

## VLIV STRUKTURY ENDOSPERMU OBILKY JEČMENE (*HORDEUM VULGARE L.*) NA KVALITU SLADU

### EFFECT OF THE ENDOSPERM STRUCTURE OF BARLEY CARYOPSIS (*HORDEUM VULGARE L.*) ON MALT QUALITY

Vratislav PSOTA, VÚPS, a. s., Sladařský ústav, Mostecká 7, 614 00 Brno / RIBM, PLC, Malting Institute, Mostecká 7, CZ-614 00 Brno, e-mail: psota@brno.beerresearch.cz

Karel VEJRAŽKA, Zemědělský výzkum s. r. o. Troubsko, Zahradní 1, 664 46 Troubsko / Agricultural Research Ltd. Troubsko, Zahradní 1, CZ-664 46 Troubsko

Jiří HARTMANN, ÚKZÚZ, Hroznová 2, 656 06 Brno / CISTA, Hroznová 2, CZ-656 06 Brno

Markéta MUSILOVÁ, MZLU v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno / MUAUF in Brno, Zemědělská 1, CZ-613 00 Brno

**Psota, V. – Vejražka, K. – Hartmann, J. – Musilová, M.: Vliv struktury endospermu obilky ječmene (*Hordeum vulgare L.*) na kvalitu sladu.** Kvasny Prum. 54, 2008, č. 10, s. 294–299.

U 20 odrůd ječmene byl stanoven obsah bílkovin, škrobu a vybrané sladovnické znaky. Moučnatost byla stanovena pomocí Light Transflectance Meter (LTm) a tvrdost pomocí přístroje Single Kernel Characterization System 4100 (SKCS). Moučnatost a tvrdost byly ovlivněny lokalitou z 87 % (LTm) respektive 83 % (SKCS). Významné korelace byly zjištěny mezi LTm, SKCS a obsahem škrobu, obsahem extraktu, Kolbachovým číslem, friabilitou, beta-glukany ve sladině. Vysoká korelace byla nalezena mezi oběma použitými, fyzikálně odlišnými metodami (LTm a SKCS).

**Psota, V. – Vejražka, K. – Hartmann, J. – Musilová, M.: Effect of the endosperm structure of barley caryopsis (*Hordeum vulgare L.*) on malt quality.** Kvasny Prum. 54, 2008, No. 10, p. 294–299.

Protein content, starch content and selected malting parameters were assessed in 20 varieties of two-row spring barley. Mealiness was assessed using the Light Transflectance Meter (LTm) and hardness using the Single Kernel Characterization System 4100 (SKCS). Effect of the locality on mealiness and hardness was 87 % (LTm) or 83 % (SKCS). Significant correlations were found between LTm, SKCS and starch content, extract content in malt, Kolbach index, friability, and beta-glucan content in wort. High correlation was found between the two physically different methods used (LTm and SKCS).

**Psota, V. – Vejražka, K. – Hartmann, J. – Musilová, M.: Der Einfluss der Endospermstruktur von Gerstengrasfrucht auf die Malzqualität.** Kvasny Prum. 54, 2008, Nr. 10, S. 294–299.

Der Eiweiß- und Stärkegehalt und weitere ausgewählte Malzparameter wurden bei den 20 Gerstensorten festgestellt. Die Mehligkeit wurde mittels der Methode Light Transflectance Meter (LTm) und die Härte am Messapparat Single Kernel Characterization System 4100 (SKCS) gemessen. Durch die Lokalität wurden die Werte von der Mehligkeit und der Grasfruchthärte von 87 % (Methode LTm), beziehungsweise von 83 % (Methode SKCS) beeinflusst. Weiterhin wurden die bedeutende Korrelationen unter den LTm, SKCS und Stärkegehalt, Extraktgehalt, Kolbachindex, Friabilität, beta-Glukans in der Würze bestimmt. Eine hohe Korrelation wurde zwischen den angewandten, physikalisch unterschiedlichen Methoden (LTm und SKCS) gefunden.

**Псота, В. – Вейражка, К. – Гартманн, Й. – Мусилова, М.: Влияние структуры эндосперма зерновки ячменя (*Hordeum vulgare L.*) на качество солода.** Kvasny Prum. 54, 2008, No. 10, стр. 294–299.

У двадцати сортов ячменя было определено содержание белковых веществ, крахмала и избранные пивоваренные знаки. Мучнистость была определена с помощью Light Transflectance Meter (LTm) и твердость с помощью аппарата Single Kernel Characterization System 4100 (SKCS). Оказалось влияние региона на мучнистость и твердость из 87 % (LTm) или же 83 % (SKCS). Выдающиеся корреляции были определены между LTm, SKCS и содержанием крахмала, экстракта, числом Кольбаха, показанием фриабилитета, бета-глюканами в сусле. Высокая корреляция найдена между обоими примененными, из физической точки зрения различными методами (LTm и SKCS).

**Klíčová slova:** ječmen, kvalita sladu, moučnatost, tvrdost

**Keywords:** barley, malting quality, grain mealiness, grain hardness

#### 1 ÚVOD

U obilek ječmene, ale i pšenice, rozlišujeme podle odrazu světla na jejich lomu dva odlišné typy endospermu: moučný a sklovitý. Rozdíly mezi nimi jsou dány úrovní kompaktnosti endospermu. Moučný endosperm má otevřenější strukturu, škrobová zrna jsou v bílkovinné matici volněji uložena. Světlo se, po dopadu na povrch lomu obilkou, láme různými směry a vytváří tak dojem kyprého moučného povrchu. Sklovitý endosperm je charakteristický těsným spojením škrobových zrn a bílkovinné matrice a může mít také větší hustotu bílkovinné matrice než endosperm moučný [1]. Sklovitý endosperm světlo odráží více méně jedním směrem a vytváří tak dojem sklovitosti. Často se vyskytují endospermy, které nejsou jednoznačně vyhraněné a svými vlastnostmi se nacházejí někde mezi moučným a sklovitým typem endospermu.

Se sklovitostí úzce souvisí tvrdost. Tvrdost se definuje jako odpor, který klade materiál proti vnikání cizího tělesa. Tato vlastnost souvisí se strukturou endospermu, hlavně s uložením škrobových zrn v bílkovinné matici. Tvrdost obilky je odrůdovou vlastností a je používána pro hodnocení šlechtitelského materiálu především u pšenice a ječmene.

#### 1 INTRODUCTION

Two different types of endosperm, mealy and glassy, are distinguished based on the reflection of light on caryopsis fracture in barley and wheat. Differences in them are given by the compactness of endosperm. The mealy endosperm has a more open structure, starch grains are packed more loosely in the protein matrix. Light after reaching the caryopsis surface refracts in various directions and creates an image of plump mealy surface. The glassy endosperm is characterized by more compact embedding of starch granules into a protein matrix and it can also have a higher density of protein matrix than the mealy endosperm [1]. The glassy endosperm reflects light more or less in one direction and creates an image of glassiness. Endosperms which are not clearly defined, occur frequently, their characteristics are somewhere between the mealy and glassy type of the endosperm.

Hardness is closely related to glassiness. Hardness is defined as a resistance of material to penetration of foreign substances. This character is connected with the endosperm structure, mainly with embedding of starch granules into a protein matrix. Hardness of cary-

Při sladování ječmene dochází ke strukturálním změnám vlivem modifikace buněčných stěn, proteinové matrice a škrobových zrn. Úroveň modifikace je určována aktivitou příslušných hydrolytických enzymů a přístupností rozkládaného substrátu, tj. buněčných stěn, bílkovinné matrice a škrobových zrn. Vysoká kompaktnost endospermu, která způsobuje tzv. sklovitost, je příčinou pomalé a nedostatečné modifikace. Při sladování za stejných podmínek je tedy úroveň modifikace moučných a sklovitých zrn různá, což vede k heterogenně vyrobeného sladu.

Pro hodnocení sklovitosti a moučnatosti obilky lze použít přístroj Light Transflectance meter – LTm. Funkce přístroje LTm je založena na kvantitativním měření průchodu laserového paprsku obilkou ječmene nebo pšenice. Obilky ječmene není nutno zbavovat pluchy, protože laserový paprsek je schopen pluchou proniknout. Metoda je ne-destruktivní, což vyhovuje potřebám hodnocení šlechtitelského materiálu v rané fázi šlechtitelského programu.

## 2 MATERIÁL A METODY

V pokusu byly analyzovány vzorky 20 odrůd jarního, dvouřádeho ječmene se sladovnickou i nesladovnickou kvalitou (tab. 1). Osivo bylo získáno ze 4 zkušebních lokalit Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského (Věrovany, Čáslav, Lednice, Vysoká) ve sklizňovém roce 2006. V nesladovaných obilkách ječmene byl stanoven obsah bílkovin, škrobu a neškrobových polysacharidů ( $\beta$ -glukanů).

Pro mikroskladování a měření na přístrojích Light Transflectance meter (LTm) a Single-kernel characterisation system (SKCS 4100) byl použit přeпад zrna na síte 2,5 mm.

Dle metodik, dodávaných s přístroji, byly u zrna stanoveny hodnoty moučnatosti na přístroji LTm (BRi) a hodnoty tvrdosti na přístroji SKCS 4100 (Perten). Hodnoty sklovitosti pak tvoří dopočet do 100 procent. Nejprve byly vzorky proměřeny na přístroji LTm. Tento přístroj proměřuje najednou 97 zrn. Tato zrna byla následně proměřena na přístroji SKCS 4100. V rámci tohoto měření jsou zrna v přístroji drcena. Souběžně byly vzorky zrna mikroskladovány dle standardního postupu VÚPS, který vychází z metodiky MEBAK [2].

Výsledky byly statisticky hodnoceny analýzou variance s následným mnohonásobným testováním významnosti jednoduchých kontrastů, korelační analýzou. Byly použity statistické programy REML a SPSS.

## 3 VÝSLEDKY A DISKUSE

### Vliv složení obilky

Množství a kvalita dusíkatých látek obsažených v obilce výrazným způsobem ovlivňují její fyzikální vlastnosti [3, 4]. Výsledky výzkumu naznačují, že i když je sklovitost spojována s vysokým obsahem dusíku a moučnatost naopak s nízkým obsahem dusíku [5], sklovitý nebo moučný endosperm mohou mít zrna s podobným obsahem dusíku [6].

Rozpětí, ve kterém se obsah bílkovin v jednotlivých vzorcích sledovaného souboru pohyboval, bylo úzké (10–12,5 %). Vliv obsahu bílkovin na tvrdost obilky zjištěnou přístrojem SKCS byl statisticky neprůkazný. Optická metoda (LTm) zaznamenala sice malý, ale výsoce průkazný vliv obsahu dusíkatých látek na průchod laserového paprsku. Se vzrůstajícím obsahem dusíkatých látek vzrůstá i tvrdost obilky, což zjistili například Allison et al. [8] a další [9, 10]. Podstatnější vliv na tvrdost obilky má pravděpodobně kvalitativní složení bílkovin. Slack et al. [11] předpokládají, že hordeiny v proteinové matrici představují hlavní překážku odbourávání škrobových zrn. Se vzrůstajícím obsahem hordeinů klesá obsah extraktu a stoupá viskozita sladin [12]. Jednotlivé skupiny hordeinů vykazují různé biochemické vlastnosti a různé složení aminokyselin, což se odráží

Tab. 1 Charakteristika odrůd / *Variety description*

Odrůda / <i>Variety</i>	Ukazatel sladovnické jakosti (USJ) / <i>Malting quality index (MOI)</i>	Země původu / <i>Country of origin</i>	Odrůda / <i>Variety</i>	Ukazatel sladovnické jakosti (USJ) / <i>Malting quality index (MOI)</i>	Země původu / <i>Country of origin</i>
Tolar	2,0	CZ	Sebastian	7,0	DK
Calgary	3,5	F	Xanadu	7,0	D
Radegast	4,5	CZ	Kompakt	7,0	SK
Malz	5,5	CZ	Respekt	7,4	CZ
Bojos	6,0	CZ	Nitran	7,9	SK
Prestige	6,0	GB	Saloon	8,4	GB
Jersey	6,5	NL	Bolina	N	D
Faustina	6,8	D	Heris	N	CZ
Class	6,9	F	Orthega	N	D

opsis is a character of a variety and it is used for the evaluation of a breeding material, first of all in wheat and barley.

During barley malting, modification of cell walls, protein matrix and starch granules leads to structural changes. Level of modification is given by activity of relevant hydrolytic enzymes and accessibility of the digested substrate, i.e. cell walls, protein matrix and starch granules. High compactness of endosperm causing a so-called glassiness is a reason of slow and insufficient modification. It means that malting under the

same conditions provides different level of modification of glassy and mealy granules, which accounts for heterogeneity of the produced malt.

The Light Transflectance meter – LTm can be used for the evaluation of glassiness and mealiness of caryopses. Technique of this instrument is based on the quantitative measurement of laser beam propagation through a barley or wheat caryopsis. Barley caryopses are not required to be dehulled as laser beam is able to penetrate the hull. The method is non-destructive which meets the requirements for the evaluation of the breeding material in an early phase of the breeding program.

## 2 MATERIAL AND METHODS

Samples of 20 spring two-row barley varieties with malting and non-malting quality were analyzed (Tab. 1). Seed was obtained from 4 testing localities of Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture (Věrovany, Čáslav, Lednice, Vysoká) in harvest year 2006. Contents of protein, starch and non-starch polysaccharides ( $\beta$ -glucans) in non-malted barley caryopses were determined.

Sieving fractions above 2.5 mm were used for micromalting and measurement on the Light Transflectance meter (LTm) and Single-Kernel Characterisation System (SKCS 4100) instruments.

According to the methodology supplied with the instruments, the values of mealiness were assessed in grains on the LTm (BRi) and values of hardness on the SKCS 4100 (Perten). Glassiness is then the remaining amount to 100 percent. Firstly, the samples were measured on the LT meter. This instrument measures 97 grains at once. Subsequently, these grains were measured on the SKCS 4100 instrument. Grains are crushed while measured on this equipment. At the same time the grain samples were micromalted pursuant to the standard method of the RIBM based on the method of MEBAK [2].

Results were statistically assessed with the analysis of variance with following multiple testing of the significance of single contrasts using the correlation analysis. Statistical programs REML and SPSS were used.

## 3 RESULTS AND DISCUSSION

### *Effect of the caryopsis composition*

Quantity and quality of nitrogenous substances contained in a caryopsis affected its physical properties significantly [3, 4]. Results of research suggest that although glassiness is connected with high nitrogen content and mealiness, on the contrary, with low nitrogen content [5], grains with similar nitrogen content can have glassy or mealy endosperm [6].

The range in which protein content in the individual samples of the studied set varied was narrow (10–12.5 %). The effect of protein content on caryopsis hardness determined with the SKCS was statistically insignificant. The optical method (LTm) recorded low but highly significant effect of content of nitrogenous substances on the propagation of laser beam. Caryopsis hardness increases with increasing content of nitrogenous substances as determined by Allison et al. [8] and others [9, 10]. Presumably, qualitative composition of proteins affects caryopsis hardness more significantly. Slack et al. [11] suppose

Tab. 2 Analýza variance a odhady komponent rozptylu pro / Analysis of variance and estimated components of variance for

Zdroj proměnlivosti / Source of variation	d.f.	Průměrný čtverec / Mean square	Hladina významnosti / Significant level	Odhad komponent rozptylu / Estimated components of variance		
				rel.	abs.	s.e.
LTm						
Lokalita / Locality	3	19793.946	***	87.63	985.6952	808.0848
Odrůda / Variety	19	316.618	***	5.26	87.6300	25.9532
Reziduum / Residual	57	80.042		7.11	80.0423	14.9933
SKCS (Havg)						
Lokalita / Locality	3	3788.6181	***	83.35	189.0598	154.6697
Odrůda / Variety	19	128.7784	***	13.38	30.3393	10.4511
Reziduum / Residual	57	7.4214		3.27	7.4214	1.3902
škrob / starch						
Lokalita / Locality	3	6.8477	***	57.95	0,3368	0,2796
Odrůda / Variety	19	0.6430	***	22.85	0,1328	0,0524
Reziduum / Residual	57	0.1116		19.20	0,1116	0,0209
extrakt sladu / extract of malt						
Lokalita / Locality	3	7.2270	***	28.90	0,3482	0,2951
Odrůda / Variety	19	2.6381	***	49.29	0,5938	0,2143
Reziduum / Residual	57	0.2627		21.81	0,2627	0,0492
relativní extrakt při 45 °C / relative extract at 45 °C						
Lokalita / Locality	3	203.8408	***	34.24	10,0256	8,3218
Odrůda / Variety	19	67.0188	***	54.39	15,9223	5,4382
Reziduum / Residual	57	3.3296		11.37	3,3296	0,6237
friabilita / friability						
Lokalita / Locality	3	1020.6833	***	53.12	49,9425	41,6697
Odrůda / Variety	19	110.7921	***	23.66	22,2399	9,0444
Reziduum / Residual	57	21.8325		23.22	21,8325	4,0896
β-glukany ve sladině / β-glucan in wort						
Lokalita / Locality	3	69788.214	***	27.68	3350.1478	2849,2113
Odrůda / Variety	19	26648.286	***	49.30	5965.7566	2165,3932
Reziduum / Residual	57	2785.2605		23.02	2785.2605	521,7271
Poznámky / Notes			d.f.	stupně volnosti / degrees of freedom		
* P=0.05	***	P=0.001	rel.	relativní hodnota / relative value		
** P=0.01	NS	non significant	abs.	původní hodnota / original value		
			s.e.	chyba odhadu / standard error		

v tvorbě a stabilitě chemických vazeb. Hordeinové bílkoviny moučných endospermů se luští rychleji než hordeinové bílkoviny sklovitých endospermů [7]. Některé hordeinové bílkoviny jsou díky svým vlastnostem odolnější vůči proteolytickému rozluštění [3] a v endospermu mohou vytvářet agregáty s pevnější vazbou mezi škrobovými zrny a bílkovinnou maticí, které jsou odolnější rozluštění.

Obsah škrobu výrazně ovlivňoval úroveň moučnatosti resp. tvrdosti obilky. Statisticky vysoce významná korelace (LTm 0,65\*\*\*, SKCS -0,55\*\*\*) ukazuje, že se vzrůstajícím obsahem škrobu klesá sklovitost resp. tvrdost obilky, což koresponduje s výsledky získanými autory Henry a Cowe [9] a dalšími [10]. Swanston [13] zjistil, že linie s drolivým endospermem vykazují nižší mlecí energii.

#### Vliv odrůdy a lokality

Allison [14] zdůraznil, že odrůda je jedním z významných faktorů, které ovlivňují tvrdost obilky ječmene. Ve sledovaném souboru byl zjištěn statisticky vysoce průkazný rozdíl mezi odrůdami u obou metod použitých pro měření tvrdosti. Vliv odrůdy byl u metody LTm na úrovni 5 %. Výsledek získané na přístroji SKCS 4100 byly ovlivněny odrůdou podstatně více a pohybovaly se na úrovni 13 % (tab. 2). U mlecí energie byl zjištěn vliv odrůdy na úrovni 65 % [15]. Ve sledovaném souboru byly především sladovnické odrůdy s podobnou strukturou endospermu, což mohlo být důvodem nízkého vlivu odrůdy na variabilitu tohoto znaku.

that hordeins in the protein matrix represent a main obstacle to starch granule degradation. With increasing hordein content, extract content declines and wort viscosity increases [12]. The individual groups of hordeins exhibit various biochemical properties and various amino acid compositions, which results in formation of chemical bonds and their stability. Hordein proteins of mealy endosperms modify faster than hordein proteins of glassy endosperm [7]. Due to their properties, some hordein proteins are more resistant to proteolytic modification [3] and can create aggregates in the endosperm with firmer bonds between starch granules and the protein matrix that are more resistant to modification.

The starch content significantly affected the level of caryopsis maleness or hardness. Highly significant correlation (LTm 0.65\*\*\*, SKCS -0.55\*\*\*) shows that glassiness or hardness of a caryopsis declines with increasing starch content. This corresponds with the results obtained by Henry and Cowe [9] and others [10]. Swanston [13] found out that lines with a crumbly endosperm exhibited lower milling energy.

#### Effect of the variety and locality

Allison [14] pointed out that variety is one of the important factors affecting the barley caryopsis hardness. Both the methods used for the measurement of hardness determined statistically highly significant differences between the varieties in the studied set. The effect of the variety with the LTm method was on the level of 5 %. The results obtained with the SKCS 4100 instrument were affected by the variety more substantially and varied around 13 % (Tab. 2). The effect of the variety on milling energy was determined on the level of 65 % [15]. The studied set contained mainly the malting varieties with a similar structure of the endosperm; this may be a reason of a low effect of the variety on the variability of this parameter.

Tab. 3 Průměrné hodnoty moučnatosti a tvrdosti zrna z lokalit / Average values of grain mealiness and hardness from localities

Lokalita / Locality	LTm	SKCS
Věrovary	26,2a	62,99a
Čáslav	34,9b	53,77a
Lednice	37,7b	61,61b
Vysoká	95,1c	33,15b
Poznámka / Note: Písmena značí významné rozdíly na hladině významnosti P=0,05 / Different letters means significant differences at P=0.05		

Tab. 4 Zjištěné korelace mezi LTm a SKCS a technologickými parametry / *Determined correlations between LTm and SKCS and technological parameters*

	LTm	SKCS (Havg)
LTm Havg	-0.87 ***	-0.87 ***
Obsah škrobu / <i>Starch content in caryopsis</i>	0.65 ***	-0.54 ***
Obsah dusíkatých látek / <i>Protein content in caryopsis</i>	-0.38 ***	0.09 NS
Extrakt sladu / <i>Extract yield</i>	0.56 ***	-0.52 ***
Sacharidový extrakt / <i>Saccharidic extract</i>	0.48 ***	-0.37 ***
Relativní extrakt při 45 °C / <i>Relative extract (45 °C)</i>	0.38 ***	-0.44 ***
Kolbachovo číslo / <i>Kolbach index</i>	0.42 ***	-0.44 ***
Diastatická mohutnost / <i>Diastatic power</i>	0.01 NS	-0.22 *
Dusíkaté látky ve sladu / <i>Protein in malt</i>	-0.42 ***	0.13 NS
Rozpustný N ve sladině / <i>Total sol. N in wort</i>	0.09 NS	-0.28 *
Friabilita / <i>Friability</i>	0.55 ***	-0.47 ***
Homogenita friabilimetrem / <i>Homogeneity (by friabilimeter)</i>	0.49 ***	-0.50 ***
Částečně sklovitá zrna / <i>Partly unmodified grains</i>	-0.49 ***	0.49 ***
Sklovitá zrna / <i>Glassy corns</i>	-0.25 *	0.30 **
β-glukany ve sladině / <i>β-glucan in wort</i>	-0.51 ***	0.53 ***
Doba zcukření / <i>Saccharification rate</i>	-0.09 NS	0.25 *
Dosažitelný stupeň prokvašení / <i>Apparent final attenuation</i>	0.36 ***	-0.33 **
Viskozita sladiny / <i>Viscosity of wort</i>	-0.39 ***	0.49 ***
Barva sladiny / <i>Colour of wort</i>	-0.18 NS	0.10 NS
Zákal sladiny 90 ° / <i>Haze of wort at 90 °</i>	0.08 NS	0.11 NS
Čiřost sladiny / <i>Clarity (Appearance) of wort</i>	0.06 NS	0.11 NS
Stupeň domočení po 1 namáče / <i>Degree of steeping 1</i>	-0.17 NS	0.10 NS
Stupeň domočení po 2 namáče / <i>Degree of steeping 2</i>	-0.15 NS	0.02 NS
Poznámky / <i>Notes:</i>		
LTm – Light Transflectance meter	* P = 0,05	*** P = 0,001
SKCS (Havg) – Single Kernel Characterization System (Hardness, average)	** P = 0,01	NS non significant

Průměrné hodnoty moučnatosti obilky byly na lokalitě Věrovany (26,2 %) a nejvyšších hodnot dosáhla lokalita Vysoká (95,1 %) (tab. 3). Průměrná tvrdost obilky na lokalitě Věrovany dosáhla hodnoty 62,99, zatímco lokalita Vysoká pouze 33,15 (tab. 3). Rozdíly mezi lokalitami byly statisticky vysoce průkazné u obou použitých metod, což odpovídá výsledkům Swanstona et al. [16]. Vliv lokality na proměnlivost tohoto znaku byl v případě metody LTm na úrovni 87 %, v případě výsledků získaných na přístroji SKCS 4100 byl 83 % (tab. 2).

Nejvyšší korelace mezi technologickými znaky a moučnatostí resp. tvrdostí byla zaznamenána u následujících znaků (tab. 4): obsah škrobu v obilkách ječmene (0,65, -0,54), extrakt (0,56, -0,52), relativní extrakt při 45 °C (0,38, -0,44), friabilita (0,55, -0,47), obsah β-glukanů ve sladině (-0,51, 0,53). Proměnlivost obsahu škrobu byla vlivem lokality způsobena z 58 %, také friabilita byla výrazným způsobem ovlivněna lokalitou (53 %). Proměnlivost ostatních znaků (tab. 4) s úzkou vazbou na moučnatost resp. tvrdost obilky byla ovlivněna ze 49 až 54 % odrůdou. Vliv lokality byl u těchto znaků na druhém místě. Znaky extrakt, relativní extrakt při 45 °C a obsah β-glukanů ve sladině jsou výsledkem činnosti enzymatického aparátu obilky, tedy výsledkem vlivu odrůdy.

Testování metodou LSD potvrdilo malé rozdíly mezi strukturami endospermu sledovaných odrůd. Pouze odrůda Orthega má výrazněji odlišnou strukturu endospermu. Metoda LTm ji zařadila do skupiny odrůd se sklovitějším endospermem. Metoda SKCS ji zařadila jako jedinou do samostatné skupiny s nejtvrdějším endospermem (obr. 1a, 1b).

#### Vliv moučnatosti resp. tvrdosti na sladovnické znaky

Sladovnické parametry nejsou ovlivněny tvrdostí obilky přímo. Tento vztah je výrazně ovlivněn vlastním procesem sladování. V průběhu sladování vstupují do hry nejen fyzikální vlastnosti obilky, ale také aktivita enzymatického aparátu a přístupnost vysokomolekulárních látek k enzymatické degradaci. Z tohoto důvodu je nutno očekávat nižší úroveň vzájemného vztahu mezi tvrdostí obilky a sladovnickými parametry (tab. 4).

Obě metody použité k měření sklovitosti resp. tvrdosti potvrdily, že modifikace škrobu je výrazným způsobem ovlivněna tvrdostí obilky. Se vzrůstající sklovitostí resp. tvrdostí obilky klesá obsah extraktu (LTm 0,56\*\*\*, SKCS -0,53\*\*\*) a glycidového extraktu (LTm 0,48\*\*\*, BRA -0,37\*\*\*), což odpovídá i korelacím zjištěným autory Home,

The average values of mealiness of caryopses were detected in the locality Věrovany (26.2 %) and the highest values in the locality Vysoká (95.1 %) (Tab.3). Average hardness of the caryopses in the locality Věrovany achieved the value of 62.99, while in the locality Vysoká only 33.15 (Tab. 3). Differences between the localities were statistically highly significant in both the methods used, which corresponds with the results of Swanston et al. [16]. The effect of a locality on the variability of this parameter with the LTm method was on the level of 87 %, in the results obtained with the SKCS 4100 instrument it was 83 % (Tab. 2).

The highest correlation between the technological parameters and mealiness or hardness was recorded in the following parameters (Tab. 4): starch content in barley caryopses (0.65, -0.54), extract (0.56, -0.52), relative extract at 45 °C (0.38, -0.44), friability (0.55, -0.47), β-glucan content in wort (-0.51, 0.53). Effect of a locality on variability of starch content was 58 %, friability was also significantly affected by a locality (53 %). The variety affected variability of the other parameters closely related to mealiness or hardness of caryopses from 49 to 54 % (Tab. 4). The effect of the locality in these parameters was only the second. The parameters: extract, relative extract at 45 °C and β-glucan content in wort are the result of activity of the enzymatic apparatus- of a caryopsis, it means the result of the effect of the variety.

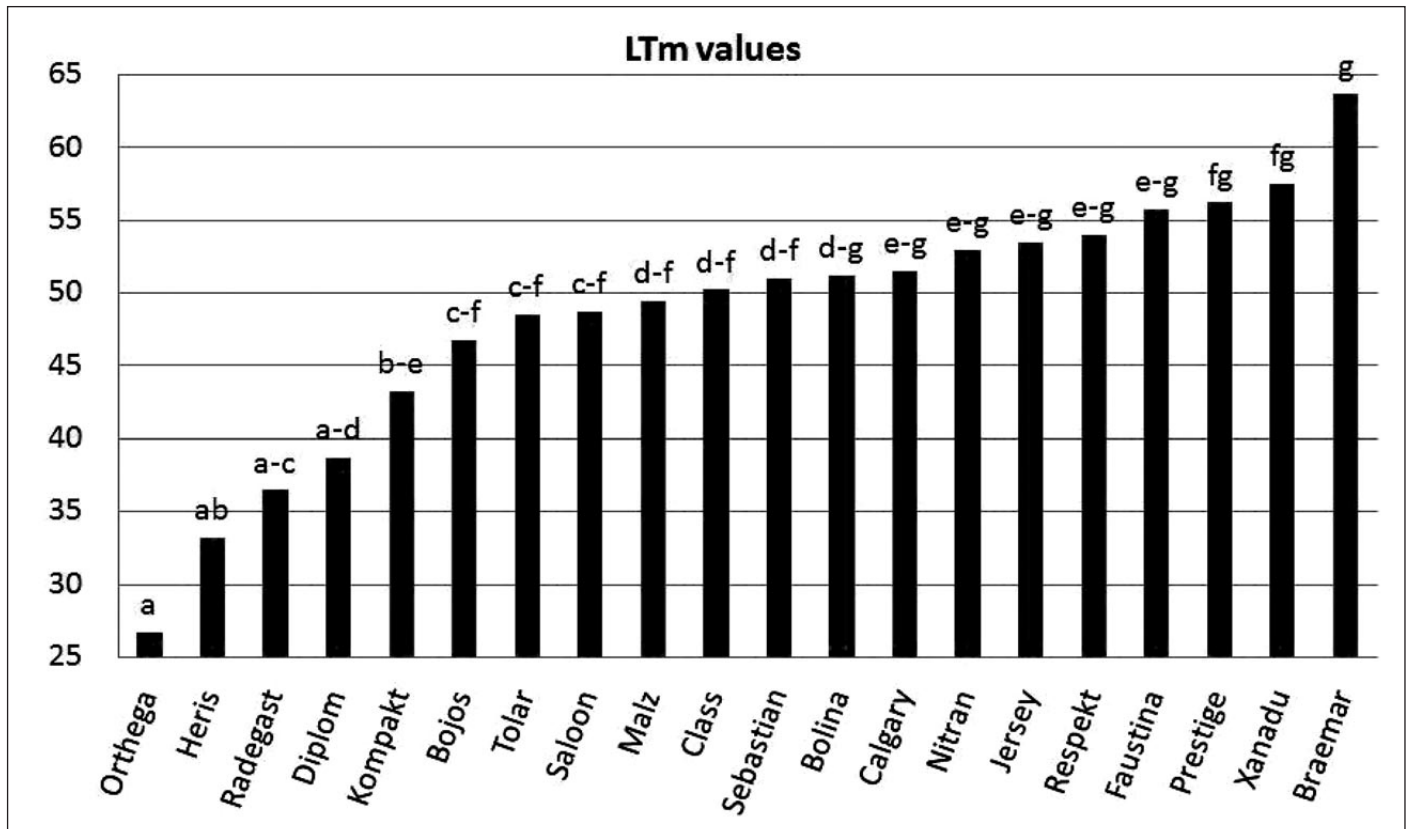
Testing with the LSD method confirmed small differences between the endosperm structures of the varieties studied. The variety Orthega was the only variety with a more markedly different endosperm structure. The LTm method assigned it to a group of varieties with a more glassy endosperm. The SKCS method assigned it as the only variety to an independent group with the hardest endosperm (Fig. 1a, 1b).

#### Effect of mealiness or hardness on malting parameters

Malting parameters are not affected by caryopsis hardness directly. This relationship is markedly influenced by the malting process alone. During malting not only caryopsis physical characters but also activity of enzymatic apparatus and accessibility of high molecular substances to enzymatic degradation play roles. Therefore, lower level of mutual relationship between the caryopsis hardness and malting parameters must be expected (Tab. 4).

Both the methods used for the measurement of glassiness or hard-

Obr. 1a / Fig. 1a Hodnoty moučnatosti (LTm) a následné testování rozdílů / Mealinness values and multiple range analysis for LTm

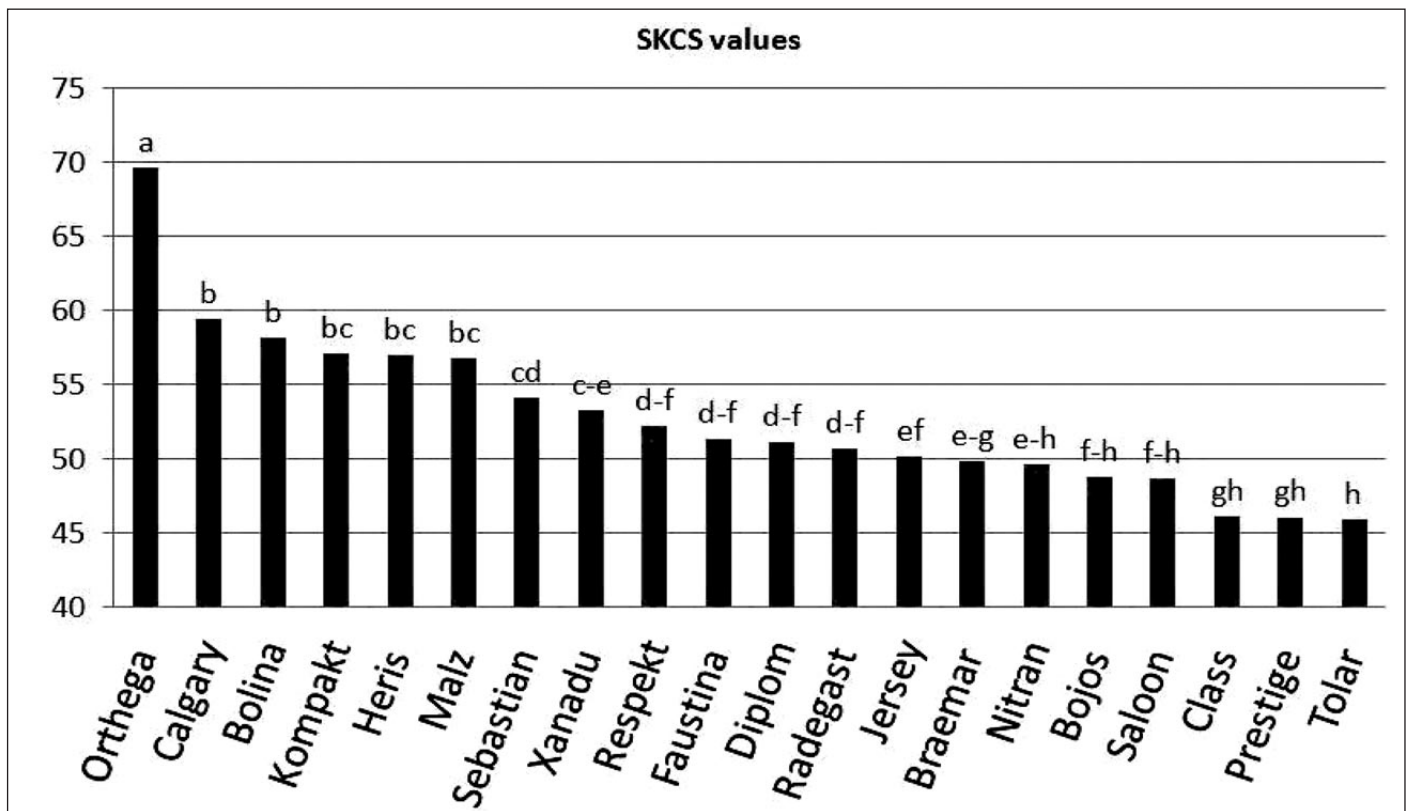


Elamo [17] a Taylor a Swanston [18]. Naopak nevýznamné korelace mezi úrovní tvrdosti a obsahem extraktu zjistili Ellis et al. [19] a Swanston et al. [20].

Modifikace bílkovin byla významnou měrou ovlivněna sklovitostí resp. tvrdostí obilky. Se vzrůstající sklovitostí resp. tvrdostí obilky klesala úroveň modifikace bílkovin vyjádřená pomocí Kolbachova čísla (LTm 0,42\*\*\*, SKCS -0,44\*\*\*). Obdobný vztah zaznamenal Swanston et al. [20].

ness confirmed that modification of starch was significantly affected by caryopsis hardness. With increasing glassiness or hardness of a caryopsis, extract content (LTm 0.56\*\*\*, SKCS -0.53\*\*\*) and glycide extract (LTm 0.48\*\*\*, BRA -0.37\*\*\*) declines, this also corresponds with correlations determined by the authors Home, Elamo [17], and Taylor and Swanston [18]. On the contrary, insignificant correlations between level of hardness and extract content were determined by Ellis et al. [19] and Swanston et al. [20].

Obr. 1b / Fig. 1b Hodnoty tvrdosti (SKCS) a následné testování rozdílů / Values of hardness and multiple range analysis for SKCS



Významná korelace byla zjištěna také mezi sklovitostí resp. tvrdostí obilky a modifikací buněčných stěn. Obě použité metody zachytily stejný trend, tj. se vzrůstající sklovitostí resp. tvrdostí obilky se zhoršovala modifikace buněčných stěn v průběhu sladování (LTm  $-0,51^{***}$ , SKCS  $0,53^{***}$ ), což zaznamenali i Home, Elamo [17] a Bertholdsson [15]. Také friabilita (LTm  $0,55^{***}$ , SKCS  $-0,47^{***}$ ) a s ní spojené parametry (homogenita friabilimetrem, sklovitá zrna, částečně sklovitá zrna) byly významnou měrou ovlivněny sklovitostí resp. tvrdostí obilky.

Relativní extrakt při 45 °C, tj. extrakt zvýšený o činnost tepelně stabilních enzymů, pravděpodobně proteas a  $\beta$ -glukanas, byl také statisticky vysoce průkazně ovlivněn sklovitostí resp. tvrdostí obilek (LTm  $0,38^{***}$ , SKCS  $-0,44^{***}$ ). Vztahy mezi sklovitostí resp. tvrdostí obilek ječmene a diastatickou mohutností a dobou zcukření nebyly statisticky průkazné.

Snížená úroveň modifikace škrobu, bílkovin a buněčných stěn ovlivnila kromě barvy a čirosti sladiny také její kvalitativní složení. Se vzrůstající sklovitostí resp. tvrdostí obilek došlo ke zhoršování kvalitativního složení sladiny a k poklesu hodnot dosažitelného stupně prokvašení (LTm  $0,36^{***}$ , SKCS  $-0,33^{***}$ ). Obdobné vztahy mezi sladovnickými znaky a tvrdostí obilek zaznamenali i Psota et al. [21].

Korelace mezi použitou optickou metodou stanovení sklovitosti (LTm) a metodou stanovení tvrdosti obilek ječmene (SKCS) byla vysoká ( $-0,87^{***}$ ) (tab. 4).

#### Poděkování

##### Práce byla podpořena granty:

Výzkum sladařských a pivovarských surovin a technologií MSM 6019369701

Výzkumné centrum pro studium obsahových látek ječmene a chmele MSM 1M0570

Geneticko-šlechtitelské a technologické aspekty trvale udržitelného pěstování MSM 2629608001

Lektorovali (Reviewers) Ing. Oldřich Faměra, CSc., ČZU v Praze, a Dr. Ing. Pavel Horčíčka, SELGEN, a. s.  
Do redakce došlo 7. 3. 2008

#### Literatura / References

1. Dobraszczyk, B. J., Withworth M. B., Vincent J. F. V., Khan, A.: Single kernel wheat hardness and fracture properties in relation to density and the modelling of fracture in wheat endosperm. *J. Cereal Sci.* **35**, 2002, 245–263.
2. Mitteleuropäischen Brautechnischen Analysenkommission Brautechnische Analysenmethoden, Band I., Selbstverlag der MEBAK Weihenstephan-Freising, Germany, 1997.
3. Palmer, G. H., Shirakashi, T.: Enzyme modification of Kym and Triumph endosperm proteins during malting. *Ferment.* **7**, 1994 (5), 289–297.
4. Leach, R., Li, Y., Edney, M., Izydorczyk, M., Egi, A., Sawatzky, K.: Effects of barley protein content on barley endosperm texture, processing condition requirements, and malt and beer quality. *Techn Q Macler Brew. Am. Ass.* **39**, 2002, 191–202.
5. Broadbent, R. E., Palmer, G. H.: Relationship between beta-amylase activity, steeliness, mealiness, nitrogen content and nitrogen fractions of the barley grain. *J. Inst. Brew.* **107**, 2001(6), 349–354.
6. Holopainen, U. R. M., Wilhelmson, A., Salmenkallio-Marttila, M., Peltonen-Sainio, P., Rajala, A., Reinikainen, P., Kotaviita, E., Simolin, H., Home, S.: Endosperm structure affects the malting quality of barley (*Hordeum vulgare* L.). *J. Agric. Food Chem.* **53**, 2005(18), 7279–7287.
7. Howard, K. A., Gayler, K. R., Eagles, H., Halloran, G. M.: The relationship between D hordein and malting quality in barley. *J. Cereal Sci.* **24**, 1996, 47–53.
8. Allison, M. J., Cowe, I. A., Borzucki, R., Bruce, F. M., McHale, R.: Milling energy of barley. *J. Inst. Brew.* **85**, 1979, 262–264.
9. Henry, R. J., Cowe, I. A.: Factors influencing the hardness (milling energy) and malting quality of barley. *J. Inst. Brew.* **96**, 1990, 135–136.
10. Tohno-Oka, T., Kawada, N., Yoshioka, T.: Relationship between grain hardness and endosperm cell wall polysaccharides in barley. Poster Section no. 6, 9th International Barley Genetics Symposium, 20–26 June 2004, Brno Trade Fairs, Brno, 2004, Czech Republic.

Modification of proteins was significantly affected by the caryopsis glassiness or hardness. With increasing glassiness/hardness of the caryopsis, level of protein modification expressed by the Kolbach index (LTm  $0,42^{***}$ , SKCS  $-0,44^{***}$ ) declined. Similar relationship was reported by Swanston et al. [20].

Significant correlation was also determined between glassiness or hardness of a caryopsis and modification of cell walls. Both the methods used showed the same trend, i.e. modification of cell walls deteriorated with increasing glassiness or hardness of caryopses during malting (LTm  $-0,51^{***}$ , SKCS  $0,53^{***}$ ). This was also recorded by Home, Elamo [17] and Bertholdsson [15]. Friability (LTm  $0,55^{***}$ , SKCS  $-0,47^{***}$ ) and related parameters (homogeneity with friabilimeter, glassy grains, partly glassy grains) were significantly affected by the caryopsis glassiness or hardness.

Relative extract at 45 °C, i.e. extract increased by the activity of thermally stable enzymes, probably proteases and  $\beta$ -glucanases, was also statistically highly significantly affected by glassiness or hardness of caryopses (LTm  $0,38^{***}$ , SKCS  $-0,44^{***}$ ). Relationships between glassiness or hardness of barley caryopses and diastatic power and saccharification time were not statistically significant.

Lower level of modification of starch, protein and cell walls affected besides color and wort clarity its qualitative composition as well. With increasing glassiness or hardness of caryopses, qualitative wort composition deteriorated and values of apparent attenuation declined (LTm  $0,36^{***}$ , SKCS  $-0,33^{***}$ ). Similar relationships between malting parameters and caryopsis hardness were also recorded by Psota et al. [21].

Correlation between the optical method for the determination of glassiness (LTm) and the method for determination of barley caryopses hardness (SKCS) was high ( $-0,87^{***}$ ) (Tab. 4).

#### Acknowledgements

##### Study was supported by the grants:

Research of malting and brewing raw materials and technologies MSM 6019369701

Research Centre for Study of Extract Compounds of Barley and Hop MSM 1M0570

Genetic-breeding and technological aspects of sustainable fodder crops production MSM 2629608001

Translated by Vladimíra Nováková

11. Slack, P. T., Baxter, E. D., Wainwright, T.: Inhibition by hordein of starch degradation. *J. Inst. Brew.* **85**, 1979, 112–114.
12. Wang, J. M., Chen, J. X., Dai, F., Wu, F. B., Yang, J. M., Zhang, G. P.: Protein fractions in barley grains as affected by some agronomic factors and their relationships to malt quality. *Cereal Res. Com.* **35**, 2007(1), 129–140.
13. Swanston, J. S.: Deleterious associations with quality, in high amylose inbred lines, are not readily broken. *Barley Genetics Newsletter* **25**, 1996, 50–54.
14. Allison, M. J.: Relationships between milling energy and hot water extract values of malts from some modern barleys and their parental cultivars. *J. Inst. Brew.* **92**, 1986, 604–607.
15. Bertholdsson, N. O.: The use of environmentally stable grain characteristics for selection of high extract yield and low beta-glucan in malting barley. *Eur. J. Agron.* **20**, 2004, 237–245.
16. Swanston, J. S., Ellis, R. P., Rubio, A., Ramo, T., Uribe, T., Molina-Cano, J.-L.: Grain quality of a barley mutant and its parent cultivar in Spain and Scotland. *Asp. Appl. Biol.* **36**, 1993, Cereal Quality III, 143–151.
17. Home, S., Elamo, E.: Evaluation of malting potential in barley breeding programmes. *Mschr. Brauwiss.* **46**, 1993(6), 216–220.
18. Taylor, K., Swanston, J. S.: Malting quality assessment in a petri-dish. *Asp. appl. biol.* 1987, 15 (Cereal Quality), Wellesbourne, Warwick, UK, Association of Applied Biologists, 523–528.
19. Ellis, R. P., Ferguson, E., Swanston, J. S., Forrest, J. M. S., Fuller, J. D., Lawrence, P. E., Powell, W., Russell, J., Tester, R. F., Thomas, W. T. B., Young, G. R.: Use of DNA marker-based assays to define and select malting characteristics in barley. HGCA Research Report No. 183, 1999.
20. Swanston, J. S., Ellis, R. P., Royo, C., Ramo, T., Rubio, A., Perez-Vendrell, A., Molina-Cano, J.-L.: Grain and malt milling energies relative to malting quality parameters in a mutant of cv. Troubadour. *J. Inst. Brew.* **98**, 1992, 505–508.
21. Psota, V., Vejražka, K., Faměra, O., Hrdčka, M.: Relationship between grain hardness and malting quality of barley (*Hordeum vulgare* L.). *J. Inst. Brew.* **113**, 2007(1), 80–86.