

Vliv technologických vlastností zrna ječmene na kvalitu sladu

The Effect of Technological Characters of Barley Grain on Malt Quality

Ivo HARTMAN

Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a.s., Sladařský ústav, Mostecká 7, 614 00 Brno / *Research Institute of Brewing and Malting, Plc., Malting Institute, Mostecká 7, CZ-614 00 Brno, Czech Republic*
e-mail: hartman@beerresearch.cz

Recenzovaný článek / *Reviewed paper*

Hartman, I.: Vliv technologických vlastností zrna ječmene na kvalitu sladu. Kvasny Prum. 59, 2013, č. 10–11, s. 284–287

Práce hodnotí 572 vzorků zrna ječmene ze sklizňových ročníků 2010, 2011 a 2012. Bylo stanoveno 6 technologických znaků ječmene: objemová hmotnost, hmotnost tisíce zrn, citlivost na vodu, klíčivost, obsah škrobu a obsah dusíkatých látek v ječmeni. Byla provedena mikroskladovací zkouška a u vyrobeného sladu bylo stanoveno 13 technologických znaků sladu: obsah vody po prvním a druhém namočení, výtěžnost sladování, extrakt, relativní extrakt při 45 °C, barva sladin, diastatická mohutnost, friabilita, obsah beta-glukanů ve sladině, obsah dusíkatých látek ve sladu, rozpustné dusíkaté látky, Kolbachovo číslo a dosažitelný stupeň prokvašení. Mezi sledovanými parametry u ječmene a sladu byly stanoveny korelační koeficienty. Nejvyšší míra korelace byla zjištěna mezi obsahem dusíkatých látek v ječmeni a extraktem (-0,72), friabilitou (-0,37), dosažitelným stupněm prokvašení (-0,35) a také mezi obsahem škrobu a extraktem (0,66), Kolbachovým číslem (0,49) a friabilitou (0,31). Jako nejlepší regresní model pro obsah extraktu byl zjištěn výpočet na základě obsahu dusíkatých látek a škrobu v ječmeni.

Hartman, I.: The effect of technological characters of barley grain on malt quality. Kvasny Prum. 59, 2013, No. 10, p. 284–287

The study evaluated 572 samples of barley grain from harvest years 2010, 2011 and 2012. Six technological parameters of barley were determined: volume weight, thousand grain weight, sensitivity to water, germination capacity and content of nitrogenous substances in barley. The micromalting test was conducted and 13 technological parameters were assessed in the produced malt: water contents after the first and second steeping, malt yield, extract, relative extract at 45 °C, wort color, diastatic power, friability, beta-glucan content in wort, content of nitrogenous substances in malt, soluble nitrogenous substances, Kolbach index and apparent final attenuation. The correlation coefficients were determined between the studied barley and malt parameters. The highest extent of the correlation was found between the content of nitrogenous substances in barley and extract (-0.72), friability (-0.37), apparent final attenuation (-0.35) and also between starch content and extract (0.66), Kolbach index (0.49) and friability (0.31). Calculation on the basis of contents of the nitrogenous substances and starch in barley was determined as the best regression model for the extract content.

Hartman, I.: Der Einfluss der technologischen Eigenschaften des Gerstenkornes auf die Malzqualität. Kvasny Prum. 59, 2013, Nr. 10–11, S. 284–287

In dem Artikel werden 572 Muster des Gerstenkornes aus den Erntejahrgängen 2010, 2011 und 2012 ausgewertet. Es wurde sechs technologischen Gerstenparameter festgestellt: Hektolitermasse, Tausendkornmasse, Wasserempfindlichkeit, Keimfähigkeit, Gehalt an Stärke und Rohproteingehalt in Stärke. Es wurde einen Mikromälzentest durchgeführt, beim hergestellten Malz wurden folgende 13 technologische Parameter analysiert: Wassergehalt nach dem ersten und zweiten Einweichen, Mälzenausbeute, Extrakt, relativer Extrakt bei 45°C, Farbe der Würze, diastatische Kraft, Friabilität, Gehalt an Beta-Glukane in der Süßwürze, Rohproteingehalt im Malz, lösliche stickstoffhaltige Stoffe, Kolbachzahl und erreichbarer Vergärungsgrad. Weiterhin wurden die Korrelationskoeffizienten zwischen den verfolgten Parametern Gerste und Malz festgestellt. Der höchste Wert der Korrelation wurde zwischen dem Gehalt an stickstoffhaltige Stoffe in der Gerste und Extrakt (-0,72), Friabilität (-0,37), erreichbaren Vergärungsgrad (-0,35), und auch Gehalt an Stärke und Extrakt (0,66), Kolbachzahl (0,49) und Friabilität (-0,37) ermittelt. Als das beste Regressionsmodell für den Gehalt an Extrakt wurden auf Basis der Berechnung des Gehalts an stickstoffhaltige Stoffe und Stärke in der Gerste ermittelt.

Klíčová slova: kvalita ječmene, kvalita sladu

Keywords: barley quality, malt quality

1 ÚVOD

Extrakt sladu patří k nejdůležitějším parametrům jakosti sladu. Proto byly prováděny pokusy, na základě kterých by bylo možné najít souvislost mezi chemickým složením ječmene a extraktem z něho vyrobeného sladu. První práci publikoval v roce 1933 Bishop, který vypočítal extrakt sladu na základě obsahu bílkovin a hmotnosti tisíce zrn ječmene:

$$E = 83,0 - 0,85NLJ + 0,15HTZ.$$

V Československu prováděli v letech 1934–1936 sladovací pokusy a výpočty podle výše uvedeného vzorce Novotný a Karabec, kteří upravili vzorec pro československé ječmeny takto:

$$E = 83,6 - 0,85NLJ + 0,15HTZ.$$

Později byly tyto vypočtené extrakty porovnávány s extrakty dosaženými v praxi u ječmenů různého původu a v různých ročnících (Novotný, 1957; Błażewicz et al., 2007).

Potřeba sladovnického ječmene pro výrobu sladu se v České republice pohybuje na úrovni 700 tis. tun. V souvislosti s poklesem pěstebních ploch jarního ječmene v posledních pěti letech je spotřebováno na výrobu sladu přibližně 50 % vyprodukovaného jarního ječmene (Hartman, 2012). Se vzrůstajícím podílem ječmene využívaného pro produkci sladu roste i potřeba správného výběru kvalitní

1 INTRODUCTION

Malt extract belongs to the most important malt quality parameters. Therefore, experiments determining the connection between chemical composition of barley and malt produced from it were carried out. The first study was published by Bishop in 1933, he calculated malt extract based on protein content and thousand grain weight:

$$E = 83.0 - 0.85PB + 0.15GW.$$

In 1934–1936, Novotný and Karabec conducted malting experiments and calculations in Czechoslovakia, they modified this formula for Czechoslovak barleys as follows:

$$E = 83.6 - 0.85PB + 0.15GW.$$

Later, the extracts calculated pursuant to this formula were compared with extracts achieved in practice in barleys of different origins and different years (Novotný, 1957; Błażewicz et al., 2007).

The need of malting barley for malt production in the Czech Republic varies around 700 thousand tons. In relation to the decrease in the growing areas under spring barley during the last five years, approximately 50 % of the produced spring barley has been consumed for malt production (Hartman, 2012). The increasing portion of barley used for malt production also requires a correct selection

surovinu s předvídatelnými technologickými vlastnostmi vyrobeného sladu.

Cílem této práce bylo posouzení vlivu technologických parametrů zrna ječmene na vybrané technologické parametry sladu. Dále byl vyhodnocen vliv vlastností ječmene na extrakt sladu.

2 MATERIÁL A METODIKA

2.1 Vzorky ječmene

Pro hodnocení bylo použito 572 vzorků ze sklizňových ročníků 2010, 2011 a 2012 (2010 – 178 vzorků, 2011 – 196 vzorků, 2012 – 198 vzorků). Vzorky ječmene byly dodány z pivovarů a sladoven v rámci hodnocení kvality sklizně ječmene. Charakteristiku průběhu vegetace uvádí Hartman (2011, 2012, 2013). Jednotlivé technologické parametry zrna ječmene a sladu byly stanoveny ve Výzkumném ústavu pivovarském a sladařském v Brně (VÚPS) na základě mikroskladovací zkoušky a následného rozboru sladu.

2.2 Mikroskladování a analýza vzorků

Vzorky ječmene byly skladovány ihned po dodání v laboratorní mikroskladovně VÚPS. Skladování bylo provedeno na základě těchto parametrů:

- Máčení: 1. den – 4 hodiny, 2. den – 6 hodin, 3. den – máčení nebo dokropení tak, aby ječmen s obsahem bílkovin do 12,0 % obsahoval 45,0 % vody a ječmen s obsahem bílkovin nad 12,1 % obsahoval 46,5 % vody. Teplota vody a teplota vzduchu v průběhu vzdušných přestávek byla udržována na 14 °C.
- Klíčení: celkový čas klíčení byl 144 hodin při teplotě 14 °C.
- Hvozďení: jednolískový elektricky vyhřívaný hvozď, celková doba hvozďení byla 22 hodin. Předsoušení probíhalo při teplotě 55 °C po dobu 12 hodin a dotahovací teplota byla 80 °C po dobu 4 hodin. Technologické parametry ječmene a sladu byly stanoveny podle metodik EBC (2009) a MEBAK (2011). Přehled analýz a použitých metod je uveden v tab. 1.

of quality raw material with predictable technological characters of malt produced.

The aim of this study was to assess the effect of the technological parameters of barley on the selected technological parameters of malt. Further, the effect of barley characters on malt extract was assessed.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 Barley samples

A total of 572 samples from harvest years 2010, 2011 and 2012 were assessed (2010 – 178 samples, 2011 – 196 samples, 2012 – 198 samples). Barley samples were delivered from breweries and malt houses within the evaluation of barley crop quality. Characters of the course of vegetation was described by Hartman (2011, 2012, 2013). The individual technological parameters of barley and malt were assessed in the Research Institute of Brewing and Malting in Brno based on the micromalting test and following malt analysis.

2.2 Micromalting and sample analysis

Barley samples were malted immediately after the delivery in a laboratory micromalting plant in the RIBM. Malting was based on the following parameters:

- Steeping: 1st day 4 hours, 2nd day 6 hours. 3rd day water content was adjusted by steeping or spraying so that barley with protein content to 12.0 % contained 45.0 % of water and barley with protein content over 12.1 % contained 46.5 % of water. Water and air temperature during the air rests was 14 °C.
- Germination: total time of germination was 144 hours at 14 °C.
- Kilning: one-floor electrically heated kiln. Total kilning time was 22 hours, at the pre-kilning temperature of 55 °C for 12 hours and at kilning temperature of 80 °C for 4 hours.

The technological parameters of barley and malt were determined according to the methods of EBC (2009) and MEBAK (2011). The survey of the analyses and methods used gives Tab. 1.

Tab. 1 Použité metody analýzy ječmene a sladu / Survey of the methods used for the barley and malt analyses

Parametr / Parameter	Jednotka / Unit	Zkratka / Abbreviation	Metoda / Method
Ječmen / Barley			
Hmotnost 1000 zrn / 1000 grain weight	g	HTZ / GW	EBC 3.4
Objemová hmotnost / Volume weight	kg.hl ⁻¹	OH / VW	MEBAK 1.3.3
Klíčivost (H ₂ O ₂) / Germination capacity (H ₂ O ₂)	%	K / GC	EBC 3.5.2
Citlivost na vodu / Water sensitivity	%	CV / WS	EBC 3.6.2
Obsah dusíkatých látek v ječmeni (NIR) / Protein content of barley	%	NLJ / PB	EBC 3.13
Obsah škrobu (NIR) / Starch content of barley	%	Š / S	VÚPS
Slad / Malt			
Obsah vody po prvním namočení / Water content after 1st steeping	%	STD1 / WC1	1
Obsah vody po druhém namočení / Water content after 2nd steeping	%	STD2 / WC2	2
Výtěžnost sladování / Malt yield	%	VS / MY	3
Extrakt / Extract	%	E / E	EBC 4.5.1
Relativní extrakt při 45 °C / Relative extract at 45 °C	%	RE45 / RE45	MEBAK 3.1.4.11
Barva sladin / Colour of malt	j./un. EBC	B / C	EBC 4.7.2
Diastatická mohutnost / Diastatic power	WK	DM / DP	EBC 4.12.
Friabilita / Friability	%	F / F	EBC 4.15
Obsah beta-glukanů ve sladině / Beta-glucan in wort	mg.dm ⁻³	BG / BG	EBC 8.13.2
Obsah dusíkatých látek ve sladu / Protein content in malt	%	NLS / PCM	EBC 4.3.2
Rozpuštěné dusíkaté látky / Soluble protein	mg.dm ⁻³	RNL / SP	EBC 4.9.3
Kolbachovo číslo / Kolbach index	%	KČ / KI	EBC 4.9.3
Dosažitelný stupeň prokvašení / Apparent final attenuation	%	DSP / AFA	EBC 4.11.1

Poznámky / Notes

1,2 Příjem vody byl zjištěn vážením, po namočení vzorku na konci vzdušné přestávky / Water uptake was detected by weighing after steeping the sample at the end of the air rest

3 Výtěžnost sladování byla vypočtena jako procentický podíl sušiny sladu k sušině ječmene na počátku sladování / Malt yield was calculated as a percentage of malt dry matter to barley dry matter at the beginning of malting

2.3 Statistické vyhodnocení výsledků

Získané údaje byly hodnoceny pomocí Pearsonova koeficientu korelace mezi jednotlivými sledovanými ukazateli. Pro ukazatel extrakt sladu byl vytvořen lineární regresní model metodou krokové regrese. Na hodnocení byl použit statistický software STATISTICA CZ, verze 7.1.

2.3 Statistical evaluation of results

The obtained data were assessed using the Pearson's coefficient of the correlation between the individual studied parameters. The linear regression model by the stepwise regression method was designed for the parameter of malt extract. Statistical software STATISTICA CZ, version 7.1. was used for the assessment.

3 VÝSLEDKY A DISKUSE

Vztahy mezi technologickými vlastnostmi ječmene a sladu jsou uvedeny v tab. 2. Korelační koeficienty ukazují silnou negativní výsoce významnou korelaci mezi objemovou hmotností ječmene a obsahem vody po prvním a druhém namočení a také barvou sladiny. Pozitivní vztah byl naopak zjištěn mezi objemovou hmotností a výtežností sladování.

Negativní, statisticky výsoce průkazný vztah byl zjištěn mezi hmotností tisíce zrn a obsahem vody při máčení ječmene, barvou sladiny, relativním extraktem a friabilitou. Citlivost ječmene na vodu byla v pozitivní výsoce průkazné závislosti s obsahem vody při máčení ječmene. Vztah citlivosti ječmene na vodu k výtežnosti sladování a k dosažitelnému stupni prokvašení byl negativní.

Mezi klíčovostí a technologickými vlastnostmi sladu byl vztah statisticky neprůkazný a v případě statistické průkaznosti byl tento vztah slabý. Nevýrazný vliv klíčovosti na technologické parametry sladu je patrné způsobem tím, že v hodnoceném souboru se vzorky ječmene s nízkou klíčovostí nevyskytovaly.

Z analýzy vyplývá, že s rostoucím obsahem škrobu v ječmeni roste statisticky výsoce průkazně extrakt, friabilita a Kolbachovo číslo. Negativní statisticky výsoce průkazný vztah byl zjištěn mezi obsahem škrobu a obsahem dusíkatých látek ve sladu.

Pozitivní, statisticky výsoce průkazný vztah byl zjištěn mezi obsahem dusíkatých látek v ječmeni a obsahem dusíkatých látek ve sladu, rozpustných dusíkatých látek ve sladině a diastatickou mohutností. Úzký vztah mezi obsahem dusíkatých látek a diastatickou mohutností potvrzuje také Yin et al. (2002). Negativní statisticky výsoce průkazný vztah byl zjištěn mezi obsahem dusíkatých látek

3 RESULTS AND DISCUSSION

The relationships between barley and malt technological characters are given in Tab. 2. The correlation coefficients show a strong negative highly significant correlation between volume weight of barley and water content after the first and second steeping and wort color. On the contrary, positive relationship between volume weight and malt yield was found.

Negative, statistically highly significant relationship was found between thousand grain weight and water content at barley steeping, wort color, relative extract and friability. Sensitivity of barley to water was in positive highly significant dependence on water content at barley steeping. The relationship between barley sensitivity and malt yield and apparent final attenuation was negative.

The relationship between germination capacity and malt technological characters was statistically non-significant or weak. The weak effect of the germination capacity on the technological parameters of malt may be due to the absence of samples of barley with low germination capacity in the set under study.

The analysis indicates that extract, friability and Kolbach index increase statistically significantly with the increasing content of starch in barley. A negative statistically highly significant relationship was found between starch content and content of nitrogenous substances in malt.

Positive, statistically highly significant relationships between content of nitrogenous substances in barley and content of nitrogenous substances in malt, soluble nitrogenous substances in wort and diastatic power were detected. A close relationship between the content of nitrogenous substances and diastatic power was confirmed by Yin et al. (2002). A negative statistically highly significant relationship was detected between content of nitrogenous substances in malt

Tab. 2 Vztahy mezi sledovanými znaky / Relationships between the parameters under study

Parametr / Parameter	OH / VW	HTZ / GW	CV / WS	K / GC	Š / S	NLJ / PB
STD1 / WC2	-0.57**	-0.25**	0.47**	-0.07	0.20**	0.07
STD2 / WC2	-0.61**	-0.31**	0.37**	-0.08	0.15**	0.10*
VS / MY	0.44**	0.07	-0.29**	0.01	0.09*	-0.34**
B / C	-0.41**	-0.24**	0.07	-0.07	-0.02	0.15**
E / E	0.21**	0.12*	0.03	-0.06	0.66**	-0.72**
RE 45 / RE45	-0.28**	-0.24**	-0.08*	-0.06	-0.06	0.14*
DSP / AFA	-0.01	0.05	-0.30**	-0.11*	0.12*	-0.35**
DM / DP	-0.11*	0.18**	-0.09*	-0.11*	-0.19**	0.32**
NLS / PM	-0.08	-0.08*	0.09*	0.04	-0.68**	0.98**
RNL / SP	-0.18**	-0.08	0.21**	-0.04	-0.15**	0.49**
KČ / KI	-0.13*	0.00	0.13*	-0.09*	0.49**	-0.41**
F / F	-0.14*	-0.27**	-0.08	0.17**	0.31**	-0.37**
BG / BG	0.23**	0.14*	0.05	-0.21**	-0.07	-0.05

Poznámky / Notes

* – P=0.05; ** – P=0.01

Tab. 3 Regresní rovnice pro výpočet hodnoty extraktu / Regression equation for calculation of the extract value

Č./No.	Regresní rovnice / Regression equation	Koeficient determinace (R²) / Coefficient of determination (R²)
1	$E = 53.91 - 0.55NLJ + 0.41\dot{S} + 0.13OH + 0.01HTZ$	0.62
	$E = 53.91 - 0.55PB + 0.41S + 0.13VW + 0.01GW$	
2	$E = 54.29 - 0.56NLJ + 0.41\dot{S} + 0.13OH$	0.61
	$E = 54.29 - 0.56PB + 0.41S + 0.13VW$	
3	$E = 66.87 - 0.62NLJ + 0.34\dot{S}$	0.72
	$E = 66.87 - 0.62PB + 0.34S$	
4	$E = 90.57 - 0.82NLJ + 0.03HTZ$	0.52
	$E = 90.57 - 0.82PB + 0.03GW$	

ve sladu a extraktem, Kolbachovým číslem, friabilitou dosažitelným stupněm prokvašení a výtěžností sladování. Toto zjištění koresponduje s výsledky Drába et al. (2013), kteří uvádí negativní vliv obsahu dusíkatých látek na extrakt, relativní extrakt a friabilitu. Vyšší obsah dusíkatých látek způsobuje snížení obsahu látek, které se podílejí na tvorbě extraktu (Li et al. 2008).

Na základě provedené regresní analýzy byly vytvořeny regresní rovnice pro výpočet extraktu na základě technologických znaků ječmene (tab. 3). Koeficient determinace vyjadřuje, do jaké míry daný regresní model vysvětluje variabilitu závislé veličiny – extraktu. Tomuto hledisku nejlépe odpovídá výpočet na základě obsahu dusíkatých látek a škrobu v ječmeni (rovnice č. 3). Přidání dalších proměnných (objemová hmotnost a hmotnost tisíce zrn) již přesnost modelu nezvýšilo (rovnice č. 1 a 2). Klasický výpočet na základě obsahu dusíkatých látek a hmotnosti tisíce zrn (rovnice č. 4) zavedený Bishopem (Novotný, 1957) vykazoval nejnížší hodnotu koeficientu determinace. Poměrně nízké hodnoty koeficientu determinace jsou dány tím, že množství extraktu je ovlivněno více faktory, mezi které patří především vliv ročníku a stanoviště, vliv odrůdy a způsob sladování. Dráb et al. (2013) pro extrakt uvádí vliv ročníku 18 %, vliv lokality 25 % a vliv odrůdy 31%.

4 ZÁVĚR

Znalost závislostí mezi technologickými vlastnostmi ječmene a sladu umožňuje optimalizovat výběr vhodné suroviny pro sladování. Nejvyšší míra korelace byla zjištěna mezi obsahem dusíkatých látek v ječmeni a extraktem (-0,72), friabilitou (-0,37), dosažitelným stupněm prokvašení (-0,35) a také mezi obsahem škrobu a extraktem (0,66), Kolbachovým číslem (0,49) a friabilitou (0,31). Významný negativní vztah byl zjištěn mezi objemovou hmotností zrna ječmene a rychlostí příjmu vody při máčení a barvou sladin. Pozitivní vztah byl naopak zjištěn mezi objemovou hmotností výtěžností sladování. Regresní model nejlépe vystihující obsah extraktu ve sladu využívá výpočet na základě obsahu škrobu a dusíku v ječmeni. Tento model umožňuje odhad extraktu sladu při nákupu ječmene.

PODĚKOVÁNÍ

Výsledky byly získány využitím poskytnuté institucionální podpory Ministerstva zemědělství České republiky na dlouhodobý koncepční rozvoj VÚPS a publikace vznikla v rámci řešení projektu Operačního programu konkurenceschopnost pro vzdělávání „Podpora transferu inovací v zemědělství, potravinářství a oblasti bioenergií do praxe“ (CZ.1.07/2.4.00/31.0026). Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

LITERATURA/ REFERENCES

- Błażewicz, J., Liszewski, M., Zembold-Guła, A., 2007: Usability of Bishop formula in evaluation of malting quality of barley grain. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 57(4A): 37–40.
- Dráb, Š., Psota, V., Francáková, H., Sachambula, L., Hartmann, J., Tokár, M., 2013: The dependence of malt quality on the variety and year. *Kvasny Prum.*, 59(7–8): 181–189.
- EBC Analysis Committee, 2009: *Analytica-EBC*, Verlag Hans Carl Getränke-Fachverlag, Nürnberg, 2009. ISBN 3-418-00759-7.
- Hartman, I., 2011: Quality of malting barley crop 2010 in the Czech Republic. *Kvasny Prum.*, 57(10): 371–376.
- Hartman, I., 2012: Quality of malting barley crop 2011 in the Czech Republic. *Kvasny Prum.*, 58(10): 303–308.
- Hartman, I., 2013: Quality of malting barley crop 2012 in the Czech Republic. *Kvasny Prum.*, 59(12): in press.

and extract, Kolbach index, friability, apparent final attenuation and malt yield. This finding corresponds with the results of Dráb et al. (2013), who reported a negative effect of the content of nitrogenous substances on extract, relative extract and friability. A higher content of nitrogenous substances leads to the decrease in the content of substances involved in extract formation (Li et al., 2008).

Based on the regression analysis made, regression equations for the calculation of extract were formed based on the barley technological parameters (Table 3). The coefficient of determination says to what extent the given regression model explains variability of the dependent variable – extract. The calculation based on the content of nitrogenous substances and starch in barley best meets this aspect (equation 3). The addition of other variables (volume weight and thousand grain weight) did not increase accuracy of the model (equations 1 and 2). The classical calculation based on content of nitrogenous content and thousand grain weight (equation 4) introduced by Bishop (Novotný, 1957) showed the lowest value of the coefficient of determination. Relatively low values of the coefficient of determination are given by the fact that the amount of extract is affected by more factors including the effect of the year and location, variety and malting procedure. Dráb et al. (2013) reported for extract, the effect of the year (18 %), locality (25 %) and variety (31%).

4 CONCLUSIONS

Knowledge of the dependence between the technological characters of barley and beer enables to optimize a selection of suitable raw materials for malting. The highest extent of the correlation was found between the content of nitrogenous substances in barley and extract (-0.72), friability (-0.37), apparent final attenuation (-0.35) and also between starch content and extract (0.66), Kolbach index (0.49) and friability (0.31). A significant negative relationship was detected between volume weight of barley grain and water intake during steeping and wort color. On the contrary, a positive relationship was found between volume weight and malt yield. The regression model which reflects best the extract content in malt uses the calculation based on content of starch and nitrogen in barley. This model enables to estimate malt extract when barley is purchased.

ACKNOWLEDGEMENTS

The results were obtained with the institutional support of the Ministry of Agriculture of the Czech Republic for a long-term conceptual development of the RIBM. Study was conducted within the solution of the project Operational Program Education for Competitiveness „Support of the transfer of innovation in agriculture, food industry and bio-energies into practice“ (CZ.1.07/2.4.00/31.0026). This project is co-financed from the European Social Fund and the state budget of the Czech Republic.

Translated by Vladimíra Nováková

- Li, Y., Schwarz, P. B., Barr, J. M., Horsley, R. D., 2008: Factors Predicting Malt Extract within a Single Barley Cultivar. *Journal of Cereal Science*, 48(2): 531–538.
- MEBAK, 2011: *Brautechnische Analysenmethoden*, Band I, Freising-Weihenstephan.
- Novotný, Z., 1957: Předpověď extraktu sladu. *Kvasny Prum.*, 3(6): 125–128.
- Yin, C., Zhang, G.-P., Wang, J.-M., Chen J.-X., 2002: Variation of Beta-Amylase Activity in Barley as Affected by Cultivar and Environment and its Relation to Protein Content and Grain Weight. *Journal of Cereal Science*, 36(3): 307–312.

*Do redakce došlo / Manuscript received: 14.6.2013
Přijato k publikování / Accepted for publication: 3.9.2013*