

MOŽNOSTI HODNOCENÍ TVRDOSTI ZRNA JEČMENE PŘÍSTROJEM DO-CORDER, JAKO PARAMETRU SLADOVÉ KVALITY

K. Vejražka

Došlo: 19. června 2007

Abstract

VEJRAŽKA, K.: *The evaluation of barley grain hardness measured by Do-Corder, as a malting quality parameter*. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2007, LV, No. 5, pp. 197–204

There is a need for fast, cheap and sufficient accurate methods for prediction of barley grain quality. The determination of Brabender hardness seems to be promising. The aim of this work was to compare three different methods for evaluation of graphic output from Brabender farinograph and subsequently select the most optimal method for routine laboratory work. 108 samples (twelve cultivars from three localities and three years) were analyzed for grain hardness. Simultaneously selected parameters of grain and malt were determined. The correlations among methods for evaluation were estimated as well as among selected technological traits of barley grain and malt.

Grain hardness expressed by area under curve (counted by specific weight of paper 'A' and measured by planimetr 'B') showed tendencies to distinguish the varieties by their malting quality. The same trend was not observed for the method C (hardness expressed by maximum value of peak). Nearly perfect positive correlation (0.99***) was found between the results of method A and method B. Medium correlation was found between values obtained by method A and method C (0.58***).

Significant correlations were established between values obtained by method A and extract (−0.63***), mash method according to Hartong and Kretschmer (−0.61***), the Kolbach index (−0.70***), friability (−0.71***), β-glucans in wort (0.76***), partly unmodified grains (0.71***), and non-starch polysaccharides content (in total β-glucans and pentosans) (0.67***).

Hardness values obtained by method C were related to partly unmodified grains (0.52**), β-glucans in grain (0.61**), and non-starch polysaccharides content (in total β-glucans and pentosans) (0.56**).

The most appropriate evaluation method was selected on the base of results of Tukey test as well as the level of correlation among the hardness level and selected quality parameters.

hardness, quality, evaluation method, graph, Do-Corder

Fyzikální a mechanické vlastnosti obilky ječmene a následně zrna sladu jsou odrazem jejich chemického složení a vnitřní struktury. Tvrdé zrnko je možno definovat jako zrnko odolné vůči průniku cizího tělesa nebo odolné vůči destrukci a rozpadu na částice. Naopak měkké zrnko je možno definovat jako zrnko snadno se pod tlakem rozpadající. O tom, zda bude zrnko tvrdé či měkké, rozhoduje textura, tj. uspořádání jednotlivých částí zrna, především endospermu (CHANDRA et al., 1999; PALMER, 1999). Existuje několik prin-

ciálně odlišných metod pro stanovení fyzikálních vlastností obilky ječmene. K popisu optických vlastností endospermu jsou používány termíny moučnatost a sklovitost. Subjektivní hodnocení moučnatosti a sklovitosti je nahrazováno objektivními metodami (KOLIATSOU and PALMER, 2003; OSBORNE and ANDERSEN, 2003).

Vztah sklovitosti, respektive moučnatosti a tvrdosti ale není zcela jednoznačný. Sklovitost je podmíněna spíše vnějšími podmínkami. Naproti tomu tvrdost je

založena geneticky (POMERANZ and WILLIAMS, 1990).

Kromě již zmiňovaných optických vlastností (moučnatost, sklovitost), jsou ve středu zájmu i vlastnosti mechanické. Metody stanovení mechanických vlastností se rozdělují na nedestruktivní (HTZ, objemová hmotnost, hustota) a destruktivní.

Destruktivní metody stanovení tvrdosti a pevnosti obilí se historicky velmi intenzivně vyvíjely a zpřesňovala se jejich vypovídací schopnost a srovnatelnost (PSOTA and VEJRAŽKA, 2006a). Byly sestaveny různé typy přeštipců, sklerometr, mürbimetr, friabilimetr, Kindlmannův přístroj, přístroj SKCS 4100. Tvrdost a pevnost obilky výrazně ovlivňuje i výsledky získané pomocí následujících metod. Metoda Particle Size Index (PSI) je založena na granulometrické analýze vzorku po semletí za přesně stanovených podmínek (AACC, 2000). Metoda měření energie potřebné k mletí vzorku (GME) je založena na měření spotřeby el. energie potřebné pro semletí vzorku na mlýnku. Obě tyto metody (PSI, GME) jsou svými výstupy a jejich zpracovatelností velmi vhodné pro rutinní laboratorní práci. Metoda stanovení tvrdosti dle Brabendera je založena na principu měření odporu, který vzniká při mletí zrna v kuželovém mlýnku (PSOTA and VEJRAŽKA, 2006b). Odpor je registrován dynamometrem. Vlastní stanovení se provádí na Brabenderově farinografu se speciálním nástavcem (Do-Corder). Dynamometr je napojen na zapisovač, který

vykresluje průběh mletí v podobě křivky na papírový pás. Tyto křivky je poté třeba nějakým způsobem vyhodnotit a získané výsledky převést do elektronické podoby.

Cílem experimentů bylo porovnat odlišné metody vyhodnocení grafických výstupů z Brabenderova farinografu a vybrat následně ten neoptimálnější pro rutinní laboratorní práci.

MATERIÁL A METODY

Získávání vzorků

Tvrdost na přístroji Do-Corder byla stanovována u dvanácti odrůd jarního a ozimého ječmene (PSOTA et al., 2001) (Tab. I). Vzorky osiva byly získány ze zkušebních stanic Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského České republiky, kde byly pěstovány v rámci pokusů pro seznam doporučených odrůd. V každé zkušební stanici je odrůdový pokus založen v neúplných blocích ve třech opakováních. Z těchto tří opakování byl vytvořen směsný vzorek. Pro hodnocení byl použit podíl zrna nad sítím 2,5 mm.

Sledování bylo tříleté (2001–2003). V každém sklizňovém ročníku byl sortiment odrůd pěstován ve třech zkušebních stanicích. Sortiment odrůd ječmene (Tab. I) byl pro všechny zkušební stanice a všechny sklizňové ročníky stejný.

I: Charakteristika použitých odrůd

Odrůda	Forma - Jarní Ozimá	Řadost klasu - 6/2	Ukazatel Slad. Jakosti	Země původu	Původ
VILNA	O	2	2	NL	Intro//Cebeco 87262/Tamara
LUXOR	O	6	2	CZ	LU 27/LU 16
LURAN	O	6	2	CZ	LU 27/LU 16
ORTHEGA	J	2	2	D	Ceb.7931/Pompadour//S.77323/Golf
CAMERA	O	2	2	GB	NRPB 87-5685c*Stamm 41
NELLY	O	6	3	D	Tapir/76079/3/Birgit/Banteng//Gerbel
TIFFANY	O	2	4	D	Labea/Marinka
HERIS	J	2	5	CZ	HE 4431/CE 431
SCARLETT	J	2	6	D	Amazone/Breun St. 2730 e//Kym
TOLAR	J	2	6	CZ	HE 4710/HWS 78267-83
JERSEY	J	2	7	NL	Apex/Alexis
PRESTIGE	J	2	7	GB	Cork/Chariot

Poznámka: USJ: 9 = nejlepší kvalita; 1 = bez sladovnické kvality

Mikrosladování vzorků a analýzy sladu

V obilkách ječmene byl stanoven obsah dusíkatých látek, β -glukanů podle metodik EBC (1998), škrobu a pentózanů dle interních metodik Sladařského ústavu v Brně.

U stejného souboru vzorků stanovili BOHAČENKO et al. (2005) a CHMELÍK et al. (1998) poměr malých a velkých škrobových zrn pomocí dvou odlišných metod Low Angle Laser Light Scattering method (LALLS) a Gravitational Field-Flow Fractionation (GFFF). Postup mikrosladovací zkoušky vychází z tradičního postupu používaného ve Sladařském ústavu VÚPS v Brně a z postupu pokusného sladování doporučeného na 102. zasedání komise EBC pro ječmen a slad 31. 5. 2000 v Perugii. Teplota máčení a klíčení byla 14,5 °C, doba máčení a klíčení byla 144 h. Teplota na počátku hvozdění byla 50 °C a na konci 80 °C, doba hvozdění byla 22 h. Vyrobené vzorky sladu byly analyzovány podle metodik EBC (1998) a MEBAK (ANALYSENKOMMISSION, 1997). Pro hodnocení souhrnné sladovnické kvality byl použit ukazatel sladovnické jakosti (USJ) (PSOTA and KOSAŘ, 2002), k jehož výpočtu bylo použito následujících znaků: obsah dusíkatých látek (bílkovin) v znu ječmene, extrakt v sušině sladu, relativní extrakt při 45 °C, Kolbachovo číslo, diastatická mohutnost, dosažitelný stupeň prokvašení, friabilita sladu a obsah β -glukanů ve sladině. V jednotlivých letech byly vzorky ze všech tří stanic mikrosladovány v jednom termínu, přibližně tři měsíce po sklizni. Výsledky získané analýzou nesladovaného zrna ječmene a analýzou vyrobeného sladu byly použity pro statistické vyhodnocení.

Stanovení tvrdosti na přístroji Do-Corder

Z každého vzorku byly pro měření odebrány 50g navážky zrna ječmene. Tvrdost byla stanovena na přístroji farinografu s nástavcem Do-Corder firmy Brabender. Průběh drcení zrna byl graficky zaznamenán. Otáčky mlýnku byly 63 l.min⁻¹, velikost šterbiny 8, hmotnost závaží 0, rychlost posunu zapisovače 20 cm.min⁻¹. Získané grafy byly vyhodnoceny třemi různými způsoby. První způsob byl vyjádření tvrdosti plochou piku v cm² pod křivkou, která byla

vypočtena pomocí specifické hmotnosti papíru (dále jen Metoda A). V druhém případě byl pro zjištění plochy pod křivkou v cm² použit digitální planimetr Planix 7 (Tamaya Technics inc., Japan) (dále jen Metoda B). Třetím způsobem bylo vyjádření tvrdosti pomocí maximální hodnoty křivky v Brabender Unit [BU] (dále jen Metoda C).

Každý vzorek byl proměřen třikrát. Průměr z těchto tří měření byl použit pro statistické vyhodnocení.

Statistické hodnocení

Výsledky byly statisticky hodnoceny analýzou variance (Tab. II), mnohonásobným testováním dle Tukeye (Tab. III) a korelační analýzou (Tab. IV). Byl použit výpočetní program Statistica 7.1.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Ve sledovaném souboru odrůd se u vyhodnocení metodou A byl průměr ze všech lokalit a ročníků v rozmezí 37,41 (Prestige) – 49,31 (Luran) cm². Ve sledovaném souboru odrůd se u vyhodnocení metodou B byl průměr ze všech lokalit a ročníků v rozmezí 37,83 (Prestige) – 49,40 (Luran) cm². Ve sledovaném souboru odrůd se u vyhodnocení metodou C byl průměr ze všech lokalit a ročníků v rozmezí 809,63 (Nelly) – 1020,74 (Scarlett) BU.

Dle výsledků Tukeyova testu bylo možné soubor rozdělit do dvou skupin. U metod A a B bylo rozdělení do skupin téměř shodné. Mezi měkčí odrůdy byly zařazeny Prestige, Heris, Tolar, Jersey a Tiffany. Naopak mezi tvrdší odrůdy patřily Camera, Scarlett, Nelly, Luxor, Orthega, Vilna a Luran. Ve skupině tvrdších odrůd se vyskytovala pouze jedna odrůda se sladovnickou jakostí (Scarlett). Jak ukazují práce dalších autorů, Scarlett patří spíše k odrůdám tvrdším (FOX et al., 2007; PSOTA et al., 2007). U metody C bylo rozdělení do skupin výrazně odlišné. Ve skupině měkčích odrůd byly odrůdy Nelly, Prestige, Heris, Luxor, Tiffany, Tolar a Camera. Jak je zřejmé z tabulky I, tato skupina představuje směs odrůd ozimých i jarní forem, s dvouřadým i víceřadým klasem a s kvalitou sladovnickou i nesladovnickou.

II: Analýza variance u tří odlišných metod vyhodnocení

Metoda A			Metoda B			Metoda C		
Zdroj variance	Stupně volnosti	Průměrný čtverec	Zdroj variance	Stupně volnosti	Průměrný čtverec	Zdroj variance	Stupně volnosti	Průměrný čtverec
rok	2	17,1**	rok	2	22,4**	rok	2	26868***
odrůda	11	142,8***	odrůda	11	142,0***	odrůda	11	38435***
lokalita	4	18,3***	lokalita	4	18,7**	lokalita	4	18886***
chyba	90	3,9	chyba	90	4,2	chyba	90	2996

Korelační analýzou byly stanoveny vztahy mezi metodami použitými pro vyhodnocení mechanických vlastností obilek na jedné straně a kvalitativními parametry zrna a sladu ječmene na straně druhé. Vztah mezi metodou A a B byl téměř lineární ($r = 0,99^{***}$), metodou A a C byl pouze středně silný ($r = 0,58^{***}$). Výrazně rozdílné byly i další vztahy mezi těmito metodami a vybranými kvalitativními znaky ječmene a sladu (Tab. IV). Obě metody stanovení plochy pod křivkou (A a B, viz Materiál a metody) měly užší vztah k technologickým parametrům zrna a sladu. 15 z 28 sledovaných znaků mělo korelace vyšší než 0,5 v absolutní hodnotě. Podobné výsledky zjistili i autoři (ALLISON et al., 1979; BERTHOLDSSON, 2004; HOLOPAINEN et al., 2005; VEJRAŽKA et al., 2007).

Při vyjádření tvrdosti pomocí maximální hodnoty křivky (metoda C) nebyl vztah k technologick-

kým parametrům tak těsný. Korelací, mezi technologickými znaky a tvrdostí vyjádřenou maximální hodnotou píku, s hodnotou $\geq 0,5$ bylo pouze 4 z 28 (Tab. IV).

U vzorků sledovaných odrůd byla stanovena řada znaků, které mají přímý nebo nepřímý dopad na využití odrůdy ve sladovně. Z těchto znaků je možné vypočítat hodnotu Ukazatele sladovnické jakosti. Pomocí Ukazatele sladovnické jakosti lze změřit rozdíly v kvalitě mezi odrůdami. U sledovaného souboru se vzrůstající úrovní tvrdosti obilek klesala sladovnická hodnota vyjádřená hodnotou MQI (A $-0,65^{***}$, B $-0,65^{***}$, C $-0,18$ n.s.). Podobné výsledky zjistili i autoři ALLISON et al. (1979), BERTHOLDSSON (2004), HOLOPAINEN et al. (2005), VEJRAŽKA et al. (2007).

III: Následné testování průměrů odrůd u tří odlišných metod vyhodnocení

METODA A			METODA B			METODA C		
Odrůda	Průměr [cm ²]		Odrůda	Průměr [cm ²]		Odrůda	[BU]	
PRESTIGE	37,41	a	PRESTIGE	37,83	a	NELLY	809,63	a
HERIS	38,24	a b	HERIS	38,66	a b	PRESTIGE	837,41	a b
TOLAR	39,62	a b	TOLAR	40,04	a b	HERIS	841,30	a b
JERSEY	41,00	b	JERSEY	41,29	b	LUXOR	841,48	a b
TIFFANY	41,26	b c	TIFFANY	41,71	b c	TIFFANY	868,70	a b
CAMERA	44,34	c d	CAMERA	44,59	c d	TOLAR	875,19	a b c
SCARLETT	44,45	c d	SCARLETT	44,81	c d	CAMERA	887,78	a b c
NELLY	45,87	d e	NELLY	46,46	d e	VILNA	907,96	b c d
LUXOR	46,13	d e f	LUXOR	46,70	d e	JERSEY	920,19	b c d
ORTHEGA	47,53	d e f	VILNA	48,16	e	LURAN	963,59	c d e
VILNA	47,91	e f	ORTHEGA	48,22	e	ORTHEGA	985,56	d e
LURAN	49,31	f	LURAN	49,40	e	SCARLETT	1020,74	e

IV: Korelační koeficienty mezi třemi metodami hodnocení a parametry zrna a sladu ječmene

Parametr	Metoda A	Metoda C	Metoda B
Metoda C	0,58***		
Metoda B	0,99***	0,58***	
USJ	-0,65***	-0,18 n.s.	-0,65***
Dusíkaté látky v ječmeni (%)	0,09 n.s.	0,28**	0,10 n.s.
Extrakt sladu (%)	-0,63***	0,01 n.s.	-0,63***
Relativní extrakt 45°C (%)	-0,61***	-0,10 n.s.	-0,61***
Kolbachovo číslo (%)	-0,70***	-0,24*	-0,70***
Diastatická mohutnost (jWK)	-0,12 n.s.	0,05 n.s.	-0,11 n.s.
Dosažitelný st. p. (%)	-0,54***	-0,40**	-0,55***
Friabilita (%)	-0,71***	-0,42**	-0,71***
β-glukany ve sladině (mg/l)	0,76***	0,44**	0,76***

Parametr	Metoda A	Metoda C	Metoda B
Dusíkaté látky ve sladu (%)	0,10 ^{n.s.}	0,30**	0,12 ^{n.s.}
Rozpustný dusík ve sladu (mg/l)	-0,54***	0,06 ^{n.s.}	-0,54***
Glycidový extrakt ve sladu (%)	-0,51***	-0,04 ^{n.s.}	-0,51***
Sklovitá zrna (%)	0,35**	-0,08 ^{n.s.}	0,33**
Homogenita friabilimetrem (%)	-0,75***	-0,50***	-0,76***
Částečně sklovitá zrna (%)	0,71***	0,52***	0,72***
Homogenita Carlsberg (%)	-0,63***	-0,13 ^{n.s.}	-0,61***
Modifikace Carlsberg (%)	-0,47**	-0,01 ^{n.s.}	-0,45**
Barva sladiny (jEBC)	-0,49**	-0,14 ^{n.s.}	-0,50***
Doba zcukření (min)	0,26**	-0,05 ^{n.s.}	0,26**
Zákal sladiny (90 °)	0,48**	0,15 ^{n.s.}	0,47**
Zákal sladiny (15 °)	0,45**	0,13 ^{n.s.}	0,43**
Čirot sladiny vizuálně	0,48**	0,24*	0,47**
Škrob	-0,49**	-0,14 ^{n.s.}	-0,48**
Škrobová zrna 0-8/8-100 (LALLS)	0,14 ^{n.s.}	-0,12 ^{n.s.}	0,14 ^{n.s.}
GFFF	0,16 ^{n.s.}	-0,09 ^{n.s.}	0,15 ^{n.s.}
β-glukany v ječmeni (%)	0,53***	0,61***	0,54***
Pentozany v ječmeni (%)	0,51***	0,25*	0,49**
suma β-glukany a pentozany	0,67***	0,56***	0,66***

ZÁVĚR

Byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly v úrovni tvrdosti mezi odrůdami všemi metodami vyhodnocení. Všechny metody vyhodnocení rozdělily soubor odrůd do dvou výrazných skupin. U metod stanovení plochy pod křivkou výpočet ze specifické hmotnosti papíru a planimetricky bylo zřetelné rozdělení odrůd dle sladovnické jakosti. U vyjádření tvrdosti pomocí maximální hodnoty křivky tento trend zjištěn nebyl.

Téměř lineární vztah (0,99***), v úrovni tvrdosti byl zjištěn mezi metodami A a B, což odpovídá povaze vyhodnocení, kdy se jedná o měření plochy pod křivkou odlišnými způsoby. Vztahy mezi metodami A, B a metody C byly pouze středně silné (0,58***).

Významné korelace byly zjištěny mezi metodou A a extraktem (-0,63***), relativním extraktem (-0,61***), Kolbachovo číslem (-0,70***), Friabilitou (-0,71***), β-glukany ve sladině (0,76***), částečně sklovitými zrny (0,71***), a obsahem neškrobových polysacharidů (suma β-glukanů a pentozanů)

(0,67***). Středně silné korelace byly vypočteny mezi metodou C a částečně sklovitými zrny (0,52***), obsahem β-glukanů v ječmeni (0,61***), a obsahem neškrobových polysacharidů (suma β-glukanů a pentozanů) (0,56***).

Dle zjištěných výsledků lze pro vyhodnocení záznamu tvrdosti z přístroje DO-Corder doporučit metody stanovení plochy pod křivkou, jak pomocí specifické hmotnosti papíru, tak planimetricky. Tyto metody jsou časově a materiálově náročnější oproti metodě C, poskytují však hodnoty, které mají silné korelace s kvalitativními parametry. Z hlediska praktičnosti je vhodnější pro běžnou laboratorní praxi použít stanovení plochy pod křivkou planimetricky, která je rychlejší a uživatelsky příjemnější než stanovení plochy pod křivkou pomocí specifické hmotnosti papíru. Vyjádření tvrdosti pomocí maximální hodnoty křivky se sice ukázalo jako nejméně náročné na vybavení a obsluhu, ale takto získané výsledky jsou pro odhad kvality nepoužitelné.

SOUHRN

V dnešní době jsou hledány rychlé, levné, avšak dostatečně přesné metody odhadu kvality zrna ječmene. Jednou z těchto metod je i stanovení tvrdosti dle Brabendera. Cílem bylo porovnat odlišné metody vyhodnocení grafických výstupů z Brabenderova farinografu a vybrat následně ten nejoptimálnější pro rutinní laboratorní práci.

Byly analyzovány vzorky 12 odrůd vždy ze tří lokalit ze tří sklizňových ročníků. Souběžně byly u vzorků stanoveny vybrané kvalitativní parametry ječmene a sladu. Byly vybrány tři způsoby možného hodnocení grafických výstupů.

Byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly mezi odrůdami v úrovni tvrdosti vyhodnocené všemi metodami. Pro každou metodu vyhodnocení byly stanoveny korelace mezi úrovní tvrdosti a vybranými technologickými parametry ječmene a sladu.

U metod stanovení plochy pod křivkou výpočtem ze specifické hmotnosti papíru a planimetricky bylo zřetelné rozdělení odrůd dle sladovnické jakosti. U vyjádření tvrdosti pomocí maximální hodnoty křivky tento trend zjištěn nebyl.

Téměř lineární vztah (0,99***) v úrovni tvrdosti byl zjištěn mezi metodami A a B, což odpovídá povaze vyhodnocení, kdy se jedná o měření plochy pod křivkou odlišnými způsoby. Vztahy mezi metodami A,B a metody C byly pouze středně silné (0,58***).

Významné korelace byly zjištěny mezi metodou A a extraktem (−0,63***), relativním extraktem (−0,61***), Kolbachovo číslem (−0,70***), Friabilitou (−0,71***), β-glukany ve sladině (0,76***), částečně sklovitými zrny (0,71***) a obsahem neškrobových polysacharidů (suma β-glukanů a pentozanů) (0,67***). Středně silné korelace byly vypočteny mezi metodou C a částečně sklovitými zrny (0,52***), obsahem β-glukanů v ječmeni (0,61***) a obsahem neškrobových polysacharidů (suma β-glukanů a pentozanů) (0,56***).

Na základě rozdělení odrůd do skupin Tukeyovým testem a úrovně vztahů mezi tvrdostí a vybranými technologickými parametry byla vybrána nejvhodnější metoda vyhodnocení.

tvrdost, planimetr, plocha pod křivkou, Do-Corder, ječmen, kvalita

Príspevek vznikl za podpory těchto grantů: MŠMT ČR MSM6019369701, MZe ČR NAZV IG57056, MŠMT ČR 1M0570.

LITERATURA

- AACC: *Methods 55–30*. In: Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 10th St. Paul: AACC, 2000. ISBN 1891127128.
- ALLISON, M. J., COWE, I. A., BORZUCKI, R., BRUCE, F. M. and MCHALE, R.: Milling energy of barley. *Journal of the Institute of Brewing*, 1979, 85, 262–264. ISSN 0046–9750.
- ANALYSENKOMMISSION, M.: *Brautechnische Analysenmethoden*. Freising: Selbstverlag der MEBAK, 1997. ISBN 3980581403.
- BERTHOLDSSON, N. O.: The use of environmentally stable grain characteristics for selection of high extract yield and low beta-glucan in malting barley. *European Journal of Agronomy*, 2004, 20, 237–245. ISSN 1161-0301.
- BOHAČENKO, I., CHMELÍK, J. and PSOTA, V.: Determination of the Contents of A and B Starch in Barley using Low Angle Laser Light Scattering. *Czech Journal of Food Science*, 2005, 24, 1: 11–18. ISSN 1212-1800
- EUROPEAN BREWERY CONVENTION ANALYSIS, C.: *Analytica - EBC*. 5th Nuernberg: Fachverlag Hans Carl, 1998. 654. ISBN 3418007597.
- FOX, G. P., NGUYEN, L., BOWMAN, J., POULSEN, D., INKERMAN, A. and HENRY, R. J.: Relationship Between Hardness Genes and Quality in Barley (*Hordeum vulgare*). *Journal of the Institute of Brewing*, 2007, 113, 1: 87–95. ISSN 0046-9750.
- HOLOPAINEN, U. R. M., WILHELMSON, A., SALMENKALLIO-MARTTILA, M., PELTONEN-SAINIO, P., RAJALA, A., REINIKAINEN, P., KOTAVIITA, E., SIMOLIN, H. and HOME, S.: Endosperm structure affects the malting quality of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2005, 53, 18: 7279–7287. ISSN 0021-8561.
- CHANDRA, G. S., PROUDLOVE, M. O. and BAXTER, E. D.: The structure of barley endosperm-an important determinant of malt modification. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1999, 79, 1: 37–46. ISSN 0022-5142.
- CHMELÍK, J., KRUMLOVÁ, A. and ČÁSLAVSKÝ, J.: Characterization of starch materials from barley by gravitational field flow fractionation and matrix assisted laser desorption/ionization mass spectrometry. *Chemical papers-Chemické zvesti*, 1998, 52, 360–361. ISSN 0366-6352.
- KOLIATSOU, M. and PALMER, G. H.: A new method to assess mealiness and steeliness of barley varieties and relationship of mealiness with malting parameters. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 2003, 61, 3: 114–118. ISSN 0361-0470.
- OSBORNE, B. G. and ANDERSEN, R. S.: Sing-

- le-kernel characterization principles and applications. *Cereal Chemistry*, 2003, 80, 5: 613–622. ISSN 0009-0352.
- PALMER, G. H.: Achieving homogeneity in malting. *EBC Proceedings of the 27th Congress*, 1999, 323–363. ISBN 9070143208.
- POMERANZ, Y. and WILLIAMS, P. C.: *Wheat hardness: Its genetic, structural, and biochemical background, measurement, and significance*. In: POMERANZ, Y.: *Advance Cereal Science Technology* St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1990. 471–548. ISBN 0913250805.
- PSOTA, V. and KOSAŘ, K.: Malting quality index. *Kvasný průmysl*, 2002, 48, 6: 142–148. ISSN 0023-5830.
- PSOTA, V., KOSAŘ, K. and JUREČKA, D.: Assortment of varieties of malting barley in the Czech Republic in 2000. *Monatsschrift fuer Brauwissenschaft*, 2001, 54: 9–12. ISSN 0723-1520.
- PSOTA, V. and VEJRAŽKA, K.: Fyzikální vlastnosti obilek ječmene a zrn sladu. *Kvasný průmysl*, 2006a, 52, 5: 148–150. ISSN 0023-5830.
- PSOTA, V. and VEJRAŽKA, K.: Fyzikální vlastnosti obilek ječmene a zrn sladu - dokončení. *Kvasný průmysl*, 2006b, 52, 6: 185–189. ISSN 0023-5830.
- PSOTA, V., VEJRAŽKA, K., FAMĚRA, O. and HRČKA, M.: Relationship Between Grain Hardness and Malting Quality of Barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of the Institute of Brewing*, 2007, 113, 1: 80–86. ISSN 0046-9750.
- VEJRAŽKA, K., PSOTA, V., EHRENBERGEROVÁ, J., BŘEZINOVÁ BELCREDI, N. and CERKAL, R.: Potential of grain hardness of barley (*Hordeum vulgare* L.) as a selection trait in breeding programme. *Acta universitatis agriculturae et silviculturae Mendelianae Brunensis*, 2007, LV, 2: 99–104. ISSN 1211-8516.

Adresa

Ing. Karel Vejražka, Ústav pěstování, šlechtění rostlin a rostlinolékařství, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, e-mail: kvejrazka@click.cz

