

# Citlivost vybraných odrůd sladovnického ječmene na stupeň domočení

## *Sensitivity of the selected malting barley varieties to the degree of steeping*

Vratislav PSOTA<sup>1</sup>, Lenka SACHAMBULA<sup>1</sup>, Aleš PAULŮ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a.s., Sladařský ústav, Mostecká 7, 614 00 Brno / *Research Institute of Brewing and Malting, Malting Institute Brno, Mostecká 7, CZ 614 00 Brno, Czech Republic*

<sup>2</sup> Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Technická 5, 166 28 Praha 6 / *University of Chemistry and Technology, Prague, Technická 5, 166 28 Praha 6, Czech Republic*

e-mail: psota@beerresearch.cz; sachambula@beerresearch.cz; alespaulu@seznam.cz

Recenzovaný článek / *Reviewed Paper*

**Psota, V. – Sachambula, L. – Paulů, A.: Citlivost vybraných odrůd sladovnického ječmene na stupeň domočení.** *Kvasny Prum.* 61, 2015, č. 10–11, s. 288–295

Soubor 14 odrůd jarního ječmene byl sladován při dvou různých stupních domočení (42 % a 45 %) na konci namáčky. Snížením stupně domočení o 3 % byly zvýrazněny rozdíly mezi odrůdami. U experimentálního souboru odrůd neměl nižší stupeň domočení vliv na obsah extraktu. Nižší stupeň domočení se výrazně projevil u většiny ostatních sledovaných technologických znaků. Snížení stupně domočení se u experimentálního souboru odrůd projevilo snížením relativního extraktu při 45 °C o 4,4 %, Kolbachova čísla o 3,2 %, dosažitelného stupně prokvašení o 0,8 %. Nejvíce se nižší stupeň domočení odrazil na úrovni cytolytického rozluštění. Degradace buněčných stěn se snížila v průměru o 11,0 % a obsah β-glukanů ve sladince se zvýšil v průměru o 211 mg/l. Všechny odrůdy s jednou výjimkou se dostaly výrazně mimo akceptovatelnou úroveň obsahu β-glukanů ve sladince.

**Psota, V. – Sachambula, L. – Paulů, A.: Sensitivity of the selected malting barley varieties to the degree of steeping.** *Kvasny Prum.* 61, 2015, No. 10–11, pp. 288–295

The set of 14 spring barley varieties was malted at two different degrees of steeping (42% and 45%) at the end of steeping. The differences between varieties were highlighted by decreasing the degree of steeping by 3 %. Extract content in the experimental set of varieties was not affected by the lower degree of steeping while most of the other studied technological traits were markedly affected by the lower degree of steeping. The decrease in the degree of steeping in the experimental set of the varieties led to the decrease in relative extract at 45 °C by 4.4%, Kolbach index by 3.2%, apparent final attenuation by 0.8%. The level of cytolytic modification was most affected by a lower degree of steeping. Degradation of the cell walls declined on average by 11.0% and β-glucan content in sweet wort increased on average by 211 mg/l. With one exception, all varieties got significantly beyond the acceptable levels of β-glucan content in sweet wort.

**Psota, V. – Sachambula, L. – Paulů, A.: Die Empfindlichkeit von ausgesuchten Braugerstensorten auf den Weichgrad.** *Kvasny Prum.* 61, 2015, Nr. 10–11, S. 288–295

Die Kollektion der 14 Sommergerstensorten wurde bei zwei verschiedenen Werten vom Weichgrad (42% und 45%) am Ende des Weichens gemälzt. Durch die Erniedrigung um 3% wurden die Unterschiede unter Sorten hervorgehoben. Bei den experimentellen Sorten wies ein niedrigeres Weichengrad auf den Extrakt keinen Einfluss auf. Bei den anderen Sorten das niedrigeres Weichengrad hat jedoch einen wesentlichen Einfluss auf die andere vorfolgenden technologische Parameter. Bei der experimentellen Sortendatei wies die Erniedrigung des -Weichgrades durch Erniedrigung des Relativextrakts bei 45°C um 4,4%, Kolbachzahl um 3,2%, und des erreichbaren Vergärungsgrades um 0,8% auf. Der niedrigere Weichgrad hatte die größte Wirkung auf Pegel der zytologischen Auflösung, die Degradation der Zellwände ist im Durchschnitt um 11,0% gesunken und Gehalt an Beta-Glucane in der Süßwürze ist im Durchschnitt um 211 mg/l erhöht worden. Alle Sorten mit einer Ausnahme wiesen nicht akzeptablen Gehalt an Beta-Glucane in der Süßwürze auf.

**Klíčová slova:** ječmen, slad, stupeň domočení, sladovnická kvalita

**Keywords:** barley, malt, degree of steeping, malting quality

### 1 ÚVOD

Máčení je první a velmi důležitou fází výroby sladu. V průběhu máčení se dostává do zrna voda nutná pro zahájení biochemických změn spojených následně s fyziologickým procesem klíčení. Množství zrnem přijaté vody je závislé na mnoha exogenních (teplota a kvalita vody, technologie máčení) a endogenních (odrůda, úroveň poškození zrna apod.) faktorech (Moštek, 1975; Briggs, 1998; Basařová 2015).

Odrůda sladovnického ječmene, která i při nižším stupni domočení poskytne slad s běžně požadovanou sladovnickou kvalitou, bude mít pro sladovnický průmysl pozitivní ekonomický efekt. S nižším stupněm domočení klesají sladovací ztráty (Narziss, 1965). Nižší stupeň domočení, respektive vláha zeleného sladu, má rovněž významný pozitivní vliv na spotřebu energie, zejména v průběhu hvozdění.

V současné době produkuje komerční šlechtění velmi podobné odrůdy sladovnického ječmene. Technologická kvalita špičkových odrůd se výrazně neliší. Jednou z cest, jak zvětšit rozdíly mezi hodnocenými odrůdami, je změna technologie mikroskladování v rámci zkoušení nových odrůd.

Cílem této studie bylo zjistit, jak stávající sortiment vybraných sladovnických odrůd jarního ječmene reaguje na nižší stupeň domočení na konci namáčky.

### 1 INTRODUCTION

Steeping is the first and very important phase of malt production. During steeping, water necessary for initiating chemical changes connected subsequently with the physiological germination process gets into grain. The amount of water uptaken by grain depends on many exogenous (temperature and water quality, technology of steeping) and endogenous (variety, level of grain damage etc.) factors (Moštek, 1975; Briggs, 1998; Basařová, 2015).

The variety of malting barley that even with a lower degree of steeping gives malt with commonly required malting quality will have a positive economic effect for the malting industry. Malting losses decrease with a lower degree of steeping (Narziss, 1965). A lower degree of steeping or moisture content of green malt also affects positively energy consumption, namely during kilning.

Currently, commercial breeding produces very similar varieties of malting barley. Technological quality of top varieties does not differ markedly. A possible way how to increase the differences among the evaluated varieties is a change of micromalting technology within testing new varieties.

The aim of this study was to find how the current collection of the selected malting varieties of spring barley responds to a lower degree of steeping at the end of steeping.

## 2 MATERIÁL A METODY

## Odrůdy ječmene

V rámci předložené studie bylo k experimentu využito souboru čtrnácti sladovnických odrůd jarního ječmene ze sklizňového ročníku 2014, zkoušených pro „Seznam doporučených odrůd“. Sladovnická kvalita hodnocených odrůd byla stanovena v době jejich registrace: Malz (Psota a Jurečka, 2002), Bojos, Sebastian (Psota et al., 2005), Xanadu (Psota a Horáková, 2006), Blanik (Psota, Horáková 2007), Kangoo (Psota et al., 2008), Sunshine (Psota et al., 2012), Laudis 550, Petrus, Vendela (Psota et al., 2013), Francin, KWS Irina, Odysey a Overture (Psota et al., 2014).

## Pokusná stanoviště

Odrůdy byly pěstovány ve čtyřech pokusných stanovištích za použití stejné agrotechniky. Popis stanovišť uvádí Psota et al. (2015).

## 2 MATERIAL AND METHODS

## Barley varieties

Within the present study, a set of fourteen malting varieties of spring barley, harvest year 2014, was used for the experiment. The varieties had been tested for the "List of Recommended Varieties". Malting quality of the evaluated varieties was determined at the time of their registration: Malz (Psota and Jurečka, 2002), Bojos, Sebastian (Psota et al., 2005), Xanadu (Psota and Horáková, 2006), Blanik (Psota, Horáková, 2007), Kangoo (Psota et al., 2008), Sunshine (Psota et al., 2012), Laudis 550, Petrus, Vendela (Psota et al., 2013), Francin, KWS Irina, Odysey, and Overture (Psota et al., 2014).

## Experimental sites

The varieties were grown at four experimental sites using the same farming practices. For the description of the experimental sites see Psota et al. (2015).

Tab. 1a Analýza variance a odhad komponent rozptylu pro / Table 1a Analysis of variance and estimated components of variance for

Zdroj proměnlivosti Source of variation	d.f.	Průměrný čtverec Mean square	Hladina významnosti Significant level	F hodnota F ratio	Odhad komponent rozptylu		
					abs.	rel. (%)	s.e.
					Estimated components of variance		
					abs.	rel. (%)	s.e.
Extrakt ve sladu / Extract of malt (%)							
Stanoviště / Site	3	7.62	***	38.14	0.26	19.87	0.22
Odrůda / Variety	13	7.15	***	35.80	0.87	65.16	0.35
Stupeň domočení / Steeping degree	1	0.02	NS	0.08	0.00	0.00	0.01
Reziduál / Residual	94	0.20			0.20	14.98	0.03
Diastatická mohutnost / Diastatic power (W.K.)							
Stanoviště / Site	3	117043.10	***	62.40	4113.12	50.22	3413.06
Odrůda / Variety	13	18247.18	***	9.73	2046.42	24.99	895.30
Stupeň domočení / Steeping degree	1	10549.72	*	5.62	154.89	1.89	266.47
Reziduál / Residual	94	1875.84			1875.84	22.90	273.62
Dosažitelný stupeň prokvašení / Apparent final attenuation (%)							
Stanoviště / Site	3	27.51	***	25.08	0.94	25.34	0.80
Odrůda / Variety	13	12.36	***	11.27	1.41	37.83	0.61
Stupeň domočení / Steeping degree	1	16.43	***	14.98	0.27	7.36	0.42
Reziduál / Residual	94	1.10			1.10	29.47	0.16
Relativní extrakt při 45 °C / Relative extract at 45 °C (%)							
Stanoviště / Site	3	141.23	***	81.92	4.98	20.80	4.12
Odrůda / Variety	13	59.43	***	34.47	7.21	30.12	2.91
Stupeň domočení / Steeping degree	1	563.41	***	326.78	10.03	41.88	14.23
Reziduál / Residual	94	1.72			1.72	7.20	0.25
Kolbachovo číslo / Kolbach index (%)							
Stanoviště / Site	3	140.71	***	53.93	4.93	31.01	4.10
Odrůda / Variety	13	29.46	***	11.29	3.36	21.11	1.45
Stupeň domočení / Steeping degree	1	282.89	***	108.42	5.01	31.47	7.14
Reziduál / Residual	94	2.61			2.61	16.41	0.38
Celkový dusík ve sladu / Total nitrogen of malt (%)							
Stanoviště / Site	3	0.22	***	70.80	0.01	47.53	0.01
Odrůda / Variety	13	0.05	***	14.93	0.01	33.33	0.00
Stupeň domočení / Steeping degree	1	0.00	NS	1.12	0.00	0.00	0.00
Reziduál / Residual	94	0.00			0.00	19.14	0.00
Rozpustný dusík ve sladu / Soluble nitrogen of malt (mg.l)							
Stanoviště / Site	3	146736.35	***	194.05	5213.58	57.15	4278.92
Odrůda / Variety	13	11293.15	***	14.94	1317.12	14.44	553.86
Stupeň domočení / Steeping degree	1	103578.89	***	136.98	1836.12	20.13	2615.76
Reziduál / Residual	94	756.16			756.16	8.29	110.30
Volný alfa-aminodusík / Free alpha-amino nitrogen (mg.l)							
Stanoviště / Site	3	8336.77	***	47.39	291.46	46.79	243.11
Odrůda / Variety	13	337.69	*	1.92	20.22	3.25	16.86
Stupeň domočení / Steeping degree	1	7755.57	***	44.08	135.35	21.73	195.86
Reziduál / Residual	94	175.93			175.93	28.24	25.66

**Mikrosladování a analýza vyrobeného sladu**

Laboratorní sladování vzorků zrna vybraných odrůd probíhalo standardním postupem, který je téměř totožný s metodikou MEBAK (2011). Parametry sladování byly následující:

– Máčení: 1. den – 5 hodin, 2. den – 4 hodiny, 3. den – dokrojení nebo máčení pro dosažení požadovaného stupně domočení.

První varianta (snížený stupeň domočení) byla vedena tak, aby obsah vody v zrně byl na konci máčení 42 %.

Druhá varianta (standardní stupeň domočení) byla vedena tak, aby obsah vody v zrně byl na konci máčení 45 %. Všechny ostatní podmínky byly pro obě varianty stejné. Teplota vody a vzduchu v rámci vzdušných přestávek byla 14,0 °C.

– Klíčení: celkový čas klíčení byl 144 hodin při teplotě 14,0 °C.

– Hvozdění: jednodívkový elektricky vyhřívaný hvozd. Celková doba hvozdění byla 22 hodin. Předsoušení probíhalo při teplotě 55 °C po dobu 12 hodin a dotahovací teplota byla 80 °C po dobu závěrečných čtyř hodin.

Vyrobený slad byl analyzován podle metodik uvedených v publikacích EBC (2010) a MEBAK (2011).

**Statistické zpracování výsledků**

Výsledky byly statisticky zpracovány analýzou rozptylu dvojnásobného třídění, modely s pevnými a náhodnými efekty (např. Anděl 2005) statistickými programy Statgraphics ver. 7 a Statistica, ver. 8.

**3 VÝSLEDKY A DISKUSE**

Odrůda a nevhodné podmínky sladování, např. snížený stupeň domočení, jsou příčinou zhoršené úrovně rozluštění (Palmer, 1989). Optimální stupeň domočení přispívá tak k výrobě homogenně rozluštěného sladu, protože podporuje činnost aleuronové vrstvy (Palmer a Sattler, 1996). Odrůdy však nereagují na použitou délku namáčky, počet vzdušných přestávek (Swanston a Taylor, 1990) i stupeň domočení stejně.

**Micromalting and analysis of the produced malt**

Laboratory malting of the grain samples of the selected varieties was conducted with the standard method which is nearly the same as the MEBAK method (2011). The malting parameters are as follows:

– Steeping: 1<sup>st</sup> day – 5 hours, 2nd day – 4 hours, 3rd day – spraying or steeping to the required degree of steeping.

The first variant (reduced degree of steeping) was conducted so that water content in grain was 42% at the end of steeping.

The second variant (standard degree of steeping) was conducted so that water content in grain was 45% at the end of steeping. All other conditions were the same for both the variants. The temperature of water and air within the air rests was 14.0 °C.

– Germination: total germination time was 144 hours at the temperature of 14.0 °C.

– Kilning: one-floor electrically heated kiln. The total time of kilning was 22 hours. Pre-kilning was conducted at the temperature of 55 °C for 12 hours and kilning temperature was for the period of last four hours was 80 °C.

The produced malt was analyzed according to the methods given in publications of EBC (2010) and MEBAK (2011).

**Statistical evaluation of the results**

The results were statistically evaluated using the two-way analysis of variance, models with fixed and random effects (e.g. Anděl, 2005) statistical programmes Statgraphics ver. 7 and Statistica ver. 8.

**3 RESULTS AND DISCUSSION**

The variety and unsuitable malting conditions, for example reduced degree of steeping, are a reason of a deteriorated level of modification (Palmer, 1989). The optimal degree of steeping thus contributes to the homogeneity of modification of produced malts as

Tab. 1b Analýza variance a odhad komponent rozptylu pro / Table 1b Analysis of variance and estimated components of variance for

Zdroj proměnlivosti Source of variation	d.f.	Průměrný čtverec Mean square	Hladina významnosti Significant level	F hodnota F ratio	Odhad komponent rozptylu		
					abs.	rel. (%)	s.e.
					Estimated components of variance		
					abs.	rel. (%)	s.e.
Friabilita / Friability (%)							
Stanoviště / Site	3	741.84	***	54.40	26.01	22.23	21.63
Odrůda / Variety	13	104.91	***	7.69	11.41	9.75	5.15
Stupeň domočení / Steeping degree	1	3707.60	***	271.88	65.96	56.37	93.63
Reziduál / Residual	94	13.64			13.64	11.65	1.99
Částečně sklovitá zrna / Partly unmodified grains (%)							
Stanoviště / Site	3	164.31	***	23.20	5.62	15.31	4.79
Odrůda / Variety	13	24.53	***	3.46	2.18	5.95	1.21
Stupeň domočení / Steeping degree	1	1228.28	***	173.43	21.81	59.44	31.02
Reziduál / Residual	94	7.08			7.08	19.31	1.03
Sklovitá zrna / Glassy grains (%)							
Stanoviště / Site	3	0.14	*	3.88	0.00	8.46	0.00
Odrůda / Variety	13	0.07	*	1.88	0.00	9.13	0.00
Stupeň domočení / Steeping degree	1	0.05	NS	1.40	0.00	0.67	0.00
Reziduál / Residual	94	0.04			0.04	81.74	0.01
Obsah β-glukanů ve sladince / β-glucan content of wort (mg.l)							
Stanoviště / Site	3	153637.20	***	15.72	5137.89	12.29	4480.44
Odrůda / Variety	13	48180.90	***	4.93	4800.57	11.49	2368.97
Stupeň domočení / Steeping degree	1	1245955.10	***	127.45	22074.62	52.82	31465.13
Reziduál / Residual	94	9776.40			9776.37	23.39	1426.03
Viskozita sladin / Viscosity of wort (mPa.s)							
Stanoviště / Site	3	0.02	***	18.16	0.00	10.71	0.00
Odrůda / Variety	13	0.01	***	5.43	0.00	8.93	0.00
Stupeň domočení / Steeping degree	1	0.20	***	215.74	0.00	64.29	0.01
Reziduál / Residual	94	0.00			0.00	16.07	0.00

**Amylolytické rozluštění**

Obsah extraktu v sušině sladu nebyl u experimentálního souboru odrůd změnou stupně domočení ovlivněn. Další znaky charakterizující amylolytické rozluštění, a to diastatická mohutnost a dosažitelný stupeň prokvašení, byly ovlivněny změnou stupně domočení jen minimálně (1,9 a 7 %) (tab. 1a).

Experimentální soubor odrůd reagoval v průměru na snížení stupně domočení poklesem diastatické mohutnosti z 371 W. K. na 352 W. K. a poklesem dosažitelného stupně prokvašení z 81,3 % na 80,5 %. K největšímu poklesu dosažitelného stupně prokvašení došlo u odrůdy Petrus o 1,4 %, u odrůdy Sebastian o 1,1 % a u odrůdy Kangoo o 1,0 %. Naopak u odrůd Bojos, Malz a KWS Irina došlo k poklesu hodnoty dosažitelného stupně prokvašení pouze o 0,2 % respektive 0,3 % (tab. 2a, 2b).

**Proteolytické rozluštění**

Změna hodnot relativního extraktu při 45 °C a Kolbachova čísla byla u experimentálního souboru ovlivněna ze 41 respektive z 31 % stupněm domočení. Obsah dusíku ve sladu stupněm domočení ovlivněn nebyl (tab. 1a). Obsah rozpustného dusíku a volného  $\alpha$ -amino dusíku byl ovlivněn z 20 % respektive z 21 % stupněm domočení (tab. 2a). Při sníženém i při standardním stupni domočení tvořil volný  $\alpha$ -aminodusík přibližně 20 % rozpustného dusíku

Odrůdy experimentálního souboru reagovaly na snížení stupně domočení snížením hodnot relativního extraktu při 45 °C, Kolbachova čísla, obsahu rozpustného dusíku a volného  $\alpha$ -amino dusíku. Pouze obsah dusíku ve sladu byl u obou variant domočení stejný. Nejmenší pokles byl v případě relativního extraktu při 45 °C, Kolbachova čísla a rozpustného dusíku zaznamenán u odrůdy Sunshine. Ostatní odrůdy vykázaly u těchto znaků pokles dvojnásobný i větší. V případě Kolbachova čísla došlo k největšímu po-

it supports the activity of the aleurone layer (Palmer and Sattler, 1996). Varieties, however, do not respond to the steeping length, number of air rests (Swanston and Taylor, 1990) and the degree of steeping uniformly.

**Amylolytic modification**

Extract content in the dry matter of malt in the experimental set was not affected by the change of the steeping degree. Other parameters characterizing amylolytic modification, i.e. diastatic power and apparent final attenuation, were affected by the change of the steeping degree only to a minimum extent (1.9% and 7%, respectively) (Table 1a).

The experimental set of varieties responded to the reduction of the steeping degree by a decline in diastatic power from 371 W. K. to 352 W. K. and decline in the apparent final attenuation from 81.3% to 80.5%. The highest decline in the apparent final attenuation was recorded in the variety Petrus by 1.4%, in the variety Sebastian by 1.1% and the variety Kangoo by 1.0%. On the contrary, the decline in the apparent final attenuation in the varieties Bojos, Malz and KWS Irina was only 0.2% and 0.3%, respectively (Tables 2a, 2b).

**Proteolytic modification**

The degree of steeping affected a change of the values of relative extract at 45 °C and Kolbach index in the experimental set from 41 and 31%, respectively. Nitrogen content was not affected by the steeping degree (Table 1a). Contents of soluble nitrogen and free  $\alpha$ -amino nitrogen were affected from 20% and 21% by the degree of steeping (Table 2a); both at the reduced and standard degree of steeping, free  $\alpha$ -amino nitrogen formed about 20% of the soluble nitrogen

The varieties of the experimental set responded to the reduced steeping degree by lowering of the values of relative extract at 45 °C,

Tab. 1c Analýza variance a odhad komponent rozptylu pro / Table 1c Analysis of variance and estimated components of variance for

Zdroj proměnlivosti Source of variation	d.f.	Průměrný čtverec Mean square	Hladina významnosti Significant level	F hodnota F ratio	Odhad komponent rozptylu		
					abs.	rel. (%)	s.e.
					Estimated components of variance		
					abs.	rel. (%)	s.e.
Celkové polyfenoly ve sladině / Total polyphenols in wort (mg.dm <sup>-3</sup> )							
Stanoviště / Site	3	681.28	***	14.50	22.65	16.10	19.87
Odrůda / Variety	13	424.67	***	9.04	47.21	33.56	20.84
Stupeň domočení / Steeping degree	1	1382.52	***	29.43	23.85	16.95	34.91
Reziduál / Residual	94	46.97			46.97	33.39	6.85
Zákal 12° / Haze 12° (u.EBC)							
Stanoviště / Site	3	32.01	***	25.24	1.10	35.74	0.93
Odrůda / Variety	13	2.42	*	1.91	0.14	4.70	0.12
Stupeň domočení / Steeping degree	1	32.68	***	25.76	0.56	18.26	0.82
Reziduál / Residual	94	1.27			1.27	41.29	0.19
Zákal 90° / Haze 90° (u.EBC)							
Stanoviště / Site	3	27.24	***	26.82	0.94	33.01	0.79
Odrůda / Variety	13	2.41	**	2.37	0.17	6.15	0.12
Stupeň domočení / Steeping degree	1	40.81	***	40.20	0.71	25.05	1.03
Reziduál / Residual	94	1.01			1.01	35.79	0.15
Barva sladiny / Colour of malt (u.EBC)							
Stanoviště / Site	3	0.11	*	3.97	0.00	6.43	0.00
Odrůda / Variety	13	0.14	***	4.89	0.01	29.93	0.01
Stupeň domočení / Steeping degree	1	0.09	NS	3.10	0.00	2.22	0.00
Reziduál / Residual	94	0.03			0.03	61.42	0.00
Ztráty prodýcháním / Respiration losses (%)							
Stanoviště / Site	3	3.90	***	44.94	0.14	33.51	0.11
Odrůda / Variety	13	0.40	***	4.57	0.04	9.54	0.02
Stupeň domočení / Steeping degree	1	8.20	***	94.36	0.14	35.59	0.21
Reziduál / Residual	94	0.09			0.09	21.36	0.01
Ztráty odklíčením / Rootlet losses (%)							
Stanoviště / Site	3	0.77	***	17.54	0.03	5.93	0.02
Odrůda / Variety	13	0.26	***	6.01	0.03	6.30	0.01
Stupeň domočení / Steeping degree	1	19.06	***	434.09	0.34	77.72	0.48
Reziduál / Residual	94	0.04			0.04	10.05	0.00

klesu u odrůd Malz o 4,5 %, Overture o 4,1 %, Sebastian o 4,0 % a odrůdy Xanadu o 4,0 %. Nejmenší pokles byl zaznamenán u odrůdy Sunshine o 1,3 %, Laudis 550 o 2,2 % a Kangoo o 2,4 % (tab. 2a, 2b).

#### Cytolytické rozluštění

Změny hodnot sledovaných znaků cytolytického rozluštění (friabilita, částečně sklovitá zrna, obsah  $\beta$ -glukanů ve sladině, viskozita) byly z 52 % – 64 % ovlivněny změnou stupně domočení (tab. 1b).

Odrůdy experimentálního souboru reagovaly na snížení stupně domočení ve většině případů výrazným zhoršením úrovně cytolytického rozluštění. Pouze obsah sklovitých zrn ve sladu byl u obou variant v podstatě stejný. U všech experimentálních odrůd až na jednu výjimku se zvýšil obsah  $\beta$ -glukanů ve sladině na nepříznivě vysoké hodnoty 284–547 mg/l. Odrůda Sunshine v reakci na snížený stupeň domočení zvýšila též obsah  $\beta$ -glukanů ve sladině, ale pouze na akceptovatelnou hodnotu 169 mg/l. Poklesly hodnoty friability až o 18,5 %, zvýšil se obsah  $\beta$ -glukanů ve sladině až o 334 mg/l, zvýšil se podíl částečně sklovitých zrn až o 9 % a zvýšila se viskozita až na úroveň 1,59 mPa.s (tab. 2a, 2b).

Kolbach index, soluble nitrogen content and free  $\alpha$ -amino nitrogen. Only the nitrogen content in malt was the same in both variants of steeping. The lowest decline was recorded in relative extract at 45 °C, Kolbach index and soluble nitrogen in the variety Sunshine. The other varieties exhibited in these parameters a twofold or even higher decline. The highest decline in the Kolbach index was recorded in the varieties Malz (by 4.5%), Overture (by 4.1%), Sebastian (by 4.0%), and the variety Xanadu (by 4.0%). The smallest decline was recorded in the variety Sunshine, by 0.1.3%, Laudis 550 by 2.2%, and Kangoo by 2.4% (Tables 2a, 2b).

#### Cytolytic modification

Changes of the values of the studied parameters of the cytolytic modification (friability, partly glassy grains,  $\beta$ -glucan content in sweet wort, viscosity) were affected by the degree of steeping from 52% – 64% (Table 1b).

In most cases, the varieties of the experimental set responded to the reduction in the degree of steeping by a pronounced worsening of the level of modification. Only content of glassy grains in malt was in both variants basically the same. In all the experimental varieties,

Tab. 2a Průměrné hodnoty sledovaných znaků při stupni domočení 42 % / Table 2a The average values of the studied parameters at the degree of steeping 42 %

Odrůdy Variety		Blanik	Bojos	Francin	Kangoo	KWS Irina	Laudis 550	Malz	Odyssey	Overture	Petrus	Sebastian	Sunshine	Vendela	Xanadu	Průměr
Stupeň domočení Degree of steeping	%	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
Extrakt ve sladu Extract of malt	%	82.3	81.9	81.5	82.2	82.9	81.8	83.0	82.7	83.3	81.1	82.9	82.6	79.7	82.7	82.2
Diastatická mohutnost Diastatic power	W.K.	353	333	326	424	297	288	310	328	313	388	367	422	367	410	352
Dosažitelný stup. prokvašení Apparent final attenuation	%	80.5	79.1	77.7	81.5	81.8	79.2	80.3	81.0	82.1	80.7	80.7	81.9	81.1	79.6	80.5
Relativní extrakt při 45 °C Relative extract at 45 °C	%	32.7	32.2	34.5	35.1	35.7	33.4	36.2	35.5	39.8	33.0	34.5	38.0	32.2	39.3	35.2
Kolbachovo číslo Kolbach index	%	37.4	36.7	38.4	40.1	41.3	38.9	39.4	40.2	40.6	35.6	39.6	43.5	38.6	39.0	39.2
Celkový dusík ve sladu Total nitrogen of malt	%	1.69	1.79	1.72	1.69	1.54	1.74	1.76	1.58	1.62	1.73	1.61	1.74	1.65	1.77	1.69
Rozpuštěný dusík ve sladu Soluble nitrogen of malt	mg.l	702	727	731	753	705	749	767	703	726	681	708	843	706	764	733
Volný $\alpha$ -aminodusík Free $\alpha$ -amino nitrogen	mg.l	136	153	149	152	133	153	153	150	156	137	138	159	148	130	146
Friabilita Friability	%	70	70	72	75	71	68	73	71	78	71	71	88	70	72	73
Částečně sklovitá zrna Partly unmodified grains	%	11.2	9.9	8.9	6.7	8.9	10.2	8.7	10.2	4.8	9.9	10.6	0.5	7.5	6.8	8.2
Sklovitá zrna Glassy grains	%	0.3	0.2	0.1	0.0	0.2	0.3	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.0	0.1	0.2	0.2
Obsah $\beta$ -glukanů ve sladině $\beta$ -glucan content of wort	mg/l	498	368	377	445	514	405	547	365	324	435	497	169	284	313	396
Viskozita sladiný Viscosity of wort	mPa.s	1.56	1.52	1.54	1.56	1.55	1.54	1.59	1.51	1.50	1.54	1.56	1.47	1.51	1.50	1.53
Celk. polyfenoly ve sladině Total polyphenols in wort	mg/l	64	54	65	68	78	54	62	71	65	74	64	61	70	55	65
Zákal 12° Haze 12°	u.EBC	3.02	1.79	2.40	2.32	2.33	2.89	1.51	1.06	0.64	2.40	3.19	2.57	1.82	1.82	2.12
Zákal 90° Haze 90°	u.EBC	2.98	1.90	2.63	2.32	2.41	2.52	1.39	1.19	0.56	2.09	3.29	2.50	1.86	1.67	2.09
Barva sladiný Colour of malt	u.EBC	2.8	2.6	2.8	2.8	3.0	2.8	2.7	2.7	2.6	2.7	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
Ztráty prodýcháním Respiration losses	%	3.9	4.0	3.7	3.6	4.3	3.7	4.1	3.8	3.9	3.3	4.0	4.0	3.8	4.3	3.9
Ztráty odklíčením Rootlet losses	%	3.4	3.4	3.2	3.3	3.6	3.3	3.2	2.9	3.2	3.2	3.4	3.3	3.0	3.4	3.3

**Znaky senzoričké kvality sladu**

U experimentálního souboru byly sledovány také znaky charakterizující některé senzoričké vlastnosti sladu (celkové polyfenoly, zákal a barva sladiny) (tab. 1c).

Celkové polyfenoly ve sladince byly ovlivněny změnou stupně domočení pouze z 16 %. Snížení stupně domočení znamenalo u většiny experimentálních odrůd někdy až výrazné snížení obsahu celkových polyfenolů ve sladince. Na změnu stupně domočení v podstatě nereagovala odrůda Blanik.

Zákal sladiny byl ovlivněn změnou stupně domočení z 18 a 25 % (tab. 1c). Snížení stupně domočení vedlo k zvýšení hodnot zákalu, ale ani u jedné odrůdy nebyla dosažena hodnota 4 j.EBC. Pouze odrůda Overture na změnu stupně domočení v případě zákalu nereagovala (tab. 2a, 2b).

Barva sladiny byla změnou stupně domočení ovlivněna pouze z 2 % (tab. 1c). Snížení stupně domočení se u většiny experimentálních odrůd změnou barvy sladiny neprojevovalo. U několika odrůd došlo u varianty s nižším stupněm domočení ke snížení barvy sladiny o 0,1 až 0,4 j.EBC (tab. 2a, 2b).

with one exception,  $\beta$ -glucan content in sweet wort increased to unfavorable values of 284–547 mg/l. In reaction to the decreased degree of steeping, the variety Sunshine also increased  $\beta$ -glucan content in sweet wort, but only to the acceptable level of 169 mg/l. The friability values declined as much as by 18.5%,  $\beta$ -glucan content in sweet wort increased by 334 mg/l, portion of partially glassy grains increased as much as by 9% and viscosity increased to 1.59 mPa.s (Tables 2a, 2b).

**Parameters of sensory quality of malt**

In the experimental set, parameters characterizing some sensory properties of malt (total polyphenols, turbidity and sweet wort color) were also studied (Table 1c).

Total polyphenols in sweet wort were affected by the changed degree of steeping only from 16%. The decrease in the steeping degree led in most of the experimental varieties to a pronounced decline in total polyphenol content in sweet wort. Blanik was only the variety that did not react to the change of the steeping degree.

Sweet wort haze was affected by the change of the steeping degree from 18 and 25% (Table 1c). The reduction of the steeping de-

Tab. 2b Průměrné hodnoty sledovaných znaků při stupni domočení 45 % / Table 2b The average values of the studied parameters at the degree of steeping 45 %

Odrůdy Variety		Blanik	Bojos	Francin	Kangoo	KWS Irina	Laudis 550	Maiz	Odyssey	Overture	Petrus	Sebastian	Sunshine	Vendela	Xanadu	Průměr
Stupeň domočení Degree of steeping	%	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Extrakt ve sladu Extract of malt	%	82.1	81.9	81.8	82.0	82.8	81.7	82.9	82.9	83.5	81.3	83.0	82.4	79.6	82.5	82.2
Diastatická mohutnost Diastatic power	W.K.	384	357	336	438	299	309	346	297	338	458	397	425	404	407	371
Dosažitelný stup. prokvašení Apparent final attenuation	%	81.5	79.3	78.6	82.5	82.0	80.1	80.6	81.7	82.7	82.1	81.8	82.6	81.9	80.6	81.3
Relativní extrakt při 45 °C Relative extract at 45 °C	%	37.1	36.5	38.5	39.0	41.5	36.8	40.5	39.7	46.8	37.5	39.2	40.7	36.7	44.5	39.6
Kolbachovo číslo Kolbach index	%	40.0	40.0	41.1	42.5	44.9	41.1	43.9	43.5	44.7	38.8	43.7	44.8	41.9	43.0	42.4
Celkový dusík ve sladu Total nitrogen of malt	%	1.69	1.79	1.70	1.67	1.53	1.73	1.75	1.58	1.62	1.73	1.59	1.72	1.64	1.74	1.68
Rozpustný dusík ve sladu Soluble nitrogen of malt	mg.l	755	798	780	794	765	795	858	767	808	749	779	863	769	837	794
Volný $\alpha$ -aminodusík Free $\alpha$ -amino nitrogen	mg.l	158	162	164	157	165	156	169	167	173	153	151	170	158	176	163
Friabilita Friability	%	78	86	81	88	83	84	85	87	86	82	81	90	88	82	84
Částečně sklovitá zrna Partly unmodified grains	%	3.3	0.9	2.1	1.1	2.3	1.5	1.5	1.3	0.8	2.7	2.3	0.1	0.5	2.0	1.6
Sklovitá zrna Glassy grains	%	0.3	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.5	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1
Obsah $\beta$ -glukanů ve sladince $\beta$ -glucan content of wort	mg/l	255	172	227	175	273	200	213	161	157	209	215	60	107	163	185
Viskozita sladiny Viscosity of wort	mPa.s	1.46	1.44	1.46	1.47	1.45	1.46	1.47	1.43	1.42	1.44	1.46	1.42	1.43	1.43	1.45
Celk. polyfenoly ve sladince Total polyphenols in wort	mg/l	64	62	71	78	89	66	65	79	73	78	70	66	77	65	72
Zákal 12° Haze 12°	u.EBC	1.44	0.69	1.58	1.16	1.89	1.12	0.85	0.57	0.57	0.92	1.71	0.92	0.59	0.62	1.04
Zákal 90° Haze 90°	u.EBC	1.42	0.60	1.49	1.15	1.15	1.03	0.63	0.48	0.45	0.66	1.59	0.74	0.54	0.48	0.89
Barva sladiny Colour of malt	u.EBC	2.7	2.7	2.8	2.8	3.4	2.8	2.7	2.8	2.9	2.7	2.8	2.8	2.8	2.9	2.8
Ztráty prodýcháním Respiration losses	%	4.3	4.4	4.2	4.2	4.7	4.4	4.6	4.3	4.4	4.1	4.3	4.9	4.6	4.7	4.4
Ztráty odklíčením Rootlet losses	%	3.7	4.0	4.1	4.1	4.5	4.2	4.2	3.6	4.2	4.1	4.1	4.3	4.0	4.1	4.1

### Sladovací ztráty

Výrazný vliv měla změna stupně domočení na úroveň sladovacích ztrát. Ztráty prodýcháním byly změnou stupně domočení ovlivněny z 35 %. Ztráty odklíčením byly ovlivněny změnou stupně domočení ze 77 % (tab. 1c).

Ztráty prodýcháním i ztráty odklíčením byly u varianty se sníženým stupněm domočení na úrovni 3,9 % a 3,3 %, zatímco ztráty u varianty se standardním stupněm domočení byly na úrovni 4,4 % respektive 4,1 % (tab. 2a, 2b).

V rámci obdobného experimentu sledoval Narziss (1965) vliv stupně domočení při různých teplotách vody na některé kvalitativní znaky sladu a sladovací ztráty. Obsah extraktu měl v tomto experimentu tendenci se zvyšovat se zvyšujícím se stupněm domočení. Hodnoty relativního extraktu a Kolbachova čísla stoupaly se zvyšujícím se stupněm domočení, s čímž korespondují i výše uvedené výsledky. Cytolytické rozluštění bylo hodnoceno pomocí rozdílu v jemném a hrubém mletí. Potvrdily se výše uvedené výsledky, že se vzrůstajícím stupněm domočení se zlepšuje úroveň cytolytického rozluštění. Také vliv snížení stupně domočení na snížení ztrát sladováním koresponduje s výše popsány výsledky.

Nižší aktivitu hydrolytických enzymů při sníženém stupni domočení by bylo možno podpořit aplikací gibberelové kyseliny (MacLeod, 1977), která zvýší úroveň modifikace endospermu (Swanston 1990).

## 4 ZÁVĚR

Na snížení stupně domočení reagovaly odrůdy experimentálního souboru především snížením proteolytického a hlavně cytolytického rozluštění. Byly zjištěny výrazné rozdíly mezi odrůdami v jednotlivých sledovaných znacích v reakci na snížení stupně domočení.

Odrůda Sunshine, která se za běžných podmínek sladování snadno luští a vykazuje vysokou aktivitu proteolytických a cytolytických enzymů (Psota et al., 2012), se snížením stupně domočení se vyrovnala nejlépe.

Odrůda Sunshine dosáhla i při sníženém stupni domočení prakticky ve všech sledovaných znacích požadovaných hodnot. Poskytla slad s nadprůměrným výtěžkem extraktu. Proteolytické a amylolytické rozluštění bylo na nadprůměrné až optimální úrovni. Také degradace buněčných stěn byla na optimální úrovni s obsahem  $\beta$ -glukanů ve sladině na úrovni 169 mg/l.

Odrůda Overture dosáhla obdobných hodnot, kromě úrovně cytolytického rozluštění. Degradace buněčných stěn byla na nízké úrovni a sladina obsahovala vysoký obsah  $\beta$ -glukanů.

Odrůdy KWS Irina a Odessey měly, při nízkém stupni domočení, stejně jako ostatní sledované odrůdy nízkou úroveň cytolytického rozluštění. V ostatních znacích dosáhly alespoň akceptovatelných hodnot.

Ostatní sledované odrůdy měly při nízkém stupni domočení nízkou úroveň cytolytického i proteolytického rozluštění a v některých případech i velmi nízké hodnoty dosažitelného stupně prokvašení.

Každá změna technologie sladování ve smyslu zhoršení podmínek (snížení stupně domočení, snížení teploty, zkrácení doby sladování apod.) vede ke zvýraznění rozdílů mezi odrůdami. Nejvíce se takové změny projeví na úrovni enzymové aktivity vyrobeného sladu. Kromě zvýraznění rozdílů mezi odrůdami mohou takové experimenty ukázat, jakým směrem je možno směřovat šlechtění sladovnického ječmene a přispět tak ke snížení spotřeby vody a energií.

### PODĚKOVÁNÍ

Výsledky uvedené v této práci byly získány v rámci řešení projektu Národní agentury pro zemědělský výzkum Ministerstva zemědělství ČR QJ1310091 – Sladovnický ječmen pro „České pivo“.

### LITERATURA / REFERENCES

- Anděl, 2005: Základy matematické statistiky. Matfyzpress, Praha, 358 s. ISBN 80-86732-40-1
- Basařová, G., 2015: Máčení ječmene. In: Basařová, G. (ed.): Sladařství – teorie a praxe výroby sladu. Praha, Havlíček Brain Team, 648 p. ISBN 978-80-87109-47-2
- Briggs, D. E., 1998: Malts and Malting. London, New York: Blackie Academic, 796 p. ISBN 0412298007
- EBC Analysis committee. Analytica-EBC. Barley: 3.2 Moisture content of barley, 3.3.2 Total nitrogen of barley: Dumas combustion method, Malt: 4.2 Moisture content of malt, 4.3.2 Total nitrogen of malt: Dumas combustion method, 4.5.1 Extract of malt: Congress mash, Soluble nitrogen of malt: Dumas combustion method, 4.10

gree led to the increased turbidity, however, no variety achieved the value of 4 EBC un. Only the variety Overture did not react to the change in the steeping degree in terms of turbidity (Table 2a, 2b).

Sweet wort color was affected by the change of the steeping degree only from 2% (Table 1c). The decrease in steeping degree did not affect the sweet wort color of most experimental varieties. Reduced sweet wort color by 0.1 to 0.4 EBC un. was recorded only in several varieties in the variant with a lower degree of steeping (Table 2a, 2b).

### Malting losses

Change of the steeping degree markedly affected the level of malting losses. Respiration losses were affected by the change of steeping degree from 35%. Rootlet losses were affected by the change in the degree of steeping from 77% (Table 1c).

The respiration losses and rootlet losses were in the variant with a reduced degree of steeping at the levels of 3.9% and 3.3%, while in the variant with the standard steeping degree, the losses were at the level of 4.4% and 4.1%, respectively (Tables 2a, 2b).

Within a similar experiment, Narziss (1965) studied the effect of the degree of steeping at different water temperatures on some parameters of malt quality and malting losses. Extract content in this experiment exhibited an increasing tendency with an increasing degree of steeping. The values of relative extract and Kolbach index increased with an increasing steeping degree, this was also confirmed by the above given results. Cytolytic modification was assessed using the difference between fine and coarse milling. Our results were confirmed: with the increasing steeping degree the level of cytolytic modification improves. The effect of the reduced degree of steeping on the reduction of malting losses corresponds to the results described above.

Lower activity of hydrolytic enzymes at a reduced degree of steeping could be supported by application of gibberelic acid (MacLeod, 1977), which increases the level of modification of the endosperm (Swanston, 1990).

## 4 CONCLUSION

All the varieties of the experimental set responded to the decrease in the steeping degree namely by reduction of proteolytic and mainly cytolytic modification. Pronounced differences between the varieties in the individual parameters in their reaction to a reduced degree of steeping were detected.

The variety Sunshine, which under common conditions modifies easily and exhibits a high activity of proteolytic and cytolytic enzymes (Psota et al., 2012) coped best with the reduced level of steeping.

The variety Sunshine achieved even at a reduced degree of steeping practically in all the studied parameters the required values. It provided malt with the above average extract yield. Proteolytic and amylolytic modification was at the above average to optimal level. Degradation of the cell walls was also at the optimum level with  $\beta$ -glucan content in sweet wort at the level of 169 mg/l.

The variety Overture achieved similar values with the exception of cytolytic modification. Degradation of the cell walls was at a low level and sweet wort contained high content of  $\beta$ -glucans.

The varieties KWS Irina and Odessey had at a low degree of steeping, similarly as the other varieties under study, a low level of cytolytic modification. In the other traits, these varieties achieved at least the minimally acceptable values.

The other studied varieties had at a low degree of steeping a low level of cytolytic and proteolytic modification and in some cases also a very low value of apparent final attenuation.

Each change of malting technology in the sense of worsening conditions (reduction in the degree of steeping, temperature reduction, shortening of the malting time etc.) highlights the differences between varieties. These changes are mostly reflected in the level of the enzymatic activity of the produced malt. Besides highlighting the differences between varieties, these experiments can also show the way of malting barley breeding trends and contribute thus to lower water and power consumption.

### ACKNOWLEDGEMENT

The results presented in this study were obtained within solution of the project of the National Agency for Agricultural Research of the Ministry of Agriculture CR QJ1310091 – Malting Barley for “České pivo”.

- Free amino nitrogen of malt by spectrophotometry, 4.11 Fermentability, final attenuation of laboratory wort from malt, 4.12 Diastatic power of malt, 4.15 Fraibility, glassy corns and unmodified grains of malt by friabilimeter, 4.16.2 High molecular weight  $\beta$ -glucan content of malt: Fluorimetric method, Wort: EBC 8.7 Fermentable Carbohydrates in Wort, Beer: 9.11 Total polyphenols in beer by spectrophotometry, 9.29 Haze in Beer: Calibration of Haze Meters. Nüremberg: Fachverlag Hans Carl, 2010, 794 p. ISBN 978-3-418-00759-5.
- MacLeod, A. M., 1977: The impact of science on malting technology. In: Proceedings of the 16th European Brewery Convention Congress, Amsterdam (pp. 63–75). Oxford: Oxford University Press.
- MEBAK: Raw materials: Barley; Adjuncts; Malt; Hops and Hop Products. 1 Barley: 1.5.3 Micromalting; Malz: 3.1.4.11 Maischmethode nach Hartong-Kretschmer VZ 45 °C. Collection of Brewing Analysis Methods of the Mitteleuropäische Brautechnische Analysenkommission (MEBAK), Freising-Weißenstephan, Germany. 2011. 341 p.
- Moštěk, J., 1975: Sladařství – Biochemie a technologie sladu. Praha, SNTL, 480 p.
- Narziss, L., 1965: Moderne Malzungsmethoden. Der Einfluss der Weicharbeit auf Keimung und Malzqualität unter besondere Berücksichtigung der Weichtemperatur und des Weichgrades. Brauwelt 105 (28): 1506–1515.
- Palmer, G. H., 1989: Cereals in malting and brewing, in Cereal Science and Technology, Aberdeen University Press, Aberdeen, Scotland, pp. 61–242.
- Palmer, G. H., Sattler, R., 1996: Different rates of development of  $\alpha$ -amylase in distal endosperm ends of germinated (malting) Chariot and Tupper barley varieties. J. Inst. Brew. 102: 11–17. DOI: 10.1002/j.2050-0416.1996.tb00889.x
- Psota, V., Jurečka, D., 2002: Registration of spring barley varieties in the Czech Republic in 2002. Kvasny Prum. 48(6): 154–158.
- Psota, V., Jurečka, D., Horáková, V., 2005: Barley varieties registered in the Czech Republic in 2005. Kvasny Prum. 51(6): 190–194.
- Psota, V., Horáková, V., 2006: Barley Varieties Registered in the Czech Republic in 2006. Kvasny Prum. 52(6): 174–178.
- Psota, V., Horáková, V., 2007: Barley varieties registered in the Czech Republic in 2007. Kvasny Prum. 53(6): 168–173.
- Psota, V., Horáková, V., Kopřiva R., 2008: Barley varieties registered in the Czech Republic in 2008. Kvasny Prum. 54(6): 186–192.
- Psota, V., Dvořáčková, O., Sachambula, L., 2012: Barley varieties registered in the Czech Republic in 2012. Kvasny Prum. 58(5): 133–139.
- Psota, V., Dvořáčková, O., Sachambula, L., 2013: Barley varieties registered in the Czech Republic in 2013. Kvasny Prum. 59(5): 118–126.
- Psota, V., Dvořáčková, O., Sachambula, L., 2014: Barley varieties registered in the Czech Republic in 2014. Kvasny Prum. 60(5): 114–122.
- Psota, V., Dvořáčková, O., Sachambula, L., Nečas, M., Musilová, M., 2015: Barley varieties registered in the Czech Republic in 2015. Kvasny Prum. 61(5): 138–146.
- Swanston, J. S., 1990: The use milling energy to predict increases in hot water extract in response to the addition of gibberellic acid during steeping. J. Inst. Brew. 96: 209–212. DOI: 10.1002/j.2050-0416.1990.tb01029.x
- Swanston, J. S., Taylor, K., 1990: The effects of different steeping regimes on water uptake, germination rate, milling energy and hot water extract. J. Inst. Brew. 96: 3–6. DOI: 10.1002/j.2050-0416.1990.tb01009.x

*Do redakce došlo / Manuscript received: 6. 7. 2015  
Přijato k publikování / Accepted for publication: 27. 8. 2015*