



## Efekat interakcije genotip x spoljna sredina na energiju testa pšenice

Nikola Hristov\*, Novica Mladenov, Veselinka Đurić, Ankica Kondić-Špika  
Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad

**Izvod:** Kod dvadeset sorti ozime pšenice iz Srbije analizirana je energija testa u trogodišnjem periodu na pet lokaliteta. Najveću prosečnu vrednost ostvarila je sorta NSR-5, a najmanju sorta Bistrica. Između ispitivanih sorti, godina i lokaliteta utvrđena je visoko značajna razlika. Za analizu interakcije genotip x spoljna sredina primenjen je AMMI model. Uočena je značajna razlika između genotipova u glavnom efektu, a znatno manje u interakciji. Kao najstabilnija sorta sa vrednošću iznad proseka izdvojena je Tera, dok je sorta Pesma ostvarila zadovoljavajuću stabilnost i visoku prosečnu vrednost za analizirano svojstvo. Nasuprot lokalitetu Kragujevac, gde su agroekološki uslovi doprineli najstabilnijem ponašanju sorti na nivou opšteg proseka oglada, lokalitet Žitorada se pokazao nepovoljnim za ispitivanje ovog svojstva.

**Cljučne reči:** energija testa, interakcija genotip x spoljna sredina, pšenica, stabilnost

### Uvod

Pokazatelji mlinско-pekarског kvaliteta pšenice mogu se podeliti na indirektnе: 1. fizička svojstava (masa 1000 zrna, hektolitarska masa i krupnoća zrna), 2. pokazatelji stanja proteinskog kompleksa (sadržaj proteina i sedimentaciona vrednost), 3. pokazatelji enzimske aktivnosti (maksimalni viskozitet, broj padanja i maltozni broj), 4. reološke karakteristike testa (sadržaj glutena, parametri sa farinografa, alveografa, ekstenzografa, itd.) i direktnе: 1. izbrašnjavanje, 2. pokazatelji pecivnosti brašna (zapremina hleba, vrednosni broj sredine hleba, itd.) (Đurić i sar. 1998).

Reološke karakteristike pšeničnog testa predstavljaju kompleksne i veoma važne parametre za procenu očekivanog kvaliteta krajnjih proizvoda. Složenost i značaj reoloških parametara može se meriti osnovnim i empirijskim metodama. Osnovna merenja nisu dovoljno pouzdana za utvrđivanje

realnih odnosa između reoloških osobina pšeničnog testa i ponašanja tokom pečenja (Kokelaar et al. 1996). Nasuprot tome, empirijski testovi su znatno korisniji u praktičnoj primeni i naučnim istraživanjima (Janssen et al. 1996). Efikasno se mogu koristiti i u procesu oplemenjivanja, pošto se nalaze u pozitivnoj korelaciji sa pecivnim karakteristikama (Tronsmo et al. 2003).

Ekstenzograf (Brabender, Duisburg, Nemačka) je jedan od empirijskih reoloških instrumenata koji omogućava merenje deformacija u testu posle perioda odmaranja (Preston & Hosenev 1991). Test na ekstenzografu može precizno da definiše karakteristike istezanja testa, na osnovu čega se može predvideti stabilnost testa u toku obrade. Ovom metodom mogu se standardizovati optimalne osobine testa za dalju preradu i oceniti efekat aditiva i dodatnih sirovina za specijalne vrste pekarskih proizvoda. Takođe, ovom metodom se može ukazati na razlike u kvalitetu oplemenjivačkog materijala (linija), unaprediti brza procena sorti pšenice i izvršiti kontrola kvaliteta brašna, istovre-

\*autor za kontakt / corresponding author  
(hristov@ifvcns.ns.ac.rs)

meno za mlinarsku i pekarsku industriju (Mirsaeedghazi et al. 2008).

Energija testa, kao jedan od parametara koji se dobija na ekstenzogramu, sortna je karakteristika koja u velikoj meri zavisi od faktora spoljne sredine. Nepovoljni ekološki uslovi (količina i raspored padavina, temperatura), štetni insekti (stenice - *Eurygaster maura* i *E. austriaca*) kao i neodgovarajuća sortna agrotehnika najčešći su razlozi variranja energije testa. Smanjenje energije ukazuje na poremećaj enzimske aktivnosti i narušavanje proteinske strukture. Povećana proteolitička aktivnost prouzrokuje nemogućnost fermentacije i rasplinutost testa, što rezultuje nedovoljnom energijom i malom zapreminom gotovih proizvoda (Đurić et al. 2005).

Važno je napomenuti da se, s obzirom na sortnu specifičnost, slabija energija testa izazvana faktorima spoljne sredine ne prenosi semenom (genetskim materijalom) u narednu proizvodnu sezonu. Naime, potencijal za određeno svojstvo koje je genetski determinisano ne može se "izgubiti" već će ono i u narednim godinama, ukoliko uslovi dozvole, doći do punog izražaja (Hristov et al. 2009).

Često se dešava da stanje na tržištu pšenice, manje ili više aktuelizuje energiju testa kao jedan od bitnih faktora u prometu pšeničnog zrna (Denčić et al. 2005). Naime, u godinama smanjene ponude pšenice na tržištu Srbije (2003. ili 2007) ovaj pokazatelj kvaliteta nije se ni spominjao kao ograničavajući činiac u trgovini ili u procesu proizvodnje mlinarsko pekarske industrije. Nasuprot tome, u godinama kada je produkcija pšenice iznad potreba tržišta Srbije (2004, 2008. i 2009), što je ujedno praćeno i povećanjem proizvodnje u susjednim zemljama, pitanje i značaj energije testa ili nekog drugog pokazatelja kvaliteta, kao što je broj padanja po Hagberg-u (Đurić et al. 2008), postaje "izuzetno važan" ili gotovo "nepremostiv" problem u plasmanu i ostvarivanju ekonomski opravdane cene pšenice, pre svega za primarne proizvođače.

Važno je istaći da sve što je pomenuto nikako ne može da marginalizuje činjenicu da u pojedinim agroekološkim regionima Vojvodine, iz godine u godinu postoji problem sa pojedinim pokazateljima kvaliteta

pšenice (Denčić et al. 2005). Tom problemu se mora pristupiti sveobuhvatno, utvrditi koji su lokaliteti najčešće izloženi takvim pojavama, koji su dominantni razlozi koji do toga dovode i kakva je reakcija sorti u takvim područjima.

Prema tome, ekološka stabilnost gajenih sorti, koje neznatno reaguju na promene spoljnih faktora, u pogledu energije testa i drugih pokazatelja kvaliteta, od velikog je značaja za dobijanje kvalitetne sirovine i ujednačavanje tehnološkog postupka prerađivanja pšenice. Cilj ovog rada je bio da se ispita uticaj faktora genotipa, spoljne sredine i njihove interakcije na energiju testa pšenice.

### Materijal i metod rada

Kod dvadeset domaćih sorti ozime pšenice analizirana je energija testa u trogodišnjem periodu (1998-2000) na pet lokaliteta (Novi Sad - NS, Indija - IN, Sremska Mitrovica - SM, Kragujevac - KG i Žitorađa - ŽR). Ogled je postavljen po slučajnom blok sistemu u tri ponavljanja.

Metod obuhvata pripremu uzorka testa od brašna, destilovane vode i soli pod standardnim uslovima na farinografu. Posle definisanog perioda "odmaranja" testa (u originalnoj metodi 135 min), testo se rasteže do kidanja na ekstenzografu. Rastezanje se meri i zapisuje. Prikazivanje rezultata na ekstenzogramu (Sl. 1) obuhvata:

**Otpornost na istežanje (o)** - ukazuje na "jačinu" brašna nakon 5 min od početka registrovanja otpora. Niske vrednosti ovog pokazatelja indikatori su lošeg kvaliteta.

**Rastegljivost (r)** - ukazuje na elastičnost testa.

**Odnosni broj (o/r)** - ukazuje na ponašanje i stabilnost testa, a u vezi je sa zapreminom finalnog proizvoda.

**Maksimalni otpor testa (o max)** - ukazuje na čvrstinu glutena.

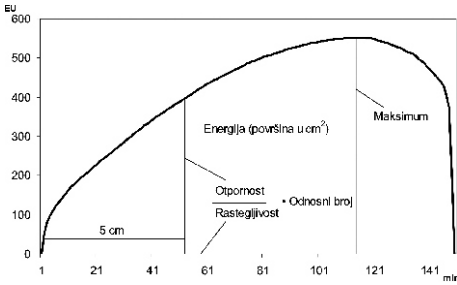
**5 cm** - udaljenost od nulte tačke na kojoj se vrši prvo merenje.

**Površina ispod krive (ENERGIJA)** - ukazuje na procenu stabilnosti testa u procesu obrade.

Energija na ekstenzogramu predstavlja površinu u  $\text{cm}^2$  koju obrazuje ekstenzografska kriva, iznad nulte linije dijagrama. Što

je površina, odnosno energija veća, to je testo veće sposobnosti da podnese fizičko naprezanje na rastezanje, odnosno kidanje. Rezultati se dobijaju obradom 150 g testa po ICC metodi 114/1 (ICC 1994).

Za analizu interakcije genotip x spoljna sredina, primenjen je AMMI model (Zobel et al. 1988). Obrada i statistička analiza podataka urađeni su u programu SAS (SAS Institute Inc., 1990).



Sl. 1. Ekstenzogram  
Fig. 1. Extensogram

### Rezultati i diskusija

Energija na ekstenzogramu predstavlja sposobnost testa da izdrži fizičko naprezanje na rastezanje i kidanje. Najveću energiju testa za sve lokalitete i godine ispitivanja imala je sorta NSR-5 ( $\bar{X}=117,7 \text{ cm}^2$ ) a najmanju Bistrica ( $\bar{X}=65,9 \text{ cm}^2$ ) (Tab. 1). Prosečna vrednost ovog svojstva za sve sorte iznosila je  $\bar{X}=89,5 \text{ cm}^2$ . U odnosu na lokalitete između kojih je utvrđena visoko značajna razlika, najveća prosečna vrednost bila je u Novom Sadu ( $\bar{X}=104,2 \text{ cm}^2$ ), a najmanja u Indiji ( $\bar{X}=80,2 \text{ cm}^2$ ). U Novom Sadu najveću, odnosno najmanju prosečnu vrednost ostvarila je sorta NSR-5 ( $\bar{X}=142,8 \text{ cm}^2$ ) što je bila najveća srednja vrednost tokom ispitivanja i sorta KG-100, u Indiji sorte Pesma i Bistrica, u Sremskoj Mitrovici sorte Pobeda i NSR-5, odnosno KG-100, u Kragujevcu sorte Pesma i Bistrica ( $\bar{X}=49,7 \text{ cm}^2$ ) što je i najmanja srednja vrednost tokom čitavog ispitivanja, a u Žitoradi sorte Mina i Evropa 90.

Na osnovu dugogodišnjih ispitivanja dokazano je da visoke vrednosti energije na ekstenzogramu nisu uvek u skladu sa visokim tehnološkim kvalitetom, kao što je u ovom

slučaju kod srednje kvalitetne sorte Evropa 90 i još slabije sorte Mina. Uzrok ovih prividnih protivurečnosti nastaje kao posledica genetskih razlika, agrotehničkih mera i klimatskih uslova (Mladenov i sar. 2001, Williams et al. 2008).

Na lokalitetu Novi Sad ostvareno je najviše prosečnih rezultata preko  $100 \text{ cm}^2$  (12), u Indiji samo tri, u Sremskoj Mitrovici pet, u Kragujevcu sedam (iako je opšti prosek bio niži od prethodnog lokaliteta) a u Žitoradi samo tri. Najviše su iznenadili lošiji rezultati za većinu sorti na lokalitetu Žitorada, koji je pozitivno uticao na druge pokazatelje kvaliteta (Hristov & Mladenov 2005). Visoka vrednost energije testa pokazuje stabilnu glutensku strukturu koja nije podložna narušavanju pri povećanoj proteolitičkoj aktivnosti enzima (Torbić et al. 2007). Osobine vlažnog glutena zavise od klimatskih uslova u fazi naliivanja zrna. Visoke temperature i nedostatak vlage u tom periodu uslovljavaju formiranje čvrstog i manje rastegljivog glutena, dok se pri nižoj temperaturi i većoj vlažnosti formira slabiji i rastegljiviji lepak (Đurić i sar. 2005).

Pesma je jedina sorta koja je na svih pet lokaliteta ostvarila prosečnu vrednost energije preko  $100 \text{ cm}^2$ , što govori o njenoj izuzetnoj stabilnosti u različitim agroekološkim uslovima. Sorta NSR-5 je imala nižu vrednost od  $100 \text{ cm}^2$  na lošijem lokalitetu u Žitoradi, sorte Evropa 90 i Zlatka na najlošijim lokalitetima u Indiji i Žitoradi, sorta Mina u Indiji i Sremskoj Mitrovici, a sorta Pobeda u Žitoradi i Kragujevcu, što ukazuje na divergentnost sorti u pogledu analiziranog svojstva, odnosno njihovu različitu reakciju na uslove sredine. Visoko značajna razlika između srednjih vrednosti utvrđena je kod većine sorti (Tab. 1).

Podaci koji se dobijaju na ekstenzografu mogu se tumačiti na različite načine. Tako autori Mann et al. (2005) koriste otpornost na istežanje kao pokazatelj čvrstoće testa. Međutim, Rosada (2004) ističe da je čvrstoća testa balans između istežanja i elastičnosti testa, dok se prema Hosenej (1994) visina krive (otpornost na istežanje) i površina ispod krive uzimaju kao mera čvrstoće brašna. Za dobijanje kvalitetnog proizvoda odlučujuća je usklađenost u njihovim međusobno

promenljivim odnosima u toku izrade testa, fermentacije i pečenja. Unutrašnje stanje testa najlakše je predvideti na osnovu odnosa između otpora i rastezanja testa. Odnosni

broj može da se kreće od 0,1 do 10,0 a za domaće ozime sorte pšenice najčešće varira u rasponu 1,0 - 4,0 (Đurić i sar. 2005).

Tab. 1. Energija testa pšenice ( $\text{cm}^2$ ) po sortama i lokalitetima za period 1998-2000  
Tab. 1. Wheat dough energy ( $\text{cm}^2$ ) by cultivars and locations during 1998-2000

Sorta / Cultivar (G)	Lokalitet / Location (L)					Prosek / Average		
	Novi Sad	S. Mitrovica	Indija	Kragujevac	Žitorada			
1. Pobeda	115,2	106,3	103,3	93,1	73,0	98,2		
2. NSR-5	142,8	106,3	109,8	129,6	99,7	117,7		
3. Evropa 90	110,0	101,4	87,1	100,1	53,2	90,3		
4. Milica	89,0	85,0	79,2	72,6	85,5	82,3		
5. Jarebica	108,9	79,9	67,4	84,5	85,5	85,2		
6. Kremna	92,9	86,9	74,5	89,4	63,2	81,4		
7. Prima	101,7	98,2	89,0	102,1	79,9	94,2		
8. Renesan.	93,8	97,2	73,6	87,7	80,8	86,6		
9. Tera	110,4	96,1	76,1	102,1	110,8	99,1		
10. Nevesinj.	110,0	98,1	65,9	72,4	62,0	81,7		
11. Takovčan.	89,5	71,7	65,6	75,2	80,8	76,5		
12. Gruža	103,3	89,7	79,8	88,4	77,3	87,7		
13. Toplica	116,8	91,5	77,0	92,2	67,8	89,1		
14. Bistrica	84,1	83,5	54,5	49,7	57,7	65,9		
15. KG-100	78,5	64,2	62,2	73,7	78,0	71,3		
16. Pesma	133,9	102,5	114,0	132,4	102,3	117,0		
17. Zlatka	104,9	105,9	87,8	106,0	78,4	96,6		
18. Prva	88,9	88,6	66,3	90,6	93,9	85,6		
19. Mina	128,3	89,6	88,7	105,6	113,0	105,0		
20. Tiha	81,7	84,6	82,7	67,1	75,4	78,3		
Prosek / Average	104,2	91,4	80,2	90,7	80,9	89,5		
LSD za G	0,05	5,9	LSD za L	0,05	3,0	LSD za G/L	0,05	13,3
LSD for G	0,01	7,8	LSD for L	0,01	3,9	LSD for G/L	0,01	17,4

Između ispitivanih godina utvrđena je visoko značajna razlika, pri čemu se kao najpovoljnija pokazala druga godina ispitivanja, u kojoj je u prosečna vrednost energije testa iznosila  $96,0 \text{ cm}^2$ . U prvoj godini je prosečna vrednost bila takode visoka ( $\bar{X}=94,9 \text{ cm}^2$ ) dok je treća godina bila izuzetno nepovoljna sa ostvarenim rezultatom  $\bar{X}=77,5 \text{ cm}^2$ , koji je bio znatno ispod opšteg proseka za ovo svojstvo. U prvoj godini najveće, odnosno najmanje prosečne vrednosti ostvarile su sorte Pesma ( $\bar{X}=121,4 \text{ cm}^2$ ) i Takovčanka ( $\bar{X}=69,7 \text{ cm}^2$ ), u drugoj sorte NSR-5 ( $\bar{X}=131,5 \text{ cm}^2$ ) i Bistrica ( $\bar{X}=59,4 \text{ cm}^2$ ) što su

ujedno bile i najveće, odnosno najmanje vrednosti po godinama, a u trećoj sorte Pesma ( $\bar{X}=108,5 \text{ cm}^2$ ) i Bistrica ( $\bar{X}=60,5 \text{ cm}^2$ ) (Tab. 2).

Sorte Pesma i NSR-5 su jedine u sve tri analizirane godine ostvarile prosečnu vrednost energije testa preko  $100 \text{ cm}^2$ . Po jednom u prvoj, odnosno drugoj godini takvu vrednost ostvarile su Prima i Tera. Po dva puta u povoljnim godinama Pobeda i Zlatka, dok se Tiha izdvaja po tome što je pored povoljne 1999. prosečnu vrednost energije iznad  $100 \text{ cm}^2$  ostvarila po drugi put u najnepovoljnijoj 2000. (Tab. 2).

Tab. 2. Energija testa pšenice (cm<sup>2</sup>) po sortama i godinama za sve lokalitete  
 Tab. 2. Wheat dough energy (cm<sup>2</sup>) by cultivars and years for all locations

Sorta / Cultivar (G)	Godina / Year (Y)			Prosek / Average				
	1998.	1999.	2000.					
1. Pobeda	100,5	104,1	89,9	98,2				
2. NSR-5	119,0	131,5	102,5	117,7				
3. E-90	91,7	98,0	81,4	90,3				
4. Milica	96,4	84,3	66,1	82,3				
5. Jarebica	96,7	91,4	67,6	85,2				
6. Kremna	92,6	85,8	65,8	81,4				
7. Prima	112,6	85,2	84,7	94,2				
8. Renesan.	91,0	89,3	79,6	86,6				
9. Tera	96,8	115,3	85,1	99,1				
10. Nevesinj.	88,3	90,4	66,4	81,7				
11. Takovčan.	69,7	93,4	66,6	76,5				
12. Gruža	85,2	98,6	79,2	87,7				
13. Toplica	81,4	96,5	89,2	89,1				
14. Bistrica	77,7	59,4	60,5	65,9				
15. KG-100	76,3	74,3	63,3	71,3				
16. Pema	121,4	121,1	108,5	117,0				
17. Zlatka	119,4	105,9	64,5	96,6				
18. Prva	95,5	99,4	62,0	85,6				
19. Mina	97,9	114,2	103,0	105,0				
20. Tiha	87,7	82,4	64,8	78,3				
Prosek / Average	94,9	96,0	77,5	89,5				
LSD za G	0,05	5,9	LSD za Y	0,05	2,3	LSD za G/Y	0,05	10,3
LSD for G	0,01	7,8	LSD for Y	0,01	3,0	LSD for G/Y	0,01	13,5

Ekstremne promene klimatskih faktora tokom vegetacione sezone često imaju nepoželjne posledice na pokazatelje kvaliteta pšenice. Visoke temperature vazduha (preko 35 °C) u toku nalivanja zrna nepovoljno utiču na čvrstoću testa, pre svega na otpornost prema istezanju (Blumenthal et al. 1991). Hagel (2005) navodi da se pri visokim temperaturama, pored povećanja otpornosti značajno smanjuje rastegljivost, dok se energija kod većine ispitivanih sorti povećava. Pri tome su uočene i sorte kod kojih se energija sa povećanjem temperature smanjuje, ukazujući na kompleksnost ovog svojstva i specifičnu reakciju sorti. Suprotno efektu visokih temperaturama, štetni insekti - žitne stenice (*Eurygaster maura* i *E. austriaca*) mogu da izazovu povećanu proteolitičku aktivnost, kao što je bio slučaj u pojedinim

područjima Vojvodine tokom 2004. (Denčić i sar. 2005). Testo ostaje rasplinuto, bez mogućnosti fermentacije i normalnog zameasa, što nepovoljno utiče na dalji tehnološki postupak pekarske industrije. Međutim, karakteristike testa se značajno mogu unaprediti dodavanjem aditiva, pri čemu se pre svega misli na lakšu obradu testa, povećanje kvaliteta svežeg hleba kao i održavanje svežine hleba u dužem vremenskom periodu (Grausgruber et al. 2008). Efekat aditiva proverava se i preko preko ekstenzografa, pri čemu je cilj povećati otpornost na rastezanje i smanjiti rastegljivost (Horvat et al. 2009).

S obzirom na različit efekat svih ispitivanih godina, divergentnost analiziranih sorti i pre svega divergentnost analiziranih lokaliteta, utvrđena je visoko značajna razlika u interakciji godina/lokalitet/genotip (Tab. 3).

Tab. 3. Trofaktorijalna analiza varijanse za energiju pšenice  
 Tab. 3. Three-factorial analysis of variance for wheat energy

Izvori varijacije / Sources of variation	Df	MS	F test
Ponavljanje - Replication	2		
Godina - Year (Y)	2	32207,19	15708,28**
Lokacija - Location (L)	4	17169,28	8373,90**
Godina / Lokacija - Year/Location	8	6217,23	3032,31**
Genotip - Genotype (G)	19	8141,41	3970,78**
Godina / Genotip - Year/Genotype	38	1256,37	612,76**
Lokacija / Genotip - Location / Genotype	76	1017,45	496,24**
Y/L/G	152	575,21	280,55**
Greška - Error (E)	598	2,05	
Ukupno - Total	899		

Df - Stepni slobode (Degrees of freedom); MS - Sredina kvadrata (Mean Squares)

Analiza varijanse je pokazala da su u ekspresiji energije testa svi izvori varijacije, kako aditivni tako i neaditivni, ispoljili visoku značajnost. Pri tome je spoljna sredina učestvovala u ukupnoj varijaciji ogleda sa oko 23 %. Udeo genotipa iznosio je oko 51 %, dok je udeo interakcije genotip/spoljna sredina iznosio oko 26 %. Za razliku od drugih analiziranih svojstava (Hristov 2005), kod energije testa udeo genotipa u ukupnoj varijaciji dvostruko je veći od ostalih izvora, pri čemu je čak i udeo interakcije veći u odnosu na

spoljnu sredinu. Visok udeo genotipa u ukupnoj varijaciji ukazuje na genetsku determinisanost analiziranog svojstva. U okviru multivariacionog dela varijanse, sve glavne komponente ispoljile su visoku značajnost. Najveći deo varijacije pokrivala je prva glavna komponenta sa 49 %. Iako je ostatak varijacije po pojedinačnim komponentama manji, njihova značajnost pokazuje da je u posmatranom periodu, na realizaciju energije na ispitivanim lokalitetima, učestvovao veći broj različitih faktora (Tab. 4).

Tab. 4. Analiza varijanse AMMI modela za energiju pšenice  
 Tab. 4. Analysis of variance of AMMI model for wheat energy

Izvori varijacije / Sources of variation	Df	SS	MS	F-test	%
Trial (T)	99	100227	1012		
Genotip / Genotype (G)	19	51559	2713	9221**	
Spoljna sredina / Environment (E)	4	22894	5723	19449**	
Interakcija / Interaction (G/E)	76	25773	339	1152**	100
PCA 1	22	12746	579	1968**	49
PCA 2	20	6645	332	1129**	26
PCA 3	18	3985	221	752**	16
PCA 4	16	2396	149	508**	9

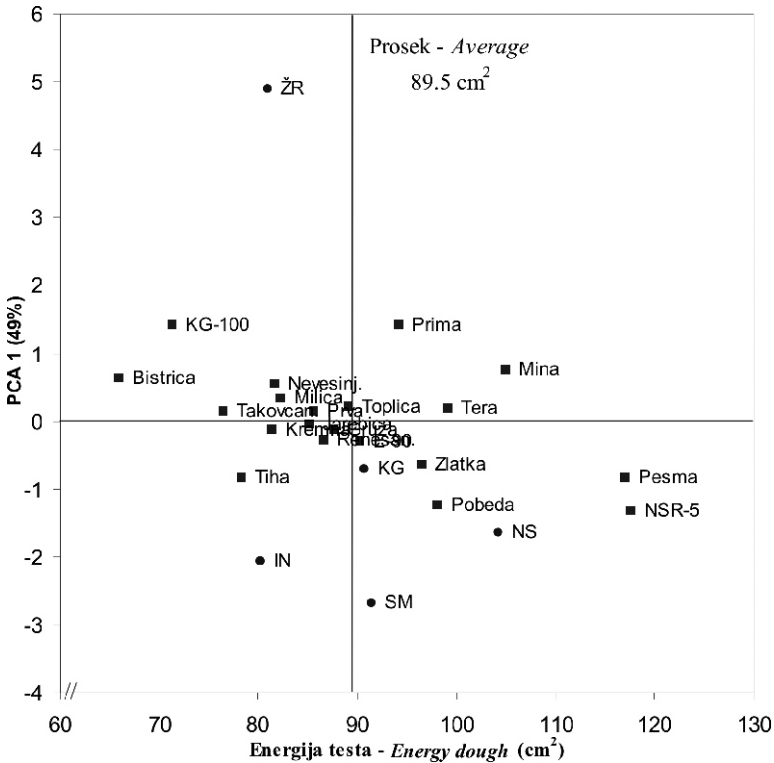
Df - Stepni slobode (Degrees of freedom); SS - Suma kvadrata (Sum of squares); MS - Sredina kvadrata (Mean Squares)

Na osnovu dvodimenzionalne šeme AMMI analize uočeno je da je polovina ispitivanih genotipova grupisana oko nulte vrednosti PCA 1 ose, kao i oko opšteg proseka ogleda, što ukazuje na njihovu malu razliku kako u pogledu interakcije, tako i u pogledu glavnog efekta. Kod preostalih genotipova do izražaja je pre svega došla

razlika u glavnom efektu, a znatno manje u interakciji. Kod sorti Bistrica i Mina ili Tiha i Pema, uočena je razlika u glavnom efektu, ali ne i u interakciji. Kod sorti Prima i Pobjeda, ispoljena je razlika samo u interakciji, dok su razlike između KG-100 i NSR-5 izražene kako u glavnom efektu tako i u interakciji (Graf. 1).

Najmanja udaljenost tačaka od nulte vrednosti PCA 1 ose ukazuje na malu interakciju, odnosno na stabilnost posmatranih genotipova. Kako su se Takovčanka, Prva, Toplica, Tera, Kremna, Jarebica i Gruža našle neposredno uz pomenutu nultu vrednost, to ukazuje na njihovo stabilno ponašanje u pogledu ekspresije energije testa. Najveći efekat interakcije na pozitivnoj strani PCA 1

ose ispoljen je kod sorti KG-100 i Prima. Kod sorte Prima, prosečna vrednost je bila na nivou opšteg proseka, dok je KG-100, odmah posle sorte Bistrica, ostvarila najmanji prosečni rezultat. Najveći efekat interakcije na negativnoj strani PCA 1 ose uočen je kod sorte NSR-5. Ova sorta ostvarila je i najveću prosečnu vrednost analiziranog svojstva (Graf. 1).



*Graf. 1. AMMI biplot za energiju pšenice  
Graph. 1. AMMI biplot for wheat energy*

Pošto je veći broj genotipova ispoljio mali pojedinačni efekat interakcije, to se odrazilo i na pozicije spoljnih sredina, što pokazuje da lokaliteti pre svega odslikavaju ponašanje genotipova u posebnim agroekološkim sredinama. Na osnovu toga se može zaključiti da su u Indiji, Kragujevcu, Sremskoj Mitrovici i Novom Sadu analizirani genotipovi slično reagovali na promene spoljašnjih faktora. Lokacije Indija i Novi Sad su ispoljile odre-

đene razlike u pogledu glavnog efekta, a Kragujevac i Sremska Mitrovica u pogledu interakcije.

U Kragujevcu su agroekološki uslovi doprineli najstabilnijem ponašanju sorti, pri čemu je ostvarena prosečna vrednost na nivou opšteg proseka oglada. Na pozitivnoj strani PCA 1 ose najveći efekat interakcije u odnosu na sve posmatrane spoljne sredine ispoljen je u Žitoradi. Na ovom lokalitetu kao

i u Indiji, ostvarena je vrlo mala prosečna vrednost energije.

Pozitivna interakcija na lokalitetu Novi Sad ispoljena je kod sorti Pobjeda, Pesma i NSR-5, a u Kragujevcu kod sorti E-90 i Zlatka. Na najmanje prosečne vrednosti koje su KG-100 i Bistrica ostvarile na lokalitetu koji je pružio najbolje uslove za ekspresiju energije, ukazuje pozicija ovih sorti u odnosu na lokalitet Novi Sad (Graf. 1).

### Zaključak

Tera je izdvojena kao najstabilnija sorta sa vrednošću iznad proseka, dok je sorta Pesma ostvarila zadovoljavajuću stabilnost i visoku prosečnu vrednost za analizirano svojstvo. Nasuprot lokalitetu Kragujevac (KG), gde su agrokološki uslovi doprineli najstabilnijem ponašanju sorti na nivou opšteg proseka oglada, lokalitet Žitorada (ŽR) se pokazao nepovoljnim za ispitivanje ovog svojstva.

Uspešno testiranje genotipova u velikoj meri zavisi od broja i različitosti lokaliteta. Mali broj pažljivo odabranih lokaliteta može biti dovoljan za interpretaciju interakcije GxE, ali se korišćenjem većeg broja lokaliteta dobija realnija informacija o stabilnosti genotipova.

Visoke vrednosti energije na ekstenzogramu nisu uvek u skladu sa visokim tehnološkim kvalitetom. Zbog toga je unutrašnje stanje testa najlakše predvideti na osnovu odnosa između otpora i rastezanja testa. Imajući to u vidu, za dobijanje kvalitetnog proizvoda odlučujuća je usklađenost u njihovim međusobno promenljivim odnosima u toku izrade testa, fermentacije i pečenja.

### Literatura

Blumenthal C S, Bekes F, Batey I L, Wrigley C W, Moss H J, Mares D J, Barlow E W R (1991): Interpretation of grain quality results from wheat variety trials with reference to high temperature stress. *Aust J Agr Res* 42: 325-334

Denčić S, Kobiljski B, Malobabić M (2005): Pšenica - meca culpa. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, Novi Sad 41: 355-363

Đurić V, Denčić S, Mladenov N (1998): Uticaj vremenskih uslova u žetvi na tehnološki kvalitet pšenice kod sorti različitog vremena zrenja. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, Novi Sad 30: 443-451

Đurić V, Kobiljski B, Panković L (2005): Aktuelne NS-sortne pšenice kao sirovina za prerađivačku industriju.

Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad 41: 207-220

Đurić V, Mladenov N, Hristov N, Kondić-Špika A, Racić M (2008): Estimating technological quality in wheat by Hagberg falling number and Amylograph peak viscosity. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, Novi Sad 45: 21-26

Grausgruber H, Miesenberger S, Schoenlechner R, Vollmann J (2008): Influence of dough improvers on whole-grain bread quality of einkorn wheat. *Acta Alimentaria* 37: 379-390

Hagel I (2005): Sulfur and baking-quality of bread making wheat. *Landbauforschung volkenrode* 283: 23-36

Horvat D, Drezner G, Magdić D, Šimić G, Dvojković K, Lukinac J (2009): Effect of an oxidizing improver on dough rheological properties and bread crumb structure in winter wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) with different gluten strength. *Romanian agricultural research* 26: 35-40

Hoseney R C (1994): Principles of cereal science and technology. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minn.

Hristov N (2004): Uticaj genotipa i spoljne sredine na stabilnost prinosa i tehnološki kvalitet pšenice (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*). Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu

Hristov N, Mladenov N (2005): Pokazatelji tehnološkog kvaliteta pšenice u vremenu i prostoru. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, Novi Sad 41: 221-234

Hristov N, Mladenov N, Đurić V, Kondić-Špika A, Marjanović-Jeromela A (2009): Improvement of wheat quality in cultivars released in Serbia during the 20th century. *Cereal Res Commun* DOI: 10.1556/CRC.37.2009.4.9.

ICC 1994. Standard Methoden der internationalen Gesellschaft für Getreidechemie. Method 114/1. Verlag Moritz Schafer: Detmold, Germany

Janssen A M, van Vliet T, Vereijken J M (1996): Rheological behavior of wheat gluteins at small and large deformations. Comparison of two gluteins differing in bread making potential. *J Cereal Sci* 23: 19-31

Kokelaar J, van Vliet T, Prins A (1996): Strain hardening properties and extensibility of flour and gluten doughs in relation to breadmaking performance. *J Cereal Sci* 24: 199-214

Mann G, Diffey S, Allen H, Pampa J, Nath Z, Morel M K, Cullis B, Smith A (2005): Comparison of small-scale and large-scale extensibility of dough produced from wheat flour. *Austr J Agric Res* 56: 1387-1394

Mirsaeedghazi H, Emam-Djomeh Z, Mousavi SMA (2008): Rheometric measurement of dough rheological characteristics and factors affecting it. *Int J Agri Biol* 10: 112-119

Mladenov N, Przulj N, Hristov N, Đurić V, Milovanović M (2001): Cultivar-by-environment interactions for wheat quality traits in semiarid conditions. *Cereal Chem* 78: 363-367

Preston K R, Hoseney R C (1991): Application of the extensigraph. In: Rasper V F, Preston K R (eds.), *The extensigraph handbook*. American association of cereal chemists, St. Paul, Minn, 13-19

Rosada D (2004): Dough strength: Evaluation and techniques. *What's Rising? Baking Institute Newsletter*: San Francisco

SAS Institute Inc., 1990. SAS Institute, Cary, NC, USA

Torbica A, Antov M, Mastilović J, Knezević D (2007): The influence of changes in gluten complex structure on tech-



- nological quality of wheat (*Triticum aestivum* L.).  
Food Res Int 40: 1038-1045
- Tronsmo K M, Magnus E M, Baardseth P, Schofield J D  
(2003): Comparison of small and large deformation  
rheological properties of wheat dough and gluten. Ce-  
real Chem 80: 587-595
- Williams R M, O'Brien L, Eagles H A (2008): The influences of  
genotype, environment, and genotype x environment  
interaction on wheat quality. Aust J Agr Res 59: 95-111
- Zobel R W, Wright M J, Gauch H G (1988): Statistical analysis  
of yield trial. Agron J 80: 388-393

## **Effect of genotype x environment interaction on wheat dough energy**

**Nikola Hristov, Novica Mladenov, Veselinka Đurić, Ankica Kondić-Špika**

Institute of Field and Vegetable Crops, Maksima Gorko 30, 21000 Novi Sad

**Summary:** Dough energy of twenty Serbian winter wheat cultivars was analysed during three years at five locations. The highest mean value was with cultivar NSR-5, and the lowest with cultivar Bistrica. A highly significant difference was determined among the analysed cultivars, years and locations. AMMI model was used for analysis of genotype x environment interaction. A significant difference among genotypes in the main effect was observed based on AMMI analysis, and much less in interaction. The most stable cultivar was Tera with value above average, while cultivar Pesma had satisfactory stability and high average value for the analysed trait. Location Kragujevac had the most stable agro-ecological conditions and consequently the most stable cultivars at the level of general average of the trial, while location Žitorada had adverse conditions for analysis of this trait.

**Key words:** dough energy, genotype x environment interaction, stability, wheat

Primljeno / Received: 16.11.2009.

Prihvaćeno / Accepted: 01.12.2009.