir atveriant naujas vartojimo galimybes.

**Raktažodžiai:** ekstruzijos parametrai, rugiai, griokiai, ekstrudatai.

### Įvadas

Nagrinėjant gyventojų mitybą pastebėta, kad daugelyje ES šalių skaidulinių medžiagų vartojama nepakankamai (25–30 g/d), pvz., Bulgarijoje (6,8 g/d), Ispanijoje (17g/d) [1]. Lietuvoje, kaip ir kitose Baltijos valstybėse, kur vartojama palyginti mažai augalinio maisto, nustatytos analogiškos tendencijos. Ekstruzijos procesas atveria neribotas naujų gaminių su didesniu skaidulinių medžiagų kiekiu kūrimo galimybes. Įrodyta, kad jomis pagausinti ekstrudatai pasižymi savybe mažinti cholesterolio kiekį [2–5]. Tinkamai suderintas ekstruzijos procesas neįtako pakeičia galutinio produkto bendrą skaidulinių medžiagų kiekį ir jų tirpios bei netirpios frakcijos santykį [3–7]. Priešingu atveju, pastebimi ne tik skaidulinių medžiagų, bet ir kitų vertingų maistinių medžiagų nemaži nuostoliai [8]. Todėl dabar tobulinamas ekstruzijos procesas.

Iki šiol ekstrudatams gaminti dažniausiai vartotos kukurūzų kruopos, kurios yra palyginti brangios ir didina produkto savikainą. Todėl ieškoma naujų grūdinių žaliavų. Didžiausio susidomėjimo sulaukė rugiai, pasižymintys savita chemine sudėtimi ir nemažu skaidulinių medžiagų kiekiu bei jų deriniai su kitais augalininkystės produktais [8–10].

Susidomėta griokiais kaip vertingu baltymų šaltiniu. Jų sudėtyje esantis rutinas (vitaminas PP) svarbus širdies, kraujagyslių, hipertenzijos, cukrinio diabeto ir kitų ligų profilaktikai bei gydymui, mažina neigiamą radioaktyvių medžiagų poveikį. Be to, griokiai gali būti geležies, fosforo, kalcio, vario, organinių rūgščių šaltiniu, taip pat juose daug B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>9</sub>, PP, E vitaminų [11–12].

Ekstrudatai, ruošti iš rugių su grikių priedu, galėtų būti sėkmingai vartojami kaip naujas aukštesnės vertės produktas, kartu didinant ir skaidulinių medžiagų suvartojimą. Tačiau rugių skaidulinėse medžiagose esantys arabinoksilanai, itin tirpi jų frakcija, o taip pat šių grūdinių javų (rugių ir grikių) baltyminių medžiagų ypatumai gali turėti neigiamą įtaką reologinėms masės savybėms, o taip pat gatavų gaminių kokybei. Todėl svarbu optimizuoti ekstruzijos procesą, kad būtų užtikrinti stabilūs gatavo produkto tekstūros kriterijai. Atkreiptinas dėmesys į ruginių ekstrudatų juslinių savybių gerinimą.

Šis darbas skirtas ruginių ekstrudatų technologijai, parenkant ekstruzijos parametrus geriausiai produkto kokybei pasiekti.

## Tyrimų objektai ir metodai

Tyrimo objektu buvo ekstruduoti produktai, pagaminti iš R960 tipo ruginių miltų (tiekiąs malūnas „Mantler Muhle Rosenberg“), su tame pačiame malūne pagamintais grikių miltais, atitinkamai 20, 40 % ruginių miltų masės. Kaip

matyti iš 1 lentelėje pateiktų miltų cheminės sudėties tyrimo rezultatų, grikių miltuose, lyginant su ruginiais, riebalų buvo du kartus daugiau, baltymų 25,89 % daugiau, tačiau skaidulinių medžiagų juose buvo mažiau (50,22 %).

**1 lentelė.** Grūdinių žaliavų cheminė sudėtis, proc.

| Grūdinė žaliava | Baltymai    | Riebalai   | Skaidulinės medžiagos |
|-----------------|-------------|------------|-----------------------|
| Rugiai          | 12,24±0,138 | 1,27±0,034 | 2,19±0,002            |
| Gričiai         | 15,41±0,232 | 2,72±0,005 | 1,09±0,007            |

Ekspertas atliktas Vienos gamtos išteklių ir taikomųjų mokslų universiteto gamybinėje bazėje (Austrija) dviejų velenų kūginiu CM45-F tipo ekstruderiu (Cincinnati Milacron, Viena, Austrija). Jo metu išbandyti įvairaus sraigto žingsnio velenai: didesnio žingsnio (DŽ) SK1552-300 B ir mažesnio žingsnio (MŽ) SK1552-300 bei keistas kiekvieno jų greitis: (60; 70; 80 min<sup>-1</sup>). Kiti ekstruderio parametrai: birių produktų dozavimas (15 kg/h), vandens dozavimas (1,5 kg/h) ir temperatūra atskirose ekstruderio zonose (80/110/140/160 °C) bandymų metu nekeisti. Matricos matmenys: 2×3 mm.

Apie ekstrudatų kokybę buvo sprendžiama pagal tankį, išsipūtimo indeksą, vidutinį porų skersmenį, slėgio jėgą bei žiedėjimą. Pagaminti ekstruduoti produktai atvėsinti iki patalpos temperatūros, supakuoti į plastikinius maišelius ir laikyti 20 °C temperatūroje.

Ekstrudatų struktūrinių mechaninių savybių tyrimai (po pagaminimo ir po dviejų mėnesių laikymo) atlikti Kramer metodu, kuriuo įvertinta mėginį deformuojanti slėgio jėga (F) tekstūros analizatoriumi TA.XT2 Stable Micro Systems (Goldmaning, Didžioji Britanija) [13]. Produkto porų struktūra tirta SZ40-Sterio-Zoom tipo vaizdo analizatoriumi. Papildomai apie ekstrudatų tekstūrą buvo sprendžiama pagal produkto išsipūtimo indeksą, tankį [14].

Tyrimų duomenys apdoroti matematinės statistikos metodu „Sistema Statgraphics 5.0“ [15]. Parametrų taškiniai įverčiai, standartinės įverčių paklaidos ir pasikliautinumo intervalai apskaičiuoti, esant 0,05 reikšmingumo lygmeniui.

## Rezultatai ir jų aptarimas

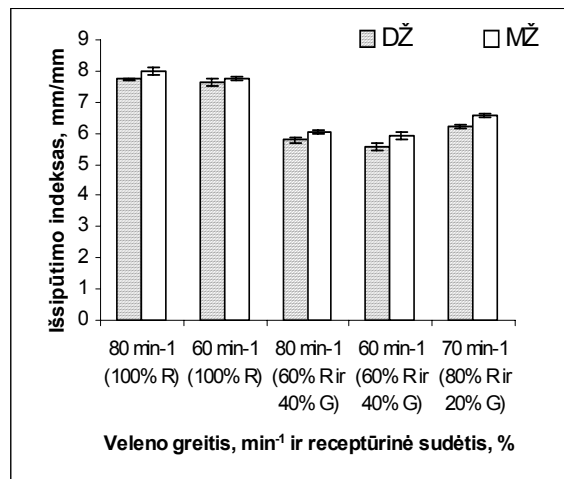
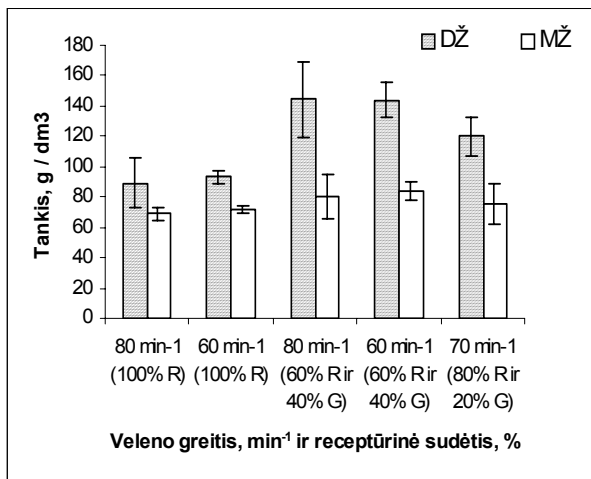
**Veleno tipas.** Tyrimų rezultatai (1 pav.) rodo, kad ruginiai ekstrudatai (100 % ruginių miltų), pagaminti naudojant didesnio sraigto žingsnio veleną (greitis pastovus 80 min<sup>-1</sup>), lyginant su mažesnio, pasižymėjo mažesniu tankiu (22,72 %) ir didesniu

išsipūtimo indeksu (3,23 %). Šiuose gaminiuose susidariusios poros buvo didesnio skersmens (16,35 %) (2 pav.).

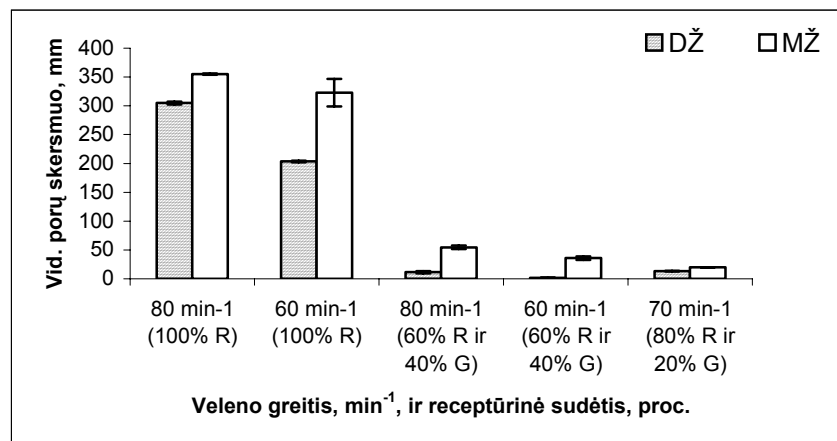
Jiems suaižyti (3 pav.) reikėjo panaudoti 15,89 % mažesnę slėgio jėgą, t. y. gaminiai buvo ne tokie kieti, ir 10,53 % mažiau kito šio parametro vertė ekstrudatų laikymo metu, t. y. jie lėčiau žiedėjo.

Didinant grikių kiekį receptūriniame mišinyje (nuo 20 iki 40 %), ekstrudatų kokybė blogėjo. Ši tendencija itin išryškėjo naudojant ekstrudatams ruošti didesnio sraigto žingsnio veleną. Veikiant šiam faktoriui ir su mažesniu grikių miltų kiekiu (20 %) pagaminti gaminiai buvo tankesni ir nustatyta mažesnė jų išsipūtimo indekso vertė nei naudojant mažesnio žingsnio veleną, atitinkamai, 57,13 ir 5,33 % (1 pav.). Tyrimų rezultatai rodo, kad juose susidarė 42,53 % mažiau vidutinio skersmens porų (2 pav.). Šios receptūrinės sudėties ekstrudatams suaižyti buvo reikalinga 6,45 % didesnė slėgio jėga, ir šis tekstūros parametras 2,3 % greičiau kito žiedėjimo metu (3 pav.).

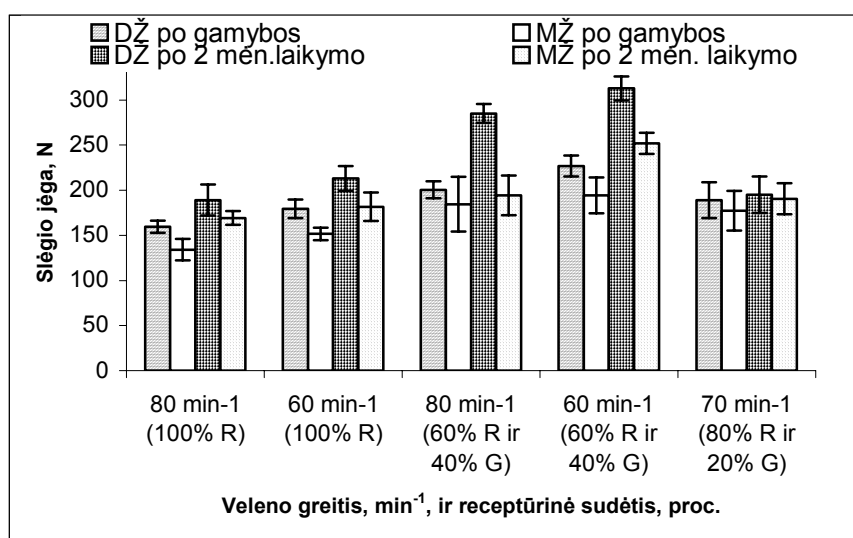
Nustatyta, kad didesnę grikių priedą (40 %), nebloginant ekstrudatų tekstūros, galima pridėti į receptūrinį mišinį tik naudojant mažesnio sraigto žingsnio veleną. Šis faktorius lemia ekstrudatų (su didesniu grikių priedu) tankio ir slėgio jėgos sumažėjimą, atitinkamai, 44,42 ir 8,03 %, išsipūtimo indekso ir vidutinio porų skersmens padidėjimą, atitinkamai, 4,5 % ir 4,8 kartus, o taip pat lėtesnį gaminių žiedėjimą (31,83 %). Tai turėjo įtakos ekstrudatų tekstūros pagerėjimui ir galimam jų sudėties pagrausinimui mineralinėmis medžiagomis bei vitaminais (E ir B grupės). Literatūroje pateikti duomenys apie nustatytus didelius tiamino (B<sub>1</sub>) nuostolius ekstruzijos metu (esant itin mažam vandens kiekiui), tačiau kai kurie vitaminai, pvz., riboflavinai ir niacinas yra termiškai atsparūs ir gali išlikti gatavame produkte [16]. Visais atvejais grikių priedas suteikė ekstrudatams malonų specifinį skonį.



**1 pav.** Velenų su skirtingu sraigto žingsniu (DŽ – didesniu, MŽ – mažesniu) ir greičiu (60; 70; 80 min<sup>-1</sup>) įtaka rugių (R) ekstrdatų su grikių (G) priedu (20; 40 %) tekstūros parametrams (tankiui ir išsipūtimo indeksui)



**2 pav.** Velenų su skirtingu sraigto žingsniu (DŽ – didesniu, MŽ – mažesniu) ir greičiu (60;70;80 min<sup>-1</sup>) įtaka rugių (R) ekstrdatų su grikių (G) priedu (20; 40 %) tekstūros parametrai (vidutiniam porų skersmeniui)



**3 pav.** Velenų su skirtingu sraigto žingsniu (DŽ – didesniu, MŽ – mažesniu) ir greičiu (60; 70; 80 min<sup>-1</sup>) įtaka rugių (R) ekstrdatų su grikių (G) priedu (20; 40 %) tekstūros parametrai (slėgio jėgai)

ir jos pokyčiams laikymo metu po 2 mėn.)

**Velenų greitis.** Iš 1–3 paveiksluose pateiktų tyrimų rezultatų matyti, kad velenų greičio pokyčiai nuo 60 iki 80 min<sup>-1</sup> ruginių ekstrudatų (100 % rugių) turi įtakos ekstrudatų tekstūros parametrams. Tai vienareikšmiškai rodo tokie tekstūros parametrai, kaip vidutinis porų skersmuo ir slėgio jėga, kai išsipūtimo indeksas kito nežymiai, o tankis – nevienareikšmiškai. Ruginiams ekstrudatams, pagamintiems esant maksimaliam 80 min<sup>-1</sup> greičiui su mažesnio žingsnio velenų, būdingas didesnis vidutinis porų skersmuo (9,82 %) bei mažesnė slėgio jėga (11,50 %), taip pat šio parametro vertės lėčiau kito laikymo metu (10,53 %). Tai rodo, kad efektyvesnis veleno greičio didinimas esant mažesniai sraigto žingsniui nei didesniai.

Ruginių ekstrudatų su grikių priedu tekstūros tyrimų rezultatai patvirtino priklausomybę tarp tekstūros parametru ir velenų greičio (tiek su didesnio žingsnio, tiek ir su mažesnio žingsnio velenų). Įrodyta, kad taikant didžiausią veleno greitį – 80 min<sup>-1</sup> (mažesnio žingsnio velenas), galima pagaminti ekstrudatus su didžiausiu grikių kiekiu (40 %), pasižyminčius didesniu vidutiniu porų skersmeniu (51,99 %) ir mažesne slėgio jėga (5,07 %) bei lėčiau žiedėjančius (22,83 %). Kitiems ekstrudatų tekstūros parametrams, kaip išsipūtimo indeksui, veleno greičio didinimas (20 min<sup>-1</sup>) pastebimos įtakos neturėjo (padidėjimas – 2,03 %), o tankis nuo šio faktoriaus kito nevienareikšmiškai. Tuo tarpu literatūroje, optimizuojant tradicinės žaliavos – kukurūzų ekstruzijos procesą, nustatytos priklausomybės tarp veleno greičio ir analizuotų tekstūros parametru (išsipūtimo indekso, tankio): didinant veleno greitį ir mažinant pilamo vandens kiekį išsipūtimo indekso vertės didėja [17–18]; mažinant veleno greitį ekstrudatų tankis didėja [19]. Tai galima paaiškinti ekstruduojamų masių kaip neniutoninės sistemos deformacija, kurią veikia greičio gradientas, ir mažiau vienodu jose vandens pasiskirstymu.

### Išvados

1. Geriausios ruginių ekstrudatų kokybės, mažiausios slėgio jėgos (134,12 N), tankio (68,96 g/dm<sup>3</sup>), didžiausio išsipūtimo indekso (7,98), vidutinių porų skersmens (354,89 μm) ir lėtesnio žiedėjimo buvo gaminiai, ruošti su mažesnio sraigto žingsnio velenų esant maksimaliam greičiui 80 min<sup>-1</sup>.
2. Padidinti grikių kiekį iki 40 % ruginių ekstrudatų receptūroje nebloginant kokybės galima tik naudojant mažesnio sraigto žingsnio veleną ir taikant 80 min<sup>-1</sup> greitį.
3. Parinkus optimalius dviejų velenų ekstrudavimo parametrus ir kompleksiskai ištyrus produktų

tekstūrą, sukurti nauji ruginiai ekstruduoti produktai rekomenduojami diegti į gamybą, tuo praplečiant šios rūšies produktų asortimentą.

### Literatūra

1. **Steffen L. M., Jacobs D. R., Stevens J., Shahar E., Carithers T., Folsom A. R.** Associations of whole-grain, refined grain, and fruit and vegetable consumption with risks of all-cause mortality and incident coronary artery disease and ischemic stroke: the Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) Study // *American Journal of Clinical Nutrition*. 2003. Vol. 78. P. 383–390.
2. **Klopfenstein C. F.** How extrusion process affects dietary fiber // *Cereal Foods World*. 1997. Vol. 42. P. 670.
3. **Wang W. M., Klopfenstein C. F.** Effect of Twin-screw extrusion on the nutritional quality of wheat, barely and oats // *Cereal Chem*. 1993. Vol. 70. P. 712–715.
4. **Xiao X.** Cholesterol-lowering activity of extruded vs. Baked crackers in hypercholesterolemic hamsters. M. S. thesis. Department Grain Science and Industry, Kansas State University. Manhattan, KS, 1997.
5. **Yan. X.** Cholesterol-lowering activity of raw vs. extruded products in hypercholesterolemic hamsters. M.S. thesis. Department Grain Science and Industry, Kansas State University. Manhattan, KS, 1996.
6. **Asp N.-G., Bjork I.** Nutritional properties of extruded foods // *Extrusion Cooking*. C. Mercier, P. Linko, J. M. Harper, eds. AACC, St. Paul, MN, 1989.
7. **Camire M. E., Camire A., Krumhar K.** Chemical and nutritional changes in foods during extrusion // *Food Sci. Nutr*. 1990. Vol. 29. P. 35–57.
8. **Mercier C., Linko P., Harper J. M.** Dietary fiber // *Extrusion Cooking*. C. Mercier, P. Linko, J. M. Harper, eds. AACC, St. Paul, MN, 1989. P. 410–412.
9. **Nalborczyk E., Sowa A.** Physiology of Rye // *Rye-Production Chemistry, and Technology*. W. Bushuk (Ed.). St. Paul, MN, 2001. P. 53–68.
10. **Karel K., Joseph G., Ponte Jr.** Handbook of Cereal, Science and Technology. Rye. 2000. P. 223–256, 262–268.
11. **Bion E.** The protein quality buckwheat in comparison with other protein sources of plant or animal origin. Ljubljana, 1980. P. 115–120.
12. **Sure B.** Nutritive value of proteins in buckwheat and their role as supplements to proteins in cereal grains // *Jour. Agric. and Food Chem*. 1995. Vol. 3, No. 9. P. 793–797.
13. **User Guide** Stable Micro Systems. Texture Analyser TA.XT2. P. 1–5.
14. **Hayter A. L., Smith A. C., Mater J.** // *Sci*. 1988. Vol. 23. P. 736–743.
15. **Janilionis V., Aksomaitis A.** Sistema Statgraphics 5.0. Matematinės statistikos metodai. 1993. 113 p.
16. **Anderson Y., Hedlund B.** Extruded whey flour: correlation between processing and product quality parameters // *Food Quality and Preference*. 1991. Vol. 2(3). P. 201–216.

17. **Gomez M. H., Aquilera J. M.** A physicochemical model for extrusion of corn starch // *J. Food Sci.* 1984. Vol. 49. P. 40–43, 63.
18. **Paton D., Spratt W. A.** Component interactions in the extrusion cooking process: Influence of process condition on the functional viscosity of the wheat fluid system // *J. Food Sci.* 1984. Vol. 49. P. 1380–1385.
19. **Harmann D. V., Harper J. M.** Effect of extruder geometry on torque and flow // *Trans ASAE.* 1973. Vol. 16. P. 1175–1178.

Pateikta spaudai 2005-07

R. Bernatovičiūtė, R. Urbaitė, G. Juodeikienė,  
G. Zweytick, G. Shleining

### **EFFECT OF EXTRUSION VARIABLES ON THE QUALITY OF RYE EXTRUDATES**

#### **Summary**

The aim of the study was to select the extrusion variables for preparation of rye extrudates in composition with buckwheat flour, in the ratio 60:40; 80:20 (w/w). The extrudates were produced using a conical, counter-rotating twin-screw extruder CM45-F. A high shear screw type SK1552-300 and low shear screw type SK1552-300B with different screw speed (60; 70; 80 rpm) were used during the experiment. Other extrusion variables were regular.

Rye extrudates produced by high shear screw at 80 rpm were characterized as good products with the lowest bulk density ( $68.96 \text{ g/dm}^3$ ), the highest expansion index (7.98) and the diameter of pores ( $354.89 \mu\text{m}$ ), the lowest break force (134.12 N) and the longest shelf-life.

The experiments showed that the application of determined optimal extrusion variables enabled to produce rye extrudates with the highest amount of buckwheat flour (40 %). These products had a good flavour and texture quality.

Unconventional raw material such as rye and buckwheat could be used for the production of new good quality extrudates, extend stock of products, and open new facilities for their application.

**Keywords:** extrusion variables, rye, buckwheat, extrudates.

Р. Бернатовичюте, Р. Урбайте, Г. Юодейкене,  
Г. Звейтик, Г. Шлейнинг

### **ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭКСТРУЗИИ НА КАЧЕСТВО РЖАНЫХ ЭКСТРУДАТОВ**

#### **Резюме**

Работа посвящена подбору параметров экструзии при производстве ржанных экструдатов в сочетании с добавками гречневой муки соответственно 60:40; 80:20 от массы ржаной муки. Для выработки экструдатов использовался двухвальцовый конусный экструдер типа CM45-Ф. Во время эксперимента испытаны вальцы с различным шагом шнека (с большим шагом SK1552-300 Б и с меньшим шагом SK1552-300) при разных скоростях (60; 70; 80 мин<sup>-1</sup>). Другие параметры экструдера во время эксперимента были постоянными.

Наилучшим качеством отличались ржанные экструдаты, приготовленные с использованием вальцов с меньшим шагом при максимальной скорости 80 мин<sup>-1</sup>. Они отличались наименьшей плотностью ( $68,96 \text{ г/дм}^3$ ), наибольшим индексом вздувания (7,98) и величиной размера пор ( $354,89 \mu\text{м}$ ), а также самой маленькой силой давления (134,12 Н). Такие продукты менее интенсивно черствели.

Экспериментами доказано, что при таких оптимальных параметрах экструзии можно производить ржанные экструдаты с повышенным содержанием гречневой муки (40 %), обладающие самыми лучшими вкусовыми и текстурными свойствами.

Таким образом, подбор параметров экструзии позволяет использовать нетрадиционные виды зерна – рожь и гречку для производства нового вида качественных экструдатов и тем самым расширить ассортимент данного вида продуктов, а также открывает новые возможности для применения экструдатов.