

# REOLOGICKÉ CHARAKTERISTIKY MÚK VYMLETÝCH Z ODLIŠNÝCH ODRÔD POTRAVINÁRSKEJ PŠENICE (*Triticum aestivum* L.)

L. Haris, B. Žitný, Z. Muchová

Došlo: 5. března 2010

## Abstract

HARIS, L., ŽITNÝ, B., MUCHOVÁ, Z.: *Rheological characteristics of flours milled from different wheat varieties (Triticum aestivum L.)*. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2010, LVIII, No. 4, pp. 41–48

Technological quality was studied of wheat flours from three varieties of *Triticum aestivum* L. (Arida, Meritto, Verita) delivered to the mill for three years (2007–2009). Physico-chemical parameters observed during the purchase of grain (STN 461100-2) were not significantly different. Also milled flours from tested varieties have by processors required ash content, gluten, acceptable Zeleny index,  $\alpha$ -amylase activity (falling number), but as the rheological properties of dough from these flours show, these parameters are unsuited enough (un)suitability of material for efficient processing of flour. Rheological evaluation showed that each variety is suitable for different processing direction. Therefore, if we deliberately separate lots of purchased grain, not only by basic physico-chemical properties listed in the current standards (CSN and STN), but also by their rheological properties, which are important and reliable indicator of the direction of the end-use processing of wheat flours, the flours will be more likely to succeed in specific cereal technology. For the production of bread was satisfactory rheological properties of dough from variety Arida. Verita variety is suitable for processing into wafers, and a variety Meritto for producing biscuits and crackers. Verita and Meritto varieties so do not achieved the expected values of the rheological optimum for „classic“ bread processing (bakery products) despite satisfactory gluten content and falling number to use this processing direction. Reported results show us the possibilities of more efficient selection of varieties or lots purchased grain of wheat for use in baking and biscuit industry by using rheological evaluation methods. Results were evaluated by analysis of data exploration (Boxplot, scattering graphs), classical nonparametric testing of hypotheses and the distribution of the data (Wilcoxon test, Kruskal-Wallis, Friedman, rates central tendency and dispersion).

wheat flour, rheological – alveographic, farinographic, extenzographic parameters, falling number, gluten, different ways of utilization

Pšeničné cesto patrilo medzi prvé z potravinárskych materiálov, v ktorých boli sledované reologické vlastnosti. Skúmajú sa predovšetkým vzťahy medzi napätím, ktorému je materiál vystavený, konečnou veľkosťou deformácie materiálu, a časom, tj. rýchlosťou deformácie (Příhoda et al., 2003; Popper et al., 2006). Laboratórne reologické prístroje farinograf, extenzograf, alveograf atď., sú využívané ako objektívne a vysoko presvedčivé metódy pre posúdenie spracovateľskej hodnoty múk (Horvat, 2008; Zghal et al., 2001; Shahzadi et al., 2005; Magdic et al., 2006). Umožňujú posúdiť reologické vlastnosti múk a z nich vyrobeného cesta počas jeho

tvorby i namáhania (deformácie) podľa štandardov ICC (2003); AACC (2000). Reologické vlastnosti cesta (konzistencia, stabilita, elasticita, ťažnosť) významne ovplyvňujú výrobné operácie – miesenie, tvarovanie (Žitný et al., 2010). Silné múky, s vyšším obsahom kvalitného lepku, majú väčšiu schopnosť viazať vodu (vyššia výťažnosť) pri dlhšom napučívaní jednotlivých zložiek. Cesto z nich je stabilnejšie, ľahko sa spracováva, nelepí sa a je dobre tvarovateľné (Robertson a Cao, 2001). Slabé múky majú nižšiu schopnosť viazať vodu (nižšia výťažnosť cesta a pečiva) a sú menej stabilné. Bežné druhy pečiva zo slabej múky sú obvykle málo vykysnuté, majú malý

objem a nevhodnú štruktúru striedky (Sogi et al., 2002; Baik a Lee, 2003). Preto sú vhodnejšie pre pečivárské využitie, kde sa nevyžaduje počas mliešenia vytvorenie kompaktnej priestorovej lepkovej siete s ťažným lepkom (Fustier et al., 2009). Preto, ak cielene dokážeme separovať partie nakupovaného zrna, nielen podľa základných fyzikálno-chemických vlastností uvedených v súčasne platných normách (STN aj ČSN), ale aj podľa ich reologických vlastností, ktoré sú dôležitým a spoľahlivým ukazovateľom pre následný smer spracovania pšeničných múk, vymleté múky majú väčšie predpoklady uspieť v pekárskych a pečivárskych technológiách. Cieľom predkladaného príspevku je prezentovať výsledky štandardného prevádzkového mletia (technológia Bühler) za konštantných podmienok troch odrôd pšenice potravinárskej slovenského a českého šľachtenia, potenciálne vhodných pre výrobu takýchto múk.

## MATERIÁL A METÓDY

Boli skúmané odrôdy *Triticum aestivum*, L., Meritto (Selgen, a. s. Holešovice, CZ), Arida (Istropol Solary a. s. Horné Mýto, SK) a odrôda Verita (*Hordeum*, s. r. o., Sládkovičovo, SK). Uvedené odrôdy pšenice potravinárskej boli mlynársky spracované za rovnakých technologických podmienok na hladkú múku typu T-650 v mlyne Vitaflóra Kolárovo (technológia Bühler). Firma má tri pšeničné mlyny, z ktorých je jeden určený na mletie predovšetkým pečivárskych múk podľa odbytu. Vzhľadom na skutočnosť že firma disponuje veľkou skladovacou kapacitou zrna pšenice, surovina je k dispozícii podľa potreby, pšenice určené na pečivárské múky boli spracované cca 2× štvrtročne (za rok 8 mletí). Každý zámel bol analyzovaný opakovane 3 až 5krát (kontinuálna výroba 500–1000t múky) a tieto opakované analýzy (dielčie vzorky) sme spriemerovali na jeden zámel. Vzorky pšenice boli odobraté v zmysle STN, vzorky múk boli priemerné vzorky za 24 hodín odoberané každé dve hodiny.

Lepok bol vypieraný na prístroji Glutomatic 22000 (Perten) v zmysle ICC Standard No. 155 (1994). Číslo poklesu (Falling Number) bolo stanovené na prístroji FN 1800 (Perten) podľa ICC Standard No. 107/1 (1995), dusíkaté látky v zmysle ICC Standard No. 159 (1995), sedimentačný test podľa Zelenyho v zmysle metódy ICC Standard No. 116/1

(1994), obsah minerálnych látok (popola) bol stanovený metódou ICC Standard No. 104/1 (1990) a vlhkosť múk v zmysle ICC Standard No. 110/1 (1976). Objemová hmotnosť ( $\text{g.l}^{-1}$ ) zrna pšenice bola stanovená pomocou merača menovitého objemu 1l a vlhkosť automatickým vlhkometerom na obilniny Aqua TR (Tripette Renaud). Reologické vlastnosti boli testované prístrojmi Alveograph (Chopin) v zmysle ICC Standard No. 121 (1992), Farinograph-E (Brabender), ICC Standard No. 115/1 (1992) a Extensograph-E (Brabender), ICC Standard No. 114 (1992). Analýzy boli realizované v laboratóriách Katedry skladovania a spracovania rastlinných produktov SPU v Nitre a mlynskeho kombinátu Vitaflóra, Kolárovo.

Na vyhodnotenie získaných výsledkov bola použitá exploračná analýza dát (Boxplot, rozptylové grafy), klasické neparametrické testovanie hypotéz a popis distribúcie údajov (test Wilcoxonov, Kruskal-Wallisov, Friedmanov, miery centrálnej tendencie a rozptylu) (Hendl, 2004). Dáta boli spracované v prostredí R, R software environment for statistical computing and graphics, dostupné na internete ([www.r-project.org](http://www.r-project.org)).

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Výsledky základných rozborov zrna pri príjme suroviny do mlyna počas troch rokov ukázali, že objemová hmotnosť (OH), lepok (G), číslo poklesu (ČP), dusíkaté látky (NL) a sedimentačný test podľa Zelenyho (ZT) vyhovovali požiadavkám kladeným na kvalitatívne znaky zrna pšenice potravinárskej pri nákupe od prvovýrobcov v zmysle STN 461100-2 (2002). OH zrna sa pohybovala nad  $760 \text{ g.l}^{-1}$ , G nad 23 %, NL nad 10,5 %, ČP nad 220 s, ZT nad 22 ml. Tieto parametre sú minimálne pre potravinársku pšenicu v SR. Priemerné hodnoty za skúmané obdobie uvedených znakov zrna skúmaných odrôd Arida, Meritto, Verita, ktoré sú vyššie, dokumentuje tab. I. Tieto výsledky vyhovujú aj požiadavkám pre pekárské pšenice v zmysle ČSN. Zmeny uvedených parametrov zrna a ich závislosti dokumentuje obr. 1. Podľa viacerých autorov, napr. Tanásc (2007) je v mlynoch pri nákupe suroviny hlavná pozornosť a úsilie vynakladané na separovanie zrna nielen podľa týchto znakov, ale aj iných, hlavne viskoelastických vlastností lepku (elasticita, ťažnosť, rozplývavosť) s cieľom získať požadovanú

I: Priemerné hodnoty základných znakov zrna skúmaných odrôd (priemer všetkých stanovení v každom roku 2007–2009 v zmysle metódy)

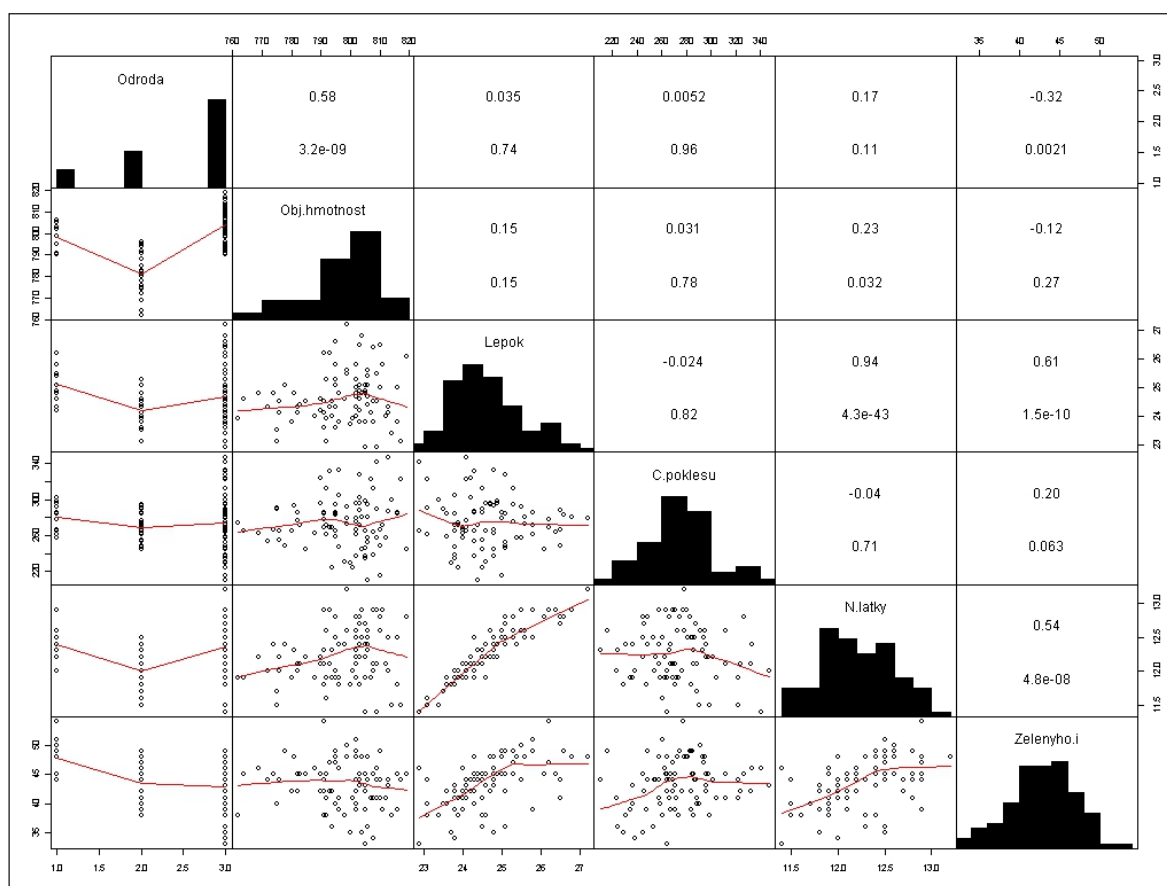
I: The average values of the basic parameters of the tested grain varieties (average of all measurements in each year from 2007 to 2009 according to the methodology)

Znak / Odrôda	Arida	Meritto	Verita
Objemová hmotnosť ( $\text{g.l}^{-1}$ )	795	780	803
Lepok v sušine (%)	25,1	23,8	24,6
Číslo poklesu (s)	284	265	296
Dusíkaté látky (% N $\times$ 5,7)	12,5	11,9	12,4
Sedimentačný index, podľa Zelenyho (ml)	49	42	43

II: Hodnoty základných a reologických znakov múk skúmaných odrôd (priemer 8 stanovení pri každom zomletí v príslušných rokoch 2007–2009)

II: The basic values and rheological characteristics of flours tested varieties (average of 8 measurements in each milling in the years 2007 to 2009)

Ukazovateľ	Arida	Meritto	Verita
Popol (%)	0,63	0,63	0,62
Mokrý lepok v sušine (%)	27,1	26,2	26,9
Číslo poklesu (s)	288	261	265
Deformačná alveografická energia W (10 <sup>-4</sup> J)	232	141	80
Pomerové číslo P/L	0,78	0,44	0,39
Farinografická väznosť 14%	58,5	57,1	55,8
Vývin (min.)	2,2	1,9	3,0
Pokles konzistencie 12min. (BU)	69	93	122
Stabilita (min.)	7,1	4,7	3,2
Extenzografická energia (cm <sup>2</sup> )	90	59	33
Rezistencia (BU)	256	206	156
Extenzibilita (mm)	177	157	133
Ratio Number	1,4	1,3	1,2

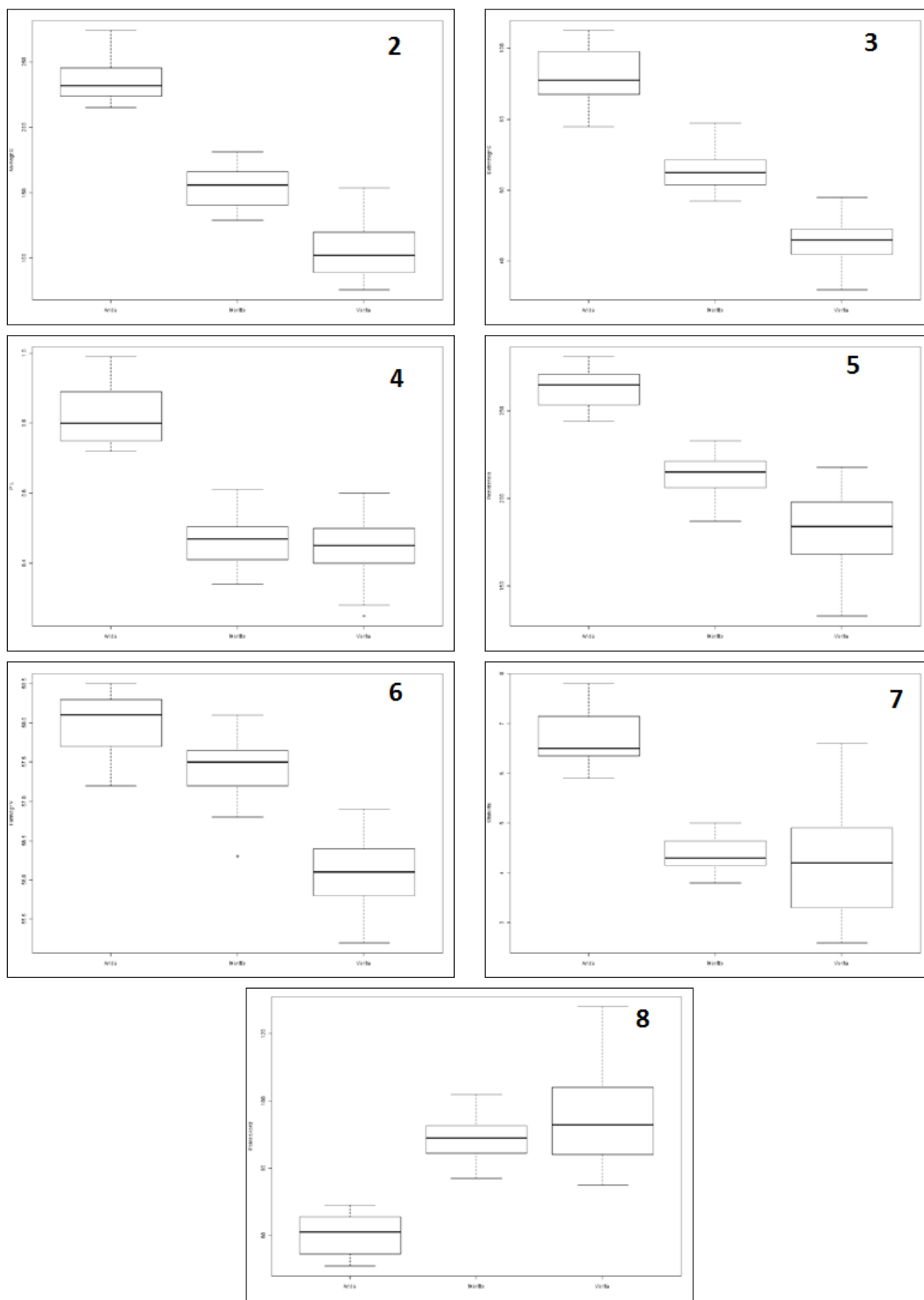


1: Zmeny parametrov zrna skúmaných odrôd Arida, Meritto, Verita (na obrázku v poradí zľava) a ich závislosti  
1: Changes parameters of tested grain varieties Arida, Meritto, Verita (pictured from left) and their dependence

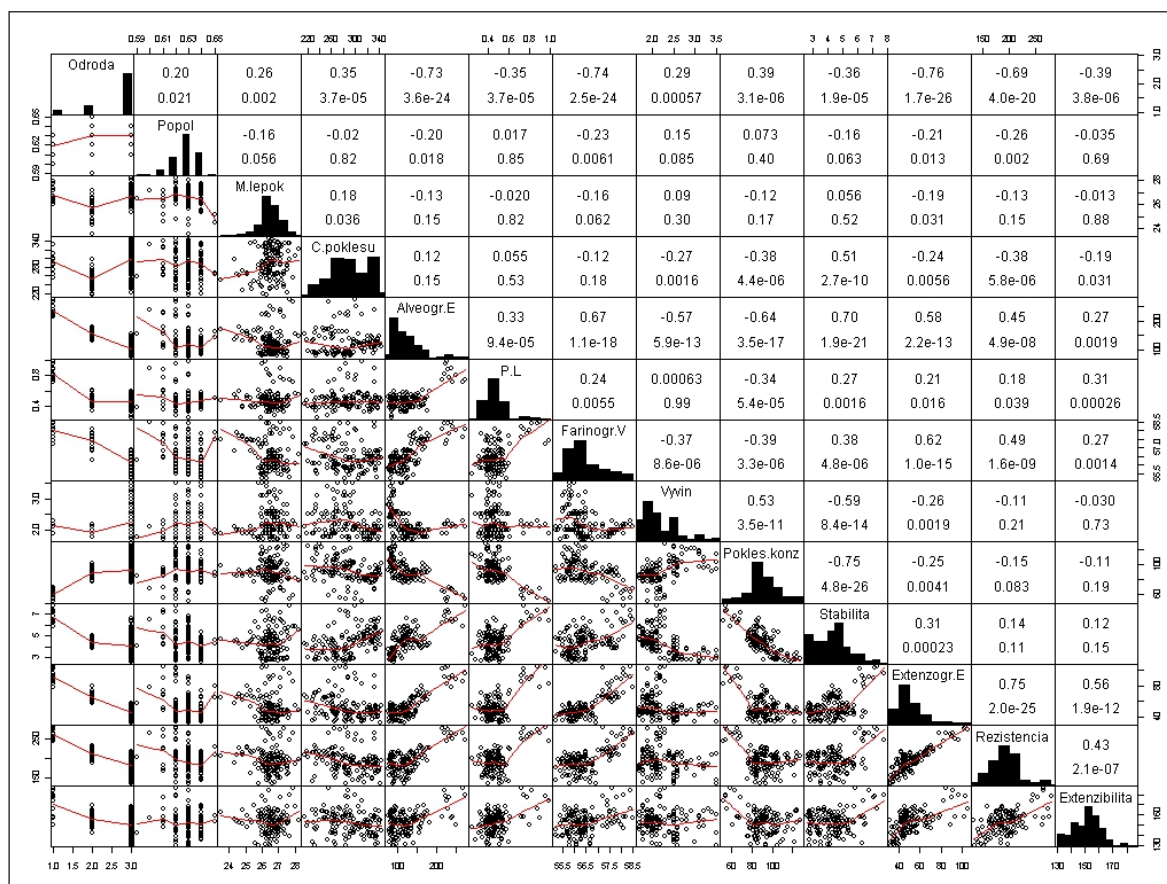
konečnú kvalitu múk pre ďalšie spracovanie. Naším cieľom bolo vymlieť odrodové múky, to znamená, že zmiešavané boli len odrodovo čisté partie od viacerých (v každom roku tých istých) dodávateľov z oblasti juhozápadného Slovenska s porovnateľnými pôdno-poveternosťnými a pestovateľskými vplyvmi v hodnotených rokoch.. Týmto spôsobom sme sa snažili zohľadniť potvrdenú skutočnosť mnohých

autorov, napr. Szabo a Pepó (2007); Bordes et al., (2008); Zhao et al., (2009) ohľadne vysokej závislosti kvality zrna (hlavne bielkovín) nielen od genotypu, ale aj od prírodných podmienok a pestovateľských praktík.

Rozbory múk (T-650) vymletých z nami sledovaných odrôd vo výrobných podmienkach mlyna vybaveného technológiou firmy Bühler, potvrdili



2–8: Boxploty reologických znakov odrôd Arida, Meritto, Verita (v poradí zľava): 2 – alveografická energia W, 3 – extenzografická energia, 4 – alveogr. P/L, 5 – extenzografická energia, 6 – farinografická väznosť, 7 – farinografická stabilita, 8 – farinogr. pokles konzistencie  
 2–8: Boxplots of rheological characteristics varieties Arida, Meritto, Verita (from left): 2 – alveographic energy W, 3 – extensographic energy, 4 – alveographic P/L, 5 – extensographic energy, 6 – farinographic water absorption, 7 – farinographic stability, 8 – farinographic degree of softening



9: Zmeny uvedených vlastností múky T-650 vymletej z odrôd Arida, Meritto, Verita a ich závislosť (v poradí zľava do prava)  
 9: Changes properties of flour T-650 milled from varieties Arida, Meritto, Verita and theirs dependence (pictured from left)

spĺnenie požiadaviek v základných znakoch, ako je popol, mokrý lepok a číslo poklesu (tab. II). Číselné hodnoty v tab. II sú priemerom 24 hodnôt. Zmeny uvedených vlastností múk a ich závislosti dokumentuje obr. 9. Reologické rozboru preukázali však významnú odlišnosť sledovaných múk. Farinografická hodnota absorpcie vody WA (obr. 6) bola v priemere najvyššia v múkach odrôdy Arida (58,5%), ktorá dosiahla aj vyhovujúce hodnoty farinografickej stability vymieseneho cesta (7,1 min) čo ju predurčuje pre klasické pekárské využitie. V múke z odrôdy Meritto bola WA tiež pomerne vysoká (57,1%), ale s oveľa nižšou stabilitou cesta (4,7 min). Múka odrôdy Verita mala najnižšiu väznosť (WA 55,8%) i stabilitu cesta (obr. 7) s najvyšším farinografickým poklesom jeho konzistencie (122 BU), čo potvrdzuje jej nevhodnosť na výrobu kysnutých pekárskych výrobkov (obr. 8). Aj alveografické hodnotenie potvrdilo odlišný potenciál spracovateľských vlastností testovaných múk. Alveografická energia, potrebná k nafúknutiu bubliny cesta W (obr. 2), bola v múke z Aridy 232, z Meritta 141 a z Verity 80, pomerové číslo (P/L) určené pomerom maximálneho pretlaku a ťažnosti cesta, bolo tiež významne odlišné. Tieto výsledky poukazujú na vhodnosť múky z odrôdy Arida pre pekárské využitie (P/L 0,78); múky Verita pre výrobu oblátok (P/L 0,39) a múky Meritto pre využitie pri výrobe su-

šienok (P/L 0,44). Extenzografické hodnotenie taktiež predurčuje odrôdu Arida na pekárské využitie (energia potrebná k roztrhnutiu meraného valčeka cesta v zmysle metodiky testu 90 cm<sup>2</sup>, rezistencia 256 BU). Odrôda Meritto (energia 59 cm<sup>2</sup>, rezistencia 206 BU) už nie je pre tento účel vhodná a Verita s najslabším hodnotením vyhovuje pre výrobu oblátok (energia 33 cm<sup>2</sup>, rezistencia 156 BU) (obr. 3 a obr. 5). Farooq et al. (2001) porovnávali reologické vlastnosti vymletých múk rôznych (samozrejme iných) odrôd pšenice, ale čo je dôležité, tiež prakticky s neodlišnou kvalitou v základných znakoch (napr. proteíny sa pohybovali od 11,8% do 12,0%). Pomocou prístrojov amylograf a farinograf zistili v týchto materiáloch významné odlišnosti v rozhodujúcich znakoch pre spracovateľa: vo väznosti vody múkou (WA od 54,4% do 58,00%), v stabilite cesta (od 2 do 17,2 min), v jeho mäknutí (od 40 do 80 BU) i v amylografickom maxime (v rozpätí 550 až 860 BU). Aj Guant et al. (2009) pri porovnávaní zmien reologických vlastností múk vymletých z ôsmich odrôd pšenice s rovnakým obsahom proteínov prístrojom mixograf zistili významné odlišnosti v ich väznosti, vývine a stabilite cesta. Potvrdzuje sa tak, že reologické vlastnosti lepšie odzrkadľujú vnútornú skladbu múk, subštruktúru ich komponentov, hlavne so zameraním na proteínovú skladbu (Manu a Rao, 2008), ktorá sa ako uvádzajú viacerí autori (Weegels



et al., 1993; Aussenac et al., 2001) ďalej rozvíja v procese miesenia vďaka vstupu energie v jednotlivých etapách tohto procesu, ako iné znaky, ktoré síce vykazujú i pozitívny vzťah k niektorej reologickej veličine, ale nepredikujú možnosti praktického využitia komplexne. Myslíme tým mnohé publikované práce, ktoré dokazujú pozitívne vzťahy napr. medzi farinografickou väznosťou a tvrdosťou zrna (Véha, 2007); vlastnosťami lepku (napúchavosť), sedimentačnými testami (SDS-test, Zeleného index) a väznosťou (Muchová, 2001), či objemom sedimentu (Zelený test) a alveografickou hodnotou W (Krejčířová a Capouchová, 2005; Nezhad a Butler, 2009). Nami komentované výsledky zistené vyhodnotením reologických vlastností na troch typoch prístrojov

ukázali, že múky odrôdy Arida, na rozdiel od múk z odrôd Verita a Meritto, patria k silnejším typom.

Kým pekář má možnosti ovplyvňovať a meniť prídavkom rôznych zlepšujúcich prípravkov reologické vlastnosti cesta podľa požiadaviek na konečnú kvalitu pekárskych výrobkov, cieľom mlynára je zabezpečiť zmes zrna pšenice na zámeľ v takej kvalite, aby sa čo najviac približovala k požiadavkám spracovateľov na kvalitu dodávanej múky a zároveň eliminoval aplikáciu zlepšujúcich prípravkov (ktoré samozrejme tiež môže použiť – tzv. múky na mieru). Našou prvoradou snahou je efektívnejšie využiť aktuálny prirodzený potenciál zrna dodávaného do mlyna.

## SÚHRN

Štatistická analýza vzájomných vzťahov znakov zrna, múky, cesta a pečiva boli prevedené v súbore 24 vzoriek pšenice a 24 vzoriek z nich vymletých múk. Súbory zrna boli zhromaždené v rokoch 2007–2009 od rôznych pestovateľov, spracované na múku boli v mlyne Vitaflóra Kolárovo, technológiou Bühler. K hodnoteniu kvality potravinárskej pšenice/múky bol využitý komplexný rozbor kvality potravinárskej pšenice, postupne boli stanovené vlastnosti a analytické parametre zrna (OH, obsah mokrého lepku a bielkovín, Zeleného test, číslo poklesu). Následne bolo uskutočnené prevádzkové mletie a hodnotenie vlastností múky (obsah popola, mokrého lepku, číslo poklesu); alveografický test – pomer maximálneho pretlaku a ťažnosti cesta, energia potrebná k nafúknutiu cesta; farinografický test – väznosť vody, vývin, stabilita a pokles konzistencie cesta (stupeň zmäknutia); extenzografický test – energia potrebná k roztrhnutiu cesta v zmysle metodiky, pomer jeho rezistencie k extenzibilita). Boxploty a rozptyľové grafy boli spracované v prostredí R, R software environment for statistical computing and graphics, dostupné na internete ([www.r-project.org](http://www.r-project.org)), na základe získaných výsledkov pomocou exploračnej analýzy a klasického neparametrického testovania hypotéz a popisu distribúcie údajov (test Wilcoxonov, Kruskal-Wallisov, Friedmanov, miery centrálnej tendencie a rozptylu). Porovnanie výsledkov sledovaných kvalitatívnych znakov potvrdilo rôznorodosť reologických vlastností skúmaného materiálu aj napriek neodlišnej kvalite vo fyzikálno-chemických parametroch. Tento záver potvrdzujú aj práce autorov Guant et al. (2009) a Farooq et al. (2001). Skúmané odrôdy mali spracovateľmi požadovanú objemovú hmotnosť, lepok, vyhovujúcu sedimentačnú schopnosť (ZT), aktivitu  $\alpha$ -amyláz (ČP). Zistené rozdiely pri týchto znakoch neboli významné. V súbore múk štatistická analýza potvrdila vysokú variabilitu reologických parametrov medzi jednotlivými odrôdami (Tab.II) v prospech odrôdy Arida (hodnotené z pohľadu vhodnosti pre kysnuté výrobky). Alveografické hodnotenie: u Aridy dosiahli hodnoty energie W 232 (vhodnosť pre kysnuté výrobky) Meritto vhodnosť pre výrobu sušienok (W 141) a Verita (W 80) na výrobu oblátok (požiadavka spracovateľov W 80-110). Aj alveografické pomerové číslo P/L potvrdilo vhodnosť pre uvedené (odlišné) smery spracovania Arida 0,78, Meritto 0,44 a Verita 0,39. Hodnoty získané z farinografickej krivky: múka získaná z odrôdy Arida je silnejšieho typu, vhodná pre pekársku technológiu, WA múky 58,5%, stabilita cesta nad 7 minút. Odrôdy Meritto a Verita majú významne nižšiu WA (57,1% a 55,8%) a rovnako aj stabilita cesta je nižšia (4,7 a 3,2 min) pri dlhšej dobe vývinu cesta (3,0 min), a vysokom zmäknutí cesta (v 12 minúte 93 a 122 BU), čo vyhovuje požiadavkám výrobcov trvanlivého pečiva (pečivárenských výrobkov). Extenzografická skúška: cesto pripravené zo vzorky múky Arida má pomerne vysokú hodnotu odporu s vyhovujúcou ťažnosťou. Vysoká hodnota extenzografického odporu voči mechanickému namáhaniu korešponduje s požiadavkami spracovateľov na kysnuté výrobky.

pšeničná múka, reologické vlastnosti – alveografické, farinografické, extenzografické parametre, číslo poklesu, lepok, smer technologického využitia

## SUMMARY

Statistical analysis of the interrelationship grain characteristics, flour, dough and bread were tested from 24 samples of wheat grains and 24 samples flours milled of them, set collected in 2007–2009 from different cultivators, were processed into flour in the mill Vitaflóra Kolarovo, technology Buhler. To evaluate the quality of wheat/flour was used by a comprehensive quality analysis of wheat, have been

gradually evaluated properties and analytical parameters of the grain (test weight, wet gluten content and protein content, Zeleny test, falling number) was made operational processing and evaluation of wheat flour (ash content, wet gluten, falling number). The rheological properties of flour were evaluated by means of alveograph (the ratio of maximum pressure and elongation, the energy W), farinograph (the water absorption, development, stability and decrease time) and extenzograph (the energy needed to tear dough, the ratio of its resistance to extensibility). Boxplots and scattering graphs were processed in R Software Environment for statistical computing and graphics, available on the Internet ([www.r-project.org](http://www.r-project.org)), based on results obtained using classical exploration analysis and nonparametric testing of hypotheses and the distribution of data (test Wilcoxon, Kruskal-Wallis, Friedman, rates central tendency and dispersion). Comparison of the results observed qualitative and technological characteristics confirmed the diversity of rheological properties of the material investigated, despite similar quality of the physico-chemical parameters. This finding confirmed by the works of authors Guan et al. (2009) and Farooq et al. (2001). Varieties were examined processors required test weight, gluten content, acceptable sedimentation value,  $\alpha$ -amylase activity. Observed differences in these parameters were not significant. Statistical analysis confirmed the high variability of rheological parameters between varieties (Tab. II) in favor of a variety Arida (rated in terms of suitability for bakery products). Alveographic valuation: variety Arida achieve energy W 232 (suitability for acidified products), Meritto suitability for the production of biscuits (W 141) and Verita (W 80) suitable for the manufacture of wafers (the requirement of processors W 80-110). Even alveographic ratio number of P/L confirmed the suitability of the different directions processing – Arida 0.78, Meritto 0.44 and Verita 0.39. Values obtained from farinographic curve: flour from variety Arida was a strong type and is suitable for baking technologies, WA of flour was 58.5%, dough stability over 7 minutes. Varieties Meritto and Verita had significantly lower WA (57.1% and 55.8%), also dough stability was lower (4.7 and 3.2 min) with higher development time (3.0 min) and increased dough softening (in 12 minutes 93 and 122 BU), which satisfies the requirements of biscuit manufacturers. Extenzographic valuation: dough prepared from flour samples Arida has a relatively high value of resistance with suitable elongation. High extenzographic resistance value corresponds to the requirements of processors for bakery products.

## LITERATÚRA

- AACC, 2000: Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th ed. *The association. St. Paul, Minnesota*, 2000.
- AUSSENAC, T., CARCELLER J. L. and KLEIBER, D., 2001: Changes in SDS solubility of glutenin polymers during dough mixing and resting. *Cereal Chemistry*, 78, 1: 39–45. ISSN 0009-0352.
- BAIK, B. K. and LEE, M. R., 2003: Effect of starch amylose content of wheat on textural properties of white salted noodles. *Cereal Chemistry*, 80, 3: 304–309. ISSN 0009-0352.
- BORDES, J., BRANLARD, G., OURY, F. X., CHARMET, G. and BALFOURIER, F., 2008: Agronomic characteristics, grain quality and flour rheology of 372 bread wheats in a worldwide core collection. *Journal of Cereal Science*, 48, 3: 569–579. ISSN 0733-5210.
- FAROOQ, Z., REHMAN, S., BUTT, M. S. and BILAL, M. Q., 2001: Suitability of wheat varieties/lines for the production of leavened flat bread. *Journal of Research (Science)*, 12, 2: 171–179. ISSN 1021-1012.
- FUSTIER, P., CASTAIGNE, F., TURGEON, S. L. and BILIADERIS, C. G., 2009: Impact of commercial soft wheat flour stream on dough rheology and quality attributes of cookies. *Journal of Food Engineering*, 90, 2: 228–237. ISSN 0260-8774.
- GUAN, L., SEIB, P. A., GRAYBOSCH, R. A., BEAN, S. and SHI, J. CH., 2009: Dough Rheology and Wet Milling of Hard Waxy Wheat Flours. *J. Agric. Food Chem.*, 57, 15: 7030–7038. ISSN 0021-8561.
- HENDL, J., 2004: Přehled statistických metod zpracování dat, analýza a metaanalýza dat. *Portál, s. r. o., Praha*, 583 s., ISBN 80-7178-820-1.
- HORVAT, D., MAGDIC, D., ŠIMIC, G., DVOJKOVIC, K. and DREZNER, G., 2008: The Relation between Dough Rheology and Bread Crumb Properties in Winter Wheat. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 73, 1: 9–12. ISSN 1331-7768.
- ICC, 2003: Standard Methods. International Association for Cereal Science and Technology. ([www.icc.or.at/publ.php](http://www.icc.or.at/publ.php)).
- KREJČÍŘOVÁ, L. K. and CAPOUCHOVÁ, I. C., 2005: Relation of the Protein Fractions Composition to the Qualitative Parameters of Wheat for Different Ways of Utilization. *Czech J. Genet. Plant Breed.*, 41, 304.
- MAGDIC, D., HORVAT, D., DREZNER, G., JURKOVIC, Z. and ŠIMIC, G., 2006: Image analysis of bread crumb structure in relation to gluten strength of wheat. *Poljoprivreda*, 12, 1: 58–62. ISSN 1330-7142.
- MANU, B. T. and PRASADA RAO, U. J. S., 2008: Influence of size distribution of proteins, thiol and disulfide content in whole wheat flour on rheological and chapati texture of Indian wheat varieties. *Food Chemistry*, 110, 1: 88–95. ISSN 0308-8146.
- MUCHOVÁ, Z., 2001: Faktory ovplyvňujúce technologickú kvalitu pšenice a jej potravinárske využitie. *SPU Nitra*, 112 s. ISBN 82-7137-923-9.

- NEZHAD, M. H. and BUTLER, F., 2009: Association of Glutenin Subunit Composition and Dough Rheological Characteristics with Cookie Baking Properties of Soft Wheat Cultivars. *J. Cereal Chemistry*, 86, 3: 339–349. ISSN 0009-0352.
- POPPER, L., SCHAFER, W. and FREUND, W., 2006: Future of flour. A compendium of Flour Improvement. *Muhlenchemie GmbH. and Agrimedia GmbH., Hamburg, Germany*, 419 s. ISBN 978-3-86037-309-5.
- PŘÍHODA, J., HUMPOLÍKOVÁ, P. a NOVOTNÁ, D., 2003: Základy pekárenské technologie. *Pekař a cukrář, s. r. o., Praha*, 363 s. ISBN 80-902922-1-6.
- ROBERTSON, G. H. and CAO, T. K., 2001: Farinograph Responses for Wheat Flour Dough Fortified with Wheat Gluten Produced by Cold-Ethanol or Water Displacement of Starch. *Cereal Chemistry*, 78, 5: 538–542. ISSN 0009-0352.
- SHAHZADI, N., BUTT, M. S., REHMAN, S. U. and SHARIF, K., 2005: Rheological and baking performance of composite flours. *International J. Agric. Biol.*, 7, 100–104.
- SOGI, D. S., SIDHU, J. S., ARORA, M. S., GARG, S. K. and BAWA, A. S., 2002: Effect of tomato seed meal supplementation on the dough and bread characteristics of wheat (PBW 343) flour. *International J. Food Properties*, 5, 3: 563–71. ISSN 1532-2386.
- SZABO, E. and PEPÓ, P., 2007: Selection of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars meeting complex EU quality requirements. *Cereal Research Communications*, 35, 2: 1125–1128. ISSN 0133-3720.
- WEEGELS, A. M., VAN DE PIJPEKAMP, A. M., GRAVELAND, A., HAMER, R. J. and SCHO-FIELD, J. D., 1996: Depolymerisation and Re-polymerisation of wheat glutenin during dough processing. I. Relationships between glutenin macropolymer content and quality parameters. *Journal of Cereal Science*, 23, 2: 103–111. ISSN 0733-5210.
- STN 461100 -2, 2002: Zrno potravinárskej pšenice. Bratislava: ÚNMS, 2002.
- TANÁCS, L., 2007: Seasonal and genotype effect on the alveographic value of winter wheats. *J. Cereal Research Communications*, 35, 2: 1197–1200. ISSN 0133-3720.
- VÉHA, A., 2007: Correlation between the kernel structure and the quality parameters on some Hungarian winter wheat varieties. *J. Cereal Research Communications*, 35, 2: 1289–1292. ISSN 0133-3720.
- ZGHAL, M. C., SCANLON, M. G. and SAPIRSTEIN, H. D., 2001: Effects of flour strength, baking absorption, and processing conditions on the structure and mechanical properties of bread crumb. *Cereal Chemistry*, 78, 1–7. ISSN 0009-0352.
- ZHAO, C. X., HE, M. R., WANG, Z. L., WANG, Y. F. and LIN, Q., 2009: Effects of different water availability at post-anthesis stage on grain nutrition and quality in strong-gluten winter wheat. *Journal Comptes Rendus Biologies*, 332, 8: 759–764. ISSN: 1768-3238.
- ŽITNÝ, B., HARIS, L. a MUCHOVÁ, Z., 2010: Zmeny reologických vlastností pšeničného cesta vplyvom miesenia. *Potravinárstvo* 4, 1: 100–107. ISSN 1338-0230.

## Adresa

prof. Ing. Zdenka Muchová, CSc; Ing. Boris Žitný; Ing. Ladislav Haris, Katedra skladovania a spracovania rastlinných produktov, Fakulta biotechnológie a potravinárstva, SPU v Nitre, Trieda A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika, e-mail: zdenka.muchova@uniag.sk