



ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ОСНОВНИ КАЧЕСТВЕНИ ПОКАЗАТЕЛИ НА ОБИКНОВЕНА ПШЕНИЦА (*Triticum aestivum* L.)

RELATION BETWEEN MAJOR QUALITY CHARACTERISTICS OF WHEAT (*Triticum aestivum* L.)

Николай Димитров*, Албена Дуракова, Божидар Бозаджиев
Nikolay Dimitrov*, Albena Durakova, Bojidar Bozadjiev

Университет по хранителни технологии – Пловдив
University of Food Technologies – Plovdiv

*E-mail: bussy@mail.bg

Резюме

Наличието на статистическа връзка между специфична маса, хектолитрова маса, стъкловидност, твърдост, суров протеин и количество и качество на мокър глютен, определено чрез компресибилитета, е изследвано за 140 проби обикновена зимна пшеница, отглеждани в различни климатични региона на територията на България. Анализите на стъкловидността, хектолитровата и специфична маса са извършени по стандартни методи. Добивът на мокър глютен и компресибилитета са определен след ръчно отмиване, а количеството суров протеин и твърдостта - чрез NIR спектроскопия. Установена е силна корелация между добива на мокър глютен и съдържанието на суров протеин ($R^2=0,74$) и умерена корелация между твърдостта и стъкловидността ($R^2=0,29$); хектолитровата маса и твърдостта ($R^2=0,24$) и хектолитровата маса и стъкловидността ($R^2=0,18$). Не е установена статистически значима връзка между ДМГ и стъкловидността. Специфичната маса не зависи от компресибилитета, твърдостта и стъкловидността, а компресибилитетът не зависи от хектолитровата, специфичната маса, твърдостта и стъкловидността.

Abstract

The relationships of the test weight, thousand-kernel weight, vitreosity, hardness, protein content, gluten content and quality of gluten were investigated for 140 samples of winter wheat, grown in different climate regions in Bulgaria. The vitreosity, test weight and thousand-kernel weight were measured by standard methods. The gluten content was determined manually and the quality of gluten was determined by compressibility. The hardness and protein content were determined by applying the NIR technique. A strong correlation was established between the gluten and protein contents ($R^2=0.74$), and a moderate correlation – between the hardness and vitreosity ($R^2=0.29$), the test weight and hardness ($R^2=0.24$), and the test weight and vitreosity ($R^2=0.18$). No significant correlation between the gluten content and vitreosity was detected. The thousand-kernel weight is independent of hardness, vitreosity and gluten compressibility. The compressibility of gluten is independent of the test weight, thousand-kernel weight, hardness and vitreosity.

Ключови думи: пшеница, корелация, качествени показатели.

Key words: wheat, correlation, quality factors.

ВЪВЕДЕНИЕ

Специфичната и хектолитровата маса, стъкловидността, твърдостта, добивът на мокър глютен (ДМГ) и неговото качество и съдържанието на суров протеин са основните показатели, характеризиращи млевното и хлебопекарното качество на пшениченото зърно.

Стъкловидността е свързана със структурата на ендосперма. Стъкловидността обикновено се доказва визуално като стъкловиден и брашнен ендосперм след разрязване на зърното. Твърдостта се

определя по различни методики, като с увеличаване на протеините твърдостта нараства (Bettge & Craig, 2000; Cornell, 2003). Slaughter et al. (1992) съобщават за статистически значима линейна корелация на твърдостта със съдържанието на протеини и структурата на ендосперма. Sablani & Ramaswamy (2003) считат, че колкото по-стъкловиден е ендоспермът, толкова по-високо е съдържанието на протеини. Ionescu et al. (2010) изследват връзката между количеството протеини и добива на мокър глютен, отмит чрез различни методи. Те считат, че методът на

отмиване на glutena влияе върху отношението между двата показателя.

Изследвания на мека пшеница разкриват умерена корелация между хектолитровата и специфичната маса и между специфичната маса и протеините, както и слаба корелация между хектолитровата маса, съдържанието на протеини и твърдостта (Hruskova & Svec, 2009).

Всички цитирани изследвания са проведени с характерни за съответните региони и условия на отглеждане пшеници. Поради това целта на настоящата работа е да се установи наличието на статистическа връзка между специфичната маса, хектолитровата маса, стъкловидността, твърдостта, суровия протеин и количеството и качеството на мокрия gluten на пшеници, отглеждани при климатичните условия на България, като се използват стандартни и общоприети за страната методи за анализ.

МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

Обект на изследването е обикновената зимна пшеница (*Triticum aestivum* L.). Анализирани са 140 проби, отглеждани в различни климатични региони на територията на нашата страна през периода 2005/2006 г. Пробите бяха почистени от примеси и съхранявани 3 месеца при относителна влажност под 75% и свободен достъп на въздух за пълно протичане на процеса на следжътвено дозряване.

Предварително е определена влажността на пробите чрез сушене на 5 g смляно зърно при температура 130+/-2°C за време 2 h. Резултатът е средна стойност от 3 паралелни анализа.

За всяка от пробите са изследвани: специфична маса, хектолитрова маса, стъкловидност, твърдост, съдържание на суров протеин и добив на мокър gluten. Качеството на мокрия gluten беше определено чрез компресибилитета.

Анализите на стъкловидността, хектолитровата и специфична маса са извършени съгласно с установените стандарти: за стъкловидност – БДС 13378:1976; за хектолитрова маса – БДС EN ISO 7971-2:2000; за специфична маса – БДС ISO 520:2003.

Добивът на мокър gluten и компресибилитета са определени след ръчно отмиване (БДС EN ISO 21415-1:2007), а количеството суров протеин и твърдостта – инструментално – чрез спектроскопия в близката инфрачервена област на проба от смляно зърно (PerCon INFRAMATIC 8611, Parten Instruments AB, Sweden).

За надеждно съпоставяне на резултатите специфичната маса, количеството суров протеин и твърдостта са изразени на база сухо вещество.

Всеки от анализите е проведен с от 3 до 5 паралелни измервания.

Взаимното влияние на показателите е установено чрез F-критерия на Фишер, като всеки показател е съпоставен с останалите. За всяка от двойките показатели е извършен линеен корелационен анализ, а за тези с най-висок коефициент на корелация са изведени съответните зависимости и е проверена адекватността на модела. Значимостта на коефициентите е установена чрез t-критерия на Стюдънт. Статистическите анализи са извършени с програмата STATGRAPHICS 5.0 (StatPoint Technologies, Inc., USA).

РЕЗУЛТАТИ

Преди провеждане на анализите пробите бяха инспектирани органолептично. Всяка от тях беше с характерен цвят, мирис и вкус. Не бяха открити зърна, повредени от болести и неприятели, както и такива, заразени от складови вредители.

Статистически данни за отделните показатели са показани в табл. 1. В най-тесен интервал се изменят компресибилитетът, твърдостта и хектолитровата маса, а в най-широк – стъкловидността.

Резултатите от дисперсионния анализ при ниво на доверие 99% показват статистически значимо влияние на количеството суров протеин, твърдостта и хектолитровата маса върху ДМГ (табл. 2). Наблюдава се и връзка между стъкловидността, суровия протеин, твърдостта и хектолитровата маса. При ниво на доверие 95% е установена статистическа връзка между ДМГ и компреситетата; ДМГ и специфичната маса; суровия протеин и компресибилитета; и суровия протеин и специфичната маса. Не се наблюдава статистически значима връзка между ДМГ и стъкловидността. Специфичната маса не е свързана с компресибилитета, твърдостта и стъкловидността, а компресибилитетът не се влияе от хектолитровата, специфичната маса, твърдостта и стъкловидността.

Корелационният коефициент R^2 показва колко процента от измененията на функцията се обясняват от линейния модел (табл. 3). Най-висока стойност ($R^2=0,739$) има зависимостта на ДМГ от количеството на суровия протеин, което показва силна корелация между двата изследвани параметъра (фиг. 1). Изведеният линеен модел е адекватен на опитните данни при ниво на доверие 99% и коефициентите „a“ и „b“ са статистически значими (табл. 4).

Умерена корелация се наблюдава между твърдостта, стъкловидността и хектолитровата маса, като най-силна е връзката между твърдостта и стъкловидността ($R^2=0,292$), следвана от връзката хектолитрова маса–твърдост ($R^2=0,241$), а най-слаба е между хектолитровата маса и стъкловидността – $R^2=0,182$ (фиг. 1). Моделите адекватно описват връзката между параметрите, въпреки ниските коефициенти на корелация. Наличието на взаимна корелация между



Таблица 1. Сумарна статистика на изследваните качествени показатели (n=140)
Table 1. Summary statistics of the investigated quality characteristics (n=140)

Показатели Quality characteristics	Средна стойност Mean	Стандартно отклонение (SD)	Минимум Min	Максимум Max	Стандартно отклонение от средната * (MSD)
ДМГ (ДМГ) Gluten content (GC)	21,40	3,237	12,1	29,4	1,750
Суров протеин (СП) Protein content (PC)	9,99	0,777	8,0	12,8	0,088
Компресибилитет (КО) Compressibility (K)	143,67	8,643	124,0	167,0	1,856
Хектолитрова маса (ХМ) Test weight (Tw)	79,49	2,211	72,9	83,5	0,440
Маса 1000 зърна (СМ) Thousand kernel weight (ТМК)	39,21	3,137	29,6	45,5	0,105
Стъкловидност (СТ) Vitreosity (V)	36,31	17,940	3,0	92,0	4,025
Твърдост (ТВ) Hardness (H)	53,61	3,49	44,0	58,0	1,54

*Представява средна стойност на стандартните отклонения (SD), получени от паралелни измервания в отделните точки.
 *Mean of Standard Deviations (SD) in every point.

Таблица 2. Взаимно влияние между изследваните показатели на зимна пшеница. Горната цифра изразява стойността на критерия на Фишер (F), а долната – вероятността (P>F)

Table 2. Relationship between quality characteristics of winter wheat. Upper figures shows the value of the F-test statistics (F) and lower figure shows probability (P>F)

Показатели Quality characteristics	(ДМГ) (GC)	(СП) (PC)	(КО) (K)	(ХМ) (TW)	(СМ) (ТМК)	(СТ) (V)	(ТВ) (H)
ДМГ (ДМГ) Gluten content (GC)	-	370,51a <0,01	6,53b 0,012	7,79a <0,01	4,04b 0,046	0,01 0,93	12,33a <0,01
Суров протеин (СП) Protein content (PC)		-	6,61b 0,011	8,31a <0,01	4,24b 0,041	14,92a <0,01	14,48a <0,01
Компресибилитет (КО) Compressibility (K)			-	0,42 0,516	3,54 0,062	0 0,97	1,80 0,181
Хектолитрова маса (ХМ) Test weight (TW)				-	2,40 0,123	30,0a <0,01	43,84a <0,01
Маса 1000 зърна (СМ) Thousand kernel weight (ТМК)					-	0,06 0,81	0,04 0,84
Стъкловидност (СТ) Vitreosity (V)						-	56,8a <0,01
Твърдост (ТВ) Hardness (H)							-

Между стойностите, означени с „а“, съществува значима връзка при ниво на доверие 99,0%, а между тези, означени с „b“, съществува значима връзка при ниво на доверие 95,0%.

There is statistical relationship between quality characteristics marked with „a“ at confidential level 99,0%. There is statistical relationships between quality characteristics marked with „b“ at confidential level 95,0%.

Table 3. Коефициенти на корелация (R^2) между изследваните показатели
Table 3. Correlation coefficients (R^2) between quality characteristics

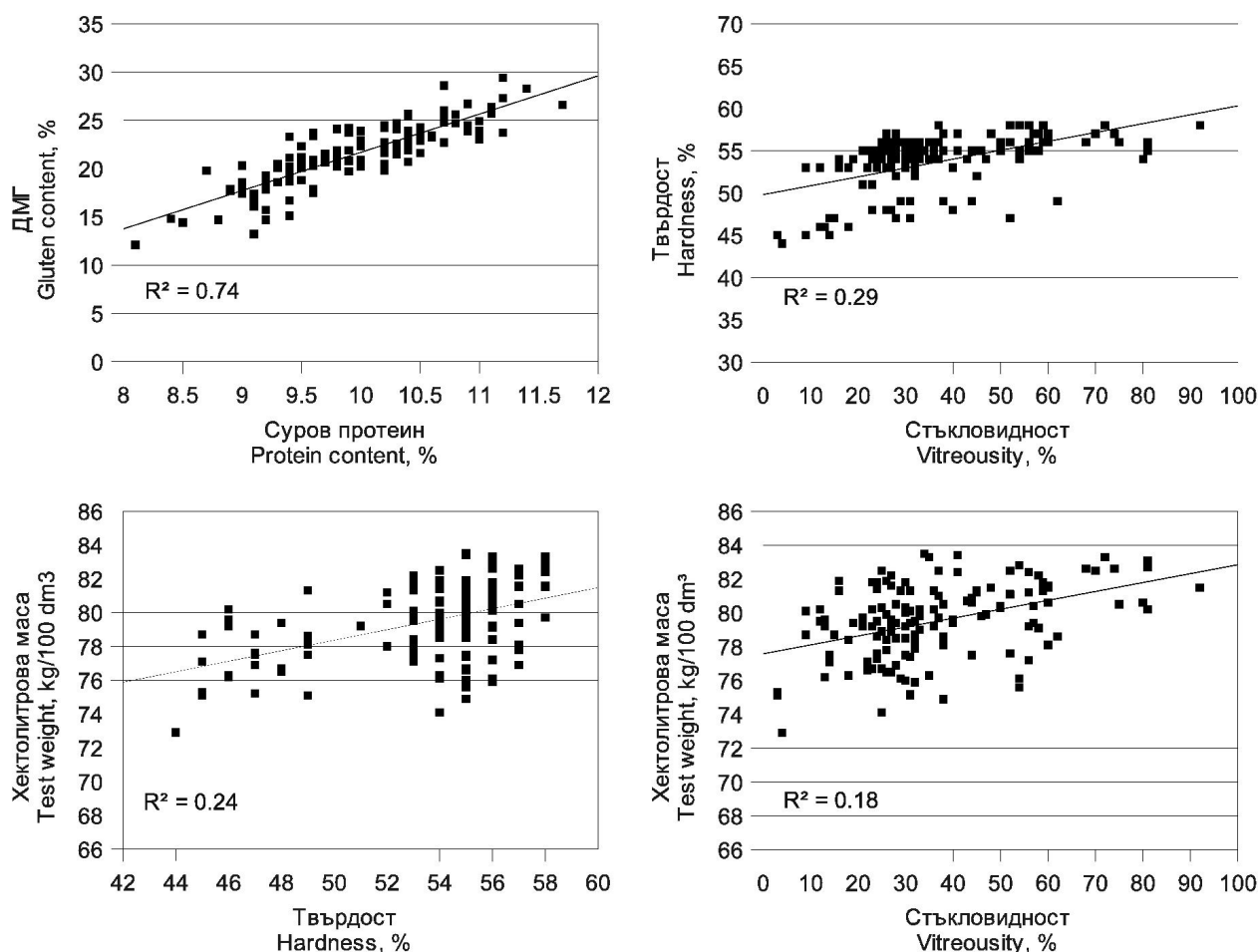
Показатели Quality characteristics	(ДМГ) (GC)	(СП) (PC)	(КО) (K)	(ХМ) (TW)	(СМ) (TWK)	(СТ) (V)	(ТВ) (H)
Дмг (ДМГ) Gluten content (GC)	1,000	0,739*	0,045	0,053	0,028	<0,001	0,082
Суров протеин (СП) Protein content (PC)		1,000	0,046	0,057	0,030	0,098*	0,095
Компресибилитет (КО) Compressibility (K)			1,000	<0,001	0,025	<0,001	0,013
Хектолитрова маса (ХМ) Test weight (TW)				1,000	0,017	0,182*	0,241*
Маса 1000 зърна (СМ) Thousand kernel weight (TWK)					1,000	<0,001	<0,001
Стъкловидност (СТ) Vitreosity (V)						1,000	0,292*
Твърдост (ТВ) Hardness (H)							1,000

*Статистически значими (различни от нула) при ниво на доверие 95,0%.

*Statistically different of zero at confidential level 95,0%.

Таблица 4. Статистически анализ на получените линейни зависимости от вида $y=ax+b$
Table 4. Statistical analysis of linear correlation ($y=a*x+b$)

Параметър Figure	Коефициенти/ Coefficients		Адекватност на модела/Lack-of-fit		
	a	b	df	F	P>F
ДМГ=3,9640*СП – 17,960/GC=3,9640*PC – 17,960					
SE=	0,2059	2,0563	28;111	1,30	0,1689
T=	19,2484	-8,7342			
P(a, b=0)=	<0,001	<0,001	моделът е адекватен/the model is adequate		
ХМ=0,3111*ТВ + 62,806/TW=0,3111*H + 62,806					
SE=	0,0470	2,5241	12;126	1,21	0,283
T=	6,62	24,88			
P(a, b=0)=	<0,001	<0,001	моделът е адекватен/the model is adequate		
ТВ=2,7756*СТ – 112,505/H=2,7756*V – 112,505					
SE=	0,368	19,77	12;126	5,53	0,052
T=	7,54	-5,69			
P(a, b=0)=	<0,001	<0,001	моделът е адекватен/the model is adequate		
ХМ=0,05265*СТ + 77,576/TW=0,05265*V + 77,576					
SE=	0,0095	0,3839	51;87	1,01	0,47
T=	5,55	202			
P(a, b=0)=	<0,001	<0,001	моделът е адекватен/the model is adequate		



Фиг. 1. Зависимости между качествени показатели с най-висок коефициент на корелация R^2 .

Всички точки представляват средни стойности от 3 до 5 паралелни измервания

Fig. 1. Relation between the wheat quality characteristics with highest correlation coefficient (R^2).

All points are mean values of 3 to 5 replications

трите качествени параметъра предполага наличие на мултикорелационен модел. Подобен модел беше изведен, но единият от коефициентите е незначим, т.е. статистически неразличим от нула. Поради това моделът с три параметъра се превръща в две отделни зависимости (табл. 4).

Между останалите показатели, при които е установена статистически значима връзка, се наблюдава слаба корелация. Коефициентите на корелация (R^2) са от 0,028 до 0,098 и са статистически незначими. Изключение прави връзката стъкловидност–суров протеин, при която коефициентът на корелация е значим. Във всички тези случаи линейният модел може да опише под 10% от измененията на функцията, поради което не можем да говорим за наличие на корелационна връзка.

ОБСЪЖДАНЕ

В проведеното изследване е установена силна корелационна връзка между добива на мокър глутен и

количеството на протеините в зърното. Подобна корелация ($R^2 = 0,95$) е наблюдавана от Chinnaswamy et al., 2005. Изследване на Американското министерство на земеделието установява силна корелация ($R^2=0,74$) между количеството протеини и ДМГ, отмит с Glutomatic система (USDA, 2009). Установената от нас силна корелационна връзка потвърждава цитираните публикации, като адекватността на линейния модел дава основания да се счита, че получената зависимост може да бъде използвана в практиката за конвертиране на единия параметър в другия и обратно.

Коефициентът „а“ пред суровия протеин (СП) посочва какво количество мокър глутен отговаря на 1% суров протеин. Известно е, че сухото вещество в глутена е 33-35%, а съдържанието на протеини е 80% (Wrigley & Batey, 2003). Следователно хидратацията на протеините в глутена е от 3,6 до 3,7 – стойност, близка до получената 3,964, като се има предвид, че част от протеините в зърното са водоразтворими и не участват

във формирането на глутена. В корелацията протеини - мокър глутен, отмит с Glutomatic система, коефициентът „а“ е 3,029 (USDA, 2009), като вероятна причина за разликата е методът на отмиване на глутена.

Добивът на мокър глутен зависи от хидратацията на глутенообразуващите протеини, а тя е свързана със съотношението на отделните фракции глиадин и глутенин в зърното. Това означава, че между ДМГ и неговото качество, изразено с компресибилитета, съществува връзка, което се потвърждава от направеното изследване. Ниският коефициент на корелация между тези показатели ($R^2=0,045$) може да се обясни с тесния интервал на вариране на компресибилитета при анализирани от нас проби. В 95% от случаите той е под 150 единици. Поради това са необходими допълнителни изследвания на пшеници с нисък и с висок компресибилитет с цел търсене на зависимост с по-висок коефициент на корелация.

Хектолитровата маса на зърното е показател за неговата плътност и здравина, но зависи също така от формата, изравнеността във формата и размерите и състоянието на повърхността. Въпреки наличието на статистически значима връзка, не се наблюдава корелация ($R^2<0,057$) между хектолитровата маса и показателите, характеризиращи хлебопекарното качество на зърното - суров протеин, ДМГ и компресибилитет. Тези резултати се потвърждават и от (Hruskova & Svec, 2009), които изследват връзката между хектолитровата маса и количеството на суровия протеин. От тук следва, че хектолитровата маса не е добър признак за хлебопекарното качество на зърното. Противно на това, умерената корелация между хектолитровата маса, стъкловидността и твърдостта я определя като показател, чрез който може индиректно да се съди за млевното качество на пшеницата.

Интерес представлява липсата на статистическа връзка между хектолитровата и специфичната маса, въпреки че Hruskova & Svec (2009) разкриват умерена корелация между тези два параметъра. Вероятна причина за разликата между двете изследвания може да се търси в различните методи на измерване и различния набор от проби. Специфичната маса се влияе в по-голяма степен от плътността на зърното, а хектолитровата – от формата на зърното.

Терминът „твърдост“ се отнасят до млевното качество на зърното. Общоприетото становище за показателя „твърдост“ се свързва със съпротивлението на раздробяване (Cornell, 2003). Стъкловидността е индиректен показател за твърдостта на зърното, като получената умерена корелация потвърждава това. Настоящото изследване, както и изследване на Hruskova & Svec (2009), не потвърждава силната връзка между твърдостта и съдържанието на протеини. Това доказва твърдението на някои автори, че твърдостта,

респективно структурата на ендосперма, зависи не само от съдържанието на протеини, а и от структурата на тези протеини и начинът им на свързване с нишестените зърна (Bettge & Craig, 2000; Morris, 2002; Malouf, 1989).

Настоящото изследване допринася за по-добро разбиране на взаимовръзките между отделните качествени показатели и влиянието на тези показатели върху хлебопекарното и млевното качество на меката пшеница. Наличието или липсата на връзки дава насока за разкриване на взаимодействия между отделните структурни компоненти и разкрива влиянието на тези компоненти върху качеството на зърното като цяло. Установената зависимост между добива на мокър глутен и съдържанието на протеини е важна с оглед на оценката на хлебопекарното качество на зърното, което в България повсеместно се определя чрез евтиния, но не особено точен метод на определяне на количеството и качеството на мокрия глутен. Чрез тази зависимост добивът на мокър глутен може да се конвертира в по-разпространения в световната търговия показател – суров протеин, и обратно. По този начин може да се конкретизира насоката за преработване на отделни партиди зърно в брашна, специализирани за производството на различни хлебни и сладкарски изделия. Зависимостта може да се използва и при разработване на стандарти и др. и наличие на обективни трудности за анализирането на единия или другия показател.

ИЗВОДИ

1. Наблюдавана е силна корелация между добива на мокър глутен (ДМГ) и съдържанието на суров протеин ($R^2 = 0,74$). Установена е линейна зависимост, чрез която може да се прогнозира ДМГ при известно количество суров протеин.
2. Установена е умерена корелация между твърдостта и стъкловидността; хектолитровата маса и твърдостта; и хектолитровата маса и стъкловидността. Не е установена статистически значима връзка между ДМГ и стъкловидността.
3. Специфичната маса не се влияе от компресибилитета, твърдостта и стъкловидността, а компресибилитетът не зависи от хектолитровата, специфичната маса, твърдостта и стъкловидността.

LITERATURA

- Bettge, A.D., F.M. Craig, 2000. Relationships Among Grain Hardness, Pentosan Fractions, and End-Use Quality of Wheat. – *Cereal Chem.*, 77: 241-247.
- Chinnaswamy, R., C. Kao, T. Norden, B. Allvin, J. Perten, C. Brenner, R. Pierce, 2005. Evaluation of Wet Gluten Properties of U.S. Export Wheats. – In: *Proceedings of the Third International Wheat Quality Conference*, May 22-26.



- Cornell, H., 2003. The chemistry and biochemistry of wheat. In *Bread making Improving quality*. Stanley P. Cauvain (Ed.), 15-20. CRC Press and Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England.
- Hruskova, M., I. Svec, 2009. Wheat Hardness in Relation to Other Quality Factors. – Czech. J. Food Sci., 27: 240-248.
- Ionescu, V., G. Stoenescu, I. Vasilean, I. Aprodu, I. Banu, 2010. Comparative Evaluation of Wet Gluten Quantity and Quality Through Different Methods. – The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati, 34(2): 44-48.
- Malouf, R.B., 1989. A study of wheat hardness using tablets made from reconstituted flour. Ph.D. Dissertation. Kansas State University, Manhattan.
- Morris, C.F., 2002. Puroindolines: the molecular genetic basis of wheat grain hardness. – Plant Mol. Biol., 48(5-6): 633-647.
- Sablani, S.S., H.S. Ramaswamy, 2003. Physical and Thermal Properties of Cereal Grains. In *Handbook of Postharvest Technology*. Chakraverty A, Mujumadr AS, Vajaya Raghavan GS & Ramaswamy SH (Eds.), 17-18. Marcel Dekker, Inc. New York, Basel.
- Slaughter, D.C., K.N. Norris, W.R. Hruschka, 1992. Quality and classification of hard red wheat. – Cereal Chemistry, 69: 428-432.
- USDA, 2009. Wet Gluten Analysis and NIRT Calibration. Grain Inspection Packers and Stockyards Administration.
- Wrigley, C., I. Batey, 2003. Assessing grain quality. In *Bread making Improving quality*. Stanley P. Cauvain (Ed.), 15-20. CRC Press and Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England.

БЛАГОДАРНОСТИ

Изказваме нашата сърдечна благодарност на проф. д-р Ана Кръстева за цялостната координация на изследванията.

Статията е приета на 22.09.2012 г.

Рецензент – проф. д-р Борис Янков

E-mail: bjankov@au-plovdiv.bg