

# Neštrobové polysacharidy v souboru odrůd ječmene jarního

## *Non-starch Polysaccharides in the Set of Spring Barley Varieties*

PAVEL MACHÁŇ<sup>1</sup>, JAROSLAVA EHRENBARGEROVÁ<sup>1</sup>, EVA KLÍMOVÁ<sup>1</sup>, KAROLÍNA BENEŠOVÁ<sup>2</sup>,  
KATEŘINA VACULOVÁ<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno / *Mendel University in Brno, Zemědělská 1, CZ-613 00 Brno*

<sup>2</sup> Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a. s., Sladařský ústav Brno, Mostecká 7, 614 00 Brno / *Research Institute of Brewing and Malting, Plc. Brno, Mostecká 7, 614 00 Brno*

<sup>3</sup> Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, s. r. o., Havlíčkova 2787, 767 01 Kroměříž / *Agricultural Research Institute, Havlíčkova 2787, 767 01 Kroměříž*

e-mail: pavel.machan@mendelu.cz

**Macháň, P. – Ehrenbergerová, J. – Klímová, E. – Benešová, K. – Vaculová, K.: Neštrobové polysacharidy v souboru odrůd ječmene jarního.** Kvasny Prum. 57, 2011, č. 7–8, s. 219–222.

Ječmen je nejen základní vstupní surovinou výroby sladu, ale v současnosti nachází využití zejména při výrobě funkčních potravin. Pro zpracování ječmene je kritický obsah neštrobových polysacharidů, které negativně ovlivňují technologii výroby piva, proto je jejich obsah pro toto zpracování požadován co nejnižší. Neštrobové polysacharidy jsou však součástí dietetické vlákniny, pro výrobu funkčních potravin je proto jejich vyšší obsah žádoucí. Mezi hlavní neštrobové polysacharidy zrna ječmene patří zejména arabinoxylany a  $\beta$ -glukany. Neštrobové polysacharidy byly stanovovány ve vzorcích zrna ječmene sklizených v roce 2010 ze dvou lokalit a dvou úrovní chemického ošetření. Na obsah neštrobových polysacharidů byl zjištěn statisticky významný vliv genotypu, lokality i úrovně ošetření. Průměrný obsah arabinoxylanů byl 4,95 %,  $\beta$ -glukanů 4,04 %. Mezi arabinoxylany a  $\beta$ -glukany byla zjištěna statisticky významná negativní závislost ( $r = -0,64^*$ ).

**Macháň, P. – Ehrenbergerová, J. – Klímová, E. – Benešová, K. – Vaculová, K.: Non-starch polysaccharides in the set of spring barley varieties.** Kvasny Prum. 57, 2011, p. 7–8, p. 219–222.

Barley, a basic raw material for malt production, also finds its use at production of functional food nowadays. Content of non-starch polysaccharides for barley processing is critical as they affect negatively beer production technology; therefore the lowest possible content is required. However, non-starch polysaccharides are a part of dietary fiber, their higher content thus being desirable for production of functional food. The main non-starch polysaccharides of barley grain are namely arabinoxylans and  $\beta$ -glucans. Non-starch polysaccharides were determined in samples of barley grain harvested from two levels of chemical treatment and two localities in 2010. Content of non-starch polysaccharides was statistically significantly affected by a genotype, locality and treatment level. Average contents of arabinoxylans and  $\beta$ -glucans were 4.95 % and 4.04 %, respectively. Statistically significant negative dependence was found between arabinoxylans and  $\beta$ -glucans ( $r = -0.64^*$ ).

**Macháň, P. – Ehrenbergerová, J. – Klímová, E. – Benešová, K. – Vaculová, K.: Stärkefreie Polysaccharide in den Sommergersten.** Kvasny Prum. 57, 2011, Nr. 7–8, S. 219–222.

Die Gerste gibt nicht als einen Grundeingangstoff für die Malzherstellung, aber zurzeit findet auch eine Anwendung insbesondere bei der Herstellung von Funktionslebensmitteln. Für die Gerstenverarbeitung ist der Gehalt an stärkefreie Polysaccharide kritisch. Diese Polysaccharide negativ beeinflussen die Herstellung des Bieres, darum ist ihr niedrigster Gehalt in den Brauereien erwünscht. Stärkefreie Polysaccharide stellen jedoch einen wesentlichen Teil der diätetischen Ballaststoffe dar, dadurch sind im diesen Bereich erwünscht. Unter stärkefreie Hauptkomponente des Gerstenkornes insbesondere gehören Arabinoxylane und  $\beta$ -Glukane. In den Mustern des Gerstenkornes aus der Ernte 2010 in zwei Lokalitäten gewonnen und unterschiedlich chemisch behandelte Gerste wurden stärkefreie Polysaccharide ermittelt. Es wurde ein statistisch bedeutender Einfluss des Genotypes, der Lokalität und der chemischen Behandlungsintensität festgestellt auf den Gehalt an stärkefreie Polysaccharide festgestellt. Weiterhin wurde der durchschnittliche Gehalt an Arabinoxylane 4,95 % und  $\beta$ -Glukane 4,04 % analysiert. Unter den Arabinoxylanen und  $\beta$ -Glukanen wurde eine statistisch bedeutende negative Abhängigkeit gefunden ( $r = -0,64^*$ ).

**Klíčová slova:** ječmen, neštrobové polysacharidy, funkční potraviny

**Keywords:** barley, non starch polysaccharides, functional food

## 1 ÚVOD

Neštrobové polysacharidy tvoří hlavní stavební složku buněčných stěn ječmene. Mezi tyto látky patří zejména arabinoxylany a  $\beta$ -glukany. Arabinoxylany (starším názvem pentosany) mají hlavní řetězec tvořen D-xylanopyranosovými jednotkami vázanými  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4) vazbami, přičemž terminální jednotkou je  $\alpha$ -L-arabinofuranosa, dále mohou obsahovat D-glukosu a někdy další minoritní jednotky. Na arabinoxylany je esterovou vazbou na C-5 zbytku arabinosy připojený na C-3 xylosy vázaná ferulová kyselina [1].  $\beta$ -glukany ječmene jsou tvořeny  $\beta$ -glykosylovými zbytky polymerizovanými  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3) a  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4) vazbami [2].  $\beta$ -Glukany jsou komponentou struktury zejména stěn buněk endospermu, arabinoxylany se vyskytují hlavně v buněčných stěnách aleuronové vrstvy. Rozpuštěnost neštrobových polysacharidů ve vodě obecně závisí na jejich struktuře a stupni větvení [3]. Arabinoxylany a  $\beta$ -glukany tvoří ve vodě viskózní roztoky, které negativně ovlivňují varní výtěžek při výrobě piva a z nutričního hlediska absorpci živin u hospodářských zvířat. Arabinoxylany a  $\beta$ -glukany jsou součástí tzv. potravinové vlákniny. Vzhledem k benefitu potravinové vlákniny na lidské zdraví se jeví použití ječmene s vyšším obsahem neštrobových polysacharidů pro výrobu potravin jako perspektivní [4].

## 1 INTRODUCTION

Non-starch polysaccharides, namely arabinoxylans and  $\beta$ -glucans, form a principal structural component of cell walls in barley. The main chain of arabinoxylans (previously pentosans) is formed by  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4)-linked D-xylanopyranose units with the terminal  $\alpha$ -L-arabinofuranose unit, they can also contain D-glucose and sometimes also other minority units. Ferulic acid is via ester linkages of its carboxyl group linked to C-5 arabinose residues that are connected to C-3 xylose [1]. Barley  $\beta$ -glucans consist of  $\beta$ -glycosyl residues polymerized through both  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3) and  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4) linkages [2].  $\beta$ -Glucans are a component of the structure mainly of the cell walls of the endosperm, arabinoxylans occur mostly in cell walls of the aleuron layer. Solubility of non-starch polysaccharides in water generally depends on their structure and degree of branching [3]. Arabinoxylans and  $\beta$ -glucans form viscous solutions in water which negatively affect beer production yield and absorption of nutrients in livestock. Arabinoxylans and  $\beta$ -glucans are a part of a so-called food fiber. Considering the beneficial effect of the food fiber on human health, use of barley with higher content of non-starch polysaccharides for food production seems to be perspective [4].

## 2 MATERIÁL A METODY

Arabinoxylany a  $\beta$ -glukany byly stanoveny u souboru 10 pluchatých sladovnických odrůd, jedné bezpluché odrůdy a tří linií ječmene jarního pěstovaného v roce 2010 na lokalitách Kroměříž a Žabčice ve dvou úrovních chemického ošetření porostů. Byly použity vzorky zrna z tzv. neošetřených variant s omezenými chemickými vstupy (pouze herbicidy a hnojení N) a z tzv. ošetřených variant s konvenční technologií pěstování (mořené osivo, hnojení N, aplikace pesticidů).

Arabinoxylany v zrna ječmene jarního byly stanoveny metodou dle Douglase. Metoda je založena na reakci vzorku ve vodném roztoku s kyselým reakčním činidlem. Reakční směs se vzorkem se vaří ve vodní lázni 25 minut. Vzniká červenooranžové zbarvení, které je spektrofotometricky změřeno při vlnových délkách 552 a 510 nm [5].

Metoda stanovení  $\beta$ -glukanů je založena na kyselé hydrolyze vzorku kyselinou sírovou a následné reakci s barvivem Calcufluor White M2R New. Pro stanovení byla použita modifikovaná metoda průtokové injekční analýzy (FIA) se spektrofotometrickou detekcí [6].

Veškeré výsledky byly přepočteny na 100% sušinu a byly zpracovány v programu STATISTICA.cz (verze 9), třífaktorovou analýzou variance, významnost rozdílů mezi průměrnými hodnotami jednotlivých odrůd a linií, ošetření a lokalit byla testována na 5% hladině průkaznosti LSD testem (Fisherův test). Vztahy mezi znaky byly vyjádřeny korelačními koeficienty dle Pearsona.

## 2 MATERIAL AND METHODS

Arabinoxylans and  $\beta$ -glucans were determined in the set of 10 hulless malting varieties, one hulless variety and three lines of spring barley grown in 2010 in the localities Kroměříž and Žabčice at two levels of chemical treatment of stands. Grain samples from so-called non-treated variants with limited chemical inputs (only herbicides and N fertilization) and so-called treated variants with conventional growing technology (treated seed, N fertilization, pesticide application) were used.

Arabinoxylans in spring barley grain were determined by the Douglas method. This method is based on the reaction of a sample in aqueous solution with acid reaction agent. Reaction mixture with a sample was boiled in the water bath for 25 minutes. Developed red-orange coloring was measured with spectrophotometer at wavelengths of 552 and 510 nm [5].

The method for the determination of  $\beta$ -glucans is based on acid hydrolysis of a sample with sulphuric acid and following dying with Calcufluor White M2R New. For the determination, a modified flow injection analysis (FIA) with a spectrofluorimetric detection was used [6].

All results were calculated on 100% of dry matter and were evaluated by the program STATISTICA.cz (version 9), three-factor analysis of variance, significance of differences between the average values of the individual varieties and lines, treatments and localities was tes-

Tab. 1 Průměrný obsah arabinoxylanů a  $\beta$ -glukanů (v %) na sledovaných lokalitách ve dvou intenzitách chemického ošetření porostů / Average contents of arabinoxylans and  $\beta$ -glucans (in %) in the studied localities in two intensities of chemical treatment of stands

Lokalita / Locality	Chemické ošetření / Chemical treatment	Arabinoxylany (průměrné hodnoty) / Arabinoxylans (average values)		$\beta$ -glukany (průměrné hodnoty) $\beta$ -glucans (average values)	
Žabčice	Oš./t.	4.30 <sup>a</sup>	4.79	3.71 <sup>b</sup>	3.87
Žabčice	Neoš./nt.	5.29 <sup>c</sup>		4.03 <sup>a</sup>	
Kroměříž	Oš./t.	4.18 <sup>a</sup>	4.38	4.10 <sup>a</sup>	4.21
Kroměříž	Neoš./nt.	4.59 <sup>b</sup>		4.33 <sup>c</sup>	

Pozn.: hodnoty označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při  $p=0,05$ ;

Oš. – ošetřeno, Neoš. – neošetřeno./

Note: values denoted with different letters differ significantly at  $p=0.05$ ;

t. – treated, nt. – non-treated.

## 3 VÝSLEDKY A DISKUSE

Lokalita i chemická ošetření pokusu měly, jak je patrné z tab. 1, významný vliv na obsah jak arabinoxylanů, tak i  $\beta$ -glukanů. V průměru všech odrůd/linií byly statisticky významně vyšší hodnoty arabinoxylanů zjištěny ve vzorcích z neošetřených variant z lokality Žabčice (5,29 %) oproti variantám ošetřeným (4,30 %) i oproti vzorkům z obou variant z Kroměříže (4,59 % z neošetřených a 4,18 % z ošetřených variant). Větší rozdíl ošetřených vzorků oproti neošetřeným byl tedy ve vzorcích z Žabčice (0,99 %) oproti Kroměříži (0,41 %). V průměru odrůd/linií se vzorky z neošetřených variant v obsahu arabinoxylanů mezi lokalitami významně nelišily (4,30 % z Žabčice a 4,18 % z Kroměříže). Lze tedy konstatovat, že statisticky významně vyšší průměrný obsah arabinoxylanů poskytly vzorky odrůd/linií z neošetřených variant pokusu z lokality Žabčice oproti ošetřeným variantám pokusu z obou lokalit i neošetřeným variantám z lokality Kroměříž.

Statisticky významně vyšší průměrný obsah  $\beta$ -glukanů poskytly vzorky z neošetřených odrůd/linií z lokality Kroměříž (4,33 %), oproti neošetřeným vzorkům z lokality Žabčice (4,03 %) i ošetřeným variantám z obou lokalit (3,71 % z Žabčice a 4,10 % z Kroměříže).

Tato zjištění odpovídají vypočteným korelacím mezi obsahem  $\beta$ -glukanů a arabinoxylanů, jak je patrné z tab. 2, jedná se o negativní závislost těchto dvou polysacharidů. Jestliže jsme stanovili v průměru odrůd/linií nejvyšší obsah  $\beta$ -glukanů ve vzorcích z lokality Kroměříž (4,21 %) oproti lokalitě Žabčice (3,87 %), byl na lokalitě Kroměříž zároveň zjištěn i nižší obsah arabinoxylanů (4,38 %) oproti lokalitě Žabčice (4,79 %). Tomuto odpovídá statisticky významný záporný korelační koeficient  $-0,68^{**}$ . Ještě silnější vztah byl stanoven mezi obsahem  $\beta$ -glukanů a arabinoxylanů ze vzorků ošetřených versus neošetřených z lokality Žabčice (hodnota korelačního koeficientu  $-0,73^{***}$ ), naopak z lokality Kroměříž činil obdobný korelační koeficient

ted at the 5% level of significance with the LSD test (Fisher's test). Relationships between parameters were expressed by correlation coefficients after Pearson.

## 3 RESULTS AND DISCUSSION

Localities and chemical treatments of the experiment affected significantly both arabinoxylan and  $\beta$ -glucan contents (Tab. 1). On average of all the varieties/lines, statistically significantly higher values of arabinoxylans were found in the non-treated variant samples from the locality Žabčice (5.29 %) versus the treated variants (4.30 %) and versus samples from both variants from Kroměříž (4.59 % non-treated and 4.18 % treated variant). Higher difference of the treated samples versus the non-treated ones was in samples from Žabčice (0.99 %) compared to those from Kroměříž (0.41 %). On average of the varieties/lines, the non-treated variants did not differ significantly in content of arabinoxylans between the localities (4.30 % Žabčice and 4.18 % Kroměříž). It is possible to state that samples of the varieties/lines from the non-treated variants from the locality Žabčice provided statistically significantly higher average content of arabinoxylans versus the treated variants from both the localities and non-treated variants from Kroměříž.

Samples from the non-treated varieties/lines from the locality Kroměříž gave statistically higher average  $\beta$ -glucan content (4.33 %) versus the non-treated samples from Žabčice (4.03 %) and treated variants from both localities (3.71 % Žabčice and 4.10 % Kroměříž).

These findings correspond to the calculated correlations as evident from Tab. 2, it is a negative correlation between these two polysaccharides. If on average of the varieties/lines, the highest  $\beta$ -glucan content was determined in samples from the locality Kroměříž (4.21 %) versus the locality

pouze –0,18. Vysvětlit tyto rozdílnosti lze odlišnými povětrnostními podmínkami lokalit v době tvorby a zrání obilí.

Jedním z kritérií při hodnocení Ukazatele sladovnické hodnoty (USJ) je obsah **β-glukanů** ve sladině, proto je žádoucí stanovit jako ukazatel i množství β-glukanů v zrnech sladovnických odrůd ječmene, i když ve sladině jsou již hodnoty sníženy enzymatickou činností β-glukanasy [7].

Variabilitu β-glukanů i arabinoxylanů významně ovlivňuje genotyp [8,9,10], obsah **β-glukanů** v zrnech ječmene je ovlivňován také hmotností tisíce semen (HTS) a obsahem bílkovin [10].

Ze sladovnických odrůd v námi sledovaném souboru vynikly nejnížšími, podprůměrnými obsahy β-glukanů v zrnech na obou lokalitách ze dvou intenzit ošetření porostů odrůdy **Radegast** (3,23 %), **Sebastian** (3,45 %), **Bojos** (3,46 %) a **Jersey** (3,78 %), nižší hodnoty vykazaly ve většině vzorků i odrůdy **Malz** a **Prestige** (s výjimkou ošetřených variant z Žabčice) a linie **KM 1057** (tab. 3). Tato linie měla ve srovnání s ostatními genotypy v souboru průměrný obsah β-glukanů statisticky významně nižší (2,85 %), nejnížší obsah vykazala z ošetřených variant z lokality Žabčice (2,33 %). Nízké hodnoty β-glukanů měla i odrůda **Blaník** a **Kangoo** (tab. 3). Tyto hodnoty vyhovují pivoarsko-sladařským předpokladům a požadavkům na nízký obsah β-glukanů ve sladině, jak již bylo v úvodu zmíněno. Odrůda **Tolar**, rovněž určená pro výrobu Českého piva (podobně jako odrůdy **Blaník**, **Radegast**, **Bojos** a **Malz**), měla obsahy β-glukanů u tří vzorků ze čtyř mírně nadprůměrné. Naproti tomu odrůda **AF Lucius** (4,65 %), linie **KM 2084** (6,08 %) a **KM 2283** (5,16 %) měly naopak vysoké, nadprůměrné hodnoty β-glukanů, na obou lokalitách při obou úrovních ošetření (tab. 3). Statisticky významně vyšší průměrnou hodnotu (ze všech variant) β-glukanů měly oproti všem ostatním genotypům poslední dvě jmenované linie **KM 2084** a linie **KM 2283**. Vzhledem k tomu, že β-glukany jsou považovány za účinnou složku dietní vlákniny, předurčuje naše zjištění tyto genotypy spíše k výrobě funkčních potravin [11]. Tyto vyjmenované bezpluché genotypy spolu

Tab. 2 Hodnoty korelačních koeficientů (r) mezi obsahem arabinoxylanů a β-glukanů / Values of correlation coefficients (r) between contents of arabinoxylans and β-glucans

Pro lokality, varianty ošetření / For localities, treatment variants	Korelační koeficient / Correlation coefficient
Kroměříž, ošetřeno / treated	0.11
Kroměříž, neošetřeno / non-treated	–0.28
Žabčice, ošetřeno / treated	–0.72**
Žabčice, neošetřeno / non-treated	–0.66*
Kroměříž, ošetřeno i neošetřeno / treated and non-treated	–0.18
Žabčice, ošetřeno i neošetřeno / treated and non-treated	–0.73**
Neošetřeno, Kroměříž i Žabčice / non-treated, Kroměříž and Žabčice	–0.68**
Ošetřeno, Kroměříž i Žabčice / treated, Kroměříž and Žabčice	–0.46
Kroměříž i Žabčice celkem / Kroměříž and Žabčice totally	–0.64*

Pozn.: \* – p = 0,05; \*\* – p = 0,01

Note: \* – p = 0.05; \*\* – p = 0.01

Žabčice (3,87 %), then in the locality Kroměříž a lower arabinoxylan content was found (4,38 %) versus the locality Žabčice (4,79 %). Statistically significant negative correlation coefficient was –0.68\*\*. A stronger relationship was even determined between contents of β-glucans and arabinoxylans from treated versus non-treated Žabčice samples (value of the correlation coefficient –0.73\*\*), on the contrary from Kroměříž where a similar correlation coefficient was only –0.18.

Tab. 3 Průměrný obsah β-glukanů a arabinoxylanů v zrnech vybraných odrůd/linií na sledovaných lokalitách ve dvou intenzitách chemického ošetření / Average contents of β-glucans and arabinoxylans in grain of the selected varieties/lines in the studied localities in two intensities of chemical treatment

Odrůdy / Varieties / Lines	β-glukany / β-glucans (%)							Arabinoxylany / arabinoxylans (%)						
	Kroměříž			Žabčice			Průměr celkem / Average total	Kroměříž			Žabčice			Průměr celkem / Average total
	Neošetřeno / Non-treated	Ošetřeno / Treated	Průměr Average	Neošetřeno / Non-treated	Ošetřeno / Treated	Průměr Average		Neošetřeno / Non-treated	Ošetřeno / Treated	Průměr Average	Neošetřeno / Non-treated	Ošetřeno / Treated	Průměr Average	
Aksamit	4.96 <sup>a</sup>	4.14 <sup>bcd</sup>	4.55	4.38 <sup>f</sup>	3.39 <sup>d</sup>	3.89	4.22	3.53 <sup>ab</sup>	3.70 <sup>abc</sup>	3.62	5.95 <sup>ef</sup>	5.04 <sup>c</sup>	5.50	4.56
Blaník	4.58 <sup>f</sup>	3.87 <sup>abc</sup>	4.22	3.80 <sup>d</sup>	3.93 <sup>a</sup>	3.87	4.04	6.15 <sup>g</sup>	4.38 <sup>bode</sup>	5.26	5.96 <sup>ef</sup>	4.63 <sup>c</sup>	5.30	5.28
Bojos	3.71 <sup>bc</sup>	3.92 <sup>abc</sup>	3.81	3.19 <sup>bc</sup>	3.01 <sup>c</sup>	3.10	3.46	2.82 <sup>a</sup>	3.42 <sup>ab</sup>	3.12	6.36 <sup>f</sup>	4.28 <sup>bc</sup>	5.32	4.2
Jersey	3.99 <sup>cd</sup>	4.02 <sup>abc</sup>	4.01	3.66 <sup>d</sup>	3.46 <sup>c</sup>	3.56	3.78	4.09 <sup>bcd</sup>	2.92 <sup>a</sup>	3.50	5.73 <sup>def</sup>	5.06 <sup>c</sup>	5.39	4.4
Kangoo	3.89 <sup>c</sup>	4.11 <sup>bc</sup>	4.00	4.14 <sup>e</sup>	3.73 <sup>a</sup>	3.94	3.97	5.12 <sup>ef</sup>	4.07 <sup>bcd</sup>	4.59	4.71 <sup>bcd</sup>	4.74 <sup>c</sup>	4.73	4.6
Prestige	3.45 <sup>b</sup>	3.68 <sup>ab</sup>	3.57	3.76 <sup>d</sup>	3.97 <sup>ef</sup>	3.86	3.71	4.91 <sup>cdef</sup>	4.46 <sup>cdef</sup>	4.68	6.05 <sup>f</sup>	3.67 <sup>ab</sup>	4.86	4.7
Radegast	3.87 <sup>c</sup>	3.37 <sup>ab</sup>	3.62	3.09 <sup>bc</sup>	2.59 <sup>b</sup>	2.84	3.23	5.54 <sup>efg</sup>	4.80 <sup>def</sup>	5.17	5.57 <sup>def</sup>	4.92 <sup>c</sup>	5.25	5.2
Sebastian	4.27 <sup>de</sup>	3.68 <sup>ab</sup>	3.98	3.29 <sup>c</sup>	2.55 <sup>ab</sup>	2.92	3.45	5.72 <sup>fg</sup>	3.56 <sup>abc</sup>	4.64	4.89 <sup>bode</sup>	4.69 <sup>c</sup>	4.79	4.7
KM 1057	3.14 <sup>a</sup>	3.08 <sup>a</sup>	3.11	2.84 <sup>a</sup>	2.33 <sup>a</sup>	2.59	2.85	5.25 <sup>efg</sup>	4.51 <sup>cdef</sup>	4.88	6.32 <sup>f</sup>	4.78 <sup>c</sup>	5.55	5.2
AF Lucius	5.00 <sup>g</sup>	5.11 <sup>de</sup>	5.06	4.65 <sup>g</sup>	3.83 <sup>a</sup>	4.24	4.65	4.52 <sup>bode</sup>	3.86 <sup>abcd</sup>	4.19	3.17 <sup>a</sup>	3.15 <sup>a</sup>	3.16	3.67
KM 2084	5.89 <sup>h</sup>	5.80 <sup>e</sup>	5.84	6.56 <sup>i</sup>	6.07 <sup>h</sup>	6.31	6.08	3.86 <sup>b</sup>	4.54 <sup>cdef</sup>	4.20	3.88 <sup>ab</sup>	3.01 <sup>a</sup>	3.44	3.82
KM 2283	5.20 <sup>g</sup>	4.78 <sup>cd</sup>	4.99	5.77 <sup>h</sup>	4.89 <sup>a</sup>	5.33	5.16	3.88 <sup>bc</sup>	5.43 <sup>f</sup>	4.66	4.39 <sup>bc</sup>	3.20 <sup>a</sup>	3.80	4.23
Malz	4.29 <sup>e</sup>	3.85 <sup>abc</sup>	4.07	2.97 <sup>ab</sup>	4.18 <sup>f</sup>	3.57	3.82	3.85 <sup>ab</sup>	3.53 <sup>abc</sup>	3.69	5.37 <sup>cdef</sup>	4.42 <sup>bc</sup>	4.90	4.29
Tolar	4.43 <sup>ef</sup>	4.01 <sup>abc</sup>	4.22	4.33 <sup>ef</sup>	3.93 <sup>a</sup>	4.13	4.17	5.04 <sup>def</sup>	5.33 <sup>ef</sup>	5.18	5.73 <sup>def</sup>	4.64 <sup>c</sup>	5.18	5.18

Pozn.: hodnoty označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při p=0,05; Oš. – ošetřeno, Neoš. – neošetřeno.

Note: values denoted with different letters differ significantly at p=0.05;  
t. – treated, nt. – non-treated.

s bezpluchou odrůdou **AF Lucius** měly však ve většině vzorků naopak statisticky významně nižší hodnoty **arabinoxylanů** (3,82, 4,23 a 3,67 % v průměru všech variant) než ostatní odrůdy a přispěly významnou měrou k záporné vykázanému vztahu mezi arabinoxylany a β-glukany. Vzhledem k tomu, že arabinoxylany zhoršují varní výtěžek piva v technologickém procesu, jsou žádány jejich nízké hodnoty. Ze sladovnických odrůd pak byly zjištěny nižší hodnoty arabinoxylanů vzhledem k celému souboru pouze u odrůd **Bojos** (4,22 %), **Malz** (4,29 %), nejméně pak z lokality Kroměříž – 3,53 %, **Jersey** (4,45 %) a **Aksamit** (4,55 % v průměru, s nejnižšími hodnotami z lokality Kroměříž). Ostatní sladovnické odrůdy patřily obsahem arabinoxylanů k nadprůměrným.

These differences can be explained by different weather conditions of the localities during formation and maturation of caryopses.

**β-Glucan** content in wort is one of criteria for the assessment of the Malting Quality Index (MQI), therefore it is desirable to determine the level of β-glucans in grains of malting barley varieties as a parameter although the values in wort are reduced by β-glucanase enzymatic activity [7].

Variability of β-glucans and arabinoxylans is significantly affected by a genotype [8,9,10], β-glucan content in barley grain is also affected by weight of thousand grains (TGW) and protein content [10].

Of all the malting varieties under study, the varieties **Radegast** (3.23 %), **Sebastian** (3.45 %), **Bojos** (3.46 %), and **Jersey** (3.78 %)



#### 4 ZÁVĚR

Ze sladovnických odrůd vynikly nejnižšími, podprůměrnými obsahy  $\beta$ -glukanů v zrna na obou lokalitách z obou intenzit ošetření porostů odrůdy Radegast (3,23 %), Sebastian (3,45 %), Bojos (3,46 %) a Jersey (3,78 %), odrůda Malz (3,82 %) a Prestige (3,71 %), případně i odrůda Blaník (4,04 %). Bezpluchá linie KM 1057 měla ve srovnání s ostatními genotypy v souboru průměrný obsah  $\beta$ -glukanů statisticky významně nižší (2,84 %), naopak bezpluchá linie KM 2084 měla obsah statisticky významně vyšší (6,08 %).

Ze sladovnických odrůd byly zjištěny nižší hodnoty arabinoxylanů vzhledem k celému souboru pouze u odrůd Bojos (4,22 %), Malz (4,29 %), nejméně pak z lokality Kroměříž – 3,69 %) a Aksamit (4,56 %).

Lze také konstatovat, že statisticky významně vyšší průměrný obsah arabinoxylanů poskytl vzorky odrůd/linií z neošetřených variant z lokality Žabčice oproti ošetřeným variantám i oproti oběma variantám z lokality Kroměříž. Obsah  $\beta$ -glukanů byl v průměru odrůd/linií rovněž statisticky významně vyšší z neošetřených variant, a to z lokality Kroměříž oproti ostatním variantám.

Mezi obsahem  $\beta$ -glukanů a arabinoxylanů byla potvrzena negativní závislost těchto dvou polysacharidů. Nejsilnější vztah byl vyjádřen ( $r = -0,73^{**}$ ) na základě hodnot všech vzorků z lokality Žabčice, z neošetřených variant z obou lokalit pak činila hodnota  $r = -0,68^{**}$ .

#### PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla podpořena projektem 1M0570 „Výzkumné centrum pro studium obsahových látek ječmene a chmele“ Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky.

#### LITERATURA / REFERENCES

1. Velíšek, J.: Chemie potravin. Osis, Tábor, 2002, 331 p., ISBN 80-86659-00-3.
2. Bamforth, C. W., Kanauchi, M.: A simple model for the cell wall of the starchy endosperm in barley. *J. Inst. Brew.* **107**, 2001, 235.
3. Newman, R. K., Newman, C. W.: Barley for Food and Health, Science, Technology and Products. Wiley, 2008, **245**, ISBN 978-0-470-10249-7.
4. Bhatti, R. S.: The Potential of Hull-less Barley. *Cereal Chemistry* **76**, 1999, 589–599.
5. Douglas, S. G.: A rapid method for the determination of pentosans in wheat flour. *Food Chem.* **7**, 1981, 139–145.
6. Aastrup, S., Jorgensen, K. G.: Application of the calcofluor flow injection analysis method for determination of betaglucan in barley, malt, wort and beer. *J. Am. Soc. Brew. Chem.* **46**, 1988, 76–81.
7. Wang, J. M., Zhang, G. P., Chen, J. X., Wu, F. B.: The changes of beta-glucan content and beta-glucanase activity in barley before and after malting and their relationships to malt qualities. *Food Chemistry* **86**, 2004, 223–228.
8. Ehrenbergerová, J., Belcrediová, N., Havlová, P., Rožnovský, J., Vejražka, K., Vaculová, K.: Effect of weather conditions and genotype on the content of non-starch polysaccharides in spring barley breeding. 2005. Tagungsband der 56. Jahrestagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs, 22.–24. November 2005, Raumberg-Gumpenstein, 25–29.
9. Ehrenbergerová, J., Březinová Belcredi, N., Psota, V., Hrstková, P., Cerkal, R., Newman, C. W.: Changes Caused by Genotype and Environmental Conditions in Beta-Glucan Content of Spring Barley for Dietetically Beneficial Human Nutrition. *Plant Foods Hum. Nutr.* **63**, 2008, 111–117.
10. Psota, V., Ehrenbergerová, J., Havlová, P., Hartman, J.: Beta-Glucan Content in Caryopses, Malt and Wort of the Selected Spring Barley Varieties. *Mschr. Brauwissenschaft* **55**, 2002, 10–14.
11. Bhatti, R. S.: Production of Food Malt from Hull-less Barley. *Cereal Chem.* **73**, 1996, 75–80.

had the lowest below average  $\beta$ -glucan content in grain from both localities from both stand treatment intensities, lower values were also exhibited in most samples by the varieties **Malz** and **Prestige** (with the exception of treated variants from Žabčice) and the line **KM 1057** (Tab. 3). Compared to the other genotypes in the set, this line had a statistically significantly lower average  $\beta$ -glucan content (2.85 %), the lowest content was found in the line from the treated variant from the locality Žabčice (2.33 %). Low values of  $\beta$ -glucans were also determined by the varieties **Blaník** and **Kangoo** (Tab. 3). These values fit to the brewing and malting requirements for the low  $\beta$ -glucan content in wort as already mentioned in introduction. The variety **Tolar**, assigned to the production of Czech Beer (similarly as the varieties **Blaník**, **Radegast**, **Bojos**, and **Malz**) had slightly above average  $\beta$ -glucan contents in three samples of four. Conversely, the variety **AF Lucius** (4.65 %), line **KM 2084** (6.08 %) and **KM 2283** (5.16 %) had high, above average  $\beta$ -glucan contents in both localities at both treatment levels (Tab. 3). Statistically significantly higher average value (of all variants) of  $\beta$ -glucans was found in the lines **KM 2084** and **KM 2283** versus all the other genotypes. Regarding the fact that  $\beta$ -glucans are considered as an effective component of dietary fiber, our findings predestine these genotypes to production of functional food [11]. Conversely, these hullless genotypes together with the hullless variety **AF Lucius** had in most samples statistically significantly lower values of **arabinoxylans** (3.82, 4.23 and 3.67 % on average of all variants) than the other varieties and contributed significantly to a negative relationship between arabinoxylans and  $\beta$ -glucans. Considering the fact that arabinoxylans adverse beer yield in the technological process, their low values are requested. Lower arabinoxylan values were found only in the following malting varieties: **Bojos** (4.22 %), **Malz** (4.29 %, the lowest content from the locality Kroměříž – 3.53 %), **Jersey** (4.45 %) and **Aksamit** (4.55 % on average, with the lowest values from the locality Kroměříž). The other malting varieties had the above average arabinoxylan content.

#### 4 CONCLUSIONS

Of the malting varieties, Radegast (3.23 %), Sebastian (3.45 %), Bojos (3.46 %), and Jersey (3.78 %), Malz (3.82 %), Prestige (3.71 %) and Blaník (4.04 %) had the lowest below average contents of  $\beta$ -glucans in grain in both the localities from both stand treatment intensities. The hullless line KM 1057 had in comparison with the other genotypes in the set statistically significantly lower average  $\beta$ -glucan (2.84 %) unlike the hullless line KM 2084 which had statistically significantly higher content (6.08 %).

Of the malting varieties, in the whole set comparison, lower values of arabinoxylans were found only in the varieties Bojos (4.22 %), Malz (4.29 %, the lowest value was from the locality Kroměříž – 3.69 %) and Aksamit (4.56 %).

We can also state that statistically significantly higher average content of arabinoxylans was provided by the samples of the varieties/lines from the non-treated variants from the locality Žabčice compared to the treated variants and both variants from the locality Kroměříž.  $\beta$ -glucan content was also on average of the varieties/lines statistically significantly higher in the non-treated variants from the locality Kroměříž versus the other variants.

The negative dependence between  $\beta$ -glucan and arabinoxylan contents was confirmed. The strongest relationship ( $r = -0.73^{**}$ ) was expressed based on values from all samples from the locality Žabčice, in the non-treated variants from both the localities the value of  $r = -0.68^{**}$ .

#### ACKNOWLEDGEMENTS

This study was funded by the project 1M0570 “Research Centre for Study of Extract Compounds of Barley and Hop” of the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic.

Recenzovaný článek / Reviewed paper

Do redakce došlo / Manuscript received: 17. 5. 2011

Přijato k publikování / Accepted for publication: 20. 6. 2011