

# Vliv podmínek sladování na obsah dextrinů v meziproduktech výroby piva

## *The Effect of Malting Conditions on Dextrin Contents in Beer Production Intermediates*

VRATISLAV PSOTA<sup>1</sup>, RICHARD ČMELÍK<sup>2</sup>, LENKA SACHAMBULA<sup>1</sup><sup>1</sup> Výzkumný ústav pivovarský, a. s., Sladařský ústav Brno, Mostecká 7, 614 00 Brno

Research Institute of Brewing and Malting, Malting Institute, Mostecká 7, 614 00 Brno, Czech Republic

e-mail: psota@beerresearch.cz, sachambula@beerresearch.cz

<sup>2</sup> Ústav analytické chemie AV ČR, v. v. i., Veveří 97, 602 00 Brno

Institute of Analytical Chemistry of the ASCR, v. v. i., Veveří 97, 602 00 Brno, Czech Republic

e-mail: cmelik@iach.cz

**Psota, V. – Čmelík, R. – Sachambula, L.: Vliv sladování na obsah dextrinů v meziproduktech výroby piva.** Kvasny Prum. 57, 2011, č. 7–8, s. 253–259.

Slad z odrůd jarního ječmene Bojos a Sebastian byl připraven třemi různými metodami: klasickým způsobem (3 dny máčení, 3 klíčení, stupeň domočení 45,5 %), se zkrácenou dobou klíčení (2 dny klíčení) a s vyšším stupněm domočení (47,5 %). Základní technologické znaky byly stanoveny ve vyrobených sladech. Metodou HPLC s refraktometrickou detekcí byl stanoven obsah dextrinů s DP 3–7 ve sladince, mladíně a zeleném pivu vyrobených z těchto sladů. Obsah trisacharidů ve sladince, mladíně a zeleném pivu byl u obou odrůd nejvyšší u varianty s vyšším stupněm domočení. U obou odrůd zkrácená metoda sladování vedla ke zvýšení obsahu nezkrasitelných dextrinů (DP 4–7) nejvíce v zeleném pivu, přičemž odrůda Bojos měla cca o třetinu vyšší obsah dextrinů než odrůda Sebastian. Bylo zjištěno, že obsah dextrinů DP 4–7 ve sladince, mladíně a zeleném pivu byl výrazně ovlivněn odrůdou ječmene, zatímco vliv použitých postupů sladování byl málo výrazný.

**Psota, V. – Čmelík, R. – Sachambula, L.: The Effect of Malting Conditions on Dextrin Contents in Beer Production Intermediates.** Kvasny Prum. 57, 2011, No. 7–8, p. 253–259.

Malt from the spring barley varieties Bojos and Sebastian was prepared using three different methods: classical (3 days steeping, 3 days germination, degree of steeping 45.5 %), with shortened malting time (2 days of steeping) and with a higher degree of steeping (47.5 %). Basic technological parameters were determined in the produced malts. The HPLC method with a refractometric detection was used for the determination of dextrins with DP 3–7 in sweet wort, hopped wort and green beer made from these malts. In both the varieties, trisaccharide content in sweet wort, hopped wort and green beer was the highest in the variant with a higher degree of steeping. In both varieties the shortened malting method resulted in increased content of unfermentable dextrins (DP 4–7) most in green beer and the variety Bojos had ca by one third higher dextrin content compared to Sebastian. Dextrin (DP 4–7) content in sweet wort, hopped wort and green beer was significantly affected by the barley variety while the effect of malting methods was low.

**Psota, V. – Čmelík, R. – Sachambula, L.: Der Einfluss der Malztechnologie auf den Gehalt an Dextrine.** Kvasny Prum. 57, 2011, Nr. 7–8, S. 253–259.

Das aus den Sommergerstensorten Bojos und Sebastian hergestellte Malz wurde durch drei verschiedenen Methoden vorbereitet: klassisches Verfahren (3 Tage Weiche, 3 Tage Keimung, Weichgrad 45,5 %), weiter ein verkürzte Verfahren mit den 2 Tagen der Keimzeit, und letztes Verfahren mit erhöhtem Weichgrad 45,5 %. Im hergestellten Malz wurden alle Grundparameter analysiert. Durch die Methode HPLC mit einer refraktometrischen Detektion wurde der Gehalt an Dextrine mit DP 3–7 in der aus diesem Malz hergestellten Süßwürze, Würze und im grünen Bier ermittelt. Bei den beiden Gerstensorten wurde Gehalt an Trisaccharide der höchste bei der Sorte, die mit erhöhtem Weichgrad gemalt wurde. Bei den beiden Gerstensorten das verkürzte Malzverfahren verursachte einen erhöhten Gehalt an unvergärbare Dextrine (DP 4–7) am meisten im grünen Bier, im grünen Bier aus der Gerstensorte Bojos wurde um eine Drittel Dextrine mehr als im grünen Bier als Gerstensorte Sebastian. Weiterhin wurde es festgestellt, dass der Gehalt an Dextrine in der Süßwürze, Würze und im grünen Bier wurde wesentlich durch die Gerstensorte beeinflusst, der Einfluss der Varianten der Malzbereitung war vernachlässigbar.

**Klíčová slova:** ječmen, sladování, dextriny, meziprodukty

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

### 1 ÚVOD

Dextriny, které jsou součástí zbytkového extraktu piva, vznikají při výrobě sladin – prvního meziproduktu výroby piva, konkrétně při rmutování. V průběhu rmutování jsou převedeny do roztoku sladin rozpustné látky ze sladu a současně probíhají složité biochemické procesy na bázi enzymových hydrolyz škrobu a bílkovin na rozpustné nízkomolekulární produkty, které jsou následně využívány pivovarskými kvasinkami pro jejich růst a produkci alkoholu. Při přeměně škrobu na glukosu, maltosu a dextriny (polymery glukosy se stupněm polymerace (DP) 3–30, hrají hlavní roli  $\alpha$ -amylasa (ztekucující aktivita) a  $\beta$ -amylasa (z cukřující aktivita), přičemž limitní dextrinasa má v tomto procesu jen okrajový vliv [1].

Scezením (filtrací) rmutu pak získáme sladinu, jejímiž základními složkami jsou zkrasitelné sacharidy, dextriny, aminokyseliny, peptidy a další sloučeniny. Bylo prokázáno, že dextriny tvoří přibližně 24 % a zkrasitelné cukry 75 % sušiny sladin [2].

V průběhu chmelovaru a následného kvašení mladiny se obsah jednotlivých složek výrazně mění. Zkrasitelné sacharidy jsou přeměněny na ethanol, CO<sub>2</sub> a teplo. Část dusíkatých látek je vysrážena, část je spotřebována při kvašení. Dextriny nejsou pivovarskými kvasinkami zkrasovány a přecházejí do zbytkového extraktu piva.

### 1 INTRODUCTION

Dextrins, a component of residual beer extract, are generated at production of sweet wort – the first intermediate product of beer production, namely during mashing. During mashing soluble substances from malt are transferred into the solution of sweet wort and complex biochemical processes based on enzymatic hydrolyses of starch and proteins to soluble low molecular products occur, they are subsequently used by brewing yeasts for their growth and alcohol production. At starch conversion to glucose, maltose and dextrins (glucose polymers with degree of polymerization (DP) 3–30,  $\alpha$ -amylase (liquefying activity) and  $\beta$ -amylase (saccharifying activity) play a major role while limit dextrinase affects this process only marginally [1].

Sweet wort is then acquired by lautering (filtration) of mash, the main components of sweet wort being fermentable saccharides, dextrins, amino acids, peptides and other compounds. It was confirmed that dextrins constitute approximately 24 % and fermentable sugars 75 % of sweet wort dry matter [2].

In the course of wort boiling and subsequent hopped wort fermentation, content of the individual components changes markedly. Fermentable saccharides are transferred to ethanol, CO<sub>2</sub> and heat. Part of nitrogenous substances is precipitated, part consumed at ferment-

Současnými světovými a evropskými požadavky na kvalitu sladovnického ječmene jsou preferovány odrůdy se silnou enzymovou aktivitou, s vysokým obsahem extraktu a s vysokými hodnotami dosažitelného stupně prokvašení. Tento trend vedl ke změně senzorického charakteru evropských piv. Naopak nižší stupeň proteolytického a cytolytického rozluštění a nižší úroveň prokvašení přinášející vyšší zbytkový (neprokvašený) extrakt, tvořený především dextriny, patří k typickým znakům českého piva [3, 4, 5, 6].

Cílem prezentovaného sdělení bylo sledování změn ve složení a obsahu dextrinů ve sladidně, mladině a zeleném pivu, které byly připraveny ze sladů vyrobených za různých technologických podmínek.

tation. Dextrins are not fermented by brewing yeasts and pass to the residual extract of beer.

Current global requirements for malting barley quality prefer the varieties with strong enzymatic activity, high extract content and high values of apparent final attenuation. This trend led to the change of sensory character of European beers. On the contrary, lower degree of proteolytic and cytolytic modification and lower degree of attenuation bringing higher residual (unfermented) extract, formed mainly by dextrins, belongs to typical traits of Czech beer [3,4,5,6].

The aim of the present communication was to study changes in the dextrin composition and content in sweet wort, hopped wort and green beer prepared under different technological conditions.

## 2 MATERIÁL A METODY

### 2.1 Odrůdy

Do pokusu byly zařazeny sladovnické odrůdy jarního ječmene Bojos a Sebastian registrované v České republice v roce 2005 (bližší údaje viz. tab. 1). Sladovnická kvalita těchto odrůd byla popsána již dříve [4].

## 2 MATERIAL AND METHODS

### 2.1 Varieties

The experiment included spring barley malting varieties Bojos and Sebastian registered in the Czech Republic in 2005 (for more details see Tab. 1). Malting quality of these varieties has been described previously [4].

Tab. 1 Použité odrůdy / Varieties used

Odrůda / Kód Variety / Code	Výchozí materiál Pedigree	Udržovatel / Zástupce v ČR Maintainer / Agent in the CR
<b>Jarní ječmen / Spring barley</b>		
BOJOS HE 8621 B	Madonna x Nordus	PLANT SELECT, spol. s r.o., Hrubčice 111, 798 21 Bedihošť
SEBASTIAN SJ 997 195	Lux x Viskosa	Sejet Plantbreeding, DK SELGEN, a.s., Jankovcova 18, 170 37 Praha 7

### 2.2 Technologie sladování a stanovení základních sladovnických znaků

Slad byl vyroben v mikrosladovně (KVM). Zrno uvedených odrůd ze sklizně 2008 bylo sladováno třemi různými metodami (tab. 2), které se lišily v délce klíčení a ve stupni domočení. Rozbory sladů byly provedeny dle metodik EBC [7] a MEBAK [8].

### 2.2 Malting technology and determination of the basic malting parameters

Malt was prepared in the micromalting plant (KVM). Grain of the given varieties from harvest 2008 was malted using three different methods (Tab. 2) differing in the length of germination and degree of steeping. Malt analyses were performed according to the EBC [7] and MEBAK [8] methods.

Tab 2 Podmínky pokusného sladování / Conditions of experimental

Varianty sladování / Variants of malting		1	2	3
<b>MAČENÍ / STEEPING</b>				
namáčka (h) / wet (hours)		5	5	5
vzdušná přestávka (h) / air (hours)		19	19	19
namáčka (h) / wet (hours)		4	4	4
vzdušná přestávka (h) / air (hours)		20	20	20
namáčka (h) / wet (hours)		2		2
vzdušná přestávka (h) / air (hours)		22		22
Teplota / Temperature (°C)	14.5 ± 0.2			
Doba trvání (h) / Duration (hours)		72		
Provzdušňování / aeration		ano – yes		
Stupeň domočení / steeping degree (%)		45.5	45.5	47.5
<b>KLÍČENÍ / GERMINATION</b>				
Teplota / Temperature (°C)	14.5 ± 0.2			
Doba trvání (h) / Duration (hours)		72	48	72
<b>HVOZDĚNÍ / KILNING</b>				
Postup hvozďení (°C)	55 ± 2	12		
Kilning schedule (°C)	60 ± 2	1.5		
	65 ± 2	1.5		
	70 ± 2	1.5		
	75 ± 2	1.5		
	80 ± 2	4		

### 2.3 Příprava sladiny a stanovení základních sladovnických znaků

Sladina byla připravena z kongresního rmutu [7]. Ve sladidně byl stanoven obsah extraktu, barva, čírost vizuálně a zákal nefelometricky [7, 8]. Dále v ní byl stanoven obsah a složení dextrinů metodou viz kapitola 2.7.

### 2.3 Sweet wort preparation and determination of basic malting parameters

Sweet wort was prepared from congress mash [7]. In sweet wort, extract content, color, clarity-visually and haze-nephelometric method were assessed [7, 8]. In addition, dextrin content and composition were assessed with the method described in chapter 2.7.

### 2.4 Příprava mladiny

Mladina byla připravena ze sladiny, u které bylo zvýšeno sypaní z 50 na 60 gramů tak, aby výsledný hmotnostní zlomek mladiny po chmelovaru (s chmelovým extraktem) činil cca 11 %. Pokud se lišil,

### 2.4 Hopped wort preparation

Hopped wort was prepared from sweet wort in which grist was increased from 50 to 60 grams so that the resulting hopped wort weight

Tab. 3 Vliv technologie sladování na kvalitu sladu a sladiny / The effect of malting technology on malt and sweet wort quality

Odrůda Variety	Variety Variety	Obsah vody v ječmeni (%) Water content in barley (%)	Celkový N v ječmeni (%) Total nitrogen of barley (%)	Obsah vody ve sladu (%) Water content in malt (%)	Extrakt sladu (%) Extract of malt, congress mash (%)	Relativní extrakt 45°C (%) Relative extract at 45 °C (%)	Kolbachovo číslo (%) Kolbach index (%)	Diastatická mohutnost (WJK) Diasatic power (WJK)	Dosažitelný stupeň prokvašení (%) Final attenuation of laboratory wort from malt (%)	Fraktibilita (%) Friability (%)	β-glukany ve sladine (mg/l) β-glucan content in sweet wort (mg/l)	Celkový dusík ve sladu (%) Total nitrogen of malt (%)	Rozpusťný dusík ve sladu (mg/l) Total soluble nitrogen of wort (mg/l)	Rozpusťný dusík ve sladu (%) Total soluble nitrogen of malt (%)	Sklivost zrna (%) Glassy corn (%)	Homoogenita friabilitním (%) Homogeneity (from friability measurement) (%)	Částečně sklivitá zrna (%) Partly unmodified grains (%)	Viskozita sladiny (mPas) Viscosity of laboratory wort (mPas)	Barva sladiny (EBC) Colour of malt (EBC)	Zákal sladiny (90 °) Haze of wort (90 °)	Zákal sladiny (15 °) Haze of wort (15 °)	Škrob (%) Starch (%)	Objemová hmotnost ječmene (g/l) Bulk density of barley (g/l)	Stupeň domočení po 1 N (%) Degree of steeping 1 (%)	Stupeň domočení po 2 N (%) Degree of steeping 2 (%)	Výťažnost (%) Malt yield d. m. (%)	Zrátý prodychnutím (%) Respiration losses (%)	Zrátý odklíčením (%) Rootlet losses (%)
Bojos	1	12.2	2.00	4.7	82.6	41.3	44.5	320	81.1	85	176	1.87	831	0.831	0.2	97.8	2.0	1.45	3.2	0.65	0.55	63.6	71.1	32.2	40.0	90.0	5.2	4.8
Bojos	2	12.2	2.00	4.6	82.2	37.0	41.0	308	79.5	79	309	1.89	773	0.773	0.0	94.3	5.7	1.47	2.8	0.67	0.59	63.6	71.1	32.1	39.6	91.5	4.2	4.3
Bojos	3	12.2	2.00	4.9	82.8	41.5	46.0	343	81.5	90	147	1.88	866	0.866	0.0	99.2	0.8	1.45	3.2	0.77	0.68	63.6	71.1	31.8	39.5	90.1	5.0	4.9
Sebastian	1	11.7	1.71	4.6	83.4	42.9	48.4	371	82.8	83	193	1.60	772	0.772	0.2	97.0	2.8	1.46	3.8	0.99	0.84	64.7	66.8	32.7	40.8	89.4	5.7	4.9
Sebastian	2	11.7	1.71	4.7	82.9	38.5	45.3	342	81.8	75	424	1.60	724	0.724	0.2	91.8	8.0	1.49	3.3	1.33	0.98	64.7	66.8	32.7	40.8	91.1	4.9	4.0
Sebastian	3	11.7	1.71	4.7	83.3	43.5	51.0	402	83.4	87	121	1.58	807	0.807	0.2	98.7	1.1	1.46	3.7	0.99	0.95	64.7	66.8	32.4	40.4	89.5	5.9	4.6

Tab. 4 Obsah dextrinů (DP3-DP7) ve sladine, mladine a zeleném pivu z odrůd Bojos (B) a Sebastian (S) připravené třemi technologickými postupy (1, 2, 3) / Dextrin (DP3-DP7) content in sweet wort, hopped wort and green beer from the varieties Bojos (B) and Sebastian (S) prepared with three technological methods (1, 2, 3)

odrůda variety	postup method	dextriny ve sladine / dextrins in sweet wort								
		DP 3	DP 4	DP 5	DP 6	DP 7	DP 3-6	DP 3-7	DP 4-6	DP 4-7
Bojos	1	9.90	2.74	0.90	0.99	1.35	14.54	17.38	4.64	5.98
Bojos	2	9.96	3.09	0.88	0.94	1.35	14.86	17.71	4.90	6.25
Bojos	3	10.53	2.73	0.90	1.06	1.40	15.22	18.12	4.69	6.09
Sebastian	1	9.76	1.43	0.46	0.96	1.22	12.61	15.33	2.85	4.07
Sebastian	2	9.57	1.52	0.39	0.94	1.23	12.42	15.14	2.85	4.08
Sebastian	3	10.22	1.42	0.39	1.08	1.40	13.11	16.01	2.89	4.29

odrůda variety	postup method	dextriny v mladine / dextrins in hopped wort								
		DP 3	DP 4	DP 5	DP 6	DP 7	DP 3-6	DP 3-7	DP 4-6	DP 4-7
Bojos	1	11.57	2.91	0.82	1.59	1.53	16.88	18.41	5.31	6.84
Bojos	2	11.18	3.23	0.83	1.47	1.51	16.71	18.22	5.53	7.04
Bojos	3	11.64	2.87	0.80	1.59	1.61	16.89	18.50	5.25	6.87
Sebastian	1	11.09	1.81	0.51	1.44	1.50	14.85	16.35	3.76	5.26
Sebastian	2	10.36	1.98	0.50	1.37	1.34	14.20	15.54	3.84	5.18
Sebastian	3	11.42	1.63	0.54	1.63	1.50	15.22	16.72	3.80	5.30

odrůda variety	postup method	dextriny v zeleném pivu / dextrins in green beer								
		DP 3	DP 4	DP 5	DP 6	DP 7	DP 3-6	DP 3-7	DP 4-6	DP 4-7
Bojos	1	2.80	3.16	0.77	1.02	1.39	7.74	9.14	4.94	6.34
Bojos	2	2.93	3.30	0.78	0.94	1.27	7.94	9.21	5.01	6.29
Bojos	3	3.28	3.09	0.71	1.11	1.38	8.19	9.56	4.90	6.28
Sebastian	1	2.62	1.57	0.37	0.89	1.04	5.46	6.50	2.83	3.87
Sebastian	2	2.74	1.96	0.37	0.99	1.24	6.06	7.30	3.32	4.56
Sebastian	3	3.27	1.61	0.42	1.19	1.31	6.49	7.80	3.22	4.53

byl upraven naředěním destilovanou vodou na 11,00 + 0,01 %. K mladine bylo přidáno odměřené množství pivovarských kvasnic, a to 2,8 g na 800 ml mladiny.

## 2.5 Příprava zeleného piva

Mladina byla kvašena v litrových Erlenmayerových baňkách při teplotě 8 + 0,5 °C po dobu 8 dnů. Po ukončení kvašení a vytřepání oxidu uhličitého byla změřena hustota a vypočten hmotnostní zlomek.

## 2.6 Uchování vzorků meziproduktů

Z každého meziproduktu (sladina, mladina, zelené pivo) byl odebrán vzorek pro stanovení obsahu dextrinů. Do vzorků bylo přidáno antibiotikum (cykloheximid) a následně byly zamrazeny. Tímto způsobem byly uchovány až do chvíle, kdy byly opět rozmrazeny před stanovením dextrinů.

fraction after wort boiling (with hop extract) was ca 11 %. If it differed, it was adjusted by diluting with distilled water to 11.00 + 0.01 %. Brewing yeasts (2.8 g per 800 ml of hopped wort) were added to hopped wort.

## 2.5 Green beer preparation

Hopped wort was fermented in Erlenmayer flasks (1l) at 8 + 0.5 °C for 8 days. After completing fermentation and shaking carbon dioxide off, density was measured and weight fraction calculated.

## 2.6 Maintaining of samples of intermediate products

A sample was taken from each intermediary product (sweet wort, hopped wort, green beer) for the determination of dextrin content. The samples were supplemented with antibiotics (cycloheximide) and frozen. Thus they were kept until they were again defrosted prior to dextrin determination.

Tab. 5 Analýza variance a odhady komponent rozptylu pro obsah dextrinů ve sladině / Analysis of variance and estimated components of variance for dextrins content in sweet wort

Zdroj proměnlivosti <i>Source of variation</i>	d.f.	Průměrný čtverec <i>Mean square</i>	Hladina významnosti <i>Level of significance</i>	F hodnota <i>F ratio</i>	Odhad komponent rozptylu <i>Estimated components of variance</i>		
					abs.	rel. (%)	s.e.
		3DP					
Postup / <i>Method</i>	2	0.90	***	91.82	0.11	71.80	0.02
Odrůdy / <i>Varieties</i>	1	0.24	***	48.46	0.04	25.03	0.98
Residual	8	0.04			0.00	3.17	0.01
		4DP					
Postup / <i>Method</i>	2	0.07	**	10.45	0.02	1.50	0.02
Odrůdy / <i>Varieties</i>	1	5.86	***	920.78	0.98	97.85	1.38
Residual	8	0.00			0.01	0.64	0.00
		5DP					
Postup / <i>Method</i>	2	0.00	NS	2.91	0.00	0.35	0.00
Odrůdy / <i>Varieties</i>	1	0.69	**	748.50	0.12	98.88	0.16
Residual	8	0.00			0.00	0.78	0.00
		6DP					
Postup / <i>Method</i>	2	0.02	***	56.45	0.00	93.62	0.01
Odrůdy / <i>Varieties</i>	1	0.00	NS	0.34	0.00	0.00	0.00
Residual	8	0.00			0.00	6,38	0.00
		7DP					
Postup / <i>Method</i>	2	0.02	**	10.91	0.00	46.51	0.00
Odrůdy / <i>Varieties</i>	1	0.02	**	12.10	0.00	34.88	0.01
Residual	8	0.00			0.00	18.60	0.00
		3-6DP					
Postup / <i>Method</i>	2	0.42	***	19.34	0.10	4.03	0.10
Odrůdy / <i>Varieties</i>	1	14.06	***	649.69	2.34	95.09	3.31
Residual	8	0.02			0.02	0.88	0.01
		4-6DP					
Postup / <i>Method</i>	2	0.02	NS	2.29	0.00	0.15	0.00
Odrůdy / <i>Varieties</i>	1	10.62	***	1341.02	1.77	99.41	2.50
Residual	8				0.01	0.44	0.00
		3-7DP					
Postup / <i>Method</i>	2	0.61	***	25.77	0.15	5.45	0.15
Odrůdy / <i>Varieties</i>	1	15.11	***	639.61	2.52	93.67	3.56
Residual	8	0.02			0.02	0.88	0.01
		4-7DP					
Postup / <i>Method</i>	2	0.03	NS	2.76	0.01	0.26	0.01
Odrůdy / <i>Varieties</i>	1	11.57	***	1029.04	1.93	99.17	2.73
Residual	8	0.01			0.01	0.58	0.01

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

## 2.7 Stanovení dextrinů

Ke stanovení dextrinů byla použita metoda vysokoúčinné kapalinové chromatografie (HPLC) s refraktometrickou (RI) detekcí ([9]. Vzorky byly před analýzou homogenizovány pomocí ultrazvuku a zfiltrány přes membránový filtr (0,22 µm PVDF, Millipore Corp., Irsko). Separace sacharidů byla provedena na koloně Prevail Carbohydrate ES (250 × 4,6 mm, 5 µm; Grace, USA) na přístroji Hewlett Packard 1100 Series, Agilent Technologies. Mobilní fáze acetonitril/voda 3:2 (v/v), průtok 1 ml/min, nástřik vzorku 10 µl. Pro kvantifikaci obsahu dextrinů ve vzorcích byly použity standardy maltooligosacharidů (MOS; Sigma-Aldrich, USA) od maltotriosy po maltoheptaosu rozpuštěné ve vodě. Měření každého vzorku bylo dvakrát opakováno. Obsah dextrinů o polymeračním stupni DP 3–7, stanovený ve sladinách, mladínách a zeleném pivu je uveden v tab. 4.

## 2.8 Statistické vyhodnocení

Výsledky stanovení obsahu a složení dextrinů ve vzorcích sladiny, mladiny a zeleného piva byly vyhodnoceny pomocí analýzy rozptylu. Ke grafickému zobrazení rozdělení variant sladování do homogenních skupin (shluků) bylo použito dendrogramů zkonstruovaných na základě Euklidovské vzdálenosti a Wardovy metody.

## 2.7 Dextrin determination

The high-performance liquid chromatography (HPLC) with refractometric detection (RI) was used for dextrin determination [9]. Before the analysis, the samples were homogenized using an ultrasonic equipment and filtered through a membrane filter (0.22 µm PVDF, Millipore Corp., Ireland). Separation of saccharides was performed on the Prevail Carbohydrate ES column (250 × 4.6 mm, 5 µm; Grace, USA) on the instrument Hewlett Packard 1100 Series, Agilent Technologies. Mobile phase was acetonitrile/water 3:2 (v/v), flow rate 1 ml/min, sample injection 10 µl. Standards of maltooligosaccharides were used for quantification of dextrin content in samples (MOS; Sigma-Aldrich, USA) from maltotriose to maltoheptaose diluted in water. Measurement of each sample was repeated twice. Dextrin content of with degree of polymerization DP 3–7 determined in sweet wort, hopped wort and green beer samples are given in Tab. 4.

## 2.8 Statistical evaluation

The results of the determination of dextrin content and composition in sweet wort, hopped wort, green beer were assessed with the analysis of variance. Dendrograms constructed on the basis of the Euclidean distance and Ward method were used for graphic illustration of malting variant distribution to homogeneous groups (clusters).



Tab. 6 Analýza variance a odhady komponent rozptylu pro obsah dextrinů v mladině / Analysis of variance and estimated components of variance for dextrins content in hopped wort

Zdroj proměnlivosti Source of variation	d.f.	Průměrný čtverec Mean square	Hladina významnosti Level of significance	F hodnota F ratio	Odhad komponent rozptylu Estimated components of variance		
					abs.	rel. (%)	s.e.
		3DP					
Postup / Method	2	0.62	***	26.24	0.15	50.25	0.15
Odrůdy / Varieties	1	0.77	***	32.49	0.12	41.78	0.18
Residual	8	0.02			0.02	7.96	0.01
		4DP					
Postup / Method	2	0.13	***	64.23	0.03	4.38	0.03
Odrůdy / Varieties	1	4.30	***	2061.36	0.72	95.34	1.01
Residual	8	0.02			0.00	0.28	0.00
		5DP					
Postup / Method	2	0.00	NS	0.02	0.00	0.00	0.00
Odrůdy / Varieties	1	0.27	**	511.59	0.04	98.89	0.06
Residual	8	0.00			0.00	1.11	0.00
		6DP					
Postup / Method	2	0.04	**	13.19	0.01	65.67	0.01
Odrůdy / Varieties	1	0.01	NS	4.54	0.00	12.69	0.00
Residual	8	0.00			0.00	21.64	0.00
		7DP					
Postup / Method	2	0.02	**	10.31	0.00	36.36	0.01
Odrůdy / Varieties	1	0.03	**	19.53	0.01	48.18	0.01
Residual	8	0.00			0.00	15.45	0.00
		3-6DP					
Postup / Method	2	0.37	*	8.00	0.08	3.62	0.09
Odrůdy / Varieties	1	12.83	***	274.77	2.13	94.32	3.03
Residual	8	0.05			0.05	2.07	0.02
		4-6DP					
Postup / Method	2	0.03	*	7.53	0.01	0.55	0.01
Odrůdy / Varieties	1	7.30	***	1740.88	1.22	99.10	1.72
Residual	8	0.00			0.00	0.34	0.00
		3-7DP					
Postup / Method	2	0.56	**	10.53	0.13	4.99	0.14
Odrůdy / Varieties	1	14.16	***	266.94	2.35	92.91	3.34
Residual	8	0.05			0.05	2.10	0.03
		4-7DP					
Postup / Method	2	0.00	NS	0.47	0.00	0.00	0.00
Odrůdy / Varieties	1	8.34	***	1120.16	1.39	99.47	1.97
Residual	8	0.01			0.01	0.53	0.00

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

### 3 VÝSLEDKY A DISKUSE

Z odrůd Bojos a Sebastian byl vyroben slad třemi různými postupy sladování. (1) Klasickým způsobem, tj. způsobem, který je používán při hodnocení odrůd v rámci registračního řízení (3 dny máčení, 3 dny klíčení, stupeň domočení 45,5 %) [10]. (2) Zkráceným způsobem sladování (3 dny máčení, 2 dny klíčení, stupeň domočení 45,5 %). (3) S vyšším stupněm domočení (3 dny máčení, 3 dny klíčení, stupeň domočení 47,5%).

Ve sladu byly stanoveny základní technologické parametry (tab. 3). Z dosažených výsledků je zřejmé, že zkrácení sladování o jeden den se u obou odrůd projevilo snížením obsahu extraktu, zhoršením proteolytického, amylolytického a především cytolytického rozluštění. Současně došlo i ke snížení úrovně prokvašení.

Na vyšší stupeň domočení reagovaly obě odrůdy zlepšením proteolytického, amylolytického a především cytolytického rozluštění a zvýšením úrovně prokvašení. Odrůda Bojos vykazovala určitý trend ke zvýšení obsahu extraktu, odrůda Sebastian naopak ke snížení obsahu extraktu.

Ve vzorcích sladu vyrobených různými postupy sladování (tab. 3) byly vyrobeny sladiny, mladiny a zelené pivo. Ve všech těchto meziproduktech výroby piva byl stanoven obsah dextrinů. Různé postupy

### 3 RESULTS AND DISCUSSION

Malt was produced from the varieties Bojos and Sebastian using three different malting techniques. (1) Classical method, i.e. the method used for the assessment of varieties within the registration procedure (3 days steeping, 3 days germination, degree of steeping 45.5 %) [10]. (2) Shortened malting procedure (3 days steeping, 2 days germination, degree of steeping 45.5 %). (3) Method with a higher degree of steeping (3 days steeping, 3 days germination, degree of steeping 47.5%).

Basic technological parameters were assessed in malt (Tab. 3). The achieved results show that shortening of malting by one day led to reduced extract content, deterioration of proteolytic, amylolytic and first of all cytolytic modification in both varieties. At the same time level of attenuation was declined.

Both varieties reacted to a higher degree of steeping by improving proteolytic, amylolytic and mainly cytolytic modification and increasing the level of attenuation. The variety Bojos exhibited a certain trend to increased extract content, on the contrary the variety Sebastian to decreased extract content.

Sweet wort, hopped wort and green beer were made from the malt samples prepared by different malting procedures (Tab. 3). Dextrin

Tab. 7 Analýza variance a odhady komponent rozptylu pro obsah dextrinů v zeleném pivu / Analysis of variance and estimated components of variance for dextrins content in green beer

Zdroj proměnlivosti <i>Source of variation</i>	d.f.	Průměrný čtverec <i>Mean square</i>	Hladina významnosti <i>Level of significance</i>	F hodnota <i>F ratio</i>	Odhad komponent rozptylu <i>Estimated components of variance</i>		
					abs.	rel. (%)	s.e.
		3DP					
Postup / <i>Method</i>	2	0.35	***	134.81	0.09	89.84	0.09
Odrůdy / <i>Varieties</i>	1	0.05	**	17.75	0.01	7.49	0.01
Residual	8	0.00			0.00	2.67	0.00
		4DP					
Postup / <i>Method</i>	2	0.10	***	22.56	0.02	2.17	0.03
Odrůdy / <i>Varieties</i>	1	6.48	***	1449.61	1.08	97.42	1.53
Residual	8	0.00			0.01	0.41	0.00
		5DP					
Postup / <i>Method</i>	2	0.00	NS	0.06	0.00	0.00	0.00
Odrůdy / <i>Varieties</i>	1	0.39	***	311.23	0.07	98.06	0.09
Residual	8	0.00			0.00	1.94	0.00
		6DP					
Postup / <i>Method</i>	2	0.05	*	13.86	0.01	76.19	0.01
Odrůdy / <i>Varieties</i>	1	0.00	NS	0.00	0.00	0.00	0.00
Residual	8	0.00			0.00	23.81	0.00
		7DP					
Postup / <i>Method</i>	2	0.02	NS	1.93	0.00	9.90	0.00
Odrůdy / <i>Varieties</i>	1	0.07	*	7.84	0.01	48.02	0.02
Residual	8	0.01			0.01	42.08	0.00
		3-6DP					
Postup / <i>Method</i>	2	0.54	***	21.57	0.13	6.30	0.14
Odrůdy / <i>Varieties</i>	1	11.47	***	453.65	1.91	92.47	2.70
Residual	8	0.03			0.03	1.23	0.01
		4-6DP					
Postup / <i>Method</i>	2	0.08	*	5.13	0.02	0.93	0.02
Odrůdy / <i>Varieties</i>	1	10.07	***	656.95	1.67	98.18	2.37
Residual	8	0.02			0.02	0.90	0.01
		3-7DP					
Postup / <i>Method</i>	2	0.75	**	12.41	0.17	7.03	0.19
Odrůdy / <i>Varieties</i>	1	13.29	***	221.57	2.21	90.51	3.13
Residual	8	0.06			0.06	2.46	0.03
		4-7DP					
Postup / <i>Method</i>	2	0.13	NS	2.71	0.02	0.99	0.03
Odrůdy / <i>Varieties</i>	1	11.77	***	250.61	1.95	96.68	2.77
Residual	8	0.05			0.05	2.33	0.02

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

sladování se projevily u všech vzorků, ne vždy však stejným způsobem. Odrůda Bojos vykazovala mírně vyšší obsah trisacharidů. Vyšší stupeň domočení se odrazil na zvýšení obsahu trisacharidů ve všech vzorcích sladiny, mladiny a zeleného piva obou testovaných odrůd. Z údajů v tab. 4 vyplývá, že dextriny s polymeračním stupněm DP 3 byly fermentovány pivovarskými kvasinkami, takže jejich obsah v zeleném pivu byl výrazně nižší.

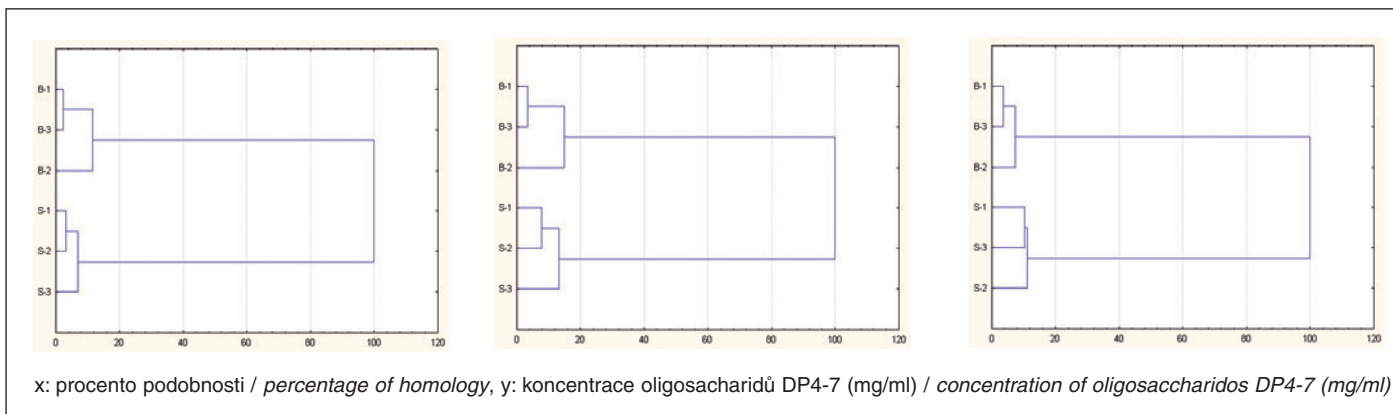
Použité postupy sladování ovlivnily obsah nezkvasitelných dextrinů o polymeračním stupni DP 4–7 ve sledovaných meziproduktech výroby piva rozdílně. Na zkrácení doby klíčení a tedy na kratší celkovou dobu sladování reagovala odrůda Bojos zvýšením obsahu této skupiny dextrinů ve sladince, mladince a zeleném pivu. V případě odrůdy Sebastian se při použití tohoto postupu sladování projevilo zvýšení obsahu dextrinů až v zeleném pivu. U obou odrůd tedy tento zkrácený postup sladování zvýšil obsah nezkvasitelných dextrinů v zeleném pivu ve srovnání s dalšími použitými postupy sladování. Zelené pivo vyrobené ze sladu odrůdy Bojos zkráceným postupem sladování obsahovalo přibližně o třetinu více nezkvasitelných dextrinů (DP 4–7) ve srovnání s odrůdou Bojos.

Na zvýšení stupně domočení o 2 % reagovaly obě odrůdy zvýšením obsahu sledovaných nezkvasitelných dextrinů, ale většinou méně než v případě zkrácené doby sladování. Pouze u sladiny z odrůdy Seba-

content was determined in all these intermediate products of beer production. Different malting procedures affected all samples but not always in the same manner. The variety Bojos exhibited a slightly higher content of trisaccharides. Higher degree of steeping was reflected in the increased trisaccharide content in all samples of sweet wort, hopped wort and green beer of both tested varieties. From data in Tab. 4 it is evident that dextrins with degree of polymerization DP 3 were fermented by brewing yeasts and their content in green beer was markedly lower.

The malting methods used affected content of unfermentable dextrin with degree of polymerization DP 4–7 in the studied beer production intermediaries differently. The variety Bojos reacted to a shortened germination time and thus a shorter total time of malting by increased content of these dextrins in sweet wort, hopped wort and green beer. Use of this malting procedure in the variety Sebastian led to increased dextrin content only in green beer. It means that the shortened method of malting increased content of unfermentable dextrins in green beer compared to the other malting method used. Green beer made from malt of the variety Bojos with the shortened method of malting contained by ca one third more unfermentable dextrins (DP 4–7) compared to the variety Bojos.

To steeping degree increased by 2 %, both varieties reacted by the



Obr. 1 Dendrogram pro obsah dextrinů (DP4-DP7) ve sladinně vyrobené ze sladů odrůd Bojos (B) a Sebastian (S) připravené třemi technologickými postupy (1, 2, 3) / Fig. 1 Dendrogram for dextrin (DP4-DP7) content in sweet wort made from malt from the varieties Bojos (B) and Sebastian (S) prepared with three technological methods (1, 2, 3).

Obr. 2 Dendrogram pro obsah dextrinů (DP4-DP7) v mladinně vyrobené ze sladů odrůd Bojos (B) a Sebastian (S) připravené třemi technologickými postupy (1, 2, 3) / Fig. 2 Dendrogram for dextrin (DP4-DP7) content in hopped wort made from malt from the varieties Bojos (B) and Sebastian (S) prepared with three technological methods (1, 2, 3).

Obr. 3 Dendrogram pro obsah dextrinů (DP4-DP7) v zeleném pivu vyrobeném ze sladů odrůd Bojos (B) a Sebastian (S) připravené třemi technologickými postupy (1, 2, 3) / Fig. 3 Dendrogram for dextrin (DP4-DP7) content in green beer made from malt from the varieties Bojos (B) and Sebastian (S) prepared with three technological methods (1, 2, 3).

stian byl zaznamenán vyšší obsah sledovaných nezkvasitelných dextrinů oproti ostatním dvěma metodám sladování.

Základní rozdíl mezi vzorky pocházejícími z odrůd Bojos a Sebastian byl ve vyšším (i více než dvojnásobném) obsahu tetra a pentasacharidů (tab. 4) u odrůdy. Ve všech pivovarských meziproduktech jsou pak nejvíce obsaženy dextriny s DP 4 a 5, menší obsahy lze zaznamenat u dextrinů s DP 6 a 7. Lze tedy konstatovat, že do zbytkového extraktu přecházejí především dextriny s DP 4 a 5, které jsou pro jeho hodnocení z tohoto pohledu rozhodující (jejich obsah a složení ve sladinně a mladinně se mění jen velmi málo). Základní rozdíl mezi vzorky připravenými stejnou technologií pak představuje výrazně vyšší obsah dextrinů s DP 4 a DP 5 u odrůdy Bojos oproti odrůdě Sebastian. Vliv zkrácení doby sladování o 24 h se projevil u sladinně, mladinně a zeleného piva připravených z různých odrůd, a to zvýšením obsahu nezkvasitelných dextrinů.

Skutečnost, že základním faktorem ovlivňujícím množství dextrinů s DP 4 a 5 v meziproduktech výroby piva byla odrůda ječmene, použitá při výrobě sladu, byla prokázána i statistickým vyhodnocením získaných analytických dat (tab. 5, 6 a 7). Dále je patrné, že u mladinně se odrůda použitého ječmene podílí na obsahu dextrinů s DP 6 ze 40–60 %. Velmi názorně to dokumentují i dendrogramy (obr. 1–3), ze kterých je opět zřejmé, že použité odrůdy ovlivnily obsah nezkvasitelných dextrinů v meziproduktech výroby piva více než použité metody sladování.

## PODĚKOVÁNÍ

Výsledky prezentované v této publikaci byly získány v rámci projektu Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky 2B06037.

## LITERATURA / REFERENCES

1. Enevoldsen, B. S., Schmidt, F.: Dextrins in brewing: Studies on the singly-branches and multiply-branches dextrins in brewing. J. Inst. Brew. **80**, 1974, 520–533.
2. Palmer, G. H.: Cereals in malting and brewing. In: Cereal Science and Technology, Palmer, G. H. (ed.). Aberdeen: Aberdeen University Press, UK 1989, 61–242.
3. Jalowetz, E.: Pilsner malz. Verlag institut für Gärungsindustrie, Wien, 1931.
4. Psota, V.: Committee for Quality Evaluation of Malting Barley Varieties at RIBM, PLC. Kvasny Prum. **49**, 2003, 73–74.
5. Kosař, K., Psota, V., Mikyška, A.: Barley varieties suitable for production of the Czech-type Beer. Czech J. Genet. Plant Breed. **40**, 2004, 137–139.
6. Psota, V., Jurečka, D., Horáková, V.: Barley varieties registered in the Czech Republic in 2005. Kvasny Prum. **51**, 2005, 190–194.
7. EBC Analysis committee: Analytica-EBC. Carl, Getränke-Fachverlag, Nürnberg, 2009.

increased content of the studied unfermentable dextrins but mostly to a lower extent than in the shortened time of malting. Only in sweet wort from the variety Sebastian, higher content of the unfermentable dextrin was determined compared to the other two malting methods.

A basic difference between the samples from the varieties Bojos and Sebastian was in a higher (even more than double) content of tetra and pentasaccharides (Tab. 4) in a variety. All the brewing intermediate products mostly contain dextrins with DP 4 and 5, smaller contents can be recorded in dextrins with DP 6 and 7. Thus we can state that mainly dextrins with DP 4 and 5 get into the residual extract, in this respect they are decisive for its evaluation (their content and composition in sweet wort and hopped wort changes very little). The basic difference among the samples prepared with the same technology was a significantly higher content of dextrins with DP 4 and DP 5 in the variety Bojos versus the variety Sebastian. The effect of shortened malting time by 24 h was manifested in sweet worts, hopped worts and green beer prepared from various varieties, by increased unfermentable dextrin content.

The fact that the barley variety used for malt production was a basic factor affecting the amount of dextrins with DP 4 and 5 in the intermediates of beer production was also confirmed by statistical evaluation of the obtained analytical data (Tab. 5, 6 and 7). It is also apparent that the barley variety used contributes in sweet worts to content of dextrins with DP 6 from 40–60 %. Dendrograms (Fig. 1–3) show that the varieties used affected content of unfermentable dextrins in the intermediates of beer production more than the malting methods applied.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The results presented in this study were acquired within the project of the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic 2B06037.

Translated by Mgr. Vladimíra Nováková

8. Methodensammlung der Mitteleuropäischen Brautechnischen Analysenkommission. Brautechnische Analysemethoden Rohstoffe. MEBAK, Freising-Weihenstephan, Germany, 2006.
9. Cabálková, J., Bobáková, J.: Separation of Complex Oligosaccharides from Wort and Beer Using HPLC. Chem. Listy **102**, 2008, 608–609.
10. Psota, V., Dvořáčková, O., Sachambula, L.: Barley varieties registered in the Czech Republic in 2011. Kvasny Prum. **57**, 2011, 114–120.

Recenzovaný článek / Reviewed paper  
Do redakce došlo / Manuscript received: 28. 4. 2011  
Přijato k publikování / Accepted for publication: 6. 6. 2011