

LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE  
LATVIA UNIVERSITY OF AGRICULTURE

PĀRTIKAS TEHNOLOĢIJAS FAKULTĀTE  
FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY

**Evita Straumīte**

**LATVIJĀ RAŽOTU RUDZU MILTU  
CEPAMĪPAŠĪBU IZPĒTE**

**RESEARCH ON BAKING PROPERTIES  
OF RYE FLOUR PRODUCED IN LATVIA**

Promocijas darba kopsavilkums  
inženierzinātņu doktora zinātniskā grāda iegūšanai  
pārtikas zinātnē

Summary of promotion work for acquiring  
the Doctor's degree of Engineering Sciences in the Food Sciences

Jelgava  
2006

Promocijas darba vadītājs: prof., Dr. chem.  
Scientific supervisor: **Viesturs Kreicbergs**

Oficiālie recenzenti / Official reviewers:

- prof., Dr.habil. sc. ing. **Gražina Juodeikiene** Kaunas Tehnoloģijas universitāte, Pārtikas tehnoloģijas fakultāte, Ķīmijas katedras profesore / Professor of Department of Food Technology, Faculty of Chemical Technology, Kaunas University of Technology, Kaunas, Lithuania.
- prof., Dr. habil. sc. ing. **Lija Dukaļsaka** – Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Pārtikas tehnoloģijas katedras profesore / Professor of Department of Food Technology, Latvia University of Agriculture.
- Dr. biol. **Aleksejs Daņilevičs** – Latvijas Universitāte, Bioloģijas fakultātes vadošais pētnieks / leading researcher at the Faculty of Biology at the Latvia University.

Darba izstrāde un noformēšana veikta ar ESF pēcdoktorantūras granta atbalstu.



**Promocijas darba aizstāvēšana notiks** LLU Pārtikas zinātnes promocijas padomes atklātajā sēdē 2006. gada 25.augustā plkst. 10.00 Jelgavā, Lielajā ielā 2, Pārtikas tehnoloģijas fakultātē, 145. auditorijā.

The defence of the thesis in open session of the Promotion Board of Food Science will be held on August 25, 2006, at 10 a.m. in auditorium No. 145, LUA, Liela iela 2, Jelgava.

Ar promocijas darbu un kopsavilkumu var iepazīties LLU Fundamentālajā bibliotēkā, Lielā ielā 2, Jelgavā, LV 3001.

Atsauksmes sūtīt Promocijas padomes sekretārei LLU Pārtikas tehnoloģijas fakultātes docentei Dr. phys. **L. Markevičai** Lielā iela 2, Jelgava, LV 3001 vai [part@llu.lv](mailto:part@llu.lv) un <http://lufb.llu.lv/llu-theses.htm>.

The thesis is available at the Fundamental Library of the Latvia University of Agriculture, Liela iela 2, Jelgava.

References are welcome to send to Dr. phys. **L. Markevica**, the Secretary of the Promotion Board of LUA, Faculty of Food Technology, Lielā iela 2, Jelgava, LV-3001, Latvia, [part@llu.lv](mailto:part@llu.lv) and <http://lufb.llu.lv/llu-theses.htm>.

## **SATURS**

Pētījuma aktualitāte	4
Darba mērķis, uzdevumi, novitāte, zinātniskais nozīmīgums	4
Zinātniskā darba aprobācija	5
Materiāli un metodes	7
Pētījumu rezultāti un diskusija	9
1. Latvijas rudzu šķirņu graudu kvalitātes izpēte	9
2. Miltu kvalitātes rādītāju izvērtējums	15
3. Reducējošo cukuru izmaiņas rudzu miltu plaucējumos	20
4. Matemātiskā modeļa izveide	25
5. Rudzu miltu kontrolcepieni	27
Secinājumi	30

## **CONTENT**

Actuality and Novelty of the research	31
The aim, tasks, novelties, and scientific importance of the research	31
The scientific work approbation	32
Materials and methods	33
Research results and discussion	34
1. Grain quality of rye varieties of Latvia	34
2. Evaluation of rye quality indices	37
3. Determination of reducing sugars by the photometric method	39
4. Development of the mathematical model	42
5. Rye flour baking properties	43
Conclusions	45

## PĒTĪJUMA AKTUALITĀTE

Kaut arī maizei ir sena vēsture, tā joprojām ir viens no galvenajiem ikdienā lietotajiem pārtikas produktiem. Latvijā rudzu maizes gatavošanai ir senas tradīcijas. Īpašais mīklas gatavošanas paņēmiens ar plaucējumu un ieraugu Latvijā ceptajai rudzu maizei piešķir īpatnējas un daudzveidīgas garšas īpašības.

Rudzu miltiem piemīt specifiskas cepamīpašības, no tiem gatavotā mīklā jābūt pietiekamam skābju daudzumam. Rudzu mīklas gatavošanas laiks ir ievērojami ilgāks nekā kviešu. Lai iegūtu labas kvalitātes rudzu maizi, ļoti svarīga ir graudu un miltu kvalitāte. Rudzu miltu cepamīpašības veidojas dažādu faktoru ietekmē, un tie lielā mērā nosaka maizes kvalitāti. Kvalitatīva plaucējuma, ierauga un maizes iegūšanai svarīga ir rudzu šķirnes izvēle, laika apstākļi graudu nogatavināšanās un novākšanas laikā, malšanas tehnoloģija un miltu uzglabāšanas apstākļi.

Rudzu miltu cepamīpašību raksturošanai un izvērtēšanai kā vispiemērotākie rādītāji atzīti krišanas skaitlis un amilogramma, kura parāda cietes kompleksa īpašības un cieti hidrolizējošo amilolītisko fermentu aktivitāti graudos un miltos (Drews, 1975; Dörfer, 1990, 2001; Spicher *et al.*, 1993; Hansensen *et al.*, 2001). Literatūrā trūkst datu par dažādu Latvijā ražotu rudzu miltu cepamīpašību vērtējumu pēc cietes stāvokļa un amilāžu aktivitātes. Visprecīzāko priekšstatu par rudzu miltu cepamīpašībām rada kontrolcepieni. Tā ir ievērojami darbietilpīgāka metode nekā krišanas skaitļa un amilogrammas noteikšana, tomēr sniedz relatīvi precīzus rezultātus (Brümmer, 1998).

Latvijā ir veikti pētījumi par plaucējumam izmantotā ūdens temperatūras ietekmi uz tā kvalitāti, kā arī par iesala pievienošanas daudzumu un apstākļiem. Iegūtā plaucējuma kvalitāte novērtēta organoleptiski (Kunkulberga, 1997, 1998, 2001). Šādi plaucējuma kvalitāte tiek novērtēta arī ceptuvēs. Ņemot vērā, ka vērtējumu ietekmē strādnieka darba stāžs, veselība, noskaņojums un citi faktori, kas saistīti ar cilvēku kā individualitāti, ir nepieciešami objektīvi plaucējuma kvalitātes novērtēšanas kritēriji. Lai arī pētīts rudzu maizes cepšanas process un piemērotākie cepšanas režīmi (Žīgurs, 1971; Āboliņš, 1985, 1971), tomēr vēl daudzi jautājumi par rudzu maizes kvalitāti nav noskaidroti.

**Darba mērķis:** noteikt un izvērtēt Latvijā ražotu rudzu miltu kvalitātes rādītājus un piemērotību kvalitatīvas rudzu maizes iegūšanai.

Darba mērķa sasniegšanai izvirzīti šādi **uzdevumi:**

- 1) analizēt un salīdzināt pieprasītāko rudzu šķirņu graudu ķīmisko sastāvu un no tiem iegūto miltu cepamīpašības;
- 2) izpētīt Latvijas ceptuvēm piedāvāto rudzu miltu kvalitātes rādītājus un to kopsakarības;
- 3) izpētīt reducējošo cukuru veidošanās dinamiku rudzu miltu plaucējumos;

- 4) izvērtēt amilāžu preparātu izmantošanas iespējas rudzu miltu plaucējuma gatavošanas procesā un to ietekmi uz maizes kvalitāti;
- 5) izveidot matemātisko modeli, kas raksturo reducējošo cukuru veidošanās dinamiku rudzu miltu plaucējumā;
- 6) pilnveidot rudzu miltu kontrolcepiena metodi un piemērot to Latvijas apstākļiem.

### **Pētījuma novitātes un zinātniskais nozīmīgums**

1. Izstrādāta metode reducējošo cukuru noteikšanai rudzu miltu plaucējumā.
2. Pirmoreiz izpētīta reducējošo cukuru veidošanās dinamika rudzu miltu plaucējumos.
3. Pilnveidota metode rudzu miltu kontrolcepienam, ko var izmantot rudzu miltu cepamīpašību novērtēšanai Latvijā.
4. Izvērtētas rudzu miltu cepamīpašības laika posmā no 2000. līdz 2004. gadam, izmantojot fizikāli ķīmiskās metodes un kontrolcepienu.
5. Izstrādāts empīriskais matemātiskais modelis, ar kuru var aprēķināt reducējošo cukuru veidošanās dinamiku plaucējumā.

### **Darba tautsaimnieciskā nozīmība**

1. Izpētīti rudzu šķirņu ‘Puhovčanka’, ‘Vambo’, ‘Amilo’, ‘Hacada’, ‘Kaupo’, ‘Duonia’ un ‘Voshod’ miltu kvalitātes rādītāji un cepamīpašības.
2. Pilnveidotā rudzu miltu kontrolcepiena metode tiek izmantota a/s “Jelgavas Dzirnavas” laboratorijā un vairākās ceptuvēs Latvijā, lai izvērtētu rudzu miltu cepamīpašības.

## **ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA**

Par darba gaitu un rezultātiem sniegti 10 ziņojumi doktorantu zinātniskajās un zinātniski-pētnieciskajās konferencēs LLU, starptautiskajās konferencēs Lietuvā, Čehijā, Vācijā un Spānijā, kā arī semināros, ko organizējuši graudu pārstrādes uzņēmumi Latvijā.

1. **Brence E** Bioķīmiskie un mikrobioloģiskie procesi rudzu miltu plaucējumā. *LU 58. Akadēmiskā konference Mikrobioloģijas un biotehnoloģijas sekcijas sēde, Rīga, 2000. g. 9. februāris (referāts / oral presentation).*
2. Kreicbergs V., Karklina D., **Brence E.**, Kunkulberga D. Dynamics of reducing sugar changes in scald of rye flour. *Chemical reactions in Food IV, Prague, Czech Republic, 20.–22. September 2000 (stenda referāts / poster presentation).*
3. **Brence E.**, Gudēna M. Rudzu miltos un maizē esošo ogļhidrātu raksturojums. LLU PTF Zinātniski-praktiskā konference, *21.gs. kopā ar zinātni, Jelgava 2000. g. 29. marts (referāts / oral presentation).*

4. **Brence E.**, Kazradzis M., Kreicbergs V. Reducējošo cukuru noteikšanas metodikas pilnveidošanas iespējas rudzu miltu plaucējumā. LLU PTF zinātniski-praktiskā konference, *Pārtikas un attīstības virzieni nākotnē*, Jelgava 2001. g. 4. aprīlis (*referāts / oral presentation*).
5. **Brence E.** Reducējošo cukuru dinamiskās izmaiņas cietes hidrolīzes procesā. Starptautiskā zinātniskā doktorantu konference *Zinātne lauku attīstībai*, Jelgava, 2001. g. 22.–23. maijs (*referāts / oral presentation*).
6. **Brence E.** Analyses of rye flour baking properties. International scientific conference *Research for rural development*, Jelgava 2002. g. 22.–24. maijs (*referāts / oral presentation*).
7. **Brence E.** Plaucējuma nozīme kvalitatīvas rudzu maizes gatavošanas tehnoloģiskajā procesā. “Jelgavas Dzirnau” rīkotais seminārs Latvijas maizniekiem, Jelgava, 2002. g. 31. oktobris (*referāts / oral presentation*).
8. **Brence E.**, Blija A. Ist-Analyse in der Prozessen der Roggenbrotherstellung. 9. Symposium zur Lebensmitteltechnologie in Neubrandenburg *Die EU-Osterweiterung Neue Herausforderungen und Chancen*, Neubrandenburg, Deutschland, 7.–8. März 2003. (*referāts / oral presentation*).
9. Kunkulberga D., **Straumite E.**, Galoburda R., Sauss I.) Possibilities for scald use in formed rye bread making. Innovations in traditional Foods, *IntradFood Congress*, Valencia, Spain, October 25–28, 2005 (*stenda referāts / poster presentation*).
10. **Straumite E.**, Kunkulberga D., Ivanova A., Kreicbergs V. Latvian rye flour quality assessment. 1<sup>st</sup> Baltic Conference on Food Science and Technology, *FOODBALT-2006*, Kaunas, Lithuania, April 25–26, 2006 (*stenda referāts / poster presentation*).

Darba rezultāti atspoguļoti 10 zinātniskajās publikācijās latviešu, angļu un vācu valodās, no kurām 7 – LZP atzītos izdevumos.

1. Kreicbergs V., Karklina D., **Brence E.**, Kunkulberga D. (2000) Dynamics of Reducing Sugar Changes in Scald of Rye Flour. *Proceedings Czech Journal of Foods Sciences*, Vol. 18, Prague, Czech Republic, p. 237–238.
2. **Brence E.**, Kreicbergs V. (2001) Studies on changes of reducing sugars in rye flour scald. *Food chemistry and technology*, Kaunas, p. 5–10.
3. **Brence E.** (2001) Reducējošo cukuru dinamiskās izmaiņas cietes hidrolīzes procesā. *Zinātne lauku attīstībai*. Starptautiskās zinātniskās konferences referāti, Jelgava, LLU, 131. – 134.lpp.
4. **Brence E.**, Kazradzis M., Kreicbergs V. (2001) Reducējošo cukuru noteikšanas metodikas pilnveidošanas iespējas rudzu miltu plaucējumā. *Pārtikas un attīstības virzieni nākotnē*. Zinātniski praktiskās konferences referāti, Jelgava, LLU, 171.–173. lpp.

5. **Brence E.** (2002) Analyses of rye flour baking properties. Research for rural development. International scientific conference proceedings 2002, Jelgava, LUA, p. 162–165.
6. **Brence E.**, Kreibergs V., Ivanova A. (2003) Evaluation of bread making qualities of several rye varieties. Safety Food Production for the healthy Nutrition. International Scientific Practical Conference, Jelgava, LUA, p.7–11.
7. **Straumite E.**, Kunkulberga D., Ivanova S. (2005) Kontrolcepiena metodes pilnveide rudzu miltu cepamīpašību noteikšanai. Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Raksti, 13 (308), Jelgava, 85.–91.lpp.
8. **Brence E.**, Gudēna M. (2000) Rudzu miltos un maizē esošo ogļhidrātu raksturojums. 21.gs. kopā ar zinātni. Zinātniski-praktiskās konferences referāti, Jelgava, 31.–32.lpp.
9. **Brence E.**, Blija A. (2003) Die Auswertung der Risikoquellen im Produktionsprozess der Roggenbrotens. Die EU-Osterweiterung Neue Haerausforderungen und Chancen, Neubrandenburg, S. 73.–83.
10. Kunkulberga D., **Straumite E.**, Galoburda R., Saus I. (2005) Possibilities for scald use in formed rye bread making. Innovations in traditional Foods, IntradFood Congress Proceedings, Valencia, Spain, p. 959–961.

Saistībā ar pētāmo problēmu autores vadībā izstrādāti vairāki studentu zinātniski pētnieciskie darbi bakalaura grāda iegūšanai.

## MATERIĀLI UN METODES

**Pētījumi veikti** laikā no 1999. līdz 2005. gadam šādās vietās:

- Latvijas Lauksaimniecības universitātes Agronomisko analīžu zinātniski pētnieciskajā laboratorijā (cietes un olbaltumvielu satura noteikšana);
- Latvijas Lauksaimniecības universitātes Pārtikas tehnoloģijas katedras laboratorijās (reducējošo cukuru satura noteikšana, maizes ar plaucējumu cepšana, rudzu miltu cietes graudu formas noteikšana ar mikroskopu);
  - a/s „Jelgavas Dzirnava” un a/s “Rīgas Dzirnavnieks” laboratorijās (miltu mitrums, krišanas skaitlis, cietes klīsterizēšanās maksimums amilogrāfa vienībās);
  - a/s „Jelgavas Dzirnava” laboratorijā (rudzu miltu kontrolcepieni);
  - Latvijas Universitātes Bioloģijas institūta laboratorijās (aminoskābju sastāva un satura noteikšana).

**Miltu mitrums** noteikts pēc LV ST ZM 71-96 standarta metodes žāvēšanas skapī *CEIII-1*.

**Krišanas skaitlis** noteikts pēc LV ST ZM 77 – 96 un ISO 3093-1982 (E) standarta metodes ar iekārtu *Falling Number 1500*.

**Cietes klīsterizācijas maksimums un cietes klīsterizēšanās maksimālā temperatūra** noteikta pēc ISO 7973:1993 standarta metodes ar iekārtu *Amylograph E*.

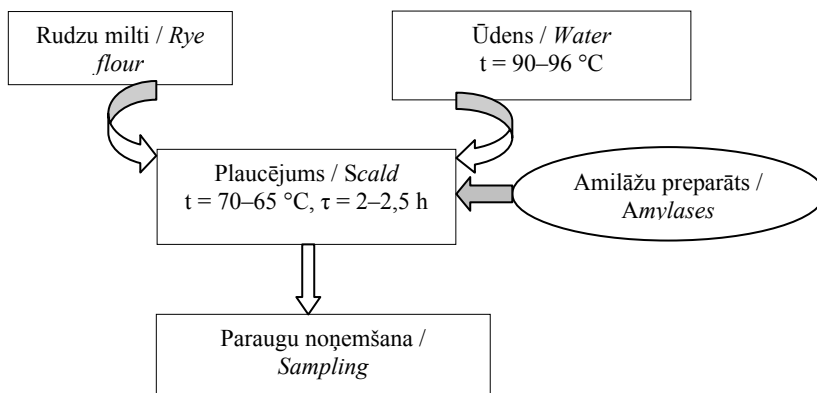
**Olbaltumvielu saturs** noteikts ar Kjeldāla metodi (metode AACC 46-20), kas pamatojas uz slāpekļa satura noteikšanu pārtikas produktos.

**Aminoskābju saturs** noteikts pēc ISO 5508: 1990 standarta metodes ar gāzu hromatogrāfu *Mikrotechna AAA 339*.

**Cietes saturs** noteikts ar standartmetodi ISO 6493, tās pamatā ir cietes hidrolīze, kas veicina cietes sadalīšanos.

**Cietes graudiņu forma** apskatīta ar binokulāro mikroskopu *MOTIC B1 – 223A* (palielinājums 1500 reizes).

Rudzu miltu **plaucējums** gatavots no 1370. un 1740. tipa miltiem, pievienojot ūdeni pēc tradicionālās rudzu maizes gatavošanas tehnoloģijas, kas parādīta 1. attēlā.



**1. att. Rudzu miltu plaucējuma gatavošanas tehnoloģija**  
**Fig.1. Technology of the rye flour scalding preparation**

300 g 1740. un 1370. tipa rudzu miltu tika pārlieti ar 800–900 ml 90–96 °C ūdens. Šāda miltu un ūdens attiecība izmantota arī plaucējumiem no rudzu šķirņu ‘Puhovčanka’, ‘Amilo’, ‘Hacada’, ‘Kaupo’ un ‘Voshod’ miltiem. Lai noteiktu reducējošo cukuru saturu plaucējumā 100–120 minūšu laikā pēc tā pagatavošanas, ik pēc 5–10 min tika ņemti paraugi analīzēm.

**Reducējošo cukuru saturs** plaucējumos noteikts ar fotometriski kolorimetrisko metodi, izmantojot iekārtu *KΦK–2–УХЛ 4.2*. Metode pamatojas uz to, ka sārmainā vidē reducējošie cukuri reaģē ar kālija heksacianoferātu ( $K_3[Fe(CN)_6]$ ). Jo vairāk reducējošo cukuru satur analizējamais produkts, jo mazāka ir pētāmā šķīduma gaismas absorbcija. Gaismas absorbciju dzeltenās krāsas šķīdumam mēra pie viļņu garuma 440 nm, kā kontroles paraugu izmantojot destilētu ūdeni. Veido glikozes standartlīkni, kuras koordinātas ir



glikozes saturs ( $\text{mg } 100 \text{ ml}^{-1}$ ) un gaismas absorbcija (Кореман, 1989). Pēc glikozes standartlīknes atrod reducējošo cukuru saturu analizējamajā paraugā un, izmantojot 1. formulu, izrēķina glikozes saturu reducējošo cukuru sastāvā  $\text{mg } 100 \text{ ml}^{-1}$ .

$$Q = \frac{q \times v_1 \times 100}{v_2 \times m \times 1000}, \quad (1)$$

kur  $Q$  – reducējošo cukuru saturs / *content of reducing sugars*,  $\text{mg } 100 \text{ ml}^{-1}$ ;  
 $q$  – pēc grafika atrastais glikozes daudzums / *glucose content determined from graph*,  $\text{mg } 100 \text{ ml}^{-1}$ ;  
 $v_1$  – mērkolbas tilpums / *flask volume*, ml;  
 $v_2$  – parauga tilpums / *volume of sample*, ml;  
 $m$  – parauga sākuma iesvars / *initial mass of sample*, g.

**Rudzu miltu kontrolcepienu** pamatreceptūrā paredzēts izmantot 1000 g rudzu miltu, 600 g ūdens, 17 g rauga un 10 g sāls. Sagatavoto mīklu raudzē 60 minūtes 36–38 °C temperatūrā, pēc tam cep 60 minūtes 220–230 °C temperatūrā. Izcepto maizi novērtē pēc 24 stundām. Eksperimentu veikšanai izmantota a/s “Jelgavas Dzirnavas” laboratorijas krāsns *P3-X/III*, kas paredzēta eksperimentāliem maizes cepieniem no kviešu un rudzu miltiem.

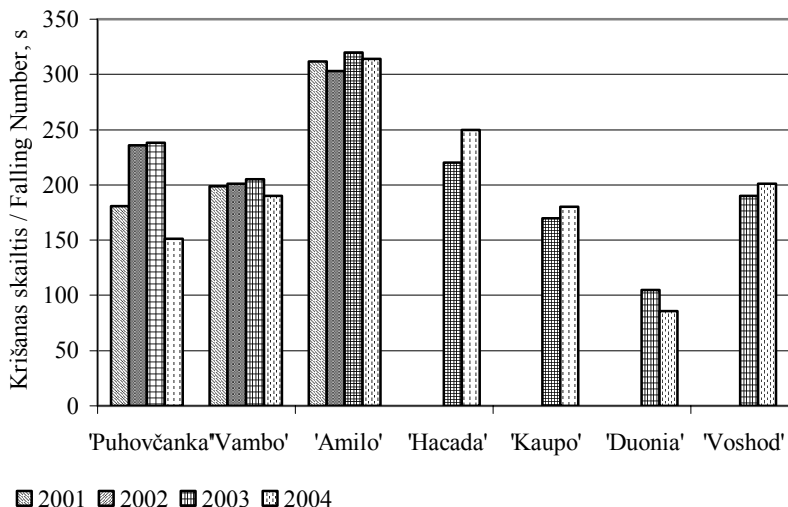
Datu apstrāde veikta ar matemātiskās statistikas metodēm, iegūtajiem rezultātiem aprēķināti vidējie aritmētiskie lielumi, standartnovirze, veikta vienfaktora un divfaktoru dispersijas analīze, kā arī regresijas analīze, lietojot Microsoft *Excel for Windows 7.0* un *SPSS* programmas paketi.

## PĒTĪJUMU REZULTĀTI UN DISKUSIJA

### 1. Latvijas rudzu šķirņu graudu kvalitāte

Pētījumi veikti laika posmā no 2001. līdz 2004. gadam par rudzu šķirņu ‘Puhovčanka’, ‘Vambo’, ‘Amilo’, ‘Hacada’, ‘Kaupo’, ‘Duonia’ un ‘Voshod’ graudu kvalitātes rādītājiem: mitrumu, krišanas skaitli, cietes klīsterizācijas maksimumu, cietes klīsterizācijas maksimālo temperatūru un piemērotību pārstrādei miltos. Pētījumi par rudzu šķirņu ‘Hacada’, ‘Kaupo’, ‘Duonia’ un ‘Voshod’ kvalitātes rādītājiem veikti 2003. un 2004. gadā, jo iepriekšējos gados šo šķirņu rudzu graudi Latvijā nebija tik populāri un no tiem netika iegūti milti.

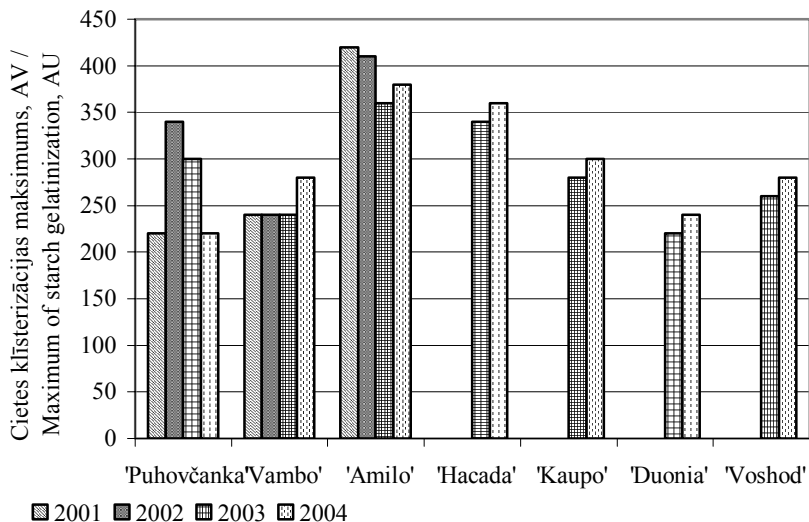
Pētāmo graudu paraugu mitrums ir no 12,6 līdz 13,5 % – tas ir optimāls, lai graudus uzglabātu un pārstrādātu miltos. Pētījumos izmantoto rudzu šķirņu kvalitātes vidējie rādītāji – krišanas skaitlis un cietes klīsterizācijas maksimums redzami – 2. un 3. attēlā.



**2. att. Rudzu šķirņu graudu krišanas skaītis**  
**Fig.2. Falling number of crops of rye varieties**

No četrus gadu ražas ņemtu rudzu šķirnes ‘Amilo’ graudu krišanas skaītis ir virs 300 s, bet šķirnes ‘Vambo’ graudiem – 190–205 s, tas liecina, ka šo graudu miltos cieti hidrolizējošie fermenti ir neaktīvi (2. attēls). Rudzu šķirnes ‘Puhovčanka’ graudu krišanas skaītis dažādu gadu ražai ir atšķirīgs. 2004. gada ražas graudu krišanas skaītis ir 151 s, tādā fermentu aktivitātē ir pietiekama, lai iegūtu labas kvalitātes miltus un rudzu maizi. Savukārt 2002. un 2003. gada ražas graudu krišanas skaītis ir augsts (attiecīgi 236 un 238 s). Arī rudzu šķirnes ‘Hacada’ graudu krišanas skaītis vairākus gadus ir augsti. No rudzu šķirnes ‘Duonia’ graudiem iegūto miltu krišanas skaītis gan 2003., gan 2004. gadā bija tuvu 100 sekundēm – attiecīgi 86 un 105 s –, un tas liecina par apmierinošām miltu cepamīpašībām. Krišanas skaītis rudzu šķirņu ‘Kaupo’ un ‘Voshod’ graudiem ir robežās no 170 līdz 190 s, tas ir optimāls, lai iegūtu miltus ar labām cepamīpašībām.

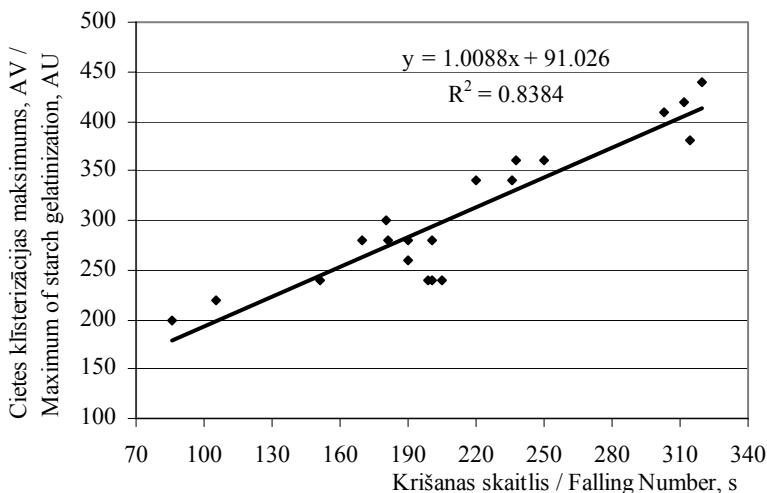
Analizējot datus par dažādos gados no atšķirīgu rudzu šķirņu graudiem iegūto miltu īpašībām (3. attēls), redzams, ka šķirnes ‘Puhovčanka’ 2001. un 2004. gada ražas graudu cietes klīsterizācijas maksimums ir 220 AV, kas liecina par miltu sliktām cepamīpašībām. No šādiem miltiem iegūs rudzu maizi ar lipīgu un mitru mīkstumam, jo liela daļa cietes tiek hidrolizēta fermentu ietekmē.



**3. att. Rudzu šķirņu graudu cietes klīsterizācijas maksimums**  
**Fig. 3. Rye crops starch gelatinization maximum**

Turpretim 2002. un 2003. gadā 'Puhovčanka' graudu cietes klīsterizācijas maksimums ir attiecīgi 300 un 340 AV, tas ļauj rudzu miltu cepamīpašības raksturot kā apmierinošas. Arī 'Duonia' un 'Vambo' visu paraugu, izņemot vienu, cietes klīsterizācijas maksimums ir mazāks par 250 AV, un tas liecina par šo šķirņu miltu sliktām cepamīpašībām. Labas cepamīpašības ar cietes klīsterizācijas maksimumu 350–650 AV ir rudzu šķirņu 'Hacada' un 'Amilo' graudiem. Pārējām pētāmajām rudzu šķirnēm cietes klīsterizācijas maksimums ir robežās no 260 līdz 340 AV, un tas liecina par miltu apmierinošām cepamīpašībām. Šādus miltus ieteicams izmantot rudzu maizes ierauga gatavošanai.

Izpētot savstarpējo sakarību starp dažādu rudzu šķirņu graudu krišanas skaitli un cietes klīsterizācijas maksimumu, var secināt, ka pastāv cieša korelācija starp šiem kvalitātes rādītājiem (4. attēls). Ciešo saistību apstiprina korelācijas koeficients  $r$ , kas ir 0,91. Tas nozīmē – jo mazāks rudzu graudu krišanas skaitlis, jo zemāks cietes klīsterizācijas maksimums.



#### 4. att. Korelācija starp rudzu šķirņu graudu krišanas skaitli un cietes klīsterizācijas maksimumu

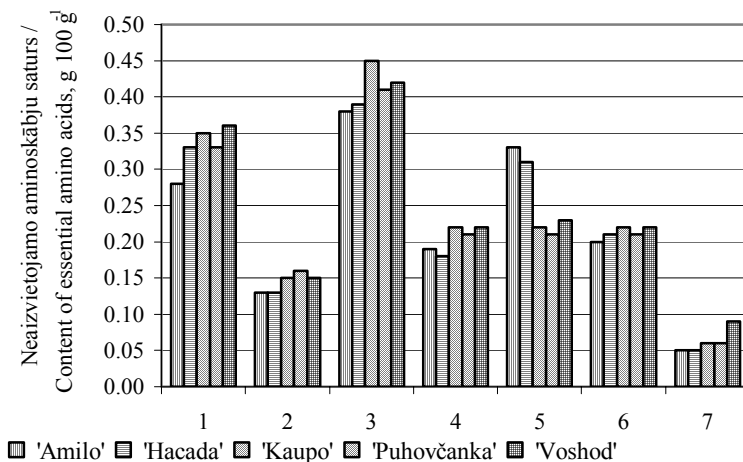
**Fig. 4. Correlation between Falling Number and starch gelatinization maximum for rye grain varieties**

Visu rudzu šķirņu miltu paraugiem cietes klīsterizācijas maksimālā temperatūra ir robežās no 65,3 līdz 69,2 °C, kas atbilst literatūrā norādītajai optimālajai temperatūrai – 63–68 °C (Weipert, 1998). Līdz ar to miltus no šo rudzu šķirņu graudiem var izmantot gan plaucējuma, gan rudzu mīklas gatavošanai.

Rudzu miltu galvenās sastāvdaļas ir ogļhidrāti un olbaltumvielas, tādēļ eksperimentos izmantotajām rudzu šķirnēm tika noteikts

- olbaltumvielu saturs, arī aminoskābju kvalitatīvais sastāvs un kvantitatīvais saturs;
- cietes saturs;
- cietes graudiņu forma un diametrs.

Izvērtējot olbaltumvielu saturu dažādu rudzu šķirņu graudos, var secināt, ka visvairāk olbaltumvielu ir ‘Amilo’ (9,37±0,09%) un ‘Kaupo’ graudos (9,38±0,08%), bet vismazāk – ‘Hacada’ graudos (7,94±0,05%). Savukārt šķirņu ‘Puhovčanka’ un ‘Voshod’ graudos olbaltumvielu saturs ir attiecīgi 8,82±0,01 un 8,92±0,02%. Tātad, spriežot pēc olbaltumvielu kopējā satura, par vērtīgākām var uzskatīt rudzu šķirnes ‘Amilo’ un ‘Kaupo’.



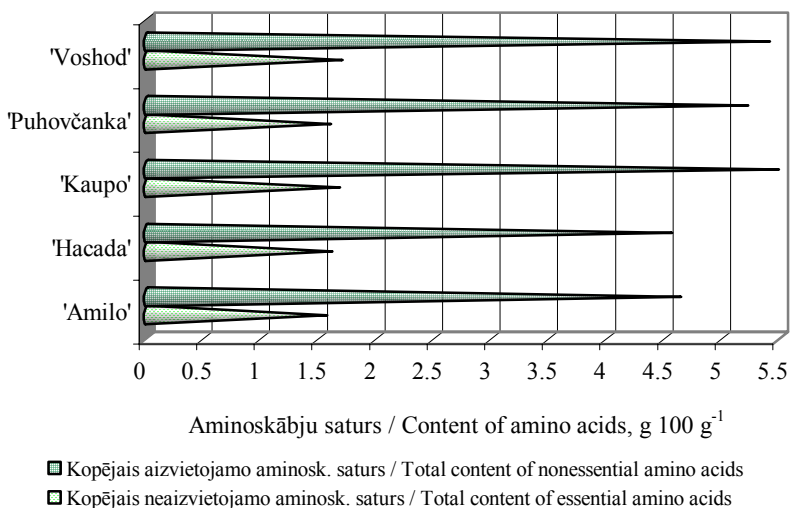
### 5. att. Neaizvietojamo aminoskābju saturs dažādu rudzu šķirņu graudos

**Fig. 5. Content of essential amino acids in corn samples of different rye crops**

1 – fenilalanīns / *phenylalanine*; 2 – izoleicīns / *isoleucine*; 3 – leicīns / *leucine*; 4 – treonīns / *threonine*; 5 – valīns / *valine*; 6 – lizīns / *lysine*; 7 – metionīns / *methionine*.

Rudzu graudos ietilpstošo neaizvietojamo aminoskābju satura analīzes rezultāti parāda, ka lizīns visu šķirņu paraugos ir līdzīgs un tā saturs ir robežās no 0,20 g 100 g<sup>-1</sup> 'Amilo' graudos līdz 0,22 g 100 g<sup>-1</sup> 'Kaupo' un 'Voshod' graudos (5. attēls.). Otrās svarīgākās neaizvietojamās aminoskābes – metionīna – visvairāk ir 'Voshod' graudos. Pēc neaizvietojamo aminoskābju satura par vērtīgāko var uzskatīt rudzu šķirni 'Voshod', jo šajos graudos arī fenilalanīna un treonīna ir nedaudz vairāk nekā pārējos paraugos. 'Kaupo' graudos ir vairāk leicīna nekā citos paraugos, bet maz valīna. Darbā nav noteikts neaizvietojamās aminoskābes triptofāna saturs rudzu graudos, jo to nav iespējams konstatēt ar gāzu hromatogrāfijas metodi.

Salīdzinot aminoskābju kvalitatīvo sastāvu un kvantitatīvo saturu rudzu šķirņu graudos, var secināt, ka vērtīgākas ir šķirnes 'Voshod', 'Puhovčanka' un 'Kaupo', kurās ir par 4,9–16,8% vairāk aizvietojamo aminoskābju un par 1,2–7,7% vairāk neaizvietojamo aminoskābju nekā 'Hacada' un 'Amilo' graudos (6. attēls). Šīs šķirnes izmantojot rudzu maizes gatavošanā, netiešā veidā var palielināt maizes uzturvērtību.



**6. att. Kopējais neaizvietoājamo un aizvietoājamo aminoskābju saturs rudzu šķirņu graudos**

**Fig.6. The total content of essential and nonessential amino acids in the crops of rye varieties**

Cietes saturs pētāmo rudzu šķirņu graudos ir no 55,04 līdz 59,91%. Visvairāk – 59,91% – cietes ir ‘Kaupo’ graudos, bet vismazāk – 55,04% – ‘Amilo’ graudos.

Apskatot piecu pētāmo rudzu šķirņu cietes graudiņus mikroskopā, var secināt, ka arī Latvijā audzēto rudzu šķirņu cietes graudu izmēri atbilst literatūrā minētajiem vidējiem rādītājiem – 12–40 μm (Belitz, 1989). Šķirņu ‘Voshod’, ‘Amilo’ un ‘Hacada’ miltos cietes graudu vidējais diametrs sasniedz 34–35 μm un to pēc skaita ir maz. ‘Kaupo’ cietes graudu vidējais diametrs ir 18,25 μm, un, salīdzinot ar citu šķirņu cietes graudu daudzumu, to ir vairāk. Šķirnes ‘Puhovčanka’ miltos cietes graudu vidējais diametrs ir 25,23 μm un to ir daudz, taču daļa cietes graudu ir jau hidrolizēti, un tas nozīmē, ka amilolītiskie fermenti ir aktīvi un cietes graudi ir pakļauti to iedarbībai. Par aktīvu fermentu darbību liecina arī šīs rudzu šķirnes miltu zemais krišanas skaitlis.

Rudzu miltu plaucējumam ieteicams izmantot tādas šķirnes, kuru cietes graudu diametrs ir liels un kurās nav sākusies amilāzes darbība. Jo lielāks cietes grauds, jo ātrāk tas spēj piesaistīt ūdeni un ir vieglāk pieejams fermentiem. Tas ir svarīgs faktors rudzu miltu plaucējuma gatavošanas procesā.

## 2. Miltu kvalitātes rādītāju izvērtējums

Pētījumi par maizes ceptuvēs izmantoto rudzu miltu kvalitātes rādītāju izmaiņām dažādos audzēšanas gados nav veikti, tādēļ pētījumos lietotie milti ņemti no dzirnavām. Miltiem noteikti šādi kvalitātes rādītāji – krišanas skaitlis, cietes klīsterizācijas maksimums un cietes klīsterizācijas maksimālā temperatūra –, kas raksturo amilolītisko fermentu aktivitāti un cietes graudiņu kvalitāti. Laika posmā no 2000. līdz 2004. gadam kopumā izanalizēti 393 1740., 1370. un 700. tipa rudzu miltu paraugi.

Lai iegūtu labas kvalitātes rudzu maizi, par optimālām krišanas skaitļa vērtībām miltu un maizes ražotāji uzskata

- 1740. tipa rudzu miltiem – 130 līdz 145 s;
- 1370. tipa rudzu miltiem – 145 līdz 165 s;
- 700. tipa rudzu miltiem – 165 līdz 185 s.

Pētīto dažāda tipa miltu paraugu ar vienādu krišanas skaitli un cietes klīsterizācijas maksimumu un to savstarpējo korelāciju skaita sadalījums parādīts 7., 8. un 9. attēlā.

Pētījumos konstatēts, ka 4,8% miltu paraugu krišanas skaitlis ir mazāks par 120 s. Šādos miltos fermenti ir aktīvi, un tos var izmantot galvenokārt plaucējumu gatavošanai, lai izveidotos pietiekami daudz cukuru, kas nepieciešami raudzēšanas procesā. Mīklu gatavojot, ieteicams palielināt pievienojamā skābā ierauga apjomu, jo tas kavēs fermentu darbību raudzēšanas un cepšanas laikā. Paaugstināta fermentu aktivitāte miltos, kuru krišanas skaitlis ir līdz 120 s, novērota galvenokārt 1740. tipa miltos.

8,2% pētāmo 700. tipa miltu paraugu konstatēts augsts krišanas skaitlis (virs 190 s), to varētu skaidrot tādējādi, ka milti iegūti no graudu endospermas, kurā ir vairāk cietes un olbaltumvielu, bet mazāk fermentu. Vislielākā krišanas skaitļa amplitūda konstatēta 1370. tipa miltiem – iespējams, tādēļ, ka miltos ietilpst gan graudu endosperma, gan ārējie slāņi, kuros ir vairāk fermentu.

Lai iegūtu kvalitatīvu rudzu maizi, cietes klīsterizācijas maksimumam jābūt robežās no 350 līdz 650 AV un cietes klīsterizācijas maksimālajai temperatūrai – no 63 līdz 68 °C (Seibel, 1988).

Izvērtējot 8. attēlā parādītos rezultātus, var secināt, ka 17,7% 1740. tipa miltu, 13,3% 700. tipa un 19,5% 1370. tipa miltu cietes klīsterizācijas maksimums ir mazāks par 250 AV. Tas liecina par sliktām miltu cepamīpašībām. Lai uzlabotu miltu cepamīpašības, nepieciešams tos jaukt ar kvalitatīvākiem miltiem un maizes gatavošanas laikā pievienot lielāku ierauga daudzumu. Tas samazinātu fermentu aktivitāti un uzlabotu mīklas īpašības. Cietes klīsterizācijas maksimums ir zems galvenokārt tiem miltu paraugiem, kuriem arī krišanas skaitlis ir mazs.

Savukārt 40% 1740. tipa un 44,6% 700. tipa miltu cietes klīsterizācijas maksimums (AV) ir 350–650, un tas liecina par labām miltu cepamīpašībām. Šādus miltus izmantojot ražošanā, iegūst rudzu maizi bez defektiem. Pētījumi

parāda, ka pastāv kvalitātes atšķirības kā dažādu tipu, tā viena tipa miltu ietvaros.

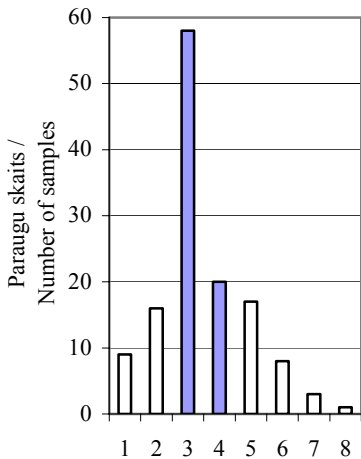
Eksperimentāli novērots, ka rudzu miltu cietes klīsterizēšanās maksimālā temperatūra ir robežās no 65,2 līdz 68,5 °C. Literatūrā norādīts, ka rudzu miltu cietes klīsterizēšanās maksimumam jābūt robežās no 63 līdz 68 °C (Seibel, 1988). Var secināt, ka pētījumos izmantoto rudzu miltu paraugiem cietes klīsterizēšanās maksimālā temperatūra ir optimāla, lai izceptu kvalitatīvu maizi. Neatkarīgi no miltu iegūšanas gada visaugstākais cietes klīsterizēšanās maksimums ir 1740. tipa miltiem, jo tie satur vairāk graudu ārējo daļu un tas traucē cietes uzbriešanu.

Krievijā un Vācijā veiktie pētījumi parāda, ka pastāv korelācija starp miltu galvenajiem kvalitātes rādītājiem: krišanas skaitli un cietes klīsterizācijas maksimumu. Vācu zinātnieks Brummers (*Brümmer*) konstatējis, ka pastāv korelācija starp maksimālo viskozitāti un krišanas skaitli, piem., 997. un 1150. tipa rudzu miltiem korelācijas koeficients  $r = 0,78$  (Brümmer, 2002). Taču laika posmā no 2000. līdz 2004. gadam ar Latvijā iegūtajiem rudzu miltiem veiktie pētījumi parāda, ka starp cietes klīsterizācijas maksimumu un miltu krišanas skaitli pastāv vidēji cieša korelācija (9. attēls), korelācijas koeficients ir  $0,5 < |r| < 0,8$  (Arhipova *u. c.*, 2000), un dažādu tipu miltiem tas ir atšķirīgs:

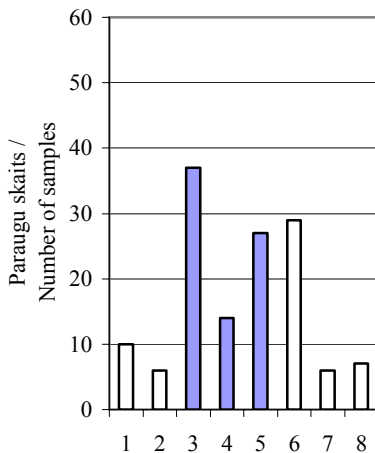
- 1740. tipa miltiem  $r = 0,57$ ;
- 1370. tipa miltiem  $r = 0,74$ ;
- 700. tipa miltiem  $r = 0,66$ .

Korelācija parāda tendenci – jo zemāks krišanas skaitlis, jo mazāks cietes klīsterizācijas maksimums. Rupjajos miltos ietilpst visas graudu daļas, tas ir tieši saistīts ar graudu kvalitāti, ko var ietekmēt laika apstākļi, tāpēc kvalitātes rādītāju savstarpējā saistība nav tik izteikta. Savukārt 700. tipa miltos ir vairāk graudu iekšējo slāņu, un tas varētu padarīt ciešāku saistību starp krišanas skaitli un cietes klīsterizācijas maksimumu. Atšķirības no citu valstu zinātnieku pētījumu rezultātiem varētu skaidrot ar to, ka miltos no Latvijā audzētiem graudiem ir atšķirīgs pelnvielu daudzums, kā arī pētīti milti, kas iegūti no citām rudzu šķirnēm.

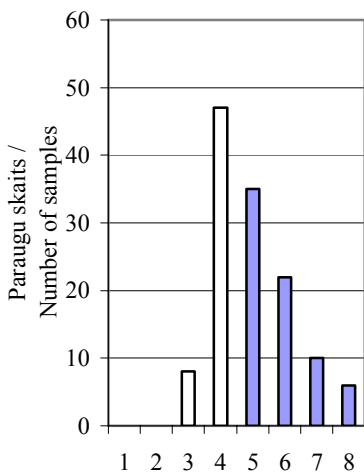




1740. tipa milti / *Flour type 1740*



1370. tipa milti / *Flour type 1370*

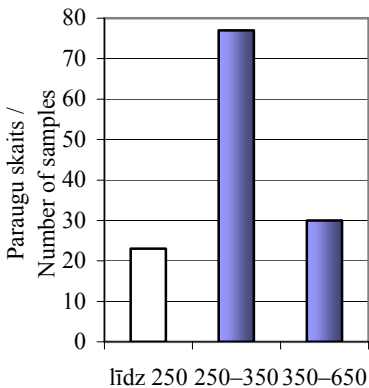


700. tipa milti / *Flour type 700*

**7. att. Analizēto miltu paraugu krišanas skaītis**

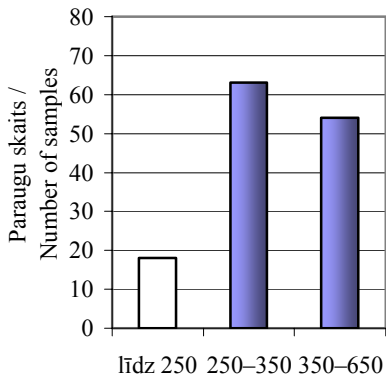
**Fig. 7. Falling number of the flour samples**

Miltu krišanas skaītis / *Flour Falling Number*: 1 – līdz / *up to* 120 s; 2 – 121–130 s; 3 – 131–150 s; 4 – 150–160 s; 5 – 161–170 s; 6 – 171–180 s; 7 – 181–190 s; 8 – virs / *above* 190 s



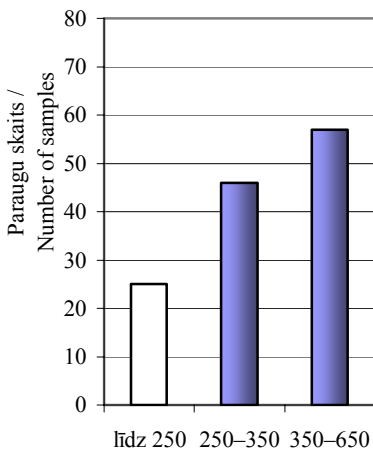
Cietes klīsterizācijas maksimums, AV / Maximum of starch gelatinization, AU

1740. tipa milti / *Flour type 1740*



Cietes klīsterizācijas maksimums, AV / Maximum of starch gelatinization, AU

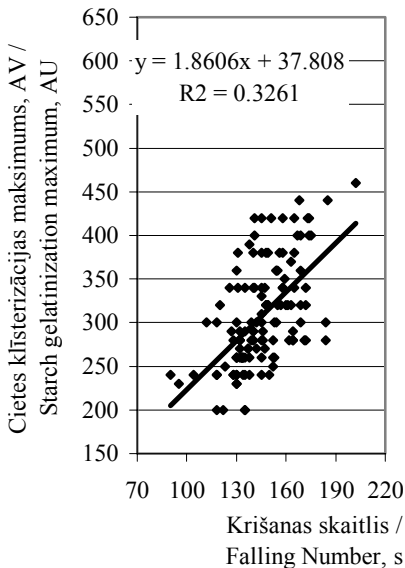
1370. tipa milti / *Flour type 1370*



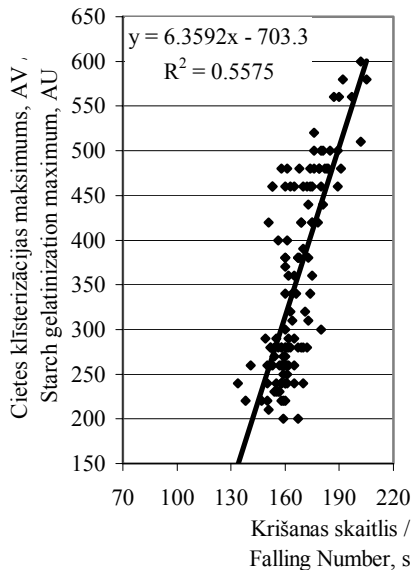
Cietes klīsterizācijas maksimums, AV / Maximum of starch gelatinization, AU

700. tipa milti / *Flour type 700*

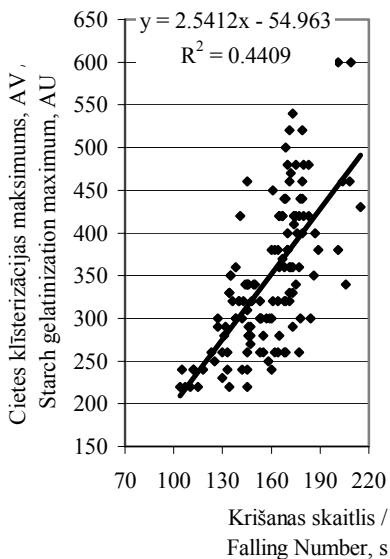
**8. att. Cietes klīsterizācijas maksimums analizētajiem miltu paraugiem**  
**Fig.8. Starch gelatinization maximum of the flour samples**



1740. tipa milti / *Flour type 1740*



1370. tipa milti / *Flour type 1370*



700. tipa milti / *Flour type 700*

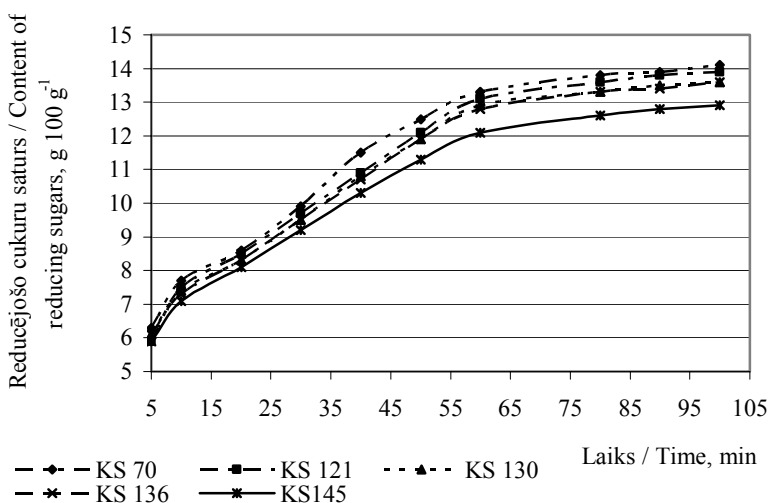
**9. att. Korelācija starp rudzu miltu  
krišanas skaitli un cietes  
klīsterizācijas maksimumu  
Fig. 9. Correlation between Falling  
Number and starch gelatinization  
maximum for rye flour**

### 3. Reducējošo cukuru dinamika rudzu miltu plaucējumos

Literatūras analīze liecina, ka nav izstrādātas fizikāli ķīmiskas metodes plaucējuma kvalitātes novērtēšanai. Hromatogrāfiskās un cukuru summārās noteikšanas metodes šim nolūkam lietot nav iespējams, jo rudzu miltos monosaharīdu – maltozes un glikozes – ir salīdzinoši maz (1,5–2,1%). Plaucējums ir biezs, tumšas krāsas viskozs šķīdums, tādēļ cukuru noteikšanai izmantot polarimetriskās metodes nav iespējams. Nozīmīgākie plaucējumā notiekošie procesi ir saistīti ar cietes hidrolīzi amilolītisko fermentu darbības ietekmē un cietes klīsterizāciju. Cietes hidrolīzes ietekmē veidojas mazmolekulārie dekstrīni un reducējošie cukuri: maltoze un glikoze. Izvērtējot visus apstākļus, secināts, ka reducējošo cukuru noteikšanai plaucējumā jāizvēlas fotometriskā metode.

#### Reducējošo cukuru saturs noteikšana ar fotometrisko metodi

Reducējošo cukuru saturs plaucējumos, kas gatavoti no rudzu miltiem ar piecām dažādām krišanas skaitļa vērtībām, noteikts ar fotometrisko metodi. Pētījumi par reducējošo cukuru veidošanās dinamiku veikti 1740. un 1370. tipa rudzu miltiem, kuru krišanas skaitļi ir attiecīgi 70–145 s un 154–250 s robežās.

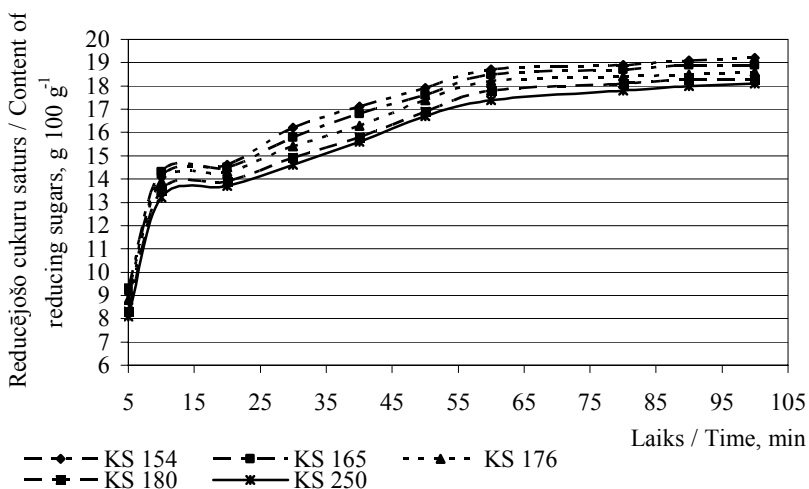


#### 10. att. Reducējošo cukuru veidošanās dinamika plaucējumā no 1740. tipa miltiem

Fig. 10. Reducing sugar formation dynamics in the scald from flour of the type 1740

Plaucējuma gatavošanai izmantoto miltu krišanas skaitlis / Flour Falling Number: KS 70 – 70 s; KS 121 – 121 s; KS 130 – 130 s; KS 136 – 136 s; KS 145 – 145 s.

Reducējošo cukuru veidošanās dinamika plaucējumā no 1740. tipa miltiem ar dažādu krišanas skaitļa vērtību parādīta 10. attēlā. Tūlīt pēc paraugu applaucēšanas reducējošo cukuru saturs plaucējumā ir 5,9–6,3 g 100 g<sup>-1</sup>. Vismazāk reducējošo cukuru – 5,9 g 100 g<sup>-1</sup> – veidojās plaucējumos no miltiem, kuru krišanas skaitlis ir 121 un 145 s, bet visvairāk – plaucējumā no miltiem ar krišanas skaitli 70 s. Tas parāda, ka, līdzko milti tiek aplieti ar karstu ūdeni, darboties sāk amilolītiskie fermenti un notiek strauja cietes klīsterizācija un hidrolīze. Visos plaucējumos, neatkarīgi no to pagatavošanai izmantoto miltu krišanas skaitļa, pirmo 20 min laikā reducējošo cukuru rašanās dinamika ir līdzīga. Visos plaucējumos vērojama tendence, ka pēdējo 20 minūšu laikā (no 100 līdz 120 minūtei) reducējošo cukuru saturs pieaug maz – par 2,1–2,3%.



### 11. att. Reducējošo cukuru veidošanās dinamika plaucējumā no 1370. tipa miltiem

**Fig.11. Dynamics of formation of reducing sugars in the scald from flour of the type 1370**

Plaucējuma gatavošanai izmantoto miltu krišanas skaitlis / *Flour Falling Number*: KS 154 – 154 s; KS 165 – 165 s; KS 176 – 176 s; KS 180 – 180 s; KS 250 – 250 s.

Plaucējumos no 1370. tipa miltiem ar zemu fermentu aktivitāti (krišanas skaitlis – 180 un 250 s) tūlīt pēc plaucējuma pagatavošanas reducējošo cukuru saturs ir 8,1±1,9 un 8,3±1,9 g 100 g<sup>-1</sup> – tas ir par 11% mazāk nekā plaucējumos, kuru gatavošanai izmantoto miltu krišanas skaitlis ir 154 un 165 s (11. attēls). Pirmajās 10 min reducējošie cukuri veidojas strauji, plaucējumos no 1370. tipa rudzu miltiem ar krišanas skaitli 250 s to saturs sasniedz 13,2±1,9 g 100 g<sup>-1</sup>,

savukārt plaucējumos no miltiem ar krišanas skaitli 165 s to saturs ir  $14,3 \pm 1,9$  g 100 g<sup>-1</sup>. Nākamajās 10 min reducējošo cukuru saturs pieaug tikai apmēram par 0,4 g 100 g<sup>-1</sup>, bet vēlāk vērojama straujāka reducējošo cukuru veidošanās – pēc 100 min to daudzums sasniedz 18,1–19,2 g 100 g<sup>-1</sup>.

Izvērtējot plaucējumam izmantoto miltu krišanas skaitļa ietekmi uz reducējošo cukuru saturu tūlīt pēc applaucēšanas un pēc 100 min, var secināt: jo mazāks miltu krišanas skaitlis, jo vairāk reducējošo cukuru būs plaucējumā gan pirmajās 10 min, gan arī pēc 100 min. Par to liecina korelācijas koeficienti  $r = 0,77$  plaucējumos no 1740. tipa miltiem un  $r = 0,93$  – no 1370. tipa miltiem.

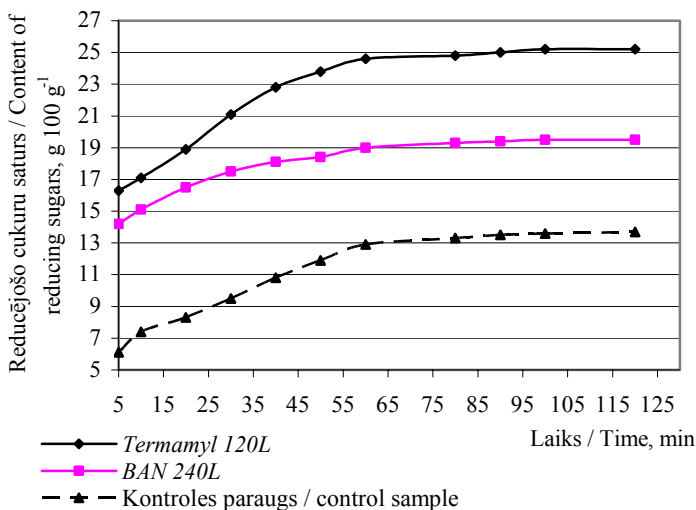
Salīdzinot reducējošo cukuru saturu 1740. un 1370. tipa rudzu miltu plaucējumos, var secināt, ka pēc 10 min 1370. tipa miltu plaucējumā ir vidēji 13,8 g 100 g<sup>-1</sup> reducējošo cukuru un tas ir par 86,5% vairāk nekā 1740. tipa miltu plaucējumā. Šāda tendence saglabājas arī pēc 100 min.

### **Reducējošo cukuru satura noteikšana ar fotometrisko metodi plaucējumos ar amilāžu preparātiem**

Plaucējuma gatavošana ir garš un darbietilpīgs process. Lai noskaidrotu, vai cietes hidrolīzi var paātrināt, veikti eksperimenti, plaucējumam pievienojot amilāzes saturošus fermentu preparātus. To daudzums ir 0,05, 0,1, 0,5 un 1% no miltu masas. Iegūtos plaucējumu paraugus novērtējot organoleptiski, par pievienojamo fermenta preparāta optimālo daudzumu atzīts 0,1%. Pēc preparāta pievienošanas 0,5 un 1% apmērā notiek pārāk strauja cietes hidrolīze un plaucējums iegūst rūgtu garšu. Tas liecina, ka preparāta piedeva ir pārāk liela. Savukārt 0,05% fermentu preparātu piedevas ietekme uz cietes sadalīšanās procesu nav novērota.

Reducējošo cukuru veidošanās dinamika plaucējumos, kas gatavoti no 1740. tipa miltiem un kam pievienoti fermentu preparāti *Termamyl 120L* un *BAN 240L*, kā arī kontroles paraugā (krišanas skaitlis 130 s), kuram amilāžu preparātus nepievieno, parādīti 12. attēlā.

Tūlīt pēc applaucēšanas reducējošo cukuru saturs paraugā ar *Termamyl 120L* ir 16,3 g 100 g<sup>-1</sup>, bet ar *BAN 240L* – 14,2 g 100 g<sup>-1</sup>, un tas ir attiecīgi par 7,9 un 10 g 100 g<sup>-1</sup> vairāk nekā kontroles paraugā, kuram fermentu preparāti netika pievienoti. Pēc divu stundu izturēšanas kontroles paraugā izveidojušies 13,7 g 100 g<sup>-1</sup> reducējošo cukuru – tas ir par 83,9% mazāk nekā plaucējumā ar fermentu preparāta *Termamyl 120L* piedevu un par 42,3% mazāk nekā paraugā, kam pievienots *BAN 240L*.



**12. att. Reducējošo cukuru veidošanās dinamika plaucējumā no 1740. tipa miltiem ar amilāžu preparātu piedevu**  
**Fig. 12. Dynamics of formation of reducing sugars in the scalding from flour of the type 1740, by adding amylase preparations**

Kontroles cepienā iegūtajai maizei ir tumši brūna, gandrīz melna garoza, ķepīgs maizes mīkstsūms ar tukšumu vidū. Varētu domāt, ka pievienotie fermenti plaucējumā pēc divām stundām beiguši darboties, taču cepšanas sākumā, kad mīklas sagatavē temperatūra palielinās, to aktivitāte atkal atjaunojas. Mīklai ar fermentu preparātu piedevu raudzēšanas laiks ir par desmit minūtēm īsāks nekā kontroles paraugam, kura raudzēšanas laiks ir 50 min. Pētījumi parāda, ka fermentu preparāti *Termamyl 120L* un *BAN 240L* paātrina cietes hidrolīzi līdz reducējošajiem cukuriem, taču netiek pilnībā inaktivēti un cepšanas laikā atsāk darboties, tādēļ tiek iegūta maize ar defektiem. Tas nozīmē, ka fermentu preparāti *Termamyl 120L* un *BAN 240L* nav piemēroti rudzu maizes plaucējuma gatavošanai.

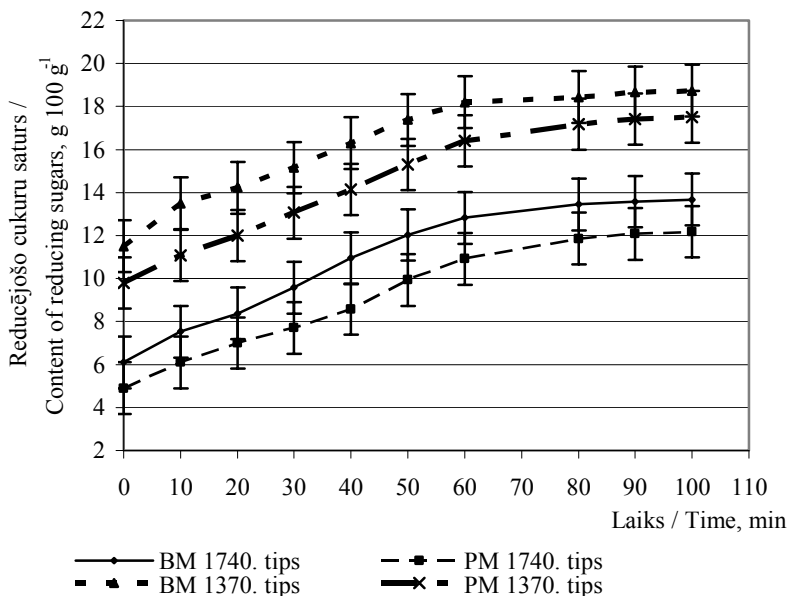
### **Reducējošo cukuru satura noteikšana plaucējumā, izmantojot pilnveidoto paraugu sagatavošanas metodi**

Reducējošo cukuru saturu plaucējumā nosakot ar fotometrisko metodi, tika atklāti daži trūkumi.

- Amilolītiskie fermenti tūlīt pēc parauga noņemšanas netiek pilnībā inaktivēti, tie saglabā aktivitāti, hidrolizējot cieti, arī pēc analizējamā parauga paņemšanas un tādējādi ietekmē rezultātu precizitāti.

• Nevar iegūt pietiekami dzidrus šķīdumus, tādēļ ievērojami palielinās filtrēšanas laiks. Lai noteiktu šķīduma gaismas absorbciju, analizēm izmantojamajiem paraugiem jābūt dzidriem.

Šo iemeslu dēļ radās nepieciešamība pilnveidot metodi reducējošo cukuru satura noteikšanai plaucējumā, izmainot parauga sagatavošanas veidu. Analizējot literatūras datus, redzams, ka šķīduma dzidrināšanai un olbaltumvielu izgulsnēšanai galvenokārt lieto svina sāļus – smagos metālus (Matiseks, 1998). Lai pilnveidotu fotometrisko metodi reducējošo cukuru satura noteikšanai, fermentu inaktivācijai un olbaltumvielu izgulsnēšanai var izmantot spirtu, jo tas ir nekaitīgāks, salīdzinot ar svina sāļiem vai trihloretiķskābi, kā arī draudzīgāks apkārtējai videi, jo paraugi pēc izlietošanas nonāk atkritumos. Lai paraugā inaktivētu amilolītiskos fermentus, iesvaru sajauc ar trīs reizes lielāku spirta daudzumu un karsē, līdz viss spirts iztvaikojis, un tālāk rīkojas, kā paredzēts standartmetodē (КоремаН, 1989).



**13. att. Reducējošo cukuru veidošanās dinamikas salīdzinājums rudzu miltu plaucējumos**

**Fig. 13. Comparison of the dynamics of formation of reducing sugars in the rye flour scalding**

BM – fotometriskā metode bez paraugu sagatavošanas / *photometric method without sample preparation*; PM – fotometriskā metode ar paraugu sagatavošanu / *photometric method with sample preparation*.



Reducējošo cukuru saturs, izmantojot fotometrisko metodi ar pilnveidoto paraugu sagatavošanu, noteikts plaucējumos, kas gatavoti no 1370. un 1740. tipa miltiem. Reducējošo cukuru veidošanās dinamikas rudzu miltu plaucējumos pētījumi ar metodi, kurā pilnveidota parauga sagatavošana, parādīja, ka tūlīt pēc pagatavošanas paraugos no 1370. un 1740. tipa miltiem reducējošo cukuru saturs ir mazāks par attiecīgi 7,8% un 10,6% (13. attēls). Tas liecina, ka pēc parauga paņemšanas fermentu darbība tiek bremsēta un tie neturpina cietes šķelšanu. Reducējošo cukuru veidošanās dinamika plaucējumā, ja to nosaka ar abām metodēm, ir līdzīga – līdz 60 min reducējošie cukuri veidojas ātrāk, bet turpmāk to apjoms pieaug minimāli un pēc 100 min sasniedz vidēji 16,8–17,8±2,7 g 100 g<sup>-1</sup> 1370. tipa miltu plaucējumā un vidēji 11,9–12,5±2,7 g 100 g<sup>-1</sup> 1740. tipa miltu plaucējumā.

Pēc 100 min no 1370. un 1740. tipa miltiem pagatavotos plaucējumos, ja reducējošo cukuru satura noteikšanai izmantota fotometriskā metode ar pilnveidoto paraugu sagatavošanu, reducējošo cukuru ir par 8,5 un 11,6% mazāk nekā tad, ja to saturs noteikts ar fotometrisko metodi bez paraugu sagatavošanas ar spirtu. Pētot reducējošo cukuru veidošanos 1370. tipa miltu plaucējumos, izmantojot metodi ar spirtu, nav vērojama tik liela fermentu aktivitātes ietekme, kā to nosakot ar fotometrisko metodi bez paraugu sagatavošanas. To varētu skaidrot tādejādi, ka miltos, kas satur maz graudu ārējo slāņu (1370. tips), fermenti ir mazāk aktīvi, tomēr, paraugu aplejot ar spirtu, tiek panākta pilnīgāka fermentu inaktivācija.

#### 4. Matemātiskā modeļa izveide

Izmantojot eksperimentālos datus par reducējošo cukuru veidošanās dinamiku plaucējumos no 1370. un 1740. tipa miltiem, izstrādāts empīrisks matemātiskais modelis. Tā izstrādei izmantots reducējošo cukuru veidošanās dinamikas apgabals plaucēšanas laika posmā no 5 līdz 100 minūtēm, kurā notiek reducējošo cukuru maksimālā veidošanās. Aprēķiniem izmantoti ar fotometrisko metodi bez paraugu sagatavošanas iegūtie dati, veidota līkne, kas parāda reducējošo cukuru satura (g 100 g<sup>-1</sup>) izmaiņas plaucēšanas laikā (min).

Svarīgākais process rudzu miltu plaucējuma gatavošanas laikā ir reducējošo cukuru veidošanās amilolītisko fermentu darbības rezultātā. Izveidojušos vienkāršos cukurus (maltozi un glikozi) plaucējuma ieraudzēšanas laikā pienskābes baktērijām ir vieglāk izmantot. Miltos, ko lieto plaucējuma gatavošanai, ir noteikts daudzums  $\alpha$ - un  $\beta$ -amilāžu, kas sāk darboties, ja plaucējumā tiek nodrošināta 65–70 °C temperatūra. Tie ir optimāli apstākļi cietes hidrolīzei līdz reducējošajiem cukuriem. To veidošanās ātrums ir atkarīgs no sākotnējā cietes satura un reducējošajiem cukuriem plaucējumā. To nosaka cietes saturs paraugos un amilolītisko fermentu aktivitāte. Šos lielumus pirmajā tuvinājumā uzskatīsim par neatkarīgiem no reducējošo cukuru satura. Tad reducējošo cukuru veidošanās ātrumu var apraksīt ar 1. vienādojumu.

$$\left(\frac{dc}{dt}\right)_1 = \frac{c_0 + \Delta c}{\tau}, \quad (1)$$

kur  $\frac{dc}{dt}$  – reducējošo cukuru veidošanās ātrums / *rate of reducing sugar forming*;

$c_0$  – reducējošo cukuru saturs plaucējumā tūlīt pēc pagatavošanas / *content of reducing sugars in the scald immediately after preparation*, g 100 g<sup>-1</sup>;

$\Delta c$  – reducējošo cukuru saturs atšķirība / *difference between reducing sugar content*;

$\tau$  – procesa laika konstante / *factor of process time*.

Reducējošo cukuru veidošanās ātrumu rudzu miltu plaucējumā nosaka arī cietes saturs miltos un plaucējumā. Cietes saturam, palēninās arī reducējošo cukuru veidošanās ātrums, ko var aprakstīt ar 2. vienādojumu.

$$\left(\frac{dc}{dt}\right)_2 = -\frac{c_i}{\tau}, \quad (2)$$

kur  $c_i$  – eksperimentos noteiktais reducējošo cukuru saturs plaucējumā / *experimentally determined reducing sugar content in the scald*, g 100 g<sup>-1</sup>.

Kopējo reducējošo cukuru veidošanās ātrumu plaucējumā nosaka vienādojumu 1. un 2. summa.

$$\frac{dc}{dt} = \left(\frac{dc}{dt}\right)_1 + \left(\frac{dc}{dt}\right)_2 = \frac{c_0}{\tau} + \frac{\Delta c}{\tau} - \frac{c_i}{\tau} \quad (3)$$

3. vienādojumam nepieciešams pieņemt sākuma nosacījumus:

$$c|_{t=0} = c_0 \quad (4)$$

Atrisinot 3. vienādojumu ar sākuma nosacījumu (4), iegūst atrisinājumu (5.), kas raksturo reducējošo cukuru veidošanās dinamiku rudzu miltu plaucējumā.

$$c = c_0 + \Delta c \cdot (1 - e^{-t/\tau}), \quad (5)$$

kur  $c$  – reducējošo cukuru saturs plaucējumā / *content of reducing sugars*, g 100 g<sup>-1</sup>;

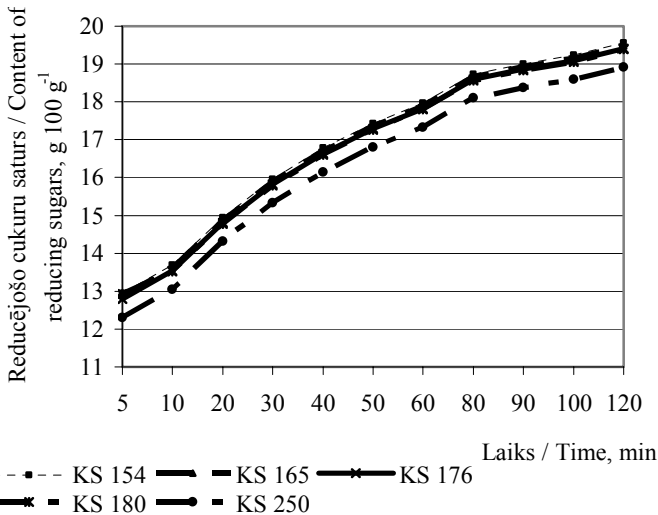
$t$  – laiks / *time*, min.

Tālāk formulu (5) izmanto, lai eksperimenta datus aproksimētu ar mazāko kvadrātu metodi.

$$S = \sum_i [c_0 + \Delta c \cdot (1 - e^{-t/\tau}) - c_i]^2, \quad (6)$$

kur  $S$  – noviržu kvadrātu summa / *sum of square deviations*.

6 formulas summu  $S$  var uzskatīt par trīs argumentu funkciju  $S = f(\tau; \Delta c; c_0)$ , kurai eksistē minimums. Problēmu var samazināt līdz minimumam, izmantojot *Microsoft Excel* rīku *SOLVER*. Izmantojot iegūtos koeficientus  $\tau = 11,99$ ,  $\Delta c = 8,01$  un  $c_0 = 6,76$ , var aprēķināt teorētiskās vērtības reducējošo cukuru veidošanās līknei 1370. tipa miltu plaucējumā.



14. att. Reducejošo cukuru teorētiskās veidošanās dinamika plaucējumos no 1370. tipa miltiem

Fig. 14. Theoretical dynamics of reducing sugar forming in the scald made of type 1370 flour

Zinot plaucējuma gatavošanai izmantoto miltu krišanas skaitli, pēc modeļa, izmantojot 7. formulu var izskaitļot reducējošo cukuru saturu plaucējumā jebkurā laika momentā (14. attēls).

$$c_t = -0,0066 \cdot KS + 13,135 + \Delta c \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}), \quad (7)$$

kur KS – krišanas skaitlis / *Falling Number, s*;

$c_0$  – reducējošo cukuru saturs plaucējumā tūlīt pēc pagatavošanas / *content of reducing sugars in the scald immediately after preparation, g 100 g<sup>-1</sup>*;

$\Delta c$  – reducējošo cukuru saturs atšķirība / *difference between reducing sugar content*;

$\tau$  – procesa laika konstante / *factor of process time*.

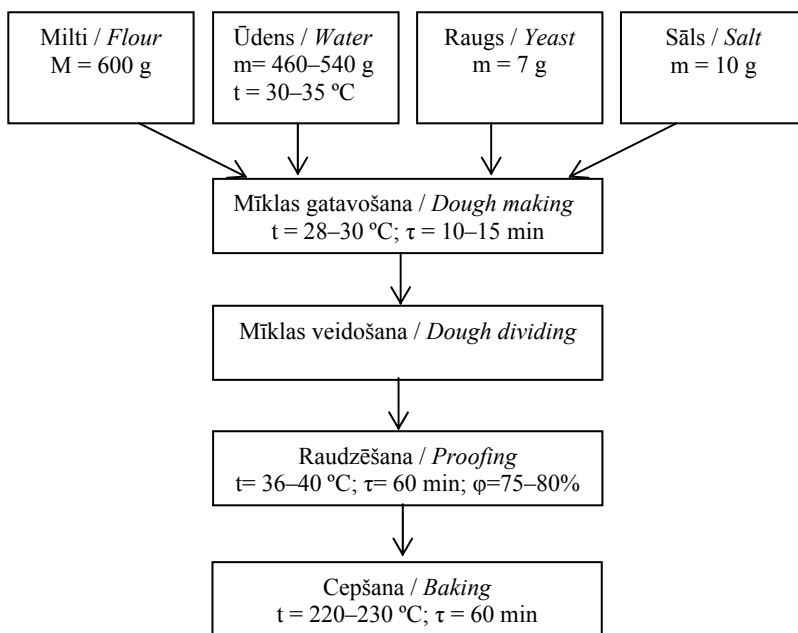
## 5. Rudzu miltu kontrolcepieni

Lai ieviestu un standartizētu kādu kontrolcepiena veidu, valstī nepieciešams veikt eksperimentus vienādi aprīkotā laboratorijā. Tā kā a/s „Jelgavas Dzirnavas” pieder vienas no Latvijā lielākajām dzirnavām rudzu miltu ražošanai, radās nepieciešamība izstrādāt kontrolcepienu metodi, kas raksturotu iegūto rudzu miltu cepamīpašības. Tādēļ tika veikti eksperimenti, lai noskaidrotu

- kontrolcepienam nepieciešamo rudzu miltu optimālo daudzumu;
- katram miltu tipam pievienojamā ūdens apjomu;

- iespējas kontrolcepienos ieraugu aizstāt ar šķidro skābuma regulētāju.

Pamatreceptūrā no 600 g rudzu miltu pagatavotai mīklai ar raugu un pienskābi (Spicher, 1993) pievienojamā ūdens optimālais daudzums ir 460 ml (mīklas iznākums – 180%). Eksperimenti parāda: ja kontrolcepienu gatavo no miltiem, kas iegūti no Latvijā audzētiem rudziem, nepieciešams pievienot vairāk ūdens. 600 g 700. un 1370. tipa rudzu miltu pievienojot 460 ml ūdens, iegūst mīklu, kas ir labi veidojama, nelīp pie rokām un katla, tādēļ var secināt, ka pievienotā ūdens daudzums ir optimāls. Savukārt 1740. tipa rudzu miltos ir vairāk graudu ārējo slāņu, un tie spēj piesaistīt lielāku ūdens daudzumu, tādēļ, lai iegūtu mīklu ar labām īpašībām, nepieciešams pievienot par 13–17% vairāk ūdens, nekā paredzēts rudzu miltu kontrolcepiena pamatreceptūrā. Tātad, kontrolcepienam gatavojot rudzu mīklu ar raugu un pienskābi no rupjākiem miltiem būs nepieciešams pievienot vairāk ūdens. Mīklas gatavošana un veidošana tiek veikta ar rokām pēc shēmas, kas parādīta 15.attēlā.



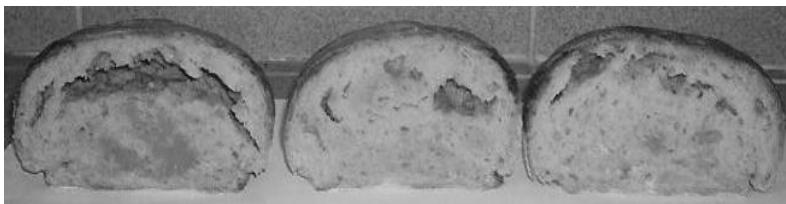
**15. att. Kontrolcepiena ar raugu gatavošanas tehnoloģija**  
**Fig. 15. Technological scheme of baking test with yeast**

Kontrolcepienu metodes pilnveides gaitā konstatēts: lai iegūtu maizi ar labām mīkstumā īpašībām un varētu novērtēt arī tās garšu un aromātu, mīklai no 600 g 1740. tipa rudzu miltu nepieciešams pievienot 48 ml šķidrā skābuma regulētāja, 1370. tipa miltiem – 40 ml, bet 700. tipa miltiem – 24 ml. Ņemot

vērā eksperimentos iegūtos rezultātus, izstrādāta kontrolcepiena metode rudzu miltu cepamīpašību novērtēšanai.

Kontrolcepieni ar šķidro skābuma regulētāju gatavoti no 700. tipa miltiem ar krišanas skaitli 152 un 182 s, kuros amilāzes ir aktīvas, un no miltiem ar krišanas skaitli 220 s, kuros fermentu aktivitāte ir mazāka.

Rezultāti kontrolcepienam no 700. tipa miltiem ar šķidro skābuma regulētāju redzami 16. attēlā.



**16. att. Kontrolcepiena ar šķidro skābuma regulētāju no 700. tipa miltiem rezultāti**

**Fig. 16. The results of baking tests with the liquid acidity regulator from flour of the type 700**

Krišanas skaitlis/ *Falling Number*: A – 152 s; B – 182 s; C – 220 s.

Paraugiem, kas cepti no miltiem, kuros fermentu aktivitāte nav liela (152–182 s), parādīja vislabākās mīkstuma īpašības. Kontrolcepienos ar šķidro skābuma regulētāju no 1370. tipa rudzu miltiem ar krišanas skaitli no 140–160 s iegūti maizes paraugi ar plaisu starp garozu un mīkstumu, kas ir mazliet ķepīgs, un tas liecina par rudzu miltu labām cepamīpašībām. Ja 1370. tipa rudzu miltu krišanas skaitlis ir mazāks par 130 s, kontrolcepienā ar šķidro skābuma regulētāju iegūst maizi ar blīvu, ķepīgu mīkstumu, starp to un garozu ir tukšums, un tas liecina par miltu sliktām cepamīpašībām. Vislabākās cepamīpašības 1740. tipa miltiem piemīt ar viszemāko krišanas skaitli, savukārt miltos ar krišanas skaitli 173 s fermenti ir mazāk aktīvi, un miltu cepamīpašības ir tikai apmierinošas.

Izstrādātais *Kontrolcepiena novērtējuma protokols*, kurā redzamas tehnoloģisko parametru optimālās robežas, miltu kvalitātes rādītāji un maizes novērtēšanas kritēriji, palīdz kontrolēt un salīdzināt rezultātus. Protokols atvieglo cepiena parametru ievērošanu, faktisko rādītāju fiksēšanu un maizes kvalitātes vērtēšanu.

## SECINĀJUMI

1. Pēc rudzu miltu cepamīpašības raksturojošo rādītāju – krišanas skaitļa, cietes klīsterizācijas maksimuma un cietes klīsterizācijas maksimālās temperatūras – analīzes konstatēts, ka no Latvijā visvairāk audzētajām rudzu šķirnēm maizes cepšanai piemērotākās ir ‘Amilo’ un ‘Kaupo’.

2. Neaizvietojamo aminoskābju saturs visu rudzu šķirņu graudu olbaltumvielās ir līdzīgs, savukārt visvairāk deficīto neaizvietojamo aminoskābju metionīna un lizīna satur ‘Voshod’, tādēļ tā ir bioloģiski visvērtīgākā.

3. Četros gados Latvijā iegūto rudzu miltu īpašību analīze parāda, ka pastāv vidēji cieša korelācija starp cietes klīsterizācijas maksimumu un miltu krišanas skaitli, un pastāv tendence – jo mazāks krišanas skaitlis, jo zemāks cietes klīsterizācijas maksimums.

4. Eksperimentāli pierādīts, ka pēc 90–100 minūtēm reducējošo cukuru saturs plaucējumā gandrīz sasniedz maksimumu un dažādu rudzu šķirņu plaucējumos izveidojas 19,8–20,9 g 100 g<sup>-1</sup> reducējošo cukuru.

5. Pētījumos izmantotie fermentu preparāti *Termamyl 120L* un *BAN 240L* ievērojami paātrina cietes hidrolīzi un palielina reducējošo cukuru saturu plaucējumā. Tādu plaucējumu izmantošana rudzu maizes cepšanā pagaidām nav perspektīva, jo iegūtā produkta kvalitāte ir neapmierinoša.

6. Izstrādāta uzlabota paraugu sagatavošanas metode reducējošo cukuru noteikšanai plaucējumā, pēc analizējamā parauga paņemšanas paredzot amilāžu inaktivāciju ar spirtu. Pēc metodes ar papildināto paraugu sagatavošanu iegūst par 6–10% mazāku reducējošo cukuru saturu plaucējumā, kas pierāda hipotēzi, ka analizējamajos paraugos nepieciešams inaktivēt amilāzes.

7. Izveidotais matemātiskais modelis dod iespēju prognozēt reducējošo cukuru daudzumu plaucējumā, ņemot vērā izmantoto rudzu miltu krišanas skaitļa vērtību un plaucējuma gatavošanas laiku.

8. Pilnveidotā metode rudzu miltu kontrolcepienam ar šķidro skābuma regulētāju nodrošina rudzu miltu cepamīpašību objektīvu vērtējumu un ir praktiski izmantojama gan dzirnavās, gan ceptuvēs Latvijā.

## ACTUALITY AND NOVELTY OF THE RESEARCH

Bread is still one of the main daily consumed food products; however, it has a long history. In Latvia, there are ancient traditions for rye bread baking. Rye bread baked in Latvia obtains its peculiar and various flavour characteristics, thanks to special dough making methods by scalding and leavening.

Rye flour has specific baking properties, acid level must be sufficient in dough made from it, and the dough preparation time is considerably longer than that of the wheat. In order to obtain rye bread of good quality, the quality of grains and flour is very important. Formation of rye flour baking properties takes place under influence of different factors, which determine the quality of bread to a great extent. In order to obtain a quality scald, leaven and bread, choice of the rye variety, weather during the crop ripening and yielding, grinding technology and flour storage conditions are important.

For characterization and evaluation of rye flour baking properties, the falling number and amylogram have been approved to be the most appropriate indices showing starch properties and activity of amylolytic starch hydrolysing ferments in grains and flour (Drews, 1975; Dörfer, 1990, 2001; Spicher *et al.*, 1993; Hansensen *et al.*, 2001). Data on baking properties evaluated by starch condition and amylases activity, relating to different rye flour produced in Latvia, are not available in literature. Baking test samples provide the most accurate view on the rye flour baking properties. It is a considerably more time-consuming method than determination of falling number and amylogram, yet it provides relatively precise results (Brümmer, 1998).

In Latvia, research has been performed on the influence of water temperature used for scald making on the quality of it, as well as relating the amount and conditions of malt adding. After that the quality of scald was evaluated organoleptically (Kunkulberga, 1997, 1998, 2001). This is the way the quality of scald is evaluated also in bakeries. Taking into consideration that the evaluation is affected by the length of service, health, mood of the worker and other factors, connected with a person as individuality, objective criteria for scalding quality evaluation are necessary.

However, the rye bread baking process and the most appropriate baking regimes have been investigated (Žīgurs, 1971; Āboliņš, 1985, 1971), there are still many undisclosed issues relating rye bread quality.

**The aim of the work:** to determine and evaluate quality indices of rye flour produced in Latvia as well as its suitability for baking of quality rye bread.

In order to achieve the aim of work, the **tasks** were set up as follows:

- 1) to analyze and compare the chemical composition of the most demanded rye varieties and baking properties of rye flour obtained from it;
- 2) to study quality indices of rye flour offered to the bakeries of Latvia, as well as their interrelation;
- 3) to study dynamics of formation of reducing sugars in the rye flour scalds;
- 4) to evaluate possibilities of use of amylase preparations in the course of rye flour scald making and their influence on bread quality;
- 5) to create a mathematical model that characterizes the dynamics of formation of reducing sugars in the rye flour scald;
- 6) to improve the rye flour baking test method and to adapt it to Latvia's conditions.

### **Novelties of the research and the scientific importance**

1. A method of determination of reducing sugars in a rye flour scald has been worked out.
2. Dynamics of formation of reducing sugars in the rye flour scalds have been investigated for the first time.
3. A method of rye flour baking test, which could be used for the rye flour baking quality determination in Latvia, has been improved.
4. Rye flour baking properties have been evaluated from 2000 until 2004, using the physiochemical methods and baking test.
5. An empiric mathematical model has been worked out, by means of which the dynamics of formation of reducing sugars in a scald can be calculated.

### **The economic significance of the work**

1. Quality indices and baking properties of the rye varieties 'Puhovcanka', 'Vambo', 'Amilo', 'Hacada', 'Kaupo', 'Duonia' and 'Voshod' have been investigated.
2. The improved rye flour baking test method is used now in the laboratory of *Jelgavas Dzirnavas* (JSC) and in several bakeries in Latvia, in order to evaluate rye flour baking properties.

## **THE SCIENTIFIC WORK APPROBATION**

The results have been reported in scientific and research conferences of LLU (Latvia University of Agriculture), in international conferences in Lithuania, the Czech Republic, Germany and Spain, as well as in seminars, organized by the grain processing enterprises of Latvia.

The work results have been reflected in 11 scientific publications in Latvian, English and German, and 7 of them - in issues approved by the Latvian Scientific Council (the list of publications and attended conferences see on pages 5-7).



In relation with the problem under research, several students' research works for acquiring a bachelor's degree have been worked out under the guidance of the author.

## MATERIALS AND METHODS

**The research** has been performed from 1999 until 2005 in the places as follows:

- Agronomic analysis scientific laboratory of Latvia University of Agriculture (determination of the content of starch and protein);
- Laboratories of the Faculty of Food Technology, Latvia University of Agriculture (determination of reducing sugars, baking of bread with scald, determination of the form of rye flour starch grain by use of microscope);
- Laboratories of *Jelgavas Dzirnavas* (JSC) and *Rīgas Dzirnavnieks* (JSC) (flour humidity, falling number, starch gelatinization maximum in amylograph units);
- Laboratory of *Jelgavas Dzirnavas* (JSC) (rye flour baking tests);
- Laboratories of Biology Institute of the University of Latvia (determination of the composition and contents of amino acids).

**Flour humidity** was determined by the LV ST ZM 71-96 standard method in the drying chamber *CEIII-1*.

**Falling number** was determined by the LV ST ZM 77 – 96 and ISO 3093 - 1982 (E) standard method by means of equipment *Falling Number 1500*.

**Starch gelatinization maximum and starch gelatinization maximum temperature** were determined by the ISO 7973:1993 standard method by means of equipment *Amylograph E*.

**Content of proteins** was determined by using Kjeldal method (method AACC 46-20), which is based on determination of the content of nitrogen in food products.

**Content of amino acids** was determined by the ISO 5508: 1990 standard method by means of the gas chromatograph *Mikrotechna AAA 339*.

**Starch content** was determined by the ISO 6493 standard method, it is based on starch hydrolysis that facilitates starch decomposition.

**The form of the starch grain** was viewed by the binocular microscope *MOTIC BI – 223A* (magnification 1500 times).

The rye flour **scald** was made from flour of the types 1370 and 1740, by adding water according to the traditional rye bread making technology as shown in figure 1.

300 g rye flour of the types 1740 and 1370 were poured with water of 800–900 ml and 90–96 °C. Such a flour and water proportion was used also in the scalds from flour of rye varieties 'Puhovcanka', 'Amilo', 'Hacada', 'Kaupo' and 'Voshod'. In order to determine amount of reducing sugars in the

scald within 100–120 minutes after the preparation of it, samples for analyses were taken with intervals of 5–10 minutes.

**Content of reducing sugars** in the scalds was determined by the photometric-colorimetric method, by using equipment *KФK-2-VXJI 4.2*. The method is based on the fact that reducing sugars react with potassium ferrocyanide ( $K_3[Fe(CN)_6]$ ) in alkaline environment. The more reducing sugars in the product under analysis, the lesser is light absorption of the fluid under research. Light absorption for a fluid of yellow colour is measured at the wave length 440 nm, using distilled water as a control sample. The glucose standard curve is made with coordinates - the glucose content ( $mg\ 100\ g^{-1}$ ) and the light absorption (Корема, 1989). According to glucose standard curve, the content of reducing sugars in the sample under analysis is found and, using the formula no 1, the amount of glucose in the content of reducing sugars is calculated in  $mg\ 100\ ml^{-1}$ .

**The basic recipe of rye flour baking tests** prescribes to use 1000 g rye flour, 600 g water, 17 g yeast and 10 g salt. The prepared dough is raised for 60 minutes at temperature 36–38 °C. Then it is baked for 60 minutes at temperature 220–230 °C. The baked bread is evaluated after 24 hours. For experiments, the oven *P3-X/III* of the laboratory *Jelgavas Dzirnavas* (JSC) was used, which is intended for experimental bread baking from wheat and rye flour.

Data processing was performed by using mathematical statistics standard methods, and the mean values, the standard deviation, the one-factor and two-factor dispersion analysis were calculated for the obtained data, as well as the regression analysis, applying the Microsoft *Excel for Windows 7.0* and *SPSS* software package, was used.

## RESEARCH RESULTS AND DISCUSSION

### 1. Grain quality of rye varieties of Latvia

The research has been performed from 2001 until 2004 on grain quality indices of rye varieties ‘Puhovcanka’, ‘Vambo’, ‘Amilo’, ‘Hacada’, ‘Kaupo’, ‘Duonia’ un ‘Voshod’: humidity, falling number, starch gelatinization maximum, starch gelatinization maximum temperature and suitability for processing into flour. Research on quality indices of rye varieties ‘Hacada’, ‘Kaupo’, ‘Duonia’ and ‘Voshod’ were performed in 2003 and 2004, because grains of these rye varieties were not popular in Latvia in the previous years, and no flour was made from them.

Humidity of the grain samples under research was from 12.6 up to 13.5 % - it is optimal for grain storage and for processing them into flour. The average quality indices of rye varieties used in research – the falling number and starch gelatinization maximum are shown in figures 2 and 3.

Falling number of grains of the rye variety 'Amilo', taken from four year yields, is above 300 s, but of grains of the variety 'Vambo' – 190–205 s, which is an evidence that the starch hydrolysing enzymes in the grains of this flour are inactive (Figure 2.). Falling number of grains of the rye variety 'Puhovcanka' is different for yields of different years. The falling number of grains from the yield of 2004 is 151 s, thus the enzyme activity is sufficient in order to obtain good quality flour and rye bread. But the falling number of grain from the yields of 2002 and 2003 is high (236 and 238 s). Also the falling number of grains of the rye variety 'Hacada' is high for several years. Falling number of grains obtained from the rye variety 'Duonia' was near to 100 seconds both in 2003 and in 2004: 86 s and 105 s accordingly, and it indicates satisfactory flour baking properties. Falling number of grains of the rye varieties 'Kaupo' and 'Voshod' range from 170 up to 190 s, this is optimal in order to obtain flour with good baking properties.

When analysing data on characteristics of flour, obtained from grain of different rye varieties in different years (Figure 3), it is found that the starch gelatinization maximum in grains obtained from the variety 'Puhovcanka' in 2001 and 2004, is 220 AU, which is an evidence of bad flour baking properties. Rye bread made from such flour will have an adhesive and moist soft part, because the most of starch is hydrolysed under the influence of enzymes. But the starch gelatinization maximum in grains of 'Puhovcanka', yielded in 2002 and 2003, on the contrary – were 300 and 340 AU accordingly, thus characterizing the rye flour baking properties as satisfactory. Also the starch gelatinization maximum of all samples of 'Duonia' and 'Vambo', except of one, was less than 250 AU, which means bad baking properties of this rye flour. Good baking properties with starch gelatinization maximum of 350–650 AU have the grains 'Hacada' and 'Amilo'. Starch gelatinization maximum of other rye varieties under research hesitates from 260 up to 340 AU, which characterizes satisfactory flour baking properties. Such flour is advisable to use for leaven of rye bread.

Investigating connectedness between falling number and starch gelatinization maximum of different rye varieties, it follows out that there exists a close correlation between these quality indices (Figure 4). The close link is confirmed by the correlation coefficient  $r$ , which is 0.91. It means – the less falling number of rye grains, the lower starch gelatinization maximum.

The starch gelatinization maximum temperature for the flour samples of all rye varieties ranges from 65.3 up to 69.2 °C, which corresponds to the optimal temperature – 63–68 °C, indicated in literature (Weipert, 1998). Therefore, flour from grains of these rye varieties could be used for making of both the scald and rye dough.

The main components of rye flour are carbohydrates and proteins, so the following items were determined in rye varieties used in experiments:

- content of proteins, also the qualitative composition and the quantitative content of amino acids;
- starch content;
- the form and diameter of starch grains.

Evaluating content of proteins in grains of different rye varieties it follows out that the grains 'Amilo' ( $9.37\pm 0.09\%$ ) and 'Kaupo' ( $9.38\pm 0.08\%$ ) are the richest in proteins, but the grains 'Hacada' contain the least amount of proteins ( $7.94\pm 0.05\%$ ). The grains of varieties 'Puhovcanka' and 'Voshod' contain proteins  $8.82\pm 0.01$  and  $8.92\pm 0.02\%$  accordingly. So, if judge by the total amount of proteins, the rye varieties 'Amilo' and 'Kaupo' could be considered the most valuable.

The results of analysis of content of essential amino acids in rye grains show that the amount of lysine is similar in the samples of all varieties, and this amount ranges from  $0.20 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  in the grains 'Amilo' up to  $0.22 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  in the grains 'Kaupo' and 'Voshod' (Figure 5). Another most important essential amino acid – methionine is in the grains 'Voshod' most of all. The rye variety 'Voshod' could be regarded as the most valuable in relation with amount of essential amino acids, because these grains contain a little more phenylalanine and threonine as other samples. The grains 'Kaupo' contain more leucine than other samples, but little valine. In the work, no content of the essential amino acid tryptophan has been determined, since it is impossible by using the gas chromatography method.

Comparing the qualitative composition and the quantitative content of amino acids in the grains of rye varieties, the conclusion is that the varieties 'Voshod', 'Puhovcanka' and 'Kaupo' are more valuable, they contain for 4.9–16.8% more nonessential amino acids and for 1.2–7.7% more essential amino acids than the grains of varieties 'Hacada' and 'Amilo' (Figure 6). The nutritive value of bread can be indirectly increased by using these varieties in baking of rye bread.

Starch content in the grains of rye varieties under research is from 55.04 up to 59.91%. The richest in starch are the grains of 'Kaupo' – 59.91%, but the least amount of starch is in the grains of 'Amilo' – 55.04%.

When viewing in microscope starch grains of the five rye varieties under research, the conclusion could be that the size of starch grains of rye varieties grown in Latvia corresponds to the average indices mentioned in literature – 12–40  $\mu\text{m}$  (Belitz 1989). The average diameter of starch grains in flour of the varieties 'Voshod', 'Amilo' and 'Hacada' is 34–35  $\mu\text{m}$ , and numerically their amount is little. The average diameter of the starch grains of 'Kaupo' is 18.25  $\mu\text{m}$ , and numerically they are more in comparison to amount of starch grains in other varieties. The average diameter of starch grains in flour of the variety 'Puhovcanka' is 25.23  $\mu\text{m}$ , and they are much in the sample, however a part of the starch grains are already hydrolysed, which means that the

amylolytic enzymes are active and the starch grains are under their impact. Also the low falling number of this rye variety is an evidence of a high enzyme activity.

For the rye flour scalding, it is advisable to use such varieties, which diameter of the starch grains is greater and in which no amylase activity has started. The greater the starch grain, the quicker it can absorb water, so easier available for enzymes. It is a significant factor in the preparation process of a rye flour scald.

## **2. Evaluation of rye quality indices**

As no research has been performed on changes of the rye flour quality indices used in bakeries in different years of growing, the flour used in research has been taken from the mill. In flour, the following quality indices have been determined - falling number, starch gelatinization maximum, starch gelatinization maximum temperature, which characterize the activity of amylolytic enzymes and the quality of starch grains. During the period from 2000 until 2004, 393 rye flour samples of the types 1740, 1370 and 700 all in all have been analysed.

In order to obtain a good quality rye bread, the flour and bread producers consider the following falling number values as optimal:

- from 130 up to 145 s – in rye flour of the type 1740;
- from 145 up to 165 s - in rye flour of the type 1370;
- from 165 up to 185 s - in rye flour of the type 700.

Allocation of the number of samples under research with equal falling numbers, starch gelatinization maximum and their mutual correlation for different types of flour is shown in figures 7, 8 and 9.

It has been established by research that falling number is less than 120 s in 4.8 % of flour samples. Enzymes are active in such flour, and they could be used mainly for preparation of a scald, for formation of sufficient amount of sugars, necessary in fermentation process. When preparing dough, it is advisable to increase the amount of sour leaven to be added, because it will impede enzyme activity during fermentation and baking. An increased enzyme activity in flour, the falling number of which is up to 120 s, has been observed mainly in flour of the type 1740.

In 8.2% of rye flour samples of the type 700, a high falling number (above 190 s) was stated, which could be explained by the fact that flour has been obtained from grain endosperm that contains more starch and proteins but less enzymes. The biggest amplitude of the falling number values has been stated for flour of the type 1370, which could be explained by the fact that flour contains both the grain endosperm and the outer layers with more enzymes.

In order to obtain a quality rye bread, starch gelatinization maximum should be from 350 up to 650 AU, and starch gelatinization maximum temperature - from 63 up to 68 °C (Seibel, 1988).

Evaluating the results shown in Figure 8, the conclusion is that in 17.7% of flour of the type 1740, 13.3% of the type 700 and 19.5% of the type 1370, starch gelatinization maximum is less than 250 AU. It is an evidence of bad flour baking properties. In order to improve flour baking properties, it is necessary to mix them with good quality flour and to add more leaven during bread preparation. It would reduce enzyme activity and improve dough properties. Starch gelatinization maximum is low mainly in those flour samples, the falling number of which is low.

But in 40% of flour of the type 1740 and 44.6% of the type 700, starch gelatinization maximum (AU) is 350–650, and it is an evidence of good flour baking properties. Using such flour in production, rye bread without defects is obtained. Research shows that quality differences exist among different types of flour as well as within the boundaries of flour of one type.

As observed in experiments, rye flour starch gelatinization maximum temperature hesitates from 65.2 up to 68.5 °C. It is stated in literature that the rye flour starch gelatinization maximum temperature should be from 63 up to 68 °C (Seibel, 1989). The conclusion is that starch gelatinization maximum temperature is optimal in rye flour samples used in research, in order to bake quality bread. Irrespectively of the year of flour production, the highest starch gelatinization maximum is in flour of the type 1740, because it contains more outer parts of grains, which impedes starch proofing.

Research in Russia and Germany show that there is a correlation between the main quality indices of flour: the falling number and the starch gelatinization maximum. The German scientist Brümmer (*Brümmer*) has established that there is a correlation between the maximum viscosity and the falling number, for example, the correlation coefficient  $r$  is:  $r = 0.78$  for rye flour of the types 997 and 1150 (Brümmer, 2002). However, research on rye flour of Latvia production performed from 2000 until 2004 show that there exists a medium close correlation between the starch gelatinization maximum and the flour falling number (Figure 9), and the correlation coefficient is:  $0,5 < |r| < 0,8$  (Arhipova *etc.*, 2000), and it varies in flour of different types:

- flour of the type 1740:  $r = 0.57$ ;
- flour of the type 1370:  $r = 0.74$ ;
- flour of the type 700:  $r = 0.66$ .

Correlation shows a tendency – the less falling number, the lower starch gelatinization maximum. Wholemeal contains all parts of grains; it is directly connected with grain quality that can be influenced by weather. It is why the interrelation of the quality indices is not pronounced. Flour of the type 700 contains more inner layers of grains, and this could make a closer relation

between the falling number and the starch gelatinization maximum. Differences in research results performed by scientists of other countries could be explained by the fact that there is a different amount of ash matters in crop grown in Latvia, as well as that the flour obtained from other rye varieties has been researched.

Analysis of literature shows that no physiochemical methods have been worked out for evaluation of the scald quality. Neither chromatographic nor the sugar-summary determination methods are not possible to use for this purpose, because the amount of monosaccharides – maltose and glucose – is comparatively little in rye flour (1.5–2.1%). The scald is a thick, viscous fluid of a dark colour, so the polarimetric methods for determination of sugars are impossible to use. The most significant processes in the scald are connected with starch hydrolysis under the influence of activity of amylolytic enzymes and with starch gelatinization. Under the influence of starch hydrolysis, the formation of low-molecular dextrans and reducing sugars: maltose and glucose, takes place. After evaluation of all conditions, the conclusion was made to use the photometric method for determination of reducing sugars in the scald.

### **3. Determination of reducing sugars by the photometric method**

Content of reducing sugars in the scalds, prepared from rye flour with five different falling number values, was determined by the photometric method. Research on dynamics of formation of reducing sugars has been performed for rye flour of the types 1740 and 1370, the falling number values of which are respectively 70–145 s and 154–250 s.

Dynamics of formation of reducing sugars in the scald prepared from flour of the type 1740 with different falling number values is shown in figure 10. Just after the scalding of samples, the content of reducing sugars in the scald is 5.9–6.3 g 100 g<sup>-1</sup>. The least amount of reducing sugars – 5.9 g 100 g<sup>-1</sup> – is forming in scalds made from flour with the falling number 121 and 145 s, but the greatest amount – in the scald made from flour with the falling number 70 s. It means, the amylolytic enzymes become active as soon as flour is scalded by hot water, and a quick starch gelatinization and hydrolysis takes place. In all scalds, irrespectively of the falling number of flour, used in scald preparation, the dynamics of formation of reducing sugars is similar within first 20 min. A tendency observed in all scalds is that the increase of amount of reducing sugars is low – 2.1–2.3% within the last 20 minutes (from the 100<sup>th</sup> until the 120<sup>th</sup> minute).

In the scalds made from flour of the type 1370 with a low enzyme activity (falling number values – 180 and 250 s), the content of reducing sugars is 8.1±1.9 and 8.3±1.9 g 100 g<sup>-1</sup> just after the scald preparing, it is for 11% less than in scalds, for preparation of which flour with falling number values 154

and 165 s (Figure 11) is used. The formation of reducing sugars is fast within the first 10 minutes, in scalds made from rye flour of the type 1370 with falling number 250 s, the content of it reaches up to  $13.2 \pm 1.9 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ , but in scalds made from flour with falling number 165, the content is  $14.3 \pm 1.9 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ . Within the next 10 min, the amount of reducing sugars increases only for approximately  $0.4 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ , but a quicker formation of reducing sugars takes place later – their amount reaches up to  $18.1\text{--}19.2 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  after 100 min.

Evaluating influence of the falling number value of flour used in scald preparation on amount of reducing sugars just after scalding and after 100 min, the conclusion could be as follows: the less falling number of flour, the more reducing sugars will be in the scald both in the first 10 min and after 100 min. It is testified by the correlation coefficients:  $r = 0.77$  in the scalds made from flour of the type 1740 and  $r = 0.93$  of the type 1370.

Comparing the content of reducing sugars in scalds made from rye flour of the types 1740 and 1370, the conclusion is that the amount of reducing sugars in scalds from flour of the type 1370 in average is  $13.8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  after 10 min, and it is for 86.5% more than in the scald made from flour of the type 1740. This tendency maintains also after 100 min.

### **Determination of reducing sugars by the photometric method in scalds with preparations of amylases**

Preparation of a scald is a long and labour-consuming process. In order to find out whether it is possible to accelerate starch hydrolysis, experiments were made, adding to the scald enzyme preparations containing amylases. Amount of preparations of amylases added to the scald is 0.05, 0.1, 0.5 and 1% from the flour mass. The obtained scald samples were evaluated organoleptically, and the optimal amount of the enzyme preparation to be added was considered 0.1%. After adding the preparation in the amounts of 0.5 and 1%, a too quick starch hydrolysis took place, and the scald obtained a bitter taste. It means, the preparation was added too much. When adding preparation in the amount of 0.05%, in its turn, no influence was observed on starch decomposition process.

Dynamics of formation of reducing sugars in the scalds, made from flour of the type 1740, to which enzyme preparations *Termamyl 120L* and *BAN 240L* were added, as well as the control sample (falling number 130 s), to which preparations of amylases was not added, are shown in figure 12.

The amount of reducing sugars in the sample with *Termamyl 120L* is  $16.3 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  just after the scalding, but with *BAN 240L* this amount is  $14.2 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ , and it is respectively for 7.9 and  $10 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  more than in the control sample, to which the enzyme preparations were not added. After two hours, the reducing sugars had reached the amount of  $13.7 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  in the control sample – it is for 83.9% more than in the scald with enzyme preparation *Termamyl 120L* and for 42.3% less than in the sample with added *BAN 240L*.



Bread baked from the control sample had a dark brown, almost black crust, the soft part of bread was sticky, with empty space in the middle. Probably, the added enzymes became inactive in the scald after two hours, and started again their activity in the beginning of the baking process, when temperature rose in dough. Fermentation time for samples with added enzyme preparations is lesser for ten minutes than for the control sample, for which it is 50 min. Research show, that enzyme preparations *Termamyl 120L* and *BAN 240L* accelerate starch hydrolysis up to reducing sugars, but they are not inactivated completely, and restart their activity during baking process, and as a result, bread with defects is baked. It means, the enzyme preparations *Termamyl 120L* and *BAN 240L* are not suitable for making of the rye bread scald.

### **Determination of contents of reducing sugars in the scald by using method of the improved samples preparation**

Several shortcomings were detected when determining the content of reducing sugars in the scald by the photometric method.

- Amylolytic enzymes are not inactivated completely just after the sample taking, they remain active hydrolysing starch also after the taking of the sample to be analysed, thus influencing precision of results.

- It is not possible to obtain fluids clear enough, so the filtration time considerably prolongs. In order to determine the fluid light absorption, the samples used for analyses must be clear.

Due to these reasons, a necessity occurred to improve the method of determination of contents of reducing sugars in the scald, changing the way of sample preparation. When analysing data in literature, it was found that mainly plumbum salts – heavy metals – are used for clarification and protein precipitation in a solution (Matiseks, 1998). In order to improve the photometric method for determination of content of reducing sugars, spirit can be used for enzyme inactivation and protein precipitation, because it is less harmful in comparison to plumbum salts and trichloroacetic acid, as well as friendlier to environment, because the samples are discarded after the use. In order to inactivate amylolytic enzymes in the sample, one portion of weight components are mixed with a three portions of spirit and heated until evaporation of all spirit, then followed the standard method (Кореман, 1989).

The amount of reducing sugars was determined by photometric method with the improved samples preparation, in the scalds made from flour of the types 1370 and 1740. Research on dynamics of reducing sugars in the rye flour scalds by use of the method where sample preparation has been improved, showed that the amount of reducing sugars in the samples made from flour of the types 1370 and 1740 was less for 7.8% and 10.6% accordingly just after the preparation (Figure 13). It testifies that enzyme activity is impeded after taking

of the sample, and starch gelatinization does not proceed. Dynamics of formation of reducing sugars in the scald, when determined by both methods, is similar – formation of reducing sugars is quicker up to the 60th min, with a minimal increase later, and it reaches approximately  $16.8\text{--}17.8 \pm 2.7 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  after 100 min in the scald made from flour of the type 1370 and approximately  $11.9\text{--}12.5 \pm 2.7 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  in the scald from flour of the type 1740.

After 100 min in the scalds, in which the amount of reducing sugars is determined by use of photometric method with the improved samples preparation, the amount of reducing sugars is for 8.5% and for 11.6% less in the scalds made from flour of the type 1370 and 1740 than in the scalds, where it was determined by use of photometric method without preparation of the samples by means of ethanol. When investigating formation of reducing sugars in the scalds made from flour of the type 1370 and using method with ethanol, not so great influence of enzyme activity is observed as in the case, using the photometric method without sample preparation. It could be explained by the fact that enzymes are less active in flour containing a little amount of outer layers of grains (type 1370), however, a more complete enzyme inactivation is achieved, pouring the sample with ethanol.

#### 4. Development of the mathematical model

An empiric mathematical model has been worked out, using data of experiments on dynamics of formation of reducing sugars in the scalds from flour of the types 1370 and 1740. For elaboration of it, the area of dynamics of formation of reducing sugars from the 5<sup>th</sup> until the 100<sup>th</sup> minute, when is the peak of formation of reducing sugars, was used. A curve showing changes in content ( $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) of reducing sugars during scalding (min) was made, taking as a basis the data obtained in use of photometric method without sample preparations.

The most important process during the rye flour scald preparation is formation of reducing sugars under the influence of activity of amylolytic enzymes. The formed simple sugars (maltose and glucose) are easier to use by lactic bacteria during the scald fermentation. In flour, used for scald preparation, there is a definite amount of  $\alpha$ - and  $\beta$ -amylases, which start their activity when the scald temperature reaches  $65\text{--}70 \text{ }^\circ\text{C}$ . These are optimal conditions for starch hydrolysis up to reducing sugars. The rate of their formation depends on the initial starch content and reducing sugars in the scald. It is determined also by starch content in the samples and activity of amylolytic enzymes. In the first approximation, these values have been regarded as not dependent on the content of reducing sugars. Then the rate of formation of reducing sugars can be reflected by the equation 1.

Rate of formation of reducing sugars in a rye flour scald is determined also by the content of starch in flour and in scald. The total rate of formation of

reducing sugars decelerates when the starch content decreases, which can be reflected by the equation 2.

The total rate of formation of reducing sugars in the scald is determined by the sum of equations 1 and 2.

For the equation 3, it is necessary to assume the starting conditions:

By solving the equation 3 with the initial condition (4), the solution is obtained (5), which characterizes the dynamics of reducing sugars in the rye flour scald.

Further the formula (5) is used in order to approximate the data of experiments by the least-squares method.

The sum  $S$  of the formula 6 can be regarded a three arguments function  $S = f(\tau; \Delta c; c_0)$ , for which a minimum exists. The problem can be diminished up to minimum by using the *Microsoft Excel* tool *SOLVER*. By using the obtained coefficients  $\tau = 11,99$ ,  $\Delta c = 8,01$  and  $c_0 = 6,76$ , it is possible to calculate the theoretical values for the curve of formation of reducing sugars in the scald made from flour of the type 1370. Applying the model and using the formula 7, it is possible to calculate the content of reducing sugars in a scald at any time (Figure 14), if the falling number of flour used in scald preparation is known.

## 5. Rye flour baking tests

In order to introduce and standardize some kind of a baking test, it is necessary to perform experiments in the state in a laboratory that is equally equipped. As *Jelgavas Dzirnavas* (JSC) owes one of the biggest mills in Latvia for rye flour production, the necessity occurred to work out a baking test method, which would characterize the baking properties of the obtained flour. Thus the experiments were made in order to determine:

- the optimal amount of the necessary flour for the baking test;
- the amount of water to be added to each type of flour for the baking test;
- whether it is possible to substitute leaven in baking tests with a liquid acid regulator.

In the baking test basic recipe for preparation of rye dough with yeast and lactic acid (Spicher, 1993), the amount of water to be added is 460 ml to flour 600 g (dough outcome – 180%). Experiments show that it is necessary to increase the amount of water, when preparing the baking test from flour, which is obtained from rye grown in Latvia. Adding 460 ml water to 600 g rye flour of the type 700 and 1370, dough easy to form and no sticking to hands and pot was obtained, so the conclusion follows that the volume of added water is optimal. There are more outer layers of grain in rye flour of the type 1740, which are able to absorb greater amount of water, therefore it is necessary to add for 13–17% more water than it is prescribed in the main recipe of the rye flour baking test, in order to obtain dough with good properties. So, it is

necessary to add more water when making dough for a rye flour baking test with yeast and lactic acid from rougher flour. Dough preparation and formation was performed by hand according to the scheme shown in Figure 15.

While improving the baking test method, the following was found out: in order to obtain bread with good properties of the soft part and to evaluate its flavour and aroma, it is necessary to add 48 ml of a liquid acid regulator to 600 g of dough made from rye flour of the type 1740, 40 ml to flour of the type 1370 and 24 ml – to flour of the type 700. Taking into consideration the results of experiments, the baking test method for evaluation of rye flour baking properties has been worked out, but the elaborated „Baking test evaluation protocol” where the optimal range of technological parameters, flour quality indices and bread evaluation criteria are presented, helps to control and to compare the obtained results. The protocol facilitates adherence to baking parameters, fixation of the actual indices and evaluation of bread quality.

## CONCLUSIONS

1. It has been stated after the analysis of indices characterizing the rye flour baking properties – falling number, starch gelatinization maximum and starch gelatinization maximum temperature - that 'Amilo' un 'Kaupo' in comparison to all other rye varieties grown in Latvia are the most suitable for baking of rye bread.
2. Content of essential amino acids in proteins of grains of all rye varieties is similar, but the most deficit essential amino acids - methionine and lysine are in the variety 'Voshod' most of all, thus this variety is biologically the most valuable.
3. Analysis of characteristics of the rye flour produced in Latvia within four years shows that there is a medium close correlation between starch gelatinization maximum and flour falling number, and there is a tendency – the less falling number, the lower starch gelatinization maximum.
4. It was proved by experiments that content of the reducing sugars in a scald almost reaches the maximum after 90–100 minutes, and 19.8–20.9 g 100 g<sup>-1</sup> reducing sugars are formed in scalds of different rye varieties.
5. The enzyme preparations *Termamyl 120L* and *BAN 240L* used in research considerably accelerate starch hydrolysis and increase the amount of reducing sugars in the scald. Use of such scald for baking of rye bread is not perspective at present, because the quality of the obtained product is unsatisfactory.
6. An improved method of sample preparation for determination of reducing sugars in the scald has been worked out, envisaging inactivation of amylases with spirit after taking of the sample for analysis. By means of the method with additional preparation of samples, an amount of reducing sugars lesser for 6-10% is obtained in the scald, which proves the hypothesis of a necessity to inactivate amylases in the samples for analysis.
7. The elaborated mathematical model allows anticipating the amount of reducing sugars in the scald, taking into consideration the falling number value of the used rye flour and the scald preparation time.
8. The improved method for the rye flour baking test with a liquid acid regulator ensures objective evaluation of rye flour baking properties and is practically applicable both in mills and bakeries of Latvia.