

DOI: 10.18832/kp201832

## Malting quality of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) Sladovnická kvalita odrůd ozimé pšenice (*Triticum aestivum* L.)

Vratislav PSOTA<sup>1</sup>, Markéta MUSILOVÁ<sup>1</sup>, Lenka SACHAMBULA<sup>1</sup>, Vladimíra HORÁKOVÁ<sup>2</sup>, Aleš PŘINOSIL<sup>3</sup>, František ŠMÍD<sup>3</sup>, Karolína ADÁMKOVÁ<sup>4</sup>, Martin ADAM<sup>4</sup><sup>1</sup>Research Institute of Brewing and Malting, Analytical Testing Laboratory – Malting Institute Brno, Mostecká 971/7, 614 00 Brno, Czech RepublicVýzkumný ústav pivovarský a sladařský, a.s., Analytická zkušební laboratoř – Sladařský ústav Brno, Mostecká 971/7, 614 00 Brno  
e-mail: psota@beerresearch.cz; musilova@beerresearch.cz<sup>2</sup>Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture, National Plant Variety Office, Hroznová 2, 656 06 Brno, Czech Republic  
Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Národní odrůdový úřad, Hroznová 2, 656 06 Brno<sup>3</sup>Raven Trading, Ltd., Dolní Hejčinská 31, 779 00 Olomouc, Czech Republic  
Raven Trading, s.r.o., Dolní Hejčinská 31, 779 00 Olomouc<sup>4</sup>Faculty of Chemical Technology, University of Pardubice, Studentská 573, 532 10 Pardubice, Czech Republic  
Fakulta Chemicko-technologická, Univerzita Pardubice, Studentská 573, 532 10 Pardubice

Reviewed paper / Recenzovaný článek

**Psota, V., Musilová, M., Sachambula, L., Horáková, V., Přinosil, A., Šmíd, F., Adámková, K., Adam, M., 2018: Malting quality of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). Kvasny Prum. 64 (6): 302–313**

In the course of three testing years (2013 – 2015), a set of 243 winter wheat samples (27 varieties from three testing sites) were analyzed. Basic technological parameters, and some special characters (wort color, color after boiling, wort haze, polyphenol content and dimethyl sulfide precursors) were studied. Winter wheat varieties gave sufficiently high extract contents, the average value of this parameter was 83.5% at the average content of nitrogenous substances of 11.6%. Final attenuation was low (79.8%). Proteolytic modification given by the value of Kolbach index was on average 35%. Content of soluble nitrogen was 704 mg/100 g, of which ca 14% was made up by free amino nitrogen. Cytolytic modification was evaluated mainly by wort viscosity (1.864 mPa.s). Malt friability and  $\beta$ -glucan content in wort were very low. Average arabinoxilan content in wort varied about 1524 mg/l.

**Psota, V., Musilová, M., Sachambula, L., Horáková, V., Přinosil, A., Šmíd, F., Adámková, K., Adam, M., 2018: Sladovnická kvalita odrůd ozimé pšenice (*Triticum aestivum* L.). Kvasny Prum. 64(6): 302–313**

V průběhu tří zkušebních let (2013 – 2015) bylo analyzováno celkem 243 vzorků ozimé pšenice (27 odrůd ze 3 zkušebních stanovišť). Byly sledovány základní technologické znaky a některé znaky speciální (barva sladiny, barva po povaření, zákal sladiny, obsah polyfenolů a prekurzory dimetylsulfidu). Odrůdy ozimé pšenice poskytovaly dostatečně vysoký obsah extraktu, průměrná hodnota tohoto znaku byla 83,5 % při průměrném obsahu dusíkatých látek 11,6 %. Dosažitelný stupeň prokvašení byl nízký (79,8 %). Proteolytické rozluštění vyjádřené hodnotou Kolbachova čísla bylo v průměru 35 %. Obsah rozpustného dusíku byl na úrovni 704 mg/100 g a necelých 14 % z toho tvořil volný aminodusík. Cytolytické rozluštění bylo hodnoceno především pomocí viskozity sladiny (1,864 mPa.s). Friabilita sladu a obsah  $\beta$ -glukanů ve sladince byly velmi nízké. Průměrný obsah arabinoxilanů ve sladince se pohyboval kolem hodnoty 1524 mg/l.

**Keywords:** winter wheat, malting quality**Klíčová slova:** ozimá pšenice, sladovnická kvalita

### 1 INTRODUCTION

Wheat beer has a long tradition in the today's Czech Republic territory and the surrounding countries. In the 15th to 17th centuries, the beverage was even more widespread as an upper fermentation used for its production does not require low temperatures. However, the malting characters of wheat have been studied to a much lesser extent than the malting properties of barley as wheat has been bred for the use in the bakery industry.

Wheat grain, similarly as grains of other cereals, contains storage proteins, the quantity and quality of which are carefully monitored. In wheat, it is a mixture of two prolamins (gliadin and glutenin), which make up about 70% of the nitrogenous substances present in the wheat caryopsis. The high wheat grain nitrogen content is beneficial for farmers and bakers, but not for brewers as it can cause problems, for example, with lautering, filtration or fermentation, and can consequently reduce the flavor stability of the final product (Back, 2005).

From an economic point of view, extract yield is the most important technological character. Wheat malt has usually an extract of 83% or more (Narziss, 2005). The activity of amylolytic enzymes can be enhanced by the use of gibberellic acid (Singh et al., 1983) in germinating grains. In wheat malts produced with a five-day germination schedule, the use of gibberellic acid increased malt extract from 82.5 to 87.6. (Singh and Sosulski, 1985).

The parameters characterizing proteolytic modification, such as total nitrogenous substances content, soluble nitrogenous substanc-

### 1 ÚVOD

Pšeničné pivo má na území dnešní České republiky a v okolních zemích dlouhou tradici. V 15. až 17. století bylo dokonce nápojem převažujícím, protože se pro výrobu pšeničných piv používalo svrchního kvašení, jehož průběh nevyžaduje nízké teploty. Sladovnické vlastnosti pšenice byly však studovány v mnohem menší míře než sladovnické vlastnosti ječmene, protože pšenice byla a je šlechtěna pro pekařské využití.

Pšeničné zrno stejně, jako zrno ostatních obilovin, obsahuje zásobní bílkoviny, jejichž množství a kvalita jsou pečlivě sledovány. V případě pšenice se jedná o směs dvou prolaminů (gliadin a glutenin), které tvoří i více než 70% dusíkatých látek přítomných v obilce pšenice. Vysoký obsah dusíkatých látek v zrnu pšenice je přínosem pro farmáře a pekaře, nikoliv však pro výrobu piva, protože může způsobit problémy například při scezování, filtraci nebo fermentaci a následně může snížit chuťovou stabilitu finálního výrobku (Back, 2005).

Z ekonomického hlediska je nejdůležitějším technologickým znakem výtěžek extraktu. Pšeničný slad má extraktu obvykle 83% a více (Narziss, 2005). Aktivitu amylolytických enzymů je možné v klíčícím zrnu podpořit aplikací kyseliny giberelové (Singh et al., 1983). U pšeničných sladů vyrobených pětidenním klíčením zvýšilo použití kyseliny giberelové extrakt sladu z 82,5 na 87,6% (Singh a Sosulski, 1985).

Znaky charakterizující proteolytické rozluštění jako jsou celkový obsah dusíkatých látek, obsah rozpustných dusíkatých látek, obsah

Table 1 Winter wheat varieties studied  
Tab. 1 Sledované odrůdy ozimé pšenice

Variety Odrůda	Pedigree Výchozí materiál	Registration Registrace	Maintainer Udržovatel
Annie	Merito x CH 11.12772 x Eurofit	2014	SELGEN, a.s., CZ
Artist	(Paroli x LEU 10522) x Potenzial	2014	Deutsche Saatveredelung AG, DE
Athlon	((Ritmo x Abunda) x Bussard) x Apache	2013	Saaten Union Recherche SAS, FR
Bohemia	(540i-92 x 6192a-92) x (540i-92 x Kontrast)	2007	SELGEN, a.s., CZ
Brokat	(STRU 951260.11 x STRU 971388) x STRU 981432.1	2013	Strube GmbH & Co. KG, DE
Cimrmanova raná	Altos x BR 633	2012	RAGT Czech s.r.o., CZ
Dagmar	Apache x Nela	2012	Limagrain Central Europe Cereals, s.r.o., CZ
Elan	(Biscay x Excellenz) x Drifter	2012	RAGT Czech s.r.o., CZ
Elly	Svitava/2 x Acclaim	2010	SELGEN, a.s., CZ
Etana	Chevalier x Absolut	2013	Deutsche Saatveredelung AG, DE
Evina	Drifter x NIC97-3061-B	2012	Limagrain Europe, FR
Fabius	((Astron x Tambor) x Cubus) x Cubus	2013	Saatzucht Donau Ges.m.b.H. & CoKG, AT
Fakir	Cubus x Tommi x Toras	2013	Syngenta Hadmersleben GmbH, DE
Genius	ACK 3094 x 00/412	2014	NORDSAAT Saatzucht GmbH, DE
KWS Ozon	(LP 296.4.96 x Tambor) x Denver	2012	KWS LOCHOW GMBH, DE
Lavantus	(STRU 951260.11 x STRU 971388) x STRU 981432.1	2013	Strube GmbH & Co. KG, DE
Matchball	Carenius x Boomer	2013	RAGT Czech s.r.o., CZ
Matylda	Svitava/2 x Acclaim	2011	SELGEN, a.s., CZ
Patras	Paroli x Toras	2013	Deutsche Saatveredelung AG, DE
Rumor	(STRU 951260.11 x STRU 971388) x STRU 981432.1	2014	Strube Research GmbH & Co. KG, DE
Sailor	(Tambor x Flair) x Drifter	2011	SECOBRA Saatzucht GmbH, DE
Seladon	Svitava x Sepstra	2009	SELGEN, a.s., CZ
Sultan	Ebi x CWW95/26	2008	SELGEN, a.s., CZ
Tobak	(Elvis x Drifter) x Koch	2013	W. von Borries-Eckendorf GmbH & Co. KG, DE
Turandot	7125 a x S 1737-97	2012	SELGEN, a.s., CZ
Vanessa	SG-S2040-97 x Rapsodia	2013	SELGEN, a.s., CZ
Zeppelin	Cubus x Tommi x Toras	2013	Syngenta Hadmersleben GmbH, DE

es content, free amino nitrogen content etc, used for the assessment of barley malt, are also used for the assessment of malt made from wheat. Nitrogenous substances play a significant role for creating a permanent haze of wheat beer, good foam and some other sensory characters (Faltermaier et al., 2013).

Cytolytic modification in wheat malt is assessed by friability of malt, wort viscosity, and  $\beta$ -glucan content in wort. Higher viscosity of wort from wheat malt is not given by the  $\beta$ -glucan content, but arabinoxylan content. Therefore, the determination of  $\beta$ -glucans in wort and friability is not of any principal importance for the assessment of wheat malt quality. Viscosity of wort is the main parameter used for the evaluation of the level of cytolitic modification of wheat malt (Back, 2005).

Consumption of wheat beer in the Czech Republic is not high, but still, mainly small breweries as well as some middle and big industrial breweries produce altogether several tens of brands of wheat beer, enriching thus the Czech beer market. Wheat beer is also successfully exported from the Czech Republic. For this reason, it is suitable to monitor the existing collection of wheat varieties in terms of malting quality.

The aim of this study was to determine the malting quality of the current collection of the most widespread winter wheat in the Czech Republic.

## 2 MATERIAL AND METHODS

The samples of winter wheat were obtained from the testing sites of the Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture of the Czech Republic. In the period of 2013 – 2015, totally 243 samples (27 varieties x 3 sites x 3 years) were assessed. During growing, the varieties (Table 1) were treated with:

– disinfectant (effective against common bunt of wheat (*Tilletia caries*, *Tilletia laevis*) and dwarf bunt of wheat (*Tilletia controversa*),

volného aminodusíku apod., používané pro hodnocení sladu z ječmene, jsou používány i pro hodnocení sladu z pšenice. Dusíkaté látky hrají významnou úlohu při vytváření trvalého zákalu u pšeničného piva, kvalitní pěny a některých dalších senzoryckých vlastností (Faltermaier et al., 2013).

Cytolytické rozluštění se v případě sladu z ječmene hodnotí pomocí friability sladu, viskozity sladiny a obsahu  $\beta$ -glukanů ve sladince. Vyšší viskozita sladiny z pšeničného sladu není dána obsahem  $\beta$ -glukanů, ale obsahem arabinoxylanů. Stanovení  $\beta$ -glukanů ve sladince a friability nemá tedy pro posouzení kvality pšeničného sladu zásadní význam. Viskozita sladiny je hlavním znakem používaným pro posouzení úrovně cytolitického rozluštění pšeničného sladu (Back, 2005).

Spotřeba pšeničného piva v České republice není velká, přesto především malé pivovary, ale i některé střední a velké průmyslové pivovary vyrábí dohromady několik desítek značek pšeničného piva, které obohacují český pivní trh. Část pšeničného piva se z České republiky úspěšně vyváží. Z tohoto důvodu je vhodné monitorovat stávající sortiment odrůd pšenice z hlediska sladovnické kvality.

Cílem této studie bylo zjistit, jakou sladovnickou kvalitu má současný sortiment nejrozšířenějších odrůd ozimé pšenice v České republice.

## 2 MATERIÁL A METODY

Vzorky odrůd ozimé pšenice byly získány ze zkušebních stanovišť Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského České republiky. V průběhu let 2013 – 2015 bylo hodnoceno celkem 243 vzorků (27 odrůd x 3 stanoviště x 3 roky). V průběhu pěstování byly odrůdy (tab. 1) ošetřeny následujícím způsobem:

– mořidlo (účinné proti mazlavé snětivosti pšenice (*Tilletia caries*, *Tilletia laevis*) a zakrslé snětivosti pšenice (*Tilletia controversa*),  
– hnojení – dusík základní dávka zvýšená o 40 kg/ha

Table 2 Analysis of winter wheat varieties  
Tab. 2 Analýza odrůd ozimé pšenice

Bakery quality / Pekařská kvalita	Units Jednotky	References Odkazy	A	A	A	A	A	A	A	A
Variety / Odrůda			Bohemia	Brokat	Dagmar	Elan	Ely	Etana	Fakir	Lavantus
Parameter / Znak										
Protein content of wheat (factor 5.70) Dusíkaté látky v zrně (faktor 5,70)	%	EBC 2010 3.3.2	12.4	11.3	11.8	11.7	11.7	11.3	12.0	11.1
Extract of malt Extrakt v sušině sladu	%	EBC 2010 4.5.1	82.3	84.7	85.1	84.2	83.0	83.7	83.0	84.5
Relative extract at 45 °C Relativní extrakt při 45 °C	%	MEBAK 2011 3.1.4.11	36.3	36.5	38.9	33.3	38.3	35.5	32.3	34.3
Kolbach index Kolbachovo číslo	%	EBC 2010 4.9.1	33.4	34.0	40.7	35.5	31.8	36.7	30.8	34.4
Diastatic power Diastatická mohutnost	WK	EBC 2010 4.12	299	312	251	348	319	303	285	288
Final attenuation Dosažitelný st. prokvašení	%	EBC 2010 4.11.1	81.0	79.7	79.7	79.6	80.0	80.3	79.1	79.6
Friability Friabilita	%	EBC 2010 4.15	32	26	31	27	30	30	22	32
Wort viscosity 8.6 % Viskozita 8,6 %	mPa.s	EBC 2010 4.8	1.751	1.769	1.742	1.864	1.762	1.721	2.115	1.777
β-Glucan content of wort β-glukany ve sladine	mg/l	EBC 2010 4.16.2	35	26	42	28	25	22	32	25
Clarity of wort Čírost sladiny		MEBAK 2011 3.1.4.2.6	1.22	1.22	1.11	1.44	1.22	1.33	1.89	1.56
Haze of wort (90°) Zákal sladiny (90°)	EBC	EBC 2010 9.29	0.62	1.03	1.07	1.11	0.73	1.07	1.99	1.44
Haze of wort (12°) Zákal sladiny (12°)	EBC	EBC 2010 9.29	0.95	1.59	1.48	1.90	1.17	1.90	3.93	2.66
Wort pH pH sladiny		EBC 2010 4.18	6.18	6.17	6.08	6.18	6.17	6.12	6.20	6.18
α-amylase activity Aktivita α-amylasy	D.U.	EBC 2010 4.13	41	44	41	37	40	39	35	41
Free amino nitrogen Volný aminodusík	mg/l	EBC 2010 4.10	105	102	109	102	95	100	86	93
Free amino nitrogen Volný aminodusík	mg/100g	EBC 2010 4.10	95	92	99	92	86	91	78	84
Wort acidity (GOST) Acidita sladiny (GOST)	ml	DSTU 4282:2004	0.76	0.83	0.89	0.81	0.81	0.84	0.73	0.78
Wort colour Barva sladiny	EBC	EBC 2010 4.7.2	3	3	3	3	3	3	3	3
Boiled wort colour Barva sladiny po povaření	EBC	MEBAK 2011 3.1.4.2.9	5	4	4	4	4	4	4	5
Precursor of dimethyl sulphide (PDMS) Prekurzory dimethylsulfidu (PDMS)	mg/kg	EBC 2010 9.39	4.0	2.7	4.2	3.6	3.3	3.9	3.6	2.6
Dimethyl sulphide (DMS) Dimethylsulfid (DMS)	mg/kg	EBC 2010 9.39	1.4	1.2	1.6	1.4	1.1	1.9	1.2	1.1
Total polyphenols in wort Polyfenoly ve sladine	mg/l	EBC 2010 9.11	39.2	39.0	31.8	31.9	35.1	35.2	33.2	42.7
Arabinoxylans in wort Arabinoxilany ve sladine	mg/l	Douglas 1981	1446	1486	1538	1408	1457	1474	1727	1507
Saccharides DP4-DP10 Cukry DP4-DP10	g/100ml	VÚPS	0.8	0.9	0.9	0.9	0.8	0.9	0.9	1.0
Saccharides DP1-DP3 Cukry DP1-DP3	g/100ml	VÚPS	9.2	9.3	9.4	8.9	9.2	9.2	8.9	9.4
Saccharification rate Doba zcukření	min	EBC 2010 4.5.1	12.3	10.0	10.0	13.7	10.6	11.7	12.8	11.8
Extract difference Rozdíl extraktů	%	EBC 2010 4.5.2	1.3	1.2	0.9	1.0	1.4	1.2	1.8	1.2
Total nitrogen of malt Dusíkaté látky v sušině sladu	%	EBC 2010 4.3.1	11.9	10.8	11.3	11.4	11.3	10.9	11.6	10.5
Soluble nitrogen substances Rozpustné dusíkaté látky	%	EBC 2010 4.9.1	4.1	3.8	4.7	4.1	3.7	4.1	3.6	3.7
Soluble nitrogen in wort Rozpustný dusík ve sladine	mg/l	EBC 2010 4.9.1	654	602	754	662	588	657	585	588
Soluble nitrogen of malt Rozpustný dusík ve sladu	mg/100g	EBC 2010 4.9.1	724	664	832	729	650	725	645	649
β-Amylase activity Aktivita β-amylasy	U/g	Santos, Riis 1996	30.7	28.5	19.3	32.9	32.6	27.4	30.7	25.1
Homogeneity by friabilimeter Homogenita friabilimetrem	%	EBC 2010 4.15	95.8	82.0	90.1	77.7	87.4	87.3	75.7	87.6
Partly unmodified grains Částečně sklovitá zrna	%	EBC 2010 4.15	4.2	18.0	9.9	22.3	12.6	12.7	24.3	12.4

A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	C	C	E	E	E	E	E	E
Match- ball	Matylda	Patras	Rumor	Sailor	Sultan	Turandot	Zeppelin	Artist	Seladon	Tobak	KWS Ozon	Vanessa	Annie	Athlon	Cimr- manova rana	Evina	Fabius	Genius
11.1	11.6	11.6	10.9	11.5	12.1	11.3	11.7	10.8	10.8	11.1	11.1	10.7	12.7	12.8	13.0	12.1	11.6	12.3
83.4	83.1	84.5	85.2	84.9	84.5	84.2	83.3	84.6	85.4	84.0	84.2	84.4	83.0	83.0	82.5	84.1	84.0	82.4
29.1	36.4	32.1	35.9	34.4	34.8	31.7	33.4	30.2	36.9	34.3	33.0	34.0	37.6	33.3	34.6	36.5	33.9	33.4
35.7	31.9	34.7	36.8	37.1	36.4	34.4	31.6	35.2	36.1	35.5	34.0	39.8	33.6	34.2	32.2	37.4	34.1	34.4
347	290	307	319	266	332	307	284	324	294	250	295	401	317	281	248	312	305	295
78.9	79.9	78.6	80.0	79.7	79.3	80.3	79.2	80.2	79.7	79.3	79.6	79.4	80.8	78.9	81.4	80.6	80.9	79.1
20	29	26	29	32	31	30	21	30	30	32	25	39	28	29	28	32	24	24
2.314	1.818	2.033	1.725	1.733	1.750	1.935	2.131	1.782	1.801	1.882	1.936	1.885	1.848	1.871	1.714	1.687	1.880	2.099
30	35	45	27	24	30	36	32	30	46	46	57	28	31	27	20	17	37	33
1.89	1.11	1.33	1.56	1.33	1.56	1.89	1.56	1.22	1.56	1.67	1.67	1.89	1.11	1.44	1.00	1.11	1.33	1.22
2.25	0.88	1.35	1.67	1.46	1.78	2.40	1.80	1.11	1.59	2.03	1.92	2.23	0.66	1.61	0.77	1.13	0.94	0.95
4.25	1.53	2.51	2.74	2.27	3.17	3.96	3.57	1.96	2.75	3.69	3.65	3.99	1.02	2.60	1.08	1.60	1.62	1.60
6.20	6.18	6.15	6.17	6.18	6.20	6.15	6.21	6.22	6.14	6.14	6.17	6.18	6.14	6.11	6.17	6.13	6.19	6.16
32	39	37	44	39	37	36	37	35	36	35	36	39	42	38	43	41	38	40
82	88	88	97	108	109	86	86	91	95	96	82	92	104	106	100	112	93	107
74	80	80	88	97	99	78	78	83	86	87	74	83	95	96	91	101	84	98
0.72	0.80	0.81	0.76	0.85	0.86	0.81	0.74	0.71	0.82	0.83	0.79	0.81	0.77	0.88	0.80	0.88	0.77	0.80
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2.2	2.3	2.5	3.0	3.7	3.8	3.4	2.9	3.2	2.3	2.7	2.3	4.1	4.0	4.0	4.3	4.2	3.3	3.0
1.4	1.0	1.0	1.0	1.7	1.6	1.5	1.1	1.4	1.0	1.3	1.0	1.8	1.6	1.6	1.4	1.6	1.3	1.1
33.2	31.0	37.8	38.9	25.1	38.7	37.8	38.3	31.8	33.9	38.7	32.9	36.8	37.1	37.6	32.1	40.1	34.2	36.9
1718	1560	1712	1480	1410	1447	1549	1719	1220	1381	1597	1406	1621	1627	1537	1593	1404	1664	1566
0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	0.8	0.8	1.0	0.8	0.9	0.8	0.9	0.8	0.8
8.8	9.3	9.3	9.2	9.3	9.1	9.2	8.7	9.3	9.4	9.3	9.3	9.4	9.2	9.0	9.2	9.2	9.6	8.9
17.4	12.0	15.1	10.9	11.6	13.9	12.6	12.8	16.7	10.6	14.4	13.7	11.4	10.6	11.4	10.0	10.3	13.3	12.1
1.8	1.5	1.3	1.0	1.2	1.1	1.2	1.9	1.4	1.5	0.9	1.6	1.0	1.6	1.1	0.9	1.0	1.5	1.4
10.9	11.2	11.3	10.3	11.1	11.6	10.7	11.3	10.3	10.3	10.7	10.7	10.2	12.4	12.3	12.6	11.7	11.3	11.9
4.0	3.6	4.0	3.8	4.2	4.3	3.7	3.6	3.7	3.8	3.9	3.7	4.1	4.3	4.3	4.2	4.4	3.9	4.2
640	582	640	616	668	688	599	583	598	604	622	593	662	684	688	667	708	629	670
706	644	706	679	737	761	663	642	660	666	688	654	733	754	761	737	781	695	737
34.9	29.8	32.3	25.8	22.5	32.3	31.0	30.6	32.8	29.2	21.9	30.0	35.1	30.0	25.9	25.3	29.8	30.2	28.4
66.9	88.7	81.7	81.5	92.3	88.2	85.7	77.8	90.7	90.2	91.6	82.5	96.6	83.0	79.4	71.2	92.1	69.8	75.7
33.1	11.3	18.3	18.5	7.7	11.8	14.3	22.2	9.3	9.8	8.4	17.5	3.4	17.0	20.6	28.8	7.9	30.2	24.3

Table 3 Analysis of variance and estimated components of variance of winter wheat grain quality parameters  
Tab. 3 Analýza variance a odhady komponent rozptylu sledovaných znaků kvality zrna pšenice ozimé

Source of variation Zdroj proměnlivosti	d.f.	Mean square Průměrný čtverec	Significant level Hladina významnosti	F ratio F hodnota	Estimated components of variance Odhad komponent rozptylu		
					abs.	rel. (%)	s.e.
<b>Protein content of wheat / Dusíkaté látky v zrnu pšenice (%)</b>							
Year / Rok	2	108.416	***	268.696	1.970	61.72	1.977
Site / Stanoviště	4	3.636	***	9.010	0.459	14.38	0.335
Variety / Odrůda	26	12.833	***	31.805	0.359	11.25	0.112
Residual / Reziduál	210	0.403			0.404	12.64	0.039
<b>Extract of malt / Extrakt v sušině sladu (%)</b>							
Year / Rok	2	69.187	***	145.955	1.240	49.41	1.248
Site / Stanoviště	4	2.037	**	4.297	0.052	2.07	0.048
Variety / Odrůda	26	7.160	***	15.105	0.743	29.60	0.221
Residual / Reziduál	210	0.474			0.475	18.92	0.046
<b>Relative extract at 45 °C / Relativní extrakt 45 °C (%)</b>							
Year / Rok	2	3.360	NS	0.834	0.000	0.00	0.074
Site / Stanoviště	4	198.191	***	49.184	4.619	33.72	3.343
Variety / Odrůda	26	49.465	***	12.276	5.049	36.86	1.525
Residual / Reziduál	210	4.030			4.028	29.41	0.393
<b>Kolbach Index / Kolbachovo číslo (%)</b>							
Year / Rok	2	991.661	***	173.234	18.023	52.26	18.123
Site / Stanoviště	4	197.782	***	34.551	5.926	17.18	4.335
Variety / Odrůda	26	49.049	***	8.568	4.814	13.96	1.513
Residual / Reziduál	210	5.724			5.726	16.60	0.559
<b>Diastatic power / Diastatická mohutnost (WK)</b>							
Year / Rok	2	3852.247	**	6.591	46.472	2.43	57.183
Site / Stanoviště	4	7078.426	***	12.112	288.408	15.06	218.793
Variety / Odrůda	26	9533.530	***	16.312	994.154	51.91	293.891
Residual / Reziduál	210	584.434			586.143	30.61	57.198
<b>Final attenuation / Dosažitelný stupeň prokvašení (%)</b>							
Year / Rok	2	2.040	**	5.152	0.039	4.12	0.045
Site / Stanoviště	4	3.415	***	8.624	0.057	6.13	0.049
Variety / Odrůda	26	4.409	***	11.134	0.446	47.60	0.136
Residual / Reziduál	210	0.396			0.395	41.16	0.039
<b>Friability / Friabilita (%)</b>							
Year / Rok	2	319.225	***	24.970	5.648	12.46	5.883
Site / Stanoviště	4	277.285	***	21.689	11.677	25.76	8.609
Variety / Odrůda	26	149.690	***	11.709	15.211	33.56	4.615
Residual / Reziduál	210	12.784			12.789	28.21	1.248
<b>Wort viscosity 8.6 % / Viskozita 8,6 % (mPa.s)</b>							
Year / Rok	2	0.015	*	3.610	0.000	0.69	0.000
Site / Stanoviště	4	0.070	***	17.357	0.001	3.82	0.001
Variety / Odrůda	26	0.215	***	53.618	0.024	81.60	0.007
Residual / Reziduál	210	0.004			0.004	13.89	0.000
<b>β-Glucan content of wort / β-glukany ve sladině (mg/l)</b>							
Year / Rok	2	4072.451	***	55.893	72.106	27.10	73.434
Site / Stanoviště	4	1781.053	***	24.444	47.090	17.70	35.133
Variety / Odrůda	26	738.416	***	10.134	73.947	27.80	22.769
Residual / Reziduál	210	72.862			72.894	27.40	7.114
<b>Clarity of wort / Čírost sladiny</b>							
Year / Rok	2	16.932	***	60.074	0.297	32.29	0.301
Site / Stanoviště	4	8.657	***	30.716	0.300	32.59	0.219
Variety / Odrůda	26	0.650	***	2.306	0.041	4.45	0.020
Residual / Reziduál	210	0.282			0.282	30.67	0.028
<b>Haze of wort 90° / Zákal 90° (EBC)</b>							
Year / Rok	2	52.515	***	89.836	0.928	41.17	0.939
Site / Stanoviště	4	15.023	***	25.700	0.531	23.56	0.390
Variety / Odrůda	26	2.479	***	4.240	0.210	9.33	0.077
Residual / Reziduál	210	0.585			0.585	25.94	0.571

Source of variation <i>Zdroj proměnlivosti</i>	d.f.	Mean square <i>Průměrný čtverec</i>	Significant level <i>Hladina významnosti</i>	F ratio <i>F hodnota</i>	Estimated components of variance <i>Odhad komponent rozptylu</i>		
					abs.	rel. (%)	s.e.
<b>Haze of wort 12° / Zákal 12° (EBC)</b>							
<i>Year / Rok</i>	2	239.745	***	86.595	4.259	36.38	4.308
<i>Site / Stanoviště</i>	4	97.498	***	35.216	3.896	33.27	2.824
<i>Variety / Odrůda</i>	26	9.827	***	3.549	0.784	6.70	0.304
<i>Residual / Reziduál</i>	210	2.769			2.770	23.66	0.270
<b>Wort pH / pH sladiny</b>							
<i>Year / Rok</i>	2	0.051	***	44.068	0.001	16.98	0.001
<i>Site / Stanoviště</i>	4	0.075	***	64.702	0.002	43.40	0.002
<i>Variety / Odrůda</i>	26	0.009	***	8.020	0.001	16.98	0.000
<i>Residual / Reziduál</i>	210	0.001			0.001	22.64	0.000
<b><math>\alpha</math>-amylase activity / Aktivita <math>\alpha</math>-amylasy (D.U.)</b>							
<i>Year / Rok</i>	2	2109.130	***	174.754	38.231	43.94	38.431
<i>Site / Stanoviště</i>	4	723.861	***	59.990	28.987	33.32	20.793
<i>Variety / Odrůda</i>	26	81.508	***	6.755	7.715	8.87	2.515
<i>Residual / Reziduál</i>	210	12.066			12.070	13.87	1.178
<b>Free amino nitrogen / Volný aminodusík (mg/l)</b>							
<i>Year / Rok</i>	2	2026.741	***	14.353	32.233	12.24	34.483
<i>Site / Stanoviště</i>	4	1184.006	***	8.385	23.765	9.03	20.271
<i>Variety / Odrůda</i>	26	735.874	***	5.211	66.077	25.10	22.731
<i>Residual / Reziduál</i>	210	141.210			141.185	53.63	13.776
<b>Free amino nitrogen / Volný aminodusík (mg/100g)</b>							
<i>Year / Rok</i>	2	2227.819	***	19.553	36.304	16.21	38.114
<i>Site / Stanoviště</i>	4	596.873	***	5.239	20.135	8.99	17.032
<i>Variety / Odrůda</i>	26	983.509	***	8.632	53.661	23.95	18.437
<i>Residual / Reziduál</i>	210	113.938			113.927	50.85	11.117
<b>Wort acidity (GOST) / Acidita sladiny (GOST) (ml)</b>							
<i>Year / Rok</i>	2	0.499	***	123.132	0.009	50.83	0.009
<i>Site / Stanoviště</i>	4	0.153	***	37.694	0.003	13.57	0.002
<i>Variety / Odrůda</i>	26	0.021	***	5.277	0.002	10.50	0.001
<i>Residual / Reziduál</i>	210	0.004			0.004	22.10	0.000
<b>Wort colour / Barva sladiny (EBC)</b>							
<i>Year / Rok</i>	2	0.615	***	9.102	0.009	5.39	0.011
<i>Site / Stanoviště</i>	4	2.953	***	43.729	0.077	44.37	0.056
<i>Variety / Odrůda</i>	26	0.238	***	3.529	0.019	11.02	0.007
<i>Residual / Reziduál</i>	210	0.068			0.068	39.21	0.007
<b>Boiled wort colour / Barva po povaření (EBC)</b>							
<i>Year / Rok</i>	2	1.542	***	14.824	0.024	10.24	0.026
<i>Site / Stanoviště</i>	4	2.045	***	19.661	0.063	26.88	0.047
<i>Variety / Odrůda</i>	26	0.483	***	4.647	0.042	18.11	0.015
<i>Residual / Reziduál</i>	210	0.104			0.104	44.77	0.010
<b>Precursor of dimethyl sulphide / Prekursor dimethylsulfidu (mg/kg)</b>							
<i>Year / Rok</i>	2	33.348	***	42.445	0.639	26.43	0.653
<i>Site / Stanoviště</i>	4	16.119	***	20.515	0.608	25.14	0.450
<i>Variety / Odrůda</i>	26	4.251	***	5.411	0.385	15.93	0.131
<i>Residual / Reziduál</i>	210	0.786			0.786	32.49	0.077
<b>Dimethyl sulphide / Dimethylsulfid (mg/kg)</b>							
<i>Year / Rok</i>	2	38.138	***	167.843	0.690	53.59	0.694
<i>Site / Stanoviště</i>	4	6.316	***	27.797	0.326	25.32	0.236
<i>Variety / Odrůda</i>	26	0.624	***	2.745	0.044	3.43	0.019
<i>Residual / Reziduál</i>	210	0.227			0.227	17.66	0.022
<b>Total polyphenols in wort / Polyfenoly ve sladně (mg/l)</b>							
<i>Year / Rok</i>	2	86.415	NS	2.097	1.284	2.08	2.027
<i>Site / Stanoviště</i>	4	271.336	***	6.586	10.013	16.20	8.147
<i>Variety / Odrůda</i>	26	125.533	***	3.047	9.376	15.16	2.896
<i>Residual / Reziduál</i>	210	41.202			41.152	66.56	4.015
<b>Arabinoxylans in wort / Arabinoxilany ve sladně (mg/l)</b>							
<i>Year / Rok</i>	2	3760361.6	***	139.389	68418.7	54.58	68898.2
<i>Site / Stanoviště</i>	4	677390.0	***	25.109	17743.1	14.15	13225.6
<i>Variety / Odrůda</i>	26	136951.9	***	5.077	12219.2	9.75	4260.5
<i>Residual / Reziduál</i>	210	26977.5			26978.4	21.52	2632.8

Source of variation Zdroj proměnlivosti	d.f.	Mean square Průměrný čtverec	Significant level Hladina významnosti	F ratio F hodnota	Estimated components of variance Odhad komponent rozptylu		
					abs.	rel. (%)	s.e.
<b>Sacharides DP4-DP10 / Cukry DP4-DP10 (g/100ml)</b>							
Year / Rok	2	5.741	***	239.591	0.102	75.46	0.103
Site / Stanoviště	4	0.217	***	9.053	0.009	6.26	0.007
Variety / Odrůda	26	0.031	NS	1.313	0.001	0.59	0.001
Residual / Reziduál	210	0.024			0.024	17.69	0.002
<b>Sacharides DP1-DP3 / Cukry DP1-DP3 (g/100ml)</b>							
Year / Rok	2	6.653	***	39.426	0.119	33.91	0.122
Site / Stanoviště	4	1.011	***	5.991	0.040	11.38	0.033
Variety / Odrůda	26	0.370	**	2.192	0.022	6.38	0.012
Residual / Reziduál	210	0.169			0.169	48.33	0.017
<b>Saccharification rate / Doba zcukření (min)</b>							
Year / Rok	2	88.352	***	23.110	1.473	13.70	1.543
Site / Stanoviště	4	79.818	***	20.878	2.055	19.11	1.549
Variety / Odrůda	26	34.436	***	9.007	3.401	31.63	1.062
Residual / Reziduál	210	3.823			3.825	35.57	0.373
<b>Extract difference / Rozdíl extraktů (%)</b>							
Year / Rok	2	0.882	***	10.653	0.014	6.99	0.016
Site / Stanoviště	4	1.660	***	20.047	0.034	15.54	0.026
Variety / Odrůda	26	0.735	***	8.877	0.073	35.70	0.023
Residual / Reziduál	210	0.083			0.083	40.77	0.008
<b>Total nitrogen of malt / Dusíkaté látky v sušině sladu (%)</b>							
Year / Rok	2	111.504	***	277.991	2.026	63.83	2.032
Site / Stanoviště	4	11.371	***	28.350	0.345	10.88	0.254
Variety / Odrůda	26	4.014	***	10.006	0.401	12.65	0.124
Residual / Reziduál	210	0.401			0.401	12.64	0.039
<b>Soluble nitrogen substances / Rozpustné dusíkaté látky (%)</b>							
Year / Rok	2	3.087	***	61.209	0.056	22.17	0.057
Site / Stanoviště	4	3.068	***	60.834	0.072	28.71	0.052
Variety / Odrůda	26	0.706	***	13.999	0.073	29.03	0.022
Residual / Reziduál	210	0.050			0.050	20.10	0.005
<b>Soluble nitrogen of malt / Rozpustný dusík ve sladu (mg/100g)</b>							
Year / Rok	2	78347.377	***	62.054	1412.610	21.95	1435.791
Site / Stanoviště	4	80993.188	***	64.150	1890.547	29.37	1368.752
Variety / Odrůda	26	18096.612	***	14.333	1870.453	29.06	557.845
Residual / Reziduál	210	1262.558			1262.534	19.62	123.210
<b>Soluble nitrogen of wort / Rozpustný dusík ve sladině (mg/l)</b>							
Year / Rok	2	71894.796	***	45.629	1285.896	17.32	1314.826
Site / Stanoviště	4	97874.633	***	62.116	2284.471	30.77	1655.105
Variety / Odrůda	26	22089.729	***	14.020	2279.344	30.70	680.945
Residual / Reziduál	210	1575.634			1575.629	21.22	153.765
<b><math>\beta</math>-amylase activity / Aktivita <math>\beta</math>-amylasy (U/g)</b>							
Year / Rok	2	39.434	***	8.684	0.530	2.58	0.611
Site / Stanoviště	4	30.127	***	6.635	0.942	4.58	0.776
Variety / Odrůda	26	135.393	***	29.818	14.538	70.70	4.173
Residual / Reziduál	210	4.541			4.554	22.14	0.444
<b>Homogeneity by friabilimeter / Homogenita friabilimetrem (%)</b>							
Year / Rok	2	947.388	***	26.281	16.496	11.87	17.153
Site / Stanoviště	4	958.616	***	26.592	28.813	20.74	21.281
Variety / Odrůda	26	554.262	***	15.375	57.578	41.44	17.085
Residual / Reziduál	210	36.049			36.063	25.95	3.519
<b>Partly unmodified grains / Částečně sklovitá zrna (%)</b>							
Year / Rok	2	947.388	***	26.281	16.496	11.87	17.153
Site / Stanoviště	4	958.616	***	26.592	28.813	20.74	21.281
Variety / Odrůda	26	554.262	***	15.375	57.578	41.44	14.085
Residual / Reziduál	210	36.049			36.063	25.950	3.519

## Note / Poznámky

*	P=0.05	d.f.	degrees of freedom / stupně volnosti
**	P=0.01	rel.	relative value / relativní hodnota
***	P=0.001	abs.	original value / původní hodnota
NS	non significant / neprůkazný	s.e.	standard error / chyba odhadu

- fertilizing – basic dosage of nitrogen increased by 40 kg/ha – sulfur (15 – 25 kg/ha),
- morphoregulator (applied as needed),
- obligatory treatment with two fungicides (first treatment to the end of the shooting, the other at the beginning of earing before flowering), other applications as needed in the case of eyespot of wheat (*Oculimacula yallundae*, *O. acuformis*) or strong infectious pressure of the leaf diseases.
- The basic nitrogen dose consists of spring regeneration fertilizing (30 – 70 kg/ha) and production fertilizing (40 – 80 kg/ha). The dose is adjusted according to the site, pre-crop, mineral nitrogen content in the soil and the current state of the stand (Horáková et al., 2015). According to their suitability for bread making (production of dough), the wheat varieties are classified to the categories: elite quality wheat (E); quality wheat (A); bread making wheat (B); wheat not suitable for bread making (C) (Table 2). The classification of the studied varieties into the individual groups is given by Horáková et al. (2014; 2015; 2016).

The samples (1.0kg) were malted in a micro malting plant of the company KVM (Uničov, ČR). Laboratory malting was conducted employing the procedure traditionally used in the RIBM which is based on the MEBAK method (2011). The production of wheat malt considered the fact that wheat grain is not protected by husks.

Steeping was conducted in the steeping box. The temperature of water and air during air rests was 14.0 °C. Duration of steeping: 1<sup>st</sup> day – 5 hours; 2<sup>nd</sup> day – 4 hours. On the third day, water content in the germinating grain was adjusted by steeping or spraying to the value of 45%.

Germination was conducted in the germination box. The temperature during steeping was 14.0 °C. The total steeping time including air rests and germination was 144 hours.

Kilning was performed on a one-floor electrically heated kiln. The total kilning time was 22 hours, prekilning temperature was 55 °C, kilning at the temperature of 80 °C for four hours followed.

The parameters studied in the wheat non-malted grain, malt and wort are given in Table 2. Wort clarity was assessed as: 1 = clear, 2 = weakly opalizing, 3 = opalizing, 4 = hazed.

The results were statistically assessed by a three-way ANOVA assay (Table 3). From the results of the correlation analysis, only relations with a very high degree of statistical dependence were mentioned and discussed ( $r \geq \pm 0.5$ ).

### 3 RESULTS AND DISCUSSION

Content of the nitrogenous substances in the set of the winter wheat varieties under study ranged on average from 10.7 to 13.0%. Titze et al. (2013) reported the optimal values in the scope of 11.0 – 13.0%. With the increase in the content of nitrogenous substances in the wheat grain, the starch content decreases, and consequently, the extract content and the final attenuation Contents of nitrogenous substances and starch are influenced by a number of external factors (agrotechnics, soil conditions, weather, etc.) (Narziss and Back, 2012).

The lowest content of nitrogenous substances in the non-malted grain (10.7%) was detected in the variety Vanessa from the "C" group, on the contrary, the highest content (13.0%) was found in the variety Cimrmanova raná from the group "E". The varieties in the "E" group had on average the highest content of the nitrogenous substances in the non-malted wheat grain. Annie, Athlon, Bohemia, Cimrmanova raná, Evina, Genius, and Sultan had nitrogenous substances contents of above 12% (Table 2). The content of nitrogenous substances was affected by the year, site, and variety from 61.72%, 14.38%, and 11.25%, respectively.

#### Amylolytic modification

According to Narziss (2005) and Titze et al. (2013), extract content in dry matter of wheat malt should be higher than 83.0% even at a higher content of nitrogenous substances in non-malted grain. Extract content in malt dry matter moved from 82.3 to 85.4% in the studied set. Only the varieties Bohemia (82.3%), Genius (82.4%), and Cimrmanova raná (82.5%) did not achieve the value of 83.0%. The highest average extract content was recorded in the varieties Seladon (85.4%), Rumor (85.2%), and Dagmar (85.1%) (Table 2). Häussler (1985) reported in the set of winter wheat from the beginning of the 1980s an average content of the extract content in the amount of 85.6% with the average content of the nitrogenous substances at the level of 11.6%. In 1990 and 1991, Sacher and Narziss

- síra (15 – 25 kg/ha)
- morforegulator (aplikuje se dle potřeby),
- povinné ošetření dvěma fungicidy (první ošetření do konce sloupkování, druhé na začátku metání až před kvetením), další aplikace dle potřeby v případě vyskytu chorob pat stébel (*Oculimacula yallundae*, *O. acuformis*) či silného infekčního tlaku listových chorob.
- Základní dávka dusíku se skládá z jarního regeneračního hnojení (30 – 70 kg/ha) a produkčního hnojení (40 – 80 kg/ha). Velikost dávky se upravuje dle lokality, předplodiny, obsahu minerálního dusíku v půdě a aktuálního stavu porostu (Horáková et al., 2015). Odrůdy pšenice jsou z pohledu vhodnosti pro pekařské využití (výrobu kynutých těst) členěny do kategorií: elitní (E); kvalitní (A); chlebové (B); nevhodné pro pekařské zpracování (C) (tab. 2). Zařazení sledovaných odrůd do jednotlivých skupin uvádí Horáková et al. (2014; 2015; 2016).

Sladování 1,0kg vzorků probíhalo v mikroskladovně firmy KVM (Uničov, ČR). Pro laboratorní sladování byl použit postup tradičně používaný ve VÚPS, který je v podstatě totožný s metodikou MEBAK (2011). Při výrobě pšeničného sladu byla zohledněna skutečnost, že zrnو pšenice není chráněno pluchou.

Namáčka probíhala ve skříňové máčírně. Teplota vody a teplota vzduchu v době vzdušných přestávek byla 14,0 °C. Délka namáček: 1. den – 5 hodin; 2. den – 4 hodiny. Třetí den byl obsah vody v klíčovém zrnو namáčkou nebo dokropením upraven na hodnotu 45%.

Klíčení probíhalo ve skříňovém klíčidle. Teplota v průběhu klíčení byla 14,0 °C. Celkový čas máčení včetně vzdušných přestávek a klíčení byl 144 hodin.

Hvozdění probíhalo na jedno lískovém elektricky vyhříváném hvozdě. Celková doba hvozdění byla 22 hodin, předsoušení probíhalo při teplotě 55 °C, teplota dotahování byla 80 °C po dobu 4 hodin.

Znaky sledované v pšeničném nesladovaném zrnو, sladu a sladiny uvádí tab. 2. Čírost sladiny byla hodnocena následovně: 1 = čirá, 2 = slabě opalizující, 3 = opalizující, 4 = zakalená.

Výsledky byly statisticky zpracovány analýzou rozptylu trojného třídění ANOVA (tab. 3). Z výsledků korelační analýzy byly dále uvedeny a diskutovány pouze vztahy s velmi vysokým stupněm statistické závislosti ( $r \geq \pm 0,5$ ).

### 3 VÝSLEDKY A DISKUSE

Obsah dusíkatých látek se u souboru sledovaných odrůd ozimé pšenice pohyboval v průměru od 10,7 do 13,0%. Titze et al. (2013) uvádí optimální hodnoty v rozpětí 11,0 – 13,0%. S růstem obsahu dusíkatých látek v zrnو pšenice klesá obsah škrobu a následně obsah extraktu a dosažitelný stupeň prokvašení. Obsah dusíkatých látek a obsah škrobu je ovlivněn řadou vnějších faktorů (agrotechnika, půdní podmínky, průběh počasí apod.) (Narziss a Back, 2012).

Nejnižší obsah dusíkatých látek v nesladovaném zrnو (10,7%) měla odrůda Vanessa ze skupiny „C“, naopak nejvyšší obsah (13,0%) vykazala odrůda Cimrmanova raná ze skupiny „E“. Skupina odrůd zařazených do skupiny „E“ měla v průměru nejvyšší obsah dusíkatých látek v nesladovaném zrnو pšenice. Obsah dusíkatých látek nad 12% měly odrůdy Annie, Athlon, Bohemia, Cimrmanova raná, Evina, Genius a odrůda Sultan (tab. 2). Obsah dusíkatých látek byl ovlivněn z 61,72% ročníkem, 14,38% stanovištěm a z 11,25% odrůdou.

#### Amylolytické rozluštění

Narziss (2005) a Titze et al. (2013) uvádějí, že by obsah extraktu v sušině pšeničného sladu měl být vyšší než 83,0% i při vyšším obsahu dusíkatých látek v nesladovaném zrnو. Obsah extraktu v sušině sladu se u sledovaného souboru pohyboval v rozpětí od 82,3 do 85,4%. Pod hodnotou 83,0% byly pouze odrůdy Bohemia (82,3%), Genius (82,4%) a Cimrmanova raná (82,5%). Nejvyšší průměrný obsah extraktu vykazaly odrůdy Seladon (85,4%), Rumor (85,2%) a Dagmar (85,1%) (tab. 2). Häussler (1985) uvádí u souboru odrůd ozimé pšenice z počátku 80. let průměrný obsah extraktu ve výši 85,6% při průměrném obsahu dusíkatých látek na úrovni 11,6%. Také Sacher a Narziss (1992) zjistili v letech 1990 a 1991 průměrný obsah extraktu ve výši 84,6 a 83,4% při poměrně vysokém obsahu dusíkatých látek v zrnو pšenice 12,8 a 14,2%. Obsah extraktu pro typický světlý pšeničný slad se pohybuje v rozpětí 81,0 – 86% (Faltermaier et al., 2014). U sledovaného souboru pšenice ozimé byl obsah extraktu ovlivněn ze 49,41% ročníkem, 29,60% odrůdou a z 2,07% stanovištěm (tab. 3). U souboru pšenice jarní byl



(1992) found an average extract content in the amounts of 84.6 and 83.4% at a relatively high content of nitrogenous substances in wheat grain (12.8 and 14.2%). Extract content for the typical pale wheat malt moves in the scope of 81.0 – 86% (Faltermaier et al., 2014). In the studied set of winter wheat, extract content was affected by the year from 49.41%, variety from 29.60%, and the site from 2.07% (Table 3). In the set of spring wheat, this parameter was affected by the year from 17.53%, by the variety from 47.08%, and site from 18.07% (Sachambula et al., 2017). In the studied of 243 samples of winter wheat varieties, extract of malt dry matter exhibited a highly significantly provable relationship to the content of nitrogenous substances in non-malted wheat grain ( $r = -0.7802$ ), content of nitrogenous substances in malt ( $r = -0.7915$ ), Kolbach index ( $r = 0.7453$ ) and friability ( $r = 0.5194$ ).

The saccharification time ranged on average from 10 – 17 minutes (Table 2) and was affected by the variety from 31.63%, site from 19.11%, year from 13.70% (Table 3). The saccharification time in the studied set was highly significantly affected by the activity of  $\alpha$ -amylase ( $r = -0.5411$ ) and the level of relative extract at 45 °C ( $r = -0.5160$ ).

Due to missing husks, wheat malt has a higher extract of malt compared to barley malt, but low final attenuation (Back 2005). Final attenuation should be higher than 79% (Narziss, 2005). In 1990 and 1991, Sacher and Narziss (1992) found average final attenuation of 80.2 and 79.6%. Faltermaier et al. (2014) reported 78.0 – 82.0% as the usual values. Final attenuation in the studied set of winter wheat achieved a similar level (78.6 – 81.4%) (Table 2). The varieties Patras (78.6%), Matchball, and Athlon (78.9%) had final attenuation below the value of 79%. The highest average level of final attenuation was determined in the variety Cimrmanova raná (81.4%) (Table 2). Change in the level of final attenuation was from 47.60% affected by the variety and only from 6.13% by the site and from 4.12% by the year (Table 3).

Amylolytic enzymes are of principle importance for starch degradation.  $\alpha$ -amylase begins to form *de novo* only when the caryopses begin germinating.  $\alpha$ -amylase activity is affected by a variety, environment, malting conditions etc.  $\beta$ -amylase is in latent state in rape caryopses. After germination,  $\beta$ -amylase releases from its bound form and its activity gradually increases. It is less thermostable than  $\alpha$ -amylase (Dunn, 1974; Narziss and Back, 2012).

The capacity of amylolytic enzymes, namely  $\beta$ -amylase, to degrade starch to fermentable sugars is characterized by the level of diastatic power. The relation to  $\beta$ -amylase activity ( $r = 0.6561$ ) in the studied set was highly significant. The average values of diastatic power in the studied set varied from 248 WK un. in Cimrmanova raná to 401 WK un in Vanessa (Table 2). Similar values were also found by Sacher and Narziss (1992). In the studied set of varieties, this parameter was also affected namely by the variety, 51.91%, then site, 15.06%, and minimally by the year (2.43%) (Table 3). In the set of spring wheat, this parameter was affected by a variety from more than 65% (Sachambula et al., 2017).

The highest  $\alpha$ -amylase activity was recorded in the varieties Brokat and Rumor (44 D.U.) and the lowest value of this parameter in Matchball (32 D.U.). Changes in the  $\alpha$ -amylase activity were affected by the year (43.94%), site (33.32%) and to a lesser extent by variety (8.87%). Relationships between  $\alpha$ -amylase activity ( $r = 0.5930$ ), content of nitrogenous substances in malt dry matter ( $r = 0.5477$ ), and  $\beta$ -glucan content in wort ( $r = -0.5647$ ) were highly significant.

The highest  $\beta$ -amylase activity was found in the variety Vanessa (35.1 U/g), variety Dagmar had the markedly lowest values of  $\beta$ -amylase activity (19.3 U/g) (Table 2).  $\beta$ -amylase activity was significantly affected by a variety (70.70%) (Table 3).

Content of fermentable sugars (DP1 - DP3) in wort in all the studied winter wheat varieties was at the similar level, on average it moved around 9.2 g/100ml. Content of non-fermentable sugars (DP4 - DP10) in wort was also similar in all the studied varieties and moved on average around the value of 0.9 g/100ml. Changes in the content of both sugar groups were significantly affected by the year. In case of fermentable sugars (DP1 - DP3) it was from 33.91% and in case of non-fermentable sugars (DP4 - DP10), the effect of year was even more significant (75.46%) (Table 3).

### Proteolytic modification

Proteins and non-protein nitrogenous substances are important for brewing in terms of filtration, fermentation, foam stability and haze. Furthermore, some proteins contribute to palatfulness, affect taste, color and beer nutritious values (Osman et al., 2003; Leiper et al., 2003). Compared to barley, wheat has generally higher content

tento znak ovlivněn ze 17,53% ročníkem, ze 47,08% odrůdou a z 18,07% stanovištěm (Sachambula et al., 2017). U sledovaného souboru 243 vzorků odrůd ozimé pšenice vykázal extrakt v sušině sladu vysoce průkazný vztah k obsahu dusíkatých látek v nesladovaném zrně pšenice ( $r = -0,7802$ ), k obsahu dusíkatých látek ve sladu ( $r = -0,7915$ ), Kolbachovu číslu ( $r = 0,7453$ ) a friabilitě ( $r = 0,5194$ ).

Doba zcukření se v průměru pohybovala v rozmezí 10 – 17 minut (tab. 2) a byla ovlivněna odrůdou z 31,63%, stanovištěm z 19,11% ročníkem z 13,70% (tab. 3). Doba zcukření byla u sledovaného souboru vysoce průkazně ovlivněna aktivitou  $\alpha$ -amylasy ( $r = -0,5411$ ) a úrovní relativního extraktu při 45 °C ( $r = -0,5160$ ).

Vzhledem k chybějícím pluchám má pšeničný slad vyšší výtěžek extraktu než ječný slad, ale nízký dosažitelný stupeň prokvašení (Back, 2005). Dosažitelný stupeň prokvašení by měl být vyšší než 79% (Narziss, 2005). Sacher a Narziss (1992) zjistili v letech 1990 a 1991 průměrný dosažitelný stupeň prokvašení 80,2 a 79,6%. Faltermaier et al. (2014) uvádí jako obvyklé hodnoty 78,0 – 82,0%. Na obdobné úrovni (78,6 – 81,4%) se pohyboval dosažitelný stupeň prokvašení i ve studovaném souboru odrůd ozimé pšenice (tab. 2). Odrůdy Patras (78,6%), Matchball a Athlon (78,9%) měly dosažitelný stupeň prokvašení pod hodnotou 79%. Nejvyšší průměrnou úroveň dosažitelného stupně prokvašení měla odrůda Cimrmanova raná (81,4%) (tab. 2). Změna v úrovni dosažitelného stupně prokvašení byla ze 47,60% ovlivněna odrůdou a jen z 6,13% stanovištěm a 4,12% ročníkem (tab. 3).

Pro degradaci škrobu jsou zásadní amylolytické enzymy.  $\alpha$ -amylasa se začíná tvořit *de novo*, až když začne obilka klíčit. Aktivita  $\alpha$ -amylasy je ovlivněna odrůdou, prostředím, podmínkami sladování apod.  $\beta$ -amylasa je ve zralých obilkách v latentním stavu. Při klíčení se  $\beta$ -amylasa uvolňuje z vázané formy a její aktivita postupně vzrůstá. Je méně termostabilní než  $\alpha$ -amylasa (Dunn, 1974; Narziss a Back, 2012).

Schopnost amylolytických enzymů, převážně  $\beta$ -amylasy, štěpit škrob na fermentovatelné cukry je charakterizována úrovní diastatické mohutnosti. U sledovaného souboru byl vztah k aktivitě  $\beta$ -amylasy ( $r = 0,6561$ ) vysoce průkazný. Průměrné hodnoty diastatické mohutnosti se u sledovaného souboru pohybovaly od hodnoty 248 j.WK u odrůdy Cimrmanova raná po hodnotu 401 j.WK u odrůdy Vanessa (tab. 2). Obdobné hodnoty zjistili i Sacher a Narziss (1992). I tento znak byl u studovaného souboru odrůd ovlivněn především odrůdou 51,91%, následně stanovištěm 15,06% a minimálně ročníkem 2,43% (tab. 3). U souboru jarní pšenice byl tento znak ovlivněn odrůdou z více než 65% (Sachambula et al., 2017).

Nejvyšší aktivitu  $\alpha$ -amylasy měly odrůdy Brokat a Rumor (44 D.U.) a nejnižší aktivitu tohoto znaku měla odrůda Matchball (32 D.U.). Změny v aktivitě  $\alpha$ -amylasy byly ovlivněny ročníkem (43,94%), stanovištěm (33,32%) a v menší míře i odrůdou (8,87%). Aktivita  $\alpha$ -amylasy měla vysoce průkazný vztah k obsahu dusíkatých látek v nesladovaném zrně ječmene ( $r = 0,5930$ ), obsahu dusíkatých látek v sušině sladu ( $r = 0,5477$ ) a obsahu  $\beta$ -glukanů ve sladince ( $r = -0,5647$ ).

Nejvyšší aktivita  $\beta$ -amylasy byla zjištěna u odrůdy Vanessa (35,1 U/g), výrazně nejnižší hodnotu aktivity  $\beta$ -amylasy měla odrůda Dagmar (19,3 U/g) (tab. 2). V případě aktivity  $\beta$ -amylasy hrála významnou roli odrůda (70,70%) (tab. 3).

Obsah zkvasitelných cukrů (DP1 - DP3) ve sladince měly všechny sledované odrůdy ozimé pšenice na podobné úrovni, v průměru se pohyboval kolem 9,2 g/100ml. Obsah nezskvasitelných cukrů (DP4 - DP10) ve sladince měly všechny sledované odrůdy také podobný a v průměru se pohyboval kolem hodnoty 0,9 g/100ml. Změny v obsahu obou skupin cukrů byly výrazně ovlivněny ročníkem. V případě zkvasitelných cukrů (DP1 - DP3) to bylo z 33,91% a v případě nezskvasitelných cukrů (DP4 - DP10) byl vliv ročníku ještě výraznější (75,46%) (tab. 3).

### Proteolytické rozluštění

Pro výrobu piva jsou bílkoviny i dusíkaté látky nebílkovinné povahy důležité z hlediska filtrace, kvašení, stability pěny a zákalu. Navíc některé bílkoviny přispívají k pocitu plnosti, ovlivňují chuť, barvu a výživové hodnoty piva (Osman et al., 2003; Leiper et al., 2003). Ve srovnání s ječmenem má pšenice obecně vyšší obsah dusíkatých látek. Pšenice má také zvýšený podíl vysokomolekulárních bílkovin, což má vztah k trvanlivosti pěny a zvýšené tvorbě a trvanlivosti zákalu ve srovnání s pivem z ječmene (Depraetere et al., 2004).

Kolbachovo číslo vyjadřuje nepřímo aktivitu proteolytických enzymů. Informuje o podílu dusíkatých látek, které přejdou ze sladu do sladin. Stupeň degradace dusíkatých látek daný Kolbachovým číslem byl u studovaného souboru na úrovni 30,8 – 40,7%. Narziss

of nitrogenous substances. Wheat also has an increased portion of high molecular proteins, which is in relationship with foam durability and increased creation and durability of haze compared with beer from barley (Depraetere et al., 2004).

Kolbach index indirectly expresses the activity of proteolytic enzymes. It informs on the amount of nitrogenous substances passing from malt to wort. The degree of degradation of nitrogenous substances given by Kolbach index was at the level of 30.8 – 40.7% in the studied set. Narziss (2005) and Titze et al. (2013) consider 37 – 40% to be the optimal values. In 1990 and 1991, Sacher and Narziss (1992) found the average value of Kolbach index at the level of 41.3% and 35.8%. Typical values of Kolbach index in pale wheat malt vary from 35 – 45%. The range given by Narziss (2005) was achieved only by the varieties Vanessa (39.8%), Evina (37.4%), and Sailor (37.1%). The variety Dagmar had the highest value of Kolbach index (40.7%) (Table 2). The value of Kolbach index was affected by the year (52.26%), site (17.18%), and variety (13.96%) (Table 3). Kolbach index in the studied set was highly significantly affected by the content of nitrogenous substances in the non-malted wheat grain ( $r = -0.6811$ ) and subsequently by the content of nitrogenous substances in malt dry matter ( $r = -0.6756$ ).

The value of soluble nitrogen is another indicator of proteolytic modification of malt. The total content of nitrogenous substances in dry matter of malt produced from the studied varieties of winter wheat moved from 10.2 – 12.6%. This parameter was mostly affected by the year, from 63.83%. (Table 3). Soluble nitrogen was in the scope of 642 – 832 mg/100g (Table 2). Sacher and Narziss (1992) found average values of 846 mg/100g and 811 mg/100g. Narziss (2005) and Titze et al. (2013) consider the range of 660 – 900 mg/100g to be an acceptable to optimal level of soluble nitrogen content. In pale wheat malt, content of soluble nitrogen in wort moves in the range of 600 – 800 mg/100g (Faltermaier et al., 2013). Changes in the content of soluble nitrogen were affected by the year from 21.95%, site and variety from 29.37% and 29.06%, respectively. In the studied set, soluble nitrogen content in wort was highly significantly affected by the content of nitrogenous substances in non-malted wheat grain and malt ( $r = 0.5350$ ;  $r = 0.5567$ ). The highly significant relationship was also recorded between the content of soluble nitrogen in wort and wort pH ( $r = -0.6846$ ).

Free amino nitrogen (FAN) content moved in the scope of 74–101 mg/100g of malt dry matter and formed 12.8–16.9% of soluble nitrogen. Sacher and Narziss (1992) measured 124 mg/100g and 109 mg/100g of FAN and FAN formed 14.7% and 13.4% of soluble nitrogen. Narziss (2005) recommends FAN for wheat malt at the level of 90 – 120 mg/100g, this represents 13.8 – 15.4% of soluble nitrogen. Faltermaier et al. (2013) give 100 – 140 mg/100g as the typical range; in this case, FAN would represent about 17% of soluble nitrogen. The highest content of free amino nitrogen was recorded in the variety Evina (101 mg/100g) (Table 2). Changes in free amino nitrogen content were from 23.95% affected by the variety, from 16.21% by year, the effect of the site was only 8.99% (Table 3). FAN content is highly significantly affected by the content of soluble nitrogen in wort ( $r = 0.6297$ ).

Relative extract at 45 °C is an extract characterizing the activity of proteases and  $\beta$ -glucanases. The values of this parameter moved in the scope from 29.1 – 38.9%. Sacher and Narziss (1992) measured the values of 43.9% and 35.8%. Compared to barley malt, these values are lower (Psota et al., 2016). Relative extract at 45 °C was markedly affected by the variety and site, from 36.86% and 33.72% (Table 3).

### Cytolytic modification

Cytolytic modification is determined by a number of parameters (friability, homogeneity and modification,  $\beta$ -glucan content in wort, extract difference and wort viscosity).

The level of cell wall degradation assessed by a friabilimeter in the studied set of winter barley varieties was very low (20 – 39%) (Table 2). Wheat malt has a different level of friability and its measuring with a friabilimeter is not of a sufficient predicative value (Back, 2005). Changes of the values of malt friability within this study were affected namely by the site (25.76%) and variety (33.56%), the effect of year was lower (12.46%) (Table 3).

$\beta$ -glucan content in wort in wheat malt is low, which is confirmed also by the results achieved within this study (17 – 57 mg/l) (Table 2). Wheat malt cannot be assessed by the degradation of  $\beta$ -glucans (Back, 2005). Unlike barley, wheat has a lower  $\beta$ -glucan content but it has more arabinoxylans, which may be a cause of the enhanced viscosity of wheat malt. Changes of  $\beta$ -glucans in wort in the studied set of winter wheat varieties were similarly affected by the variety

(2005) a Titze et al. (2013) považují za optimální hodnoty 37 – 40%. Sacher a Narziss (1992) zjistili v letech 1990 a 1991 průměrnou hodnotu Kolbachova čísla na úrovni 41,3% a 35,8%. Typické hodnoty Kolbachova čísla u světlého pšeničného sladu se pohybují v rozpětí 35–45%. Rozmezí, které uvádí Narziss (2005) dosáhly pouze odrůdy Vanessa (39,8%), Evina (37,4%) a Sailor (37,1%). Nejvyšší hodnotu Kolbachova čísla (40,7%) vykazala odrůda Dagmar (tab. 2). Na změnách hodnoty Kolbachova čísla se podílely ročník (52,26%), stanoviště (17,18%) a odrůda (13,96%) (tab. 3). Kolbachovo číslo bylo u sledovaného souboru vysoce průkazně ovlivněno obsahem dusíkatých látek v nesladovaném zrna pšenice ( $r = -0,6811$ ) a následně obsahem dusíkatých látek v sušině sladu ( $r = -0,6756$ ).

Indikátorem proteolytické modifikace sladu je též hodnota rozpustného dusíku. Celkový obsah dusíkatých látek v sušině sladu vyrobeného ze sledovaných odrůd ozimé pšenice se pohyboval v rozpětí 10,2 – 12,6%. Tento znak byl nejvíce ovlivněn ročníkem, a to z 63,83%. (tab. 3). Rozpustný dusík byl v rozpětí 642 – 832 mg/100g (tab. 2) Sacher a Narziss (1992) zjistili průměrné hodnoty na úrovni 846 mg/100g a 811 mg/100g. Narziss (2005) a Titze et al. (2013) považují rozpětí 660 – 900 mg/100g za akceptovatelnou až optimální úroveň obsahu rozpustného dusíku. U světlého pšeničného sladu se obsah rozpustného dusíku ve sladině pohybuje v rozpětí 600 – 800 mg/100g (Faltermaier et al., 2013). Na změnách v obsahu rozpustného dusíku se podílel ročník 21,95%, stanoviště a odrůda 29,37% a 29,06%. U studovaného souboru byl obsah rozpustného dusíku ve sladině vysoce průkazně ovlivněn obsahem dusíkatých látek v nesladovaném zrna pšenice a ve sladu ( $r = 0,5350$ ;  $r = 0,5567$ ). Vysoce průkazný vztah byl zaznamenán též mezi obsahem rozpustného dusíku ve sladině a pH sladině ( $r = -0,6846$ ).

Obsah volného aminodusíku (FAN) se pohyboval v rozpětí 74–101 mg/100g sušiny sladu a tvořil 12,8 – 16,9% rozpustného dusíku. Sacher a Narziss (1992) naměřili 124 mg/100g a 109 mg/100g FAN a v jejich případě tvořil FAN 14,7% a 13,4% rozpustného dusíku. Narziss (2005) doporučuje pro pšeničný slad FAN na úrovni 90–120 mg/100g, což představuje 13,8 – 15,4% rozpustného dusíku. Faltermaier et al. (2013) uvádí jako typické rozpětí 100 – 140 mg/100g. V tom případě by FAN představoval přibližně 17% rozpustného dusíku. Nejvyšší obsah volného aminodusíku vykazala odrůda Evina (101 mg/100g) (tab. 2). Změny v obsahu volného aminodusíku byly z 23,95% ovlivněny odrůdou, ročníkem z 16,21% a stanoviště mělo vliv jen 8,99% (tab. 3). Obsah FAN je vysoce průkazně ovlivněn obsahem rozpustného dusíku ve sladině ( $r = 0,6297$ ).

Relativní extrakt při 45 °C je extrakt charakterizující aktivitu proteas a  $\beta$ -glukanas. Hodnoty tohoto znaku se pohybovaly v rozpětí 29,1 – 38,9%. Sacher a Narziss (1992) naměřili hodnoty 43,9% a 35,8%. Ve srovnání s ječným sladem jsou tyto hodnoty nižší (Psota et al., 2016). Relativní extrakt při 45 °C byl výrazně ovlivněn odrůdou z 36,86% a stanovištěm z 33,72% (tab. 3).

### Cytolytické rozluštění

Pro stanovení cytologického rozluštění je používána řada znaků (friabilita, homogenita a modifikace, obsah  $\beta$ -glukanů ve sladině, rozdíl extraktů a viskozita sladině).

Úroveň degradace buněčných stěn hodnocená pomocí friabilimetru byla u sledovaného souboru odrůd ozimé pšenice velmi nízká (20 – 39%) (tab. 2). Pšeničný slad má jinou úroveň kyprostí a její měření pomocí friabilimetru nemá dostatečnou vypovídající hodnotu (Back, 2005). Na změnách hodnot friability sladu v rámci této studie se podílely především stanoviště (25,76%) a odrůda (33,56%), ročník měl menší vliv (12,46%) (tab. 3).

Obsah  $\beta$ -glukanů ve sladině je u pšeničného sladu nízký, což potvrzují i výsledky dosažené v této studii (17 – 57 mg/l) (tab. 2). Pšeničný slad nelze hodnotit na základě degradace  $\beta$ -glukanů (Back, 2005). Pšenice má nižší obsah  $\beta$ -glukanů než ječmen, ale má více arabinoxylanů, což může být příčinou zvýšené viskozity pšeničného sladu. Na změnách obsahu  $\beta$ -glukanů ve sladině u sledovaného souboru odrůd ozimé pšenice se podílely podobným dílem odrůda (27,80%) a ročník (27,10%), menší vliv mělo stanoviště (17,70%) (tab. 3). Vysoce průkazný je vztah mezi obsahem dusíkatých látek v nesladované pšenici a obsahem  $\beta$ -glukanů ve sladině ( $r = -0,5024$ ).

Úroveň cytolytického rozluštění sladu byla sledována též pomocí rozdílů extraktů v jemném a hrubém mletí. U sledovaného souboru odrůd ozimé pšenice se tato hodnota pohybovala v rozpětí 0,9 – 1,9%, což jsou hodnoty odpovídající vysokému stupni rozluštění sladu. Obdobné hodnoty zjistili též Häussler (1985) a Sacher a Narziss (1992). Rozdíl extraktů byl ovlivněn z 35,70% odrůdou, z 15,54% stanovištěm a z 6,99% ročníkem.

(27.80%) and year (27.10%), the site has a minor affect (17.70%) (Table 3). The relationship between the content of nitrogenous substances in non-malted wheat and content of  $\beta$ -glucans in wort is highly significant ( $r = -0.5024$ ).

The level of cytolytic modification of malt was also studied using the extract difference in fine and coarse milling. In the studied set of winter wheat varieties, this value ranged from 0.9 – 1.9%, these values correspond to a degree of malt modification. Similar values were also found by Häussler (1985), and Sacher and Narziss (1992). The extract difference was affected from 35.70% by the variety, from 15.54% by the site, and from 6.99% by the year.

Viscosity of wheat wort is not caused by  $\beta$ -glucans, but namely arabinoxylans. However, arabinoxylan content does not correlate satisfactorily with the behavior of plant mash from wheat malt at lautering (Back, 2005). Arabinoxilans have probably a positive effect on beer foam (Bamforth, 1999). The average arabinoxylan content in wort in the studied set moved in the range from 1220 – 1727 mg/l (Table 2). Arabinoxilan content was affected from 54.58% by the year, from 14.15% by the site and only from 9.75% by the variety.

Viscosity of wort is a frequently used parameter that characterizes cytolytic modification of wheat malt. In the studied set of winter wheat, viscosity ranged from 1.687 – 2.314 mPa.s (Table 2). Lower values from 1.61 – 1.78 mPa.s were found in the spring wheat varieties (Sachambula et al., 2017). In typical pale wheat malt, the values of viscosity move in the range from 1.55 – 1.80 mPa.s (Faltermaier et al., 2013). Narziss (2005) and Titze et al. (2013) in quality requirements for wheat malt give the values of viscosity to 1.800 mPa.s, higher values are not considered acceptable. 14 from 27 studies winter wheat varieties had wort viscosity higher than 1.800 mPa.s. The lowest viscosity value was found in the variety Evina (1.687 mPa.s) and next five varieties had viscosity below 1.750 mPa.s (Table 2). Viscosity of wort in the studied set of winter wheat varieties was affected from 81.60% by the variety (Table 3). In spring wheat varieties, the change of this parameter was affected by the variety from 50.0% (Sachambula et al., 2017) (Table 3).

#### Sensory characters

The wheat varieties under study gave clear wort (1.00 – 1.89) and wort haze measured with a nephelometer was on average 0.62 – 4.25 EBC un. Wort clarity was affected by the site (32.59%), year (32.29%), and variety (4.45%), wort haze at 12° was affected by the year (36.38%), site (33.27%), and the variety (6.70%) and similarly, wort haze at 90° was affected by the year (41.17%), site (23.56%), and variety (9.33%) (Table 3). Clarity, haze at 12° and haze at 90° were highly significantly affected by the content of nitrogenous substances in non-malted wheat grain ( $r = -0.5561$ ;  $r = -0.5766$ ;  $r = -0.6149$ ), nitrogenous substances in malt ( $r = -0.5288$ ;  $r = -0.5495$ ;  $r = -0.5971$ ),  $\alpha$ -amylase activity ( $r = -0.6508$ ;  $r = -0.6830$ ;  $r = -0.6778$ ), Kolbach index ( $r = 0.5089$ ;  $r = 0.5341$ ;  $r = 0.5580$ ) and  $\beta$ -glucan content in wort ( $r = 0.5757$ ;  $r = 0.5637$ ;  $r = 0.5285$ ).

Wort color and wort color after boiling in the studied set moved in the scope of 2.8 – 3.4 EBC un. and 3.7 – 4.6 EBC un. (Table 2), these values are commonly achieved in malt from barley. Häußler (1985), in the set of winter barley from the early 1980s, reported average wort color of 4.7 EBC un. and color after boiling 6.5 EBC un. Sacher and Narziss (1992) found an average wort color of 4.8 EBC un. and 4.0 EBC un. and color after boiling of 6.3 EBC un. and 5.5 EBC un. Both these parameters were affected from 44.37% and 26.88% by the site, from 11.02% and 18.11% by the variety and from 5.39% and 10.24% by the year. Highly significant associations between wort color and haze, haze at 12° and haze at 90° were detected ( $r = 0.5071$ ;  $r = 0.5174$ ;  $r = 0.5201$ ).

Content of precursors of dimethyl sulfide (PDMS) moved in the range of 2.20 – 4.32 mg/kg (Table 2), with the highest value recorded in the variety Cimrmanova raná. Similar PDMS content was recorded in spring wheat varieties (Sachambula et al., 2017). Changes in the content of dimethyl sulfide precursors in wort were affected by the year (26.43%), site (25.14%), and the variety (15.93%) (Table 3).

Wheat malts contain few polyphenols. Content of total polyphenols in wort varied from 25.1 – 42.7 mg/l (Table 2). Content of total polyphenols in wort made from barley malt is multiply higher (Psota et al., 2016).

## 4 CONCLUSIONS

In the set of 27 winter wheat varieties, the selected malting parameters were determined, those affected by the variety from more than

Viskozitu pšeničné sladiny nezpůsobují  $\beta$ -glukany, ale především arabinoxylany. Obsah arabinoxylanů, ale uspokojivě nekoreluje s chováním provozního rmutu z pšeničného sladu při scezování (Back, 2005). Arabinoxilany mají pravděpodobně pozitivní účinek na pивní pěnu (Bamforth, 1999). Průměrný obsah arabinoxylanů ve sladině se u sledovaného souboru pohyboval v rozpětí 1220 – 1727 mg/l (tab. 2). Obsah arabinoxilanů byl ovlivněn z 54,58 % ročníkem, z 14,15 % stanovištěm a pouze z 9,75 % odrůdou.

Viskozita sladiny je používaným znakem charakterizujícím cytolytické rozluštění pšeničného sladu. U sledovaného sortimentu odrůd ozimé pšenice se viskozita pohybovala v rozpětí 1,687 – 2,314 mPa.s (tab. 2). U odrůd jarní pšenice byly zjištěny nižší hodnoty 1,61 – 1,78 mPa.s (Sachambula et al., 2017). Pro typický světlý pšeničný slad se hodnoty viskozity pohybují v rozpětí 1,55 – 1,80 mPa.s (Faltermaier et al., 2013). Narziss (2005) a Titze et al. (2013) uvádí v kvalitativních požadavcích pro pšeničný slad hodnoty viskozity do 1,800 mPa.s. Vyšší hodnoty považují za nepřijatelné. 14 z 27 sledovaných odrůd ozimé pšenice mělo viskozitu sladiny vyšší než 1,800 mPa.s. Nejnižší úroveň viskozity byla zjištěna u odrůdy Evina (1,687 mPa.s) a dalších pět odrůd mělo viskozitu nižší než 1,750 mPa.s (tab. 2). Viskozita sladiny byla u sledovaného souboru odrůd ozimé pšenice ovlivněna z 81,60 % odrůdou (tab. 3). U odrůd jarní pšenice byla změna tohoto znaku ovlivněna odrůdou z 50,0 % (Sachambula et al., 2017) (tab. 3).

#### Senzorické vlastnosti

Sledované odrůdy pšenice poskytly čirou sladinu (1,00 – 1,89) a zákal sladiny měřený nefelometrem byl v průměru 0,62 – 4,25 j. EBC. Čiřost sladiny ovlivnily stanoviště (32,59 %), ročník (32,29%) a odrůda (4,45 %), zákal sladiny při 12° byl ovlivněn ročníkem (36,38 %), stanovištěm (33,27%) i odrůdou (6,70%) a podobně také zákal sladiny při 90° ovlivnily ročník (41,17 %), stanoviště (23,56%) a odrůda (9,33%) (tab. 3). Čiřost, zákal při 12° a zákal při 90° byly vysoce průkazně ovlivněny obsahem dusíkatých látek v nesladovaném zrna pšenice ( $r = -0,5561$ ;  $r = -0,5766$ ;  $r = -0,6149$ ), dusíkatých látek ve sladu ( $r = -0,5288$ ;  $r = -0,5495$ ;  $r = -0,5971$ ), aktivitou  $\alpha$ -amylasy ( $r = -0,6508$ ;  $r = -0,6830$ ;  $r = -0,6778$ ), úrovní Kolbachova čísla ( $r = 0,5089$ ;  $r = 0,5341$ ;  $r = 0,5580$ ) a obsahem  $\beta$ -glukanů ve sladině ( $r = 0,5757$ ;  $r = 0,5637$ ;  $r = 0,5285$ ).

Barva sladiny a barva sladiny po povaření se u sledovaného souboru pohybovala v rozpětí od 2,8 – 3,4 j. EBC a 3,7 – 4,6 j. EBC (tab. 2), což jsou hodnoty dosahované běžně u sladu z ječmene. Häußler (1985) uvádí u souboru odrůd ozimé pšenice z počátku 80. let průměrnou barvu sladiny 4,7 j. EBC a barvu po povaření 6,5 j. EBC. Sacher a Narziss (1992) zjistili průměrnou barvu sladiny ve výši 4,8 j. EBC a 4,0 j. EBC a barvu po povaření 6,3 j. EBC a 5,5 j. EBC. Oba uvedené znaky byly ovlivněny ze 44,37% a 26,88% stanovištěm, z 11,02% a 18,11% odrůdou a z 5,39% a 10,24% ročníkem. Byl zjištěn vysoce průkazný vztah mezi barvou sladiny a čiřostí, zákalem při 12° a zákalem při 90° ( $r = 0,5071$ ;  $r = 0,5174$ ;  $r = 0,5201$ ).

Obsah prekurzorů dimethylsulfidu (PDMS) se pohyboval v rozpětí 2,20 – 4,32 mg/kg (tab. 2), přičemž nejvyšší hodnota byla zaregistrována u odrůdy Cimrmanova raná. U odrůd jarní pšenice byl zaznamenán v podstatě stejný obsah PDMS (Sachambula et al., 2017). Na změnách obsahu prekurzorů dimethylsulfidu ve sladině se podílely ročník (26,43 %), stanoviště (25,14%) a odrůda (15,93%) (tab. 3).

Pšeničné slady obsahují málo polyfenolů. Obsah celkových polyfenolů ve sladině se pohyboval v rozpětí 25,1 – 42,7 mg/l (tab. 2). Ve sladině vyrobené z ječného sladu je obsah celkových polyfenolů několika násobně vyšší (Psota et al., 2016).

## 4 ZÁVĚR

V souboru 27 odrůd ozimé pšenice byly stanoveny vybrané sladovnické znaky, z nichž následující byly ovlivněny odrůdou z více než 25%: extrakt v sušině sladu (29,60 %), relativní extrakt při 45 °C (36,86 %), diastatická mohutnost (51,91 %), dosažitelný stupeň prokvašení (47,60 %), friabilita (33,56 %), viskozita sladiny (81,60 %), obsah  $\beta$ -glukanů ve sladině (27,80 %), FAN (25,10 %), doba zcukření (31,63 %), rozdíl extraktů (35,70 %), rozpustný dusík ve sladu (29,06 %), aktivita  $\beta$ -amylasy (70,70%) a částečně sklovitá zrna (41,44 %). V podstatě pouze některé z těchto znaků lze použít pro hodnocení sladovnické kvality odrůd pšenice.

#### PODĚKOVÁNÍ

Předložená studie vznikla v rámci řešení projektu TE02000177 Technologické agentury České republiky.

25% were: extract in dry matter (29.60%), relative extract at 45 °C (36.86%), diastatic power (51.91%), final attenuation (47.60%), friability (33.56%), wort viscosity (81.60%),  $\beta$ -glucan content in wort (27.80%), FAN (25.10%), saccharification time (31.63%), extract difference (35.70%), soluble nitrogen in malt (29.06%),  $\beta$ -amylase activity (70.70%) and partly unmodified grains (41.44%). Basically, only some of these parameters can be used for the assessment of malting quality of wheat varieties.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

The submitted study was performed within solution of the project TE02000177 of the Technological Agency of the Czech Republic.

#### REFERENCES / LITERATURA

- Back, W., 2005: *Ausgewählte Kapitel der Brauereitechnologie*. Fachverlag Hans Carl, Nürnberg. ISBN-10: 341800802X
- Bamforth, C. W., 1999: Beer haze. *J. Am. Soc. Brew. Chem.* 57(3): 81–90.
- Depraetere, S., Delvaux, F., Coghe, S., and Delvaux, F., 2004: Wheat variety and barley malt properties: influence on haze intensity and foam stability of wheat beer. *J. Inst. Brew.* 110: 200–206.
- Douglas, S. G., 1981: A rapid method for the determination of pentosans in wheat flour. *Food Chem.*, 7: 139–145, 1981.
- DSTU 4282:2004, 2004: Malt brewing barley. General specification. Valid from 2004-01-10. Kyiv: State Committee of Ukraine, 34.
- Dunn, G., 1974: A model for starch breakdown in higher plants. *Phytochemistry*, 13: 1341–1346.
- EBC Analytica EBC, 2010: Fachverlag Hans Carl, Nürnberg, 794 p. ISBN 978-3-418-00759-5.
- Faltermaier, A., Waters, D., Becker, T., Arendt, E. K., Gastl, M., 2013: Protein modifications and metabolic changes taking place during the malting of common wheat (*Triticum aestivum* L.). *J. Am. Soc. Brew. Chem.*, 71: 153–160.
- Faltermaier, A., Waters, D., Becker, T., Arendt, E., Gastl, M., 2014: Common wheat (*Triticum aestivum* L.) and its use as a brewing cereal – a review. *J. Inst. Brew.*, 120, 1–15.
- Häussler, T., 1985: Der Anbau von Brauweizen. *Brauwelt* 125: 209–210.
- Horáková, V., Dvořáčková, O., Mezlík, T., 2014: Seznam doporučených odrůd 2014. Pšenice ozimá, ječmen jarní, ječmen ozimý, tritikale ozimé, oves setý (pluchatý), hrách polní. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský Brno, Národní odrůdový úřad. ISBN 978-80-7401-089-7
- Horáková, V., Dvořáčková, O., Mezlík, T., 2015: Seznam doporučených odrůd 2015. Pšenice ozimá, ječmen jarní, ječmen ozimý, tritikale ozimé, oves setý, hrách polní. Brno, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský Brno, Národní odrůdový úřad. ISBN 978-80-7401-108-5
- Horáková, V., Dvořáčková, O., Mezlík, T., 2016: Seznam doporučených odrůd 2016. Pšenice ozimá, pšenice jarní, ječmen jarní, ječmen ozimý, žito ozimé, tritikale ozimé, oves setý pluchatý. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský Brno, Národní odrůdový úřad. ISBN 978-80-7401-125-2
- Leiper, K. A., Stewart, G. G., McKeown, I. P., 2003: Beer polypeptides and silica gel. Part II. Polypeptides involved in foam formation. *J. Inst. Brew.*, 109: 73–79.
- MEBAK, 2011: Raw material. Mitteleuropäischen Brautechnischen Analysenkommission, Freising-Weihenstephan, Germany.
- Narziss, L., 2005: *Abriss der Bierbrauerei*, 7th ed., Wiley-VCH, Weinheim.
- Narziss, L., Back, W., 2012: *Die Bierbrauerei: Band 2, Technologie der Würzbereitung*, 8 ed., Wiley-VHC, Weinheim. ISBN 10: 3527317767
- Osman, A. M., Coverdale, S. M., Onley-Watson, K., Bell, D., Healy, P., 2003: The gel filtration chromatographic-profiles of proteins and peptides in wort and beer: effects of processing – malting, mashing, kettle boiling, fermentation and filtering. *J. Inst. Brew.* 109: 41–50.
- Psota, V., Dvořáčková, O., Sachambula, L., Nečas, M., Musilová, M., 2016: Barley varieties registered in the Czech Republic after harvest 2015. *Kvasny Prum.*, 62: 146–151.
- Sachambula, L., Psota, V., Musilová, M., Horáková, V., Přinosil, A., Adámková, K., Adam, M., 2017: Malting quality of spring wheat varieties. *Kvasny Prum.*, 63: 314–322.
- Santos, M. M. M., Riis, P., 1996: Optimized McCleary method for measurement of total beta-amylase in barley and its applicability. *J. Inst. Brew.*, 102: 271–275.
- Sacher, B., Narziss, L., 1992: Rechnerische Auswertungen von Kleinmälzungsversuchen mit Winterweizen unter besonderer Berücksichtigung der Ernte 1991. *M Schr. Brauwissenschaft*, 45: 404–412.
- Titze, J., Faltermaier, A., Schnitzenbaumer, B., Gastl, M., Becker, T., Ilberg, V., Arendt, E. K., 2013: Theoretical study on a statistical method for the simple and reliable pre-selection of wheat malt types for brewing purposes based on generally accepted quality characteristics. *J. Am. Soc. Brew. Chem.*, 71: 67–75.

Manuscript received / Do redakce došlo: 04/09/2018  
Accepted for publication / Přijato k publikování: 08/10/2018