

DOI: 10.18832/kp201726

Pivovarské zkoušky odrůd ječmene registrovaných v České republice

Brewing Trials of Barley Varieties Registered in the Czech Republic

Alexandr MIKYŠKA, Vratislav PSOTA

Výzkumný ústav pivovarský a sladařský a. s., Lípová 15, 120 44 Praha 2, Česká republika
*Research Institute of Brewing and Malting, Plc., Lípová 15, CZ 120 44 Praha 2, Czech Republic*Recenzovaný článek / *Reviewed Paper***Mikyška, A., Psota, V., 2017: Pivovarské zkoušky odrůd ječmene registrovaných v České republice.** Kvasny Prum. 63(5): 248–260

Podrobná analýza sladu sice poskytuje informace o předpokladech pro jeho zpracování v pivovaru, jednoznačný vztah mezi kvalitativními znaky sladu a konečnou, zejména senzoricou kvalitou piva neexistuje. Článek shrnuje výsledky tříletých pilotních varních testů s odrůdami ječmene doporučenými pro výrobu piva s chráněným zeměpisným označením „České pivo“ Blaník, Bojos, Francin, Laudis 550, Malz, Petrus a Vendela a odrůdami pro výrobu exportních sladů Kangoo, Sebastian, Sunshine a Xanadu. Výsledky ukázaly některé specifické vlastnosti odrůd a přispěly k poznatkům o relacích mezi kvalitativními znaky sladu a senzoricou kvalitou českého ležáckého piva. Analýzou hlavních komponent (PCA) senzorickej kvality piv byly částečně odlišeny odrůdy pro „České pivo“ a odrůdy pro exportní slad. Barva piv je ovlivněna dekokčním mmutováním, predikce z barvy sladu je nepřesná. Nižší stupeň prokvašení potlačil trpkost a kyselost piv. Plnosti chuti piv byla pozitivně ovlivněna celkovými polyfenoly a hořkostí piv, hořkost korelovala i s řízem piv.

Mikyška, A., Psota, V., 2017: Brewing trials of barley varieties registered in the Czech Republic. Kvasny Prum. 63(5): 248–260

Though detailed analysis of malt provides information on the characteristics suitable for its processing in the brewery, the unequivocal relationship between the quality characteristics of the malt and the final, especially sensory, quality of the beer does not exist. The article summarizes the results of three-year pilot brewing tests with the barley varieties recommended for the production of beer with the protected geographical indication "Czech beer" Blaník, Bojos, Francin, Laudis 550, Malz, Petrus and Vendela and varieties for the production of export malts Kangoo, Sebastian, Sunshine and Xanadu. The results showed some specific characteristics of the varieties and contributed to the knowledge of the relations between the quality features of the malt and the sensory quality of the Czech lager beer. The analysis of the Principal Component Analysis (PCA) of the sensory quality of beers partly differentiated varieties for "Czech beer" from the varieties for export malts. The color of beers is affected by decoction mashing, the prediction from malt color is inaccurate. A lower attenuation reduces bitterness and sourness of beers. The palate fullness of the beers was positively influenced by the total polyphenols and the bitterness of the beers, the bitterness correlated with beer carbonation.

Mikyška, A., Psota, V., 2017: Die Brauersuche der in der Tschechischen Republik registrierten Gerstensorten. Kvasny Prum. 63(5): 248–260

Die ausführliche Analyse des Malzes bietet zwar die Informationen über seine Verarbeitung in der Brauerei an, aber eine eindeutige Beziehung unter qualitativen Malzparametern und endlichen sensorischen Bierqualität existiert nicht. Der Artikel fasst die Ergebnisse von drei Jahren der Brausiedenversuche mit den für Brauherstellung mit der geschützten geographischen Bezeichnung „České pivo“ (Tschechisches Bier) empfohlenen Malzsornten Blaník, Bojos, Francin, Laudis 550, Malz, Petrus, Vendela und für Exportmalzherstellung empfohlenen Malzsornten Kangoo, Sebastian, Sunshine und Xanadu zusammen. Die Ergebnisse haben einige spezifische Malzsornteneigenschaften gezeigt und zu den Erkenntnissen über Relationen unter qualitativen Malzmerkmalen und sensorischen Qualität des tschechischen Lagerbieres beigetragen. Durch die Analyse von Hauptdeskriptoren (PCA) der sensorischen Bierqualität wurden teilweise die Malzsornten für „České pivo“ (Tschechisches Bier) und Exportsornten. Die Bierfarbe wird durch Dekoktionsmaischn beeinflusst, die Vorhersage durch die Malzfarbe wurde nicht genau. Ein niedrigerer Vergärungsgrad unterdrückte die Bierbitterkeit und –Säure. Durch die Polyphenols und Bierbitterkeit haben die Vollmündigkeit des Bieres positiv beeinflusst, die Bierbitterkeit hat mit der Süffigkeit des Bieres korreliert.

Klíčová slova: odrůdy ječmene, slad, pivo, senzoricá kvalita**Keywords:** *barley varieties, malt, beer, sensory quality*

1 ÚVOD

Odrůdy ječmene přihlášené do zkoušení pro registrační řízení jako sladovnické jsou Výzkumným ústavem pivovarským a sladařským (VÚPS) detailně hodnoceny z hlediska sladovnických vlastností, kvality sladu. Podrobná analýza sladu sice poskytuje informace o předpokladech pro jeho zpracování v pivovarské výrobě a o možnosti dosažení určité úrovně kvalitativních parametrů piva, nicméně jednoznačný vztah mezi kvalitativními znaky sladu a konečnou kvalitou piva, zejména jeho senzoricými vlastnostmi, neexistuje. Proto je vhodné při porovnávání zavedených odrůd a hodnocení perspektivních odrůd ječmene na sladovací zkoušky navázat testováním sladů při výrobě piva. Komerční úspěch sladovnické odrůdy ječmene závisí na akceptaci pivovary, záměně dosud používaných odrůd novou odrůdou při zachování úrovně kvalitativních standardů pivovaru, nebo dosažení lepších senzoricých vlastností piva.

Varní pokusy s novými odrůdami v pilotním měřítku umožňují v předstihu před provozním nasazením odhalit přednosti či nedostatky v pivovarských vlastnostech odrůd a porovnat novou surovinu se zavedenými odrůdami. Tento krok v řetězci šlechtitelé – sladovny – pivovary, přinášející včasnou informaci o pivovarských vlastnostech nové odrůdy, může uspořit čas i prostředky.

1 INTRODUCTION

Varieties of barley submitted for examination for registration as malting ones are examined in detail by the Research Institute of Brewing and Malting (RIBM) in terms of malting properties and malt quality. Though detailed analysis of malt provides information on characteristics suitable for its processing in brewing production and on the possibility of reaching a certain level of quality parameters of beer, there is no clear relationship between the quality features of malt and the final quality of beer, especially its sensory properties. When comparing the established varieties and evaluating the varieties of barley promising for the malting test it is therefore appropriate to add a malt test in beer production. The commercial success of a malting barley variety depends on the acceptance by the breweries, and the replacement of the varieties currently in use by a new variety while maintaining the quality standards of the brewery or achieving better sensory characteristics of the beer.

Brewing trials of new varieties on a pilot scale make it possible to detect merits or shortcomings in brewing properties of the varieties in advance of operational deployment and to compare the new raw material with established varieties. This step in the sequence breeders – malthouses – breweries, that provides timely information on brewing properties of new varieties, can save time and resources.

Vybrané kvalitativní znaky sladů vyrobených z odrůd jarního ječmene doporučených pro výrobu piva s chráněným zeměpisným označením (CHZO) „České pivo“ se musí pohybovat v určitém rozpětí (Commission, 2008). Odrůdy doporučené pro výrobu piva s CHZO „České pivo“ se v těchto vybraných kvalitativních znacích liší od odrůd požadovaných zahraničními odběrateli sladu.

VÚPS každoročně provádí pivovarské pokusy se spektrem odrůd, které jsou zpracovávány velkými tuzemskými sladovny. V roce 2014 (sklizeň 2013) byly zahájeny pivovarské varní pokusy s odrůdami zařazenými do Seznamu doporučených odrůd jarního ječmene, u kterých není vždy objem suroviny dostatečný pro sladování v provozu. O potřebnosti testů zejména odrůd pro „České pivo“ svědčí i skutečnost, že tyto odrůdy jsou pěstovány na více než polovině ploch osetých sladovnickým ječmenem (Psota et al., 2017).

Tento článek shrnuje výsledky pilotních várek se slady z jedenácti odrůd ječmene, které byly v testech od začátku projektu, tedy tři roky. Jsou to odrůdy doporučené pro výrobu piva s CHZO „České pivo“ Laudis 550, Petrus a Vendela registrované v roce 2013, odrůda Francin registrovaná v roce 2014 a dvě dříve registrované odrůdy Blaník (2007), Bojos (2005) a Malz (2002). Sladovnické odrůdy pro exportní slady byly zastoupeny ječmeny odrůd Kangoo (2008), Sebastian (2005), Sunshine (2012) a Xanadu (2006). Popisy uvedených odrůd jsou uvedeny v Ječmenářské ročence 2017 (Psota, 2017). V roce 2014 byly dále zkoušeny odrůdy Zhana a Artur, v roce 2016 to byly odrůdy Gesine, Kampa, KWS Irina, Sanette a dvě sladovnické odrůdy ozimého ječmene KWS Ariane a Wintmalt. V roce 2017 byla vařena piva ze sladů odrůd pro „České pivo“ Bojos, Francin, Laudis 550, Manta, Malz, Petrus a Vendela a odrůd pro export Kampa, Kangoo, KWS Amadora, KWS Irina, Libuše, Odyssey, Overture, Pionier, Sebastian, Sunshine, Tango, Xanadu a ozimé odrůdy KWS Ariane. Rozšíří se tak spektrum odrůd testovaných více let.

2.1 MATERIÁL A METODY

2.1 Slady

Ve varních pokusech byl v letech 2014 až 2016 (sklizeň 2013 až 2015) testován soubor sladů z odrůd jarního ječmene zařazených do Seznamu doporučených odrůd ječmene. Jednalo se o odrůdy doporučené pro výrobu piva s CHZO „České pivo“ Blaník, Bojos, Francin, Laudis 550, Malz, Petrus a Vendela. Z dalších sladovnických odrůd jsou v souboru jarní odrůdy Kangoo, Sebastian, Sunshine a Xanadu.

Ze vzorků zrna uvedených odrůd získaných v příslušném roce sklizně byly připraveny laboratorní slady jednotným postupem, uvedeným v tab. 1.

Tab. 1 Podmínky pokusného sladování
Table 1 Conditions of experimental malting

	doba time (h)	teplota temperature (°C)
MÁČENÍ/STEEPING		
Namáčka / water	5	14
vzdušná přestávka / rest	19	14
Namáčka / water	4	14
vzdušná přestávka / rest	20	14
Namáčka / water	3	14
vzdušná přestávka / rest	21	14
Celkem / Total	72	14
KLÍČENÍ / GERMINATION		
	72	14
HVOZDĚNÍ / KILNING		
	12	55
	1.5	65
	1.5	70
	1.5	75
	4	80

2.2 Varní pokusy

Várky byly provedeny v souladu s regulami uvedenými v žádosti o CHZO „České pivo“ (Commission, 2008) na dvoufázové varně s nepřímým otopem o jmenovitém objemu 50l. Pro přípravu 11% várek byl použit dekokční jednorotový postup (obr. 1). Várky byly

The selected quality characteristics of malts produced from the spring barley varieties recommended for the production of beer with the PGI “Czech beer” must be within a certain range (Commission, 2008). The varieties recommended for the production of beer with PGI “Czech beer” differ in these selected features from the varieties requested by foreign malt buyers.

The RIBM annually performs brewing trials with the spectrum of varieties that are processed by large domestic malthouses. In 2014 (harvest 2013), RIBM started brewing trials with varieties listed in the List of recommended varieties of spring barley, where the volume of raw material is not always sufficient for operational malting. The necessity of the tests, particularly for “Czech beer” varieties, is documented by the fact that these varieties are grown on more than half of the areas sown with malting barley (Psota et al., 2017).

This article summarizes the results of pilot tests of malts of eleven barley varieties that have been tested since the start of the project, i.e. within three years. These are the varieties recommended for the production of beer with the PGI “Czech beer” – Laudis 550, Petrus and Vendela registered in 2013, the Francin variety registered in 2014 and three previously registered varieties Blaník (2007), Bojos (2005) and Malz (2002). Malt types for export malts were represented by barley varieties Kangoo (2008), Sebastian (2005), Sunshine (2012) and Xanadu (2006). Descriptions of these varieties are given in the Barley Almanac 2017 (Psota, 2017). The varieties Zhana and Artur were further tested in 2014; in 2016, the tested varieties included Gesine, Kampa, KWS Irina, Sanette and two malting winter barley varieties KWS Ariane and Wintmalt. In 2017, the tests were performed with varieties Maltese, Francin, Laudis 550, Manta, Malz, Petrus and Vendela malt varieties for the “Czech beer”, and varieties Kampa, Kangoo, KWS Amadora, KWS Irina, Libuše, Odyssey, Overture, Sebastian, Sunshine, Tango, Xanadu and winter KWS Ariane destined for export. The spectrum of varieties undergoing multi-year testing is thus going to be expanded.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 Malt

The set of malt barley varieties listed in the List of recommended barley varieties underwent brewing trials, in 2014-2016 (harvests 2013 to 2015). It included the varieties recommended for the production of beer with PGI “Czech beer” Blaník, Bojos, Francin, Laudis 550, Malz, Petrus and Vendela. Other malting varieties in the tested set involved spring varieties Kangoo, Sebastian, Sunshine and Xanadu.

Grain samples of the varieties obtained in the relevant harvest year were used to prepare malts prepared by a uniform procedure given in Table 1.

2.2 Brewing trials

The test brews were carried out in accordance with the rules set out in the application for PGI “Czech beer” (Commission, 2008) in a two-vessel brewhouse with indirect heating with a nominal volume of 50 liters. A one-step decoction mashing procedure (Fig. 1) was used for the preparation of 11% brews. The brews were lautered and sparged together to the overall extract content in the wort. The delay in the lauter tun before lautering was 20 minutes.

Hopping (hop CO₂ extract of Magnum variety and Saaz hop pellets 1:1) was done in three doses, 30% at the beginning, 50% after 30 minutes, and 20% of hops 10 minutes before the end of the hopping. Atmospheric wort boiling lasted 80 minutes. The hopped wort was desludged in a vortex tub, cooled by a plate cooler to a pitching temperature of 10 °C and aerated to a dissolved oxygen content of 8 +/- 0.5 mg/l.

The main fermentation took place in open vats. The wort was pitched with 370 g/hl of pressed pitching yeast strain No. 95 from the RIBM collection. The maximum fermentation temperature was 12 °C ± 0.1 °C. At a difference between apparent and achievable attenuation of about 10%, the brew was chilled to 5–6 °C for 24 hours and vatted. The storage temperature was in the range of 1–2 °C. The storage time was three weeks at a bunging pressure of 100 kPa.

The beer was filtered through a plate filter and bottled on a bottling machine with double bottle evacuation and pre-filling with carbon dioxide. Bottled beer was pasteurized in an immersion bath digester to a level of about 20 PU.

2.3 Analysis

The analysis of barley and malt samples was performed according to the EBC Analysis methodology (2010) and MEBAK (MEBAK,

scezeny a vyslazeny na obsah extraktu ve sladčině pohromadě. Prolevení a scezovací kádí před scezováním trvala 20 minut.

Chmelení (chmelový CO₂ extrakt z odrůdy Magnum a granule Žateckého poloraného červeňáku 1:1) bylo ve třech dávkách, 30% na začátku, 50% po 30 minutách a 20% chmele 10 minut před koncem chmelovaru. Atmosférický chmelovar trval 80 minut. Mladina byla odkalena ve vířivé kádí, dochlazena deskovým chladičem na zákvasnou teplotu 10 °C a provzdušněna na obsah rozpuštěného kyslíku 8 +/- 0,5 mg/l.

Hlavní kvašení proběhlo v otevřených kádích. Mladina byla zakvasěna dávkou 370 g/hl lisovaných násadních kvasnic kmene č. 95 sbírky VÚPS. Maximální teplota kvašení byla 12 °C ± 0,1 °C. Při rozdílu mezi zdánlivým a dosažitelným prokvašením cca 10% byla várka během 24 hodin zchlazena na teplotu 5–6 °C a sudována. Teplota ležení byla v rozmezí 1–2 °C. Doba ležení byla tři týdny při hradičním tlaku 100 kPa.

Piva byla filtrována deskovým filtrem a stočena do láhví na strojovém plniči s dvojitou evakuací láhví a předplněním láhví oxidem uhličitým. Stočené pivo bylo pasterováno v ponorném pastéru na úroveň cca 20 PU.

2.3 Analýzy

Rozbor vzorků ječmene a sladu byl proveden podle metodik uvedených v analytice EBC (EBC Analysis committee, 2010) a MEBAK (MEBAK, 2011). Analýzy chmele, mladiny a piv byly provedeny podle Analytiky EBC (EBC Analysis committee, 2010) a Pivovarsko-sladařské analytiky (Basařová, 1993). Pěnivost byla stanovena metodou NIBEM (MEBAK, 2011). Senzorická analýza byla provedena deskriptivní metodou (Olšovská et al., 2017) panelem trénovaných hodnotitelů VÚPS. Variabilita experimentálních dat je na obrázcích vyjádřena směrodatnou odchylkou, rozdíly mezi odrůdami a ročníky byly hodnoceny dvoufaktorovou analýzou rozptylu (ANOVA). Vybrané sensorické parametry byly dále podrobeny analýze hlavních komponent (PCA).

3 VÝSLEDKY A DISKUSE

3.1 Slady

Analýza sladů byla provedena uzančním postupem, tj. z laboratorní sladiny připravené kongresním, infuzním postupem (EBC Analysis committee, 2010). Složení takové sladiny se liší od sladiny vyrobené intenzivnějším dekokčním postupem používaným v tuzemských pivovarech a který je závazný pro výrobu piva dle CHZO „České pivo“.

Pro laboratorní sladování byl použit postup tradičně používaný ve VÚPS, který je v podstatě totožný s metodikou MEBAK (2011). Z výsledků analýz sladu jsou patrné jak rozdíly mezi odrůdami v konkrétních znacích, tak vliv ročníku (tab. 2).

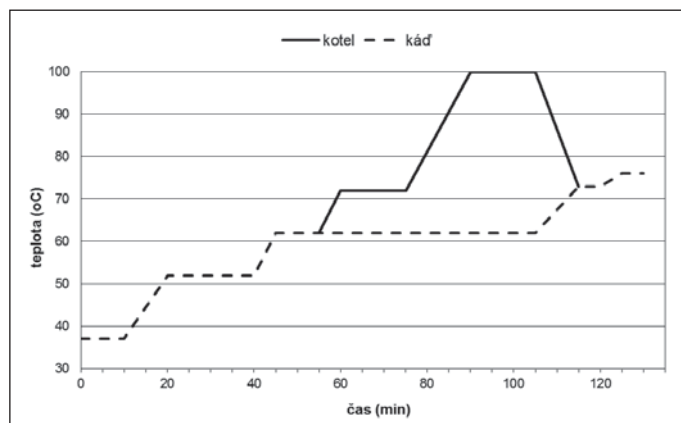
Obsah extraktu v sušině sladu se pohyboval od 82,0% (Francin a Vendela) po hodnotu 85,2% (Malz). Rozdíly mezi ostatními odrůdami byly neprůkazné, trend k vyšším hodnotám (cca 83,5%) byl u sladů Blaník, Bojos, Sebastian a Sunshine.

Dosažitelný stupeň prokvašení sladin byl u odrůd pro „České pivo“ s výjimkou odrůdy Vendela (83%) nižší než limit 82%. Nízký dosažitelný stupeň prokvašení byl u sladů z odrůd Bojos a Francin (79,5%) a dále Kangoo (80,5%). Ve sklizni 2015 byl trend k vyššímu prokvašení oproti sklizním 2013 a 2014.

Diastatická mohutnost byla v celkovém průměru asi 350 j.WK a jeví značnou odrůdovou závislost. Vysoké hodnoty byly u odrůd Kangoo (445 j.WK) a dále Sunshine a Petrus (395 j.WK). Relativně nízké byly hodnoty u sladů Laudis, Malz (300 j. WK) a dále Blaník, Bojos (325 j. WK). Spodní limit sladů pro České pivo je 220 j.WK. Extrakt sladu ani dosažitelný stupeň prokvašení nezávisely na diastatické mohutnosti.

Průměrný obsah dusíkatých látek ve sladech mezi sklizněmi 2013 až 2015 klesal (10,7 – 9,0 – 9,6%), obsah rozpustného dusíku a stupeň proteolytického rozluštění naopak stoupal (Kolbachovo číslo 43,0 – 44,8 – 44,5%). Slady z odrůd pro „České pivo“ měly ve sklizních 2013 a 2014 úroveň Kolbachova čísla pod horním limitem uvedeným v žádosti o CHZO „České pivo“ (36 – 42%). Relativně vysoký stupeň proteolytické modifikace byl u sladů z odrůd Malz a Vendela. Z odrůd pro export sladu měl vysokou hodnotu slad z odrůdy Sunshine (48%) a naopak nízkou hodnotu slad z odrůdy Xanadu (41%).

Cytolytická modifikace zrna daná hodnotou friability (v průměru 88,5%) byla značně odrůdově závislá. Vysoké hodnoty vykazovaly slady z odrůd Vendela a Sunshine (96%), relativně nízké hodnoty vykazovaly slady z odrůd Blaník a Francin (83,5%), nejnižší průměrnou hodnotu měl slad z odrůdy Xanadu (78,5%). Předepsaná mini-



Obr. 1 Diagram rmutování pokusných várek

Fig. 1 Mashing Diagram of trial brews

čas / time (min) teplota / temperature (°C) kotel / kettle kád / tun

2011). Hops, wort and beer analyzes were conducted according to the EBC Analytics (EBC Analysis Committee (2010) and the Brewery and Malt Analytics (Basařová, 1993). Foaming power was determined by the NIBEM method (MEBAK, 2011). Sensory analysis was carried out using a descriptive method (Olšovská et al., 2017) by a panel of trained RIBM evaluators. The variability of experimental data is represented by the standard deviation. The differences between the varieties and the years were evaluated by the two-factor analysis of variance (ANOVA). Selected sensory parameters were further analyzed by the principal component analysis (PCA).

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Malts

Malt analysis was performed using a usual procedure, i.e. in a laboratory wort prepared by congress infusion mashing (EBC Analysis Committee, 2010) and MEBAK (MEBAK, 2011). The composition of such wort differs from the wort produced by the intensive decoction process used in domestic breweries, which is mandatory for the production of beer according to the PGI “Czech beer”. The procedure traditionally used in the RIBM, which is basically identical with the MEBAK methodology, was used for the laboratory malting. The results of the malt analyses show both the differences between the varieties in the particular characters and the influence of the crop year (Table 2). The malt extract content ranged from 82.0% (Francin and Vendela) to 85.2% (Malz). The differences between the other varieties were inconclusive; Blaník, Bojos, Sebastian and Sunshine showed a trend towards higher values (about 83.5%). Except for the Vendela variety (83%), the achievable attenuation in varieties for “Czech beer” was lower than the 82% limit. The lowest achievable attenuation was determined with Bojos and Francin malt (79.5%) and also Kangoo (80.5%). The 2015 harvest exhibited a trend towards a higher attenuation compared to the 2013 and 2014 harvests.

The diastatic activity was about 350 WK units in total and showed a considerable varietal dependence. High values were found in Kangoo (445 WK units) and Sunshine and Petrus (395 WK units). Relatively low were the values for Laudis, Malz, (300 WK), Blaník and Bojos (325 WK). The lower limit of malts for Czech beer is 220 WK units. The malt extract and the achievable attenuation were independent of diastatic activity.

The average nitrogen content in malts declined between harvests 2013 to 2015 (10.7 – 9.0 – 9.6%), the content of soluble nitrogen and the degree of proteolytic modification increased (Kolbach index 43.0 – 44.8 – 44.5%). Malt varieties for “Czech beer” in the 2013 and 2014 harvests had Kolbach index level below the upper limit indicated in the PGI “Czech beer” application (36–42%). A relatively high degree of proteolytic modification was found in Malz and Vendela varieties. Among export malt varieties, Sunshine malt had a high value (48%) while Xanadu had a low value (41%).

Cytolytic grain modification given by friability (on average 88.5%) was highly variety- dependent. Vendela and Sunshine varieties showed high values (96%), Blaník and Francin (83.5%) exhibited a relatively low value and the lowest average value was found in Xanadu variety (78.5%). The prescribed minimum friability value for malts suitable for “Czech beer” is 75%. Similarly to friability, the content of beta-glucans (on average 181 mg/l) was variety-dependent.

Tab. 2 Výsledky rozboru sladů / Table 2 Results of malt analysis

	sklizeň harvest	Odrůdy doporučené pro „České pivo“ Varieties recommended for “Czech beer”							Další sladovnické odrůdy Other malting barley varieties				Průměr / Average	„České pivo“ “Czech beer”	Ostatní odrůdy Other varieties
		Blaník	Bojos	Francin	Laudis 550	Malz	Petrus	Vendela	Kangoo	Sebastian	Sunshine	Xanadu			
Extrakt moučky v sušině (%) Extract (%)	2013	84.0	84.1	81.9	83.5	85.6	82.4	81.5	82.6	83.4	83.3	82.2	83.1	83.3	82.9
	2014	83.2	83.6	81.5	82.8	84.6	82.8	82.6	82.7	83.6	83.4	84.3	83.2	83.0	83.5
	2015	83.2	83.5	82.5	83.4	85.3	83.7	81.5	83.3	84.0	83.4	81.5	83.2	83.3	83.1
Dosažitelné prokvašení (%) Limit attenuation (%)	2013	81.5	79.0	79.0	80.9	81.2	81.1	82.7	82.2	81.4	83.5	78.8	81.0	80.8	81.5
	2014	80.7	78.6	79.0	80.6	80.4	80.9	82.4	83.0	82.6	82.3	81.5	81.1	80.4	82.4
	2015	80.2	81.1	81.0	82.7	82.5	83.1	83.7	83.0	82.6	83.9	81.1	82.3	82.0	82.7
Diastatická mohutnost (j.WK) Diastatic power (WK)	2013	394	386	350	312	329	388	399	470	318	383	345	370	365	379
	2014	364	301	379	310	306	373	392	412	339	366	327	352	346	361
	2015	214	298	325	286	278	423	279	454	404	446	382	345	300	422
Kolbachovo číslo (%) Kolbach index (%)	2013	40.3	37.8	42.3	38.7	42.5	38.6	43.6	46.2	38.6	45.9	41.3	41.4	40.5	43.0
	2014	39.5	41.5	44.3	39.9	42.8	40.1	46.0	42.2	43.2	51.1	42.8	43.0	42.0	44.8
	2015	37.9	48.1	46.3	49.5	51.3	49.2	47.5	46.1	44.6	47.5	39.9	46.2	47.1	44.5
Dusíkaté látky (%) Nitrogen compounds (%)	2013	10.5	11.3	11.2	10.7	10.3	10.7	10.2	10.8	9.4	10.3	11.7	10.7	10.7	10.6
	2014	9.7	10.1	11.1	10.4	10.2	9.9	9.9	10.0	8.9	10.4	9.8	10.0	10.2	9.8
	2015	9.7	9.3	10.0	9.4	9.1	9.6	8.1	10.0	9.2	9.9	10.7	9.6	9.3	10.0
Rozpuštěný dusík (mg/100 ml) Soluble nitrogen (mg/100 ml)	2013	67.4	68.4	75.5	66.1	70.1	66.1	70.8	79.9	57.8	75.5	77.2	70.4	69.2	72.6
	2014	68.6	74.8	88.2	73.7	77.6	71.2	81.8	76.0	68.5	96.0	74.9	77.4	76.6	78.9
	2015	65.1	80.2	82.6	83.3	83.6	84.2	69.1	82.5	72.9	84.6	76.3	78.6	78.3	79.1
Barva sladiny (j.EBC) Colour (EBCU)	2013	2.5	2.2	2.7	2.4	2.2	2.9	2.6	2.8	2.7	2.6	3.2	2.6	2.5	2.8
	2014	3.5	2.7	3.3	2.7	2.6	3.5	3.4	3.3	2.9	3.8	3.4	3.2	3.1	3.4
	2015	2.7	2.7	2.8	2.8	2.8	2.9	3.1	2.8	2.7	2.7	3.2	2.8	2.8	2.9
pH	2013	5.89	6.00	5.90	5.99	5.97	5.93	5.95	5.96	5.99	5.98	5.93	5.95	5.95	5.97
	2014	5.97	6.00	5.92	6.03	5.97	6.00	6.02	6.04	6.01	5.94	6.03	5.99	5.99	6.01
	2015	5.98	5.95	5.94	5.98	5.93	5.93	6.02	6.01	6.01	5.99	6.03	5.98	5.96	6.01
Friabilita (%) Friability (%)	2013	86.1	90.1	81.8	93.0	91.3	84.8	94.9	92.6	87.1	96.4	68.1	87.8	88.9	86.1
	2014	81.4	85.1	86.0	84.1	88.8	86.6	94.8	87.4	86.2	94.0	81.3	86.9	86.7	87.2
	2015	82.6	91.8	83.3	94.9	95.5	90.8	98.2	89.0	86.0	97.3	85.4	90.4	91.0	89.4
Beta-glukany (mg/l) Beta-glucans (mg/l)	2013	231	127	204	129	192	195	49	123	266	40	210	161	161	160
	2014	431	242	103	243	259	254	61	173	186	62	232	204	228	163
	2015	504	118	220	85	125	102	79	182	325	32	190	178	176	182
Arabinoxylany (mg/l) Arabinoxylans (mg/l)	2013														
	2014	634	651	726	670	621	741	792	1030	706	750	688	728	691	794
	2015	582	541	643	593	899	708	670	793	514	699	508	650	662	629
Celkové polyfenoly (mg/l) Total polyphenols (mg/l)	2013	52.8	51.3	53.7	51.9	59.0	70.3	78.9	70.5	82.2	68.6	52.6	62.9	59.7	68.5
	2014	71.0	56.0	69.0	61.0	63.0	75.0	73.0	64.0	71.0	68.0	56.0	66.1	66.9	64.8
	2015	69.0	61.3	62.9	70.7	86.8	81.4	77.9	60.5	70.1	84.1	59.2	71.3	72.9	68.5

mální hodnota friability u sladů pro „České pivo“ je 75 %. Obsah beta-glukanů (v průměru 181 mg/l) byl obdobně jako friabilita odrůdově závislý. Velmi nízké hodnoty měly slady z odrůd Vendela a Sunshine (63 a 45 mg/l), nejvyšší hodnoty byly u sladů z odrůd Blaník (390 mg/l) a Sebastian (259 mg/l). Obsah beta-glukanů závisel na friabilitě ($r = -0,657$), je ale zřejmé, že z hodnoty friability je možno usoudit pouze na riziko zvýšené hladiny beta-glukanů, například slady z odrůd Blaník a Francin měly při shodné indikaci cytolytického rozluštění (friabilita 83 %) významně odlišný obsah beta-glukanů (389 a 176 mg/l).

Hodnota pH sladin byla v odrůdových průměrech s výjimkou odrůdy Petrus (5,92) v úzkém rozmezí 5,95 až 6,00. Barva sladin byla nejnižší ve sklizni 2013 (2,8 j. EBC) a nejvyšší ve sklizni 2014 (3,4 j. EBC), trend k nižším hodnotám byl u odrůd Bojos, Laudis 550 a Malz. Barva, pH a celkové polyfenoly jsou níže diskutovány v kontextu s barvou dekokčních sladin a pív.

3.2 Varní pokusy

Výsledky varních pokusů s výrobou světlých ležáckých piv jsou dále diskutovány podle základních kritérií kvality piva se zřetelem na výrobu piv podle CHZO „České pivo“. Pro světlý ležák jsou požadovány hodnoty barvy 8 – 16 j. EBC, rozdíl mezi zdánlivým a skutečným prokvašením od 1,0 – 9,0 %, obsah hořkých látek od 20 – 45 j. EBC, pH 4,1 – 4,8, obsah celkových polyfenolů od 130 – 230 mg/l.

Vendela and Sunshine varieties (63 and 45 mg/l) had very low values, the highest values were found with Blaník (390 mg/l) and Sebastian (259 mg/l). The content of beta-glucans was dependent on friability ($r = -0,657$). However, it is clear that the friability value can only be used to judge the risk of elevated beta-glucan levels; for instance, Blaník and Francin malts have the same indication of cytolytic modification (friability 83 %) but a significantly different content of beta-glucans (389 and 176 mg/l).

The pH of the sweet worts was in the narrow range of 5.95 to 6.00 with the exception of the Petrus variety (5.92). The color of the worts was the lowest in the 2013 harvest (2.8 EBC units) and the highest in the 2014 harvest (3.4 EBC units), Bojos, Laudis 550 and Malz tended to lower values. The color, pH and total polyphenols are discussed below in the context with the color of decoction wort and beer.

3.2 Brewing trials

The results of brewing tests for the production of light lager beers are discussed below according to the basic quality criteria of beer with regard to the production of beers according to the PGI „Czech beer“. The values required for the light lager are color of 8–16 EBC units, the difference between apparent and actual attenuation from 1.0–9.0%, the content of bitter substances from 20–45 EBC units, pH 4.1–4.8 and total polyphenols from 130 to 230 mg/l. For similar

Tab. 3 Výsledky rozboru pokusných sladů / Table 3 Results of experimental sweet wort analysis

	sklizeň harvest	Odrůdy doporučené pro „České pivo“ Varieties recommended for “Czech beer”							Další sladovnické odrůdy Other malting barley varieties				Průměr Average	„České pivo“ “Czech beer”	Ostatní odrůdy Other varieties
		Blaník	Bojos	Francin	Laudis 550	Malz	Petrus	Vendela	Kangoo	Sebastian	Sunshine	Xanadu			
Barva (j.EBC) Colour (EBCU)	2013	5.3	4.0	5.3	5.9	4.2	5.6	6.3	6.0	4.9	5.4	7.2	5.5	5.2	5.9
	2014	5.0	5.8	6.1	6.5	6.2	4.9	5.6	7.2	6.8	8.1	7.4	6.3	5.7	7.4
	2015	4.7	5.6	5.7	6.1	5.9	6.8	7.2	6.1	5.1	5.8	8.1	6.1	6.0	6.3
pH	2013	5.76	5.81	5.74	5.90	5.78	5.73	5.78	5.75	5.78	5.81	5.73	5.80	5.79	5.77
	2014	5.91	5.80	5.75	5.90	5.75	5.82	5.57	5.80	5.86	5.93	6.02	5.80	5.79	5.90
	2015	5.68	5.60	5.50	5.72	5.79	5.75	5.73	5.94	5.92	5.91	6.31	5.80	5.68	6.02
Celkové polyfenoly (mg/l) Total polyphenols (mg/l)	2013	138	157	165	153	168	179	203	195	212	195	172	176	166	194
	2014	150	166	178	185	196	180	195	141	193	205	197	181	179	184
	2015	148	182	186	179	205	219	235	178	207	225	178	195	193	197
Aminodusík (mg/l) FAN (mg/l)	2013	164	170	247	187	180	227	242	214	156	200	208	200	202	195
	2014	190	194	218	249	201	179	237	197	145	254	202	206	210	199
	2015	151	209	189	213	203	216	201	198	180	219	214	199	198	203

Tab. 4 Výsledky rozboru pokusných mladiny / Results of experimental hopped wort analysis

	sklizeň harvest	Odrůdy doporučené pro „České pivo“ Varieties recommended for “Czech beer”							Další sladovnické odrůdy Other malting barley varieties				Průměr Average	„České pivo“ “Czech beer”	Ostatní odrůdy Other varieties
		Blaník	Bojos	Francin	Laudis 550	Malz	Petrus	Vendela	Kangoo	Sebastian	Sunshine	Xanadu			
Barva (j.EBC) Colour (EBCU)	2013	8.3	7.5	8.7	8.3	7.6	9.0	9.8	9.5	7.6	9.1	11.1	8.8	8.4	9.3
	2014	8.0	8.7	8.8	8.0	9.3	7.9	9.2	8.3	8.4	11.2	10.4	8.9	8.6	9.6
	2015	6.5	8.5	8.5	9.3	8.9	10.4	10.2	9.7	8.2	9.2	13.0	9.3	8.9	10.0
pH	2013	5.61	5.65	5.56	5.79	5.65	5.57	5.64	5.63	5.63	5.69	5.60	5.64	5.64	5.64
	2014	5.77	5.69	5.63	5.81	5.66	5.68	5.47	5.65	5.76	5.76	5.76	5.69	5.67	5.73
	2015	5.54	5.47	5.37	5.56	5.67	5.62	5.59	5.83	5.75	5.76	6.17	5.67	5.55	5.88
Celkové polyfenoly (mg/l) Total polyphenols (mg/l)	2013	213	222	271	248	283	255	294	278	307	281	270	266	255	284
	2014	237	221	233	235	265	260	225	232	253	245	249	241	239	245
	2015	189	226	245	239	277	275	304	243	279	275	225	252	251	256
Aminodusík (mg/l) FAN (mg/l)	2013	180	172	234	178	180	205	241	215	162	191	207	197	199	193
	2014	178	209	214	160	203	186	237	196	152	265	211	201	198	206
	2015	154	216	195	224	213	229	209	207	185	226	222	207	206	210
Dosažitelné prokvašení (%) Limit attenuation (%)	2013	81.9	78.1	80.9	81.6	81.9	79.7	83.0	84.3	82.6	81.7	77.1	81.2	81.0	81.4
	2014	82.6	79.2	77.2	82.8	78.5	76.2	80.8	79.2	79.5	86.0	86.4	80.8	79.6	82.8
	2015	82.5	86.0	84.4	85.1	86.9	85.8	90.5	86.3	85.9	88.9	87.1	86.3	85.9	87.1

Tab. 5 Výsledky chemického rozboru pokusných piv / Results of chemical analysis of experimental beers

	sklizeň harvest	Odrůdy doporučené pro „České pivo“ Varieties recommended for “Czech beer”							Další sladovnické odrůdy Other malting barley varieties				Průměr Average	„České pivo“ “Czech Beer”	Ostatní odrůdy Other varieties
		Blaník	Bojos	Francin	Laudis 550	Malz	Petrus	Vendela	Kangoo	Sebastian	Sunshine	Xanadu			
Barva (j.EBC) Colour (EBCU)	2013	4.8	4.6	6.5	5.3	4.7	6.6	6.1	6.3	4.7	5.5	7.3	5.7	5.5	6.0
	2014	5.3	6.4	6.8	7.0	6.8	6.0	6.1	5.5	5.6	7.2	9.3	6.5	6.3	6.9
	2015	4.3	6.1	6.1	6.4	5.9	6.9	6.2	6.4	5.4	6.0	12.1	6.5	6.0	7.5
pH	2013	4.55	4.55	4.42	4.56	4.46	4.47	4.48	4.44	4.48	4.53	4.60	4.50	4.50	4.51
	2014	4.45	4.66	4.59	4.34	4.33	4.27	4.35	4.42	4.41	4.49	4.53	4.44	4.43	4.46
	2015	4.24	4.28	4.51	4.26	4.26	4.31	4.24	4.51	4.43	4.55	4.85	4.40	4.30	4.59
Celkové polyfenoly (mg/l) Total polyphenols (mg/l)	2013	163	165	214	182	190	211	235	219	223	219	210	4	4	5
	2014	173	139	187	159	183	188	185	143	173	178	142	203	194	218
	2015	148	167	173	155	172	203	217	168	184	181	167	168	173	159
Pěnovost (NIBEM) Σ (s/30 mm) / Head retention (NBEM Σ (s/30))	2013	285	267	296	279	275	291	243	257	263	266	264	176	176	175
	2014	284	275	297	329	268	279	244	250	280	291	292	281	282	278
	2015	279	258	277	264	244	236	239	284	290	302	300	270	257	294
Prokvašení zdánlivé (%) Apparent attenuation (%)	2013	70.9	74.5	67.9	73.5	72.4	70.0	78.6	75.7	74.8	73.6	68.9	72.8	72.5	73.3
	2014	81.3	79.3	76.0	78.1	76.9	76.9	83.0	79.1	75.9	82.7	80.6	79.1	78.8	79.6
	2015	76.2	78.9	75.7	86.5	85.0	84.5	89.3	81.5	76.9	82.0	80.3	81.5	82.3	80.2
Prokvašení skutečné (%) Real attenuation (%)	2013	57.2	60.2	54.7	59.3	58.5	56.5	63.4	61.1	60.4	59.4	55.6	58.8	58.5	59.1
	2014	65.6	64.0	61.3	63.0	62.1	62.0	67.0	63.8	61.2	66.8	65.1	63.8	63.6	64.2
	2015	61.5	63.7	61.1	69.8	68.6	68.3	72.2	65.8	62.0	66.2	64.8	65.8	66.5	64.7

Tab. 6 Výsledky senzoričké hodnocení pokusných piv / Table 6 Results of sensory evaluation of experimental beers

	sklizeň harvest	Odrůdy doporučené pro „České pivo“ Varieties recommended for “Czech beer”							Další sladovnické odrůdy Other malting barley varieties				Průměr Average	„České pivo“ “Czech beer”	Ostatní odrůdy Other varieties
		Blaník	Bojos	Francin	Laudis 550	Malz	Petrus	Vendela	Kangoo	Sebastian	Sunshine	Xanadu			
Říz Carbonation	2013	2.8	2.8	3.0	2.6	2.6	3.0	2.9	2.9	2.6	2.3	2.6	2.7	2.8	2.6
	2014	1.8	2.3	2.4	2.5	2.6	2.4	2.5	2.3	2.5	2.3	2.4	2.4	2.4	2.4
	2015	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.3	2.4	2.1	1.3	1.5	1.7	2.2	2.5	1.7
Plnost Palate fullness	2013	2.5	2.7	2.4	2.1	2.5	2.4	2.8	2.8	2.5	2.8	2.8	2.6	2.5	2.7
	2014	2.5	2.1	2.1	2.6	2.0	1.9	2.3	2.0	2.4	2.2	2.1	2.2	2.2	2.2
	2015	1.7	1.9	1.9	2.3	1.9	1.9	2.1	2.7	2.2	2.4	2.2	2.1	2.0	2.4
Hořkost Bitterness	2013	2.7	2.6	2.7	2.4	2.5	2.8	2.5	2.4	2.6	2.5	2.8	2.6	2.6	2.6
	2014	2.0	2.1	2.1	2.6	1.9	2.0	2.4	2.3	2.3	2.6	2.5	2.3	2.2	2.4
	2015	1.7	1.7	2.0	1.8	1.8	1.7	1.7	1.8	1.2	1.6	2.0	1.7	1.8	1.6
Trpkost Astringency	2013	1.2	1.1	1.3	1.0	1.1	0.8	1.0	1.0	1.3	1.3	1.5	1.1	1.1	1.3
	2014	1.4	1.3	1.4	1.7	1.3	2.2	1.7	1.1	1.6	1.7	1.2	1.5	1.6	1.4
	2015	1.2	0.9	1.1	1.5	1.2	1.2	1.2	1.4	1.3	1.5	1.4	1.3	1.2	1.4
Kyselost Sourness	2013	1.2	1.6	1.6	1.0	1.6	1.6	2.1	1.6	1.8	1.3	1.2	1.5	1.5	1.5
	2014	1.4	1.9	1.9	2.0	2.1	1.9	1.9	1.5	1.3	2.0	1.7	1.8	1.9	1.6
	2015	2.1	1.9	1.8	1.8	1.9	1.8	2.2	2.2	2.0	1.6	1.9	1.9	1.9	1.9
Sladkost Sweetness	2013	1.7	1.6	1.9	1.4	1.4	1.3	1.9	1.6	2.3	2.6	2.0	1.8	1.6	2.1
	2014	1.9	1.9	1.6	1.4	1.6	1.8	1.7	1.8	2.3	1.8	2.1	1.8	1.7	2.0
	2015	1.5	1.4	1.4	1.5	1.7	1.4	1.4	2.2	2.1	2.0	2.0	1.7	1.5	2.1
Celkový dojem Overall impression	2013	4.1	3.9	3.9	4.0	3.4	4.4	4.3	4.2	4.9	4.6	3.6	4.1	4.0	4.3
	2014	4.8	5.0	4.8	4.7	5.6	5.4	5.3	4.7	5.8	5.6	5.2	5.2	5.1	5.3
	2015	5.1	4.6	4.5	4.6	4.4	4.2	4.8	5.0	5.0	4.1	5.6	4.7	4.6	4.9

Tab. 7 Výsledky sledování scezování / Table 7 Results of the monitoring of lautering

	sklizeň harvest	Odrůdy doporučené pro „České pivo“ Varieties recommended for “Czech beer”							Další sladovnické odrůdy Other malting barley varieties				Průměr Average	„České pivo“ “Czech beer”	Ostatní odrůdy Other varieties
		Blaník	Bojos	Francin	Laudis 550	Malz	Petrus	Vendela	Kangoo	Sebastian	Sunshine	Xanadu			
Rychlost scezování (l/min) Lautering rate (l/min)	2013	0.91	0.87	0.87	0.73	0.77	0.87	0.83	0.89	0.95	0.89	0.95	0.87	0.84	0.92
	2014	0.75	1.08	1.08	0.90	0.88	0.95	1.03	1.09	1.02	0.94	1.11	0.98	0.95	1.04
	2015	0.85	1.00	1.09	1.00	0.85	1.00	1.02	0.98	1.09	0.88	0.91	0.97	0.97	0.97

U obdobných zahraničních světých ležáků jsou hodnoty uvedených kritérií, zvláště barvy a polyfenolů zpravidla nižší (Olšovská et al., 2014). Výsledky rozboru pivovarských sladů, mladiny a piv jsou shrnuty v tab. 3 až 6, v tab. 7 jsou výsledky sledování scezování sladiny.

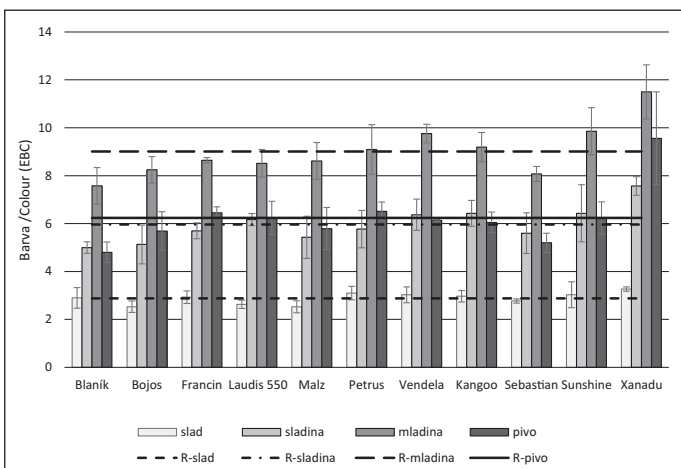
Barva. Barva je jedním ze základních senzoričkových atributů piva, její hodnota je součástí charakteru typu piva a popisu určité značky piva. Průměrná barva sladů pro odrůdy byla pro Bojos, Laudis, Malz a Sebastian nižší než průměrná hodnota celého hodnoceného souboru sladů (2,88 j. EBC). Barva dekokčních sladů korespondovala s barvou sladů jen částečně ($r=0,552$, $n=33$). Tak zejména u sladů odrůdy Blaník a v menší míře u sladů odrůd Petrus, Francin a Sebastian byly průměrné hodnoty barvy pivovarských sladů nižší, než by odpovídalo barvě sladů a nižší oproti průměru celého souboru (5,96 j. EBC) (obr. 2). Barevné látky ve sladince a mladince vznikají termickým působením, oxidací polyfenolů, Maillardovou reakcí (reakce aminokyselin a redukujících cukrů a karamelizací) (Basařová et al., 2010). Reakční rychlost roste s teplotou, vzhledem k povahařování rmutů a delší době rmutování mají dekokční sladiny vyšší barvu v porovnání se sladinci infuzními. Barva dekokčních sladů korelovala s obsahem aminodusíku ve sladince ($r=0,442$) a obsahem rozpustných dusíkatých látek ve sladice ($r=0,390$) na hladině pravděpodobnosti 99%, obdobné vztahy pro barvu sladů byly slabší, průkazné na hladině pravděpodobnosti 95%.

V průběhu chmelovaru barva stoupá jak další tepelnou zátěží, tak reakcemi chmelových látek, zejména polyfenolů (Basařová et al., 2010). Průměrná barva mladiny byla 9,01 j. EBC. Při jednotném chmelení se rozdíl v barvě sladů zachoval i v mladince, barva sladů a mladiny silně korelovala ($r=0,811$). V průběhu kvašení a zrání piva hodnota barvy klesala, pokles byl úměrný intenzitě barvy mladiny (korelace mladina pivo $r=0,836$), průměrná barva piv (6,24 j. EBC) byla blízká barvě dekokčních sladů. Hodnoty barvy těchto sladů

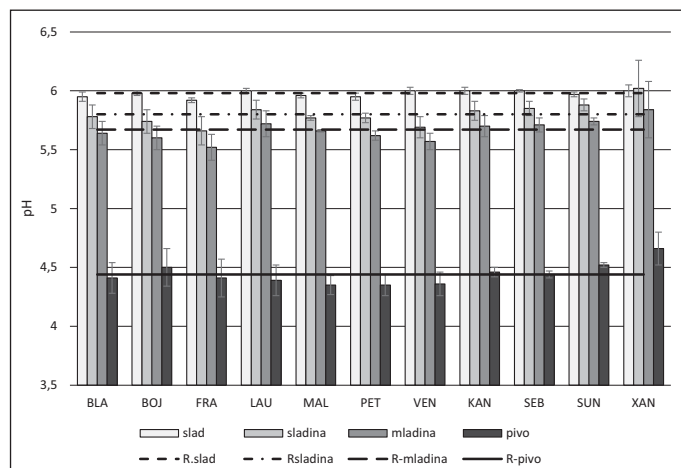
foreign light lagers, the values of these criteria, in particular color and polyphenols, are generally lower (Olšovská et al., 2014). The results of the analysis of sweet worts, hopped worts and beers are summarized in Tables 3 to 6; Table 7 gives the results of wort lautering.

Color. Color is one of the basic sensory attributes of beer. Its value is part of a beer type and a description of a given beer brand. Average varietal color of malt for Bojos, Laudis, Malz, and Sebastian was lower than the average value for the entire set of malts (2.88 EBC). The color of the decoction wort corresponded only partially to the malt color ($r = 0.552$, $n = 33$). Thus, especially for Blaník malt and, to a lesser extent, for malts of the Petrus, Francin and Sebastian varieties, the average brewery wort color values were lower than those of the malt color and lower than the average of the whole set (5.96 EBC) (Fig. 2). Color substances in sweet wort and hopped wort are formed by thermal action, oxidation of polyphenols and Maillard reaction (reaction of amino acids and reducing sugars and caramelization) (Basařová et al., 2010). The reaction rate increases with temperature; due to mash boiling and longer mashing time decoction worts have a higher color compared to infusion worts. The color of the decoction wort correlated with the wort amino acid content ($r = 0.442$) and the soluble nitrogen content in malt ($r = 0.390$) at a probability level of 99%; similar malt color relations were weaker, at a 95% probability level.

During wort boiling, the color increases due to both the heat load and the reactions of hop substances, especially polyphenols (Basařová et al., 2010). The average color of the wort was 9.01 EBC units. In the case of uniform hopping, the differences in the color of the malts were maintained in the wort and the color of the malts and worts strongly correlated ($r = 0.811$). During fermentation and maturation of beer, the value of the color decreased; the decrease was proportional to the intensity of the color of the wort (wort/beer correla-



Obr. 2 Výsledky analýzy barvy sladů, sladiny, mladiny a piva / Fig. 2 The results of color analysis of malt, sweet wort, hopped wort and beer / slad / malt / sladina / sweet wort / mladina / hopped wort / pivo / beer / R-průměr / average



Obr. 3 Výsledky analýzy pH sladů, sladiny, mladiny a piva / Fig. 3 The results of pH analysis of malt, sweet wort, hopped wort and beer / slad / malt / sladina / sweet wort / mladina / hopped wort / pivo / beer / R-průměr / average

dost silně korelovaly s barvou piva ($r=0,726$), podstatně slabší byla relace mezi barvou sladů, kongresní sladiny ($r=0,445$) a piva, predikce barvy piva vyrobeného dekokčním rmutováním na základě barvy sladů je tak velmi nepřesná. Nejnižší barvy piva byly u sladů odrůd Blaník (4,8 j. EBC), Bojos (5,7 j. EBC), Sebastian (5,2 j. EBC) a Malz (5,8 j. EBC), u dalších odrůd byla barva v rozmezí 6,1 až 6,6 j. EBC a výrazně vyšší barvu měla piva ze sladů odrůdy Kangoo (9,6 j. EBC) (obr. 2, tab. 5). Je zřejmé, že u některých odrůd ječmene doporučených pro České pivo s nižší proteolytickou, sacharolytickou a cytolitickou modifikací můžeme očekávat nižší barvy piva. Barva piva závisí kromě sladů na technicko-technologických podmínkách jeho zpracování v pivovarském procesu. Nižší tepelná zátěž při rmutování a chmelovaru spolu s nižší expozicí kyslíku v těchto operacích snižují výslednou barvu piva. Absolutní hodnota barvy piva tedy závisí na zařízení varny a technologii. V pokusném pivovaru VÚPS je proces veden s co možno nejmenší tepelnou zátěží a provzdušněním.

pH. Hodnota pH sladů a piva má význam z několika hledisek. Činnost sacharolytických a proteolytických enzymů při rmutování je významně ovlivněna pH sladu. Běžné pH kongresní sladiny světlého sladu je 5,6–6,0. Pro přeměnu škrobu je optimální hodnota pH rmutu 5,3. Pokles pH v průběhu kvašení a zrání piva podporuje číření a přirozenou koloidní stálost piva, koloidní zákal je tvořen komplexem polyfenolů s bílkoviny a polysacharidy, tyto komplexy mají isoelektrický bod a tedy nejnižší rozpustnost v kyselé oblasti pH. Samotné pH piva se uplatňuje i v organoleptickém vjemu, České světlé ležáky mají pH mírně vyšší oproti obdobným zahraničním pivům (Olšovská et al., 2014).

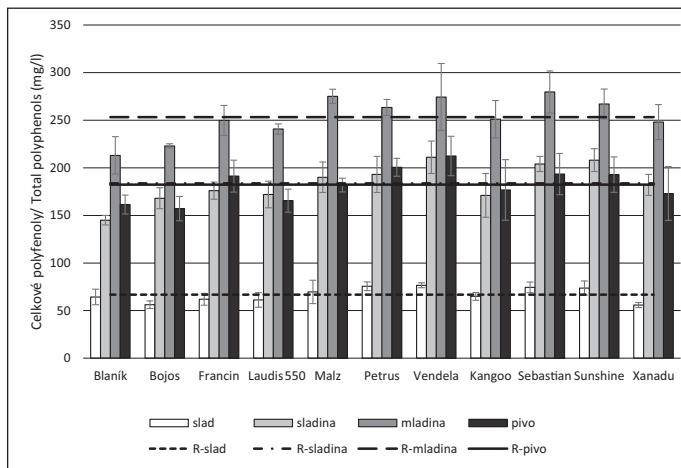
Slady, laboratorní sladiny odrůd doporučených pro „České pivo“ měly značně vyrovnané hodnoty pH. U pivovarských sladů je patrný trend k nižším hodnotám u odrůd doporučených pro „České pivo“ oproti odrůdám pro export, nejvyšší hodnoty byly u sladů z odrůdy Kangoo (obr. 3). Hodnoty pH sladů jen slabě korelovaly s hodnotami dekokčních sladů ($r = 0,426$) a nekorelovaly s pH piva ($r = 0,128$). Hodnoty sladiny a mladiny byly v silném vzájemném vztahu ($r = 0,975$), vztah mezi mladinou a finálním pivem byl méně výrazný ($r = 0,641$). Pro pH piva z odrůd doporučených pro „České pivo“ je s výjimkou odrůdy Bojos patrný trend k nižším hodnotám oproti exportním odrůdám, rozdíly nebyly průkazné. Barva piva slabě, ale průkazně na hladině pravděpodobnosti 95% korelovala s pH piva. Barva je z části tvořena oxidovanými polyfenolovými sloučeninami (Basařová et al., 2010) s přechodem mezi bezbarvou a barevnou formou závislým na pH prostředí.

Celkové polyfenoly. Obsah celkových polyfenolů v pivu nad 130 mg/l je jedním z parametrů „Českého piva“. Průměrný obsah celkových polyfenolů ve sladech diskutovaného souboru vzorků byl 66,8 mg/l (obr. 4). Pod průměrem souboru byly hodnoty u odrůd Bojos, Blaník, Laudis 550, Francin, Kangoo a Xanadu. Průměrný obsah v dekokčních sladkách přepočtený na 11% extrakt byl 183,6 mg/l. Obsah v dekokčních sladkách je přibližně dvojnásobný oproti přepočtené hodnotě v kongresní sladce (82,3 mg/l, $E=11\%$). Je to zřejmě dáno jak vysazením mláta při pivovarské výrobě, tak vyšší intenzitou dekokčního rmutování v porovnání s infuzním postupem přípravy laboratorní sladiny. Obsah celkových polyfenolů v laboratorní a pivovarské sladce koreloval ($r = 0,675$). Polyfenolové látky jsou v obilce

tion $r = 0,836$) and the average beer color (6.24 EBC) was close to the color of the decoction wort. The color values of these worts strongly correlated with the color of beers ($r = 0,726$). The relationship between malt color in congress worts ($r = 0,445$) and beers was significantly weaker; the prediction of the color of the beer produced by decoction mashing based on malt color is thus inaccurate. The lowest beer colors were found in Blaník (4.8 EBC), Bojos (5.7 J EBC), Sebastian (5.2 J EBC) and Malz (5.8 J EBC). In other varieties the color was in the range of 6.1 to 6.6 EBC, and the color of beer made from Kangoo malt (9.6 J EBC) was markedly higher (Fig. 2, table 5). It is obvious that one can expect lower beer colors for some barley varieties recommended for Czech beer with lower proteolytic, saccharolytic and cytolitic modification. The color of beer depends, in addition to malt, on the technical and technological conditions of its processing in the brewing process. Lower heat load for mashing and hopping, along with lower oxygen exposure in these operations, reduce the resulting beer color. The absolute value of beer color depends on the brewhouse equipment and technology. In the experimental RIBM brewhouse, the process is conducted with the lowest possible thermal load and aeration.

pH. The value of pH of malt and beer is relevant in several respects. The activity of saccharolytic and proteolytic enzymes in mashing is significantly affected by the pH of the malt. Conventional pH of congress wort from light malt is 5.6–6.0. For starch conversion, the optimum pH value is 5.3. The decrease in pH during fermentation and maturation of beer promotes clarification and natural colloidal beer stability. Colloidal haze is made up of complexes of polyphenols with proteins and polysaccharides; these complexes have an isoelectric point and thus the lowest solubility in the acidic pH range. The pH of the beer itself also participates in organoleptic sensation; the Czech light lagers have a slightly higher pH than similar foreign beers (Olšovská et al., 2014). The laboratory worts of the varieties recommended for „Czech beer“ had largely balanced pH values. Brewery worts show a trend towards lower values for varieties recommended for „Czech beer“ as opposed to varieties for export. The highest values were found in Kangoo worts (Fig. 3). The pH values of malts only slightly correlated with those of decoction sweet worts ($r = 0,426$) and did not correlate with the pH of beers ($r = 0,128$). Values of sweet worts and hopped worts were strongly correlated ($r = 0,975$) while the relationship between wort and final beer was less pronounced ($r = 0,641$). The pH of the beers of the varieties recommended for „Czech beer“, with the exception of the Bojos variety, showed a noticeable trend towards lower values compared to the export varieties but the differences were not conclusive. At the 95% probability level, the color of the beers slightly but conclusively correlated with the pH of the beers. The color is partly composed of oxidized polyphenol compounds (Basařová et al., 2010) with a transition between colorless and colored form being dependent on the ambient pH.

Total polyphenols. The content of total polyphenols in beer above 130 mg/l is one of the parameters of „Czech beer“. The average content of total polyphenols in the analyzed sample set was 66.8 mg/l (Fig. 4). The values for Bojos, Blaník, Laudis 550, Francin, Kan-



Obr. 4 Výsledky analýzy celkových polyfenolů sladů, sladiny, mladiny a piva
Fig. 4 The results of total polyphenols analysis of malt, sweet wort, hopped wort and beer
slad / malt sladina / sweet wort mladina / hopped wort pivo / beer
R-průměr / average

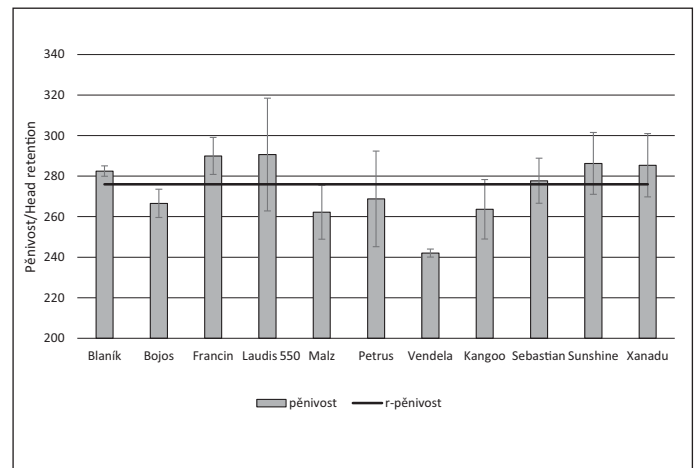
ječmene a sladu vázány ve strukturách spolu s polysacharidy a bílkovinami. Jsou situovány v buněčných stěnách jak endospermu, tak především v aleuronové vrstvě a obalových částech zrna sladu, tj. v oplodí, osemeni a pluchách, kde jsou přítomny hlavně flavonoidní látky, jejichž nosičem je bílkovina hordein (Siebert, 2006).

Obsah celkových polyfenolů ve sladu koreloval na hladině pravděpodobnosti 99% s ukazateli proteolytického a cytolytického rozluštění, Kolbachovým číslem a friabilitou ($r = 0,453$, $r = 0,490$), pro pivovarskou sladinu byl vztah s proteolytickým rozluštěním silnější ($r = 0,601$, $r = 0,455$). Při chmelovaru se přidávkem chmelových polyfenolů (chmelení váreč 50% Žatecký poloraný červeňák s obsahem celkových polyfenolů asi 5% hmot., 50% chmelový CO_2 extrakt se zanedbatelným obsahem polyfenolů. Použité chmelení reflektuje provozní praxi, kdy první dávka chmelových surovin je chmelový extrakt nebo hořký chmel s nízkým poměrem polyfenoly/alfa kyseliny a 2. či 3. dávku tvoří aromatické chmele (Basarová et al., 2010; Esslinger, 2009). Obsah celkových polyfenolů mezi sladinou a mladinou se zvýšil přibližně o jednu třetinu (průměr v mladině 253,2 mg/l), aby v průběhu kvašení a zrání v důsledku precipitace tříslbilkových komplexů v pivu poklesl na hodnotu blízkou se hodnotou sladiny (průměr pivo 182,3 mg/l). Relace mezi sladinou a mladinou ($r = 0,683$) i mladinou a pivem ($r = 0,775$) byly poměrně silné, vztah mezi krajními hodnotami, sladem a pivem byl slabý ($r = 0,370$). Nicméně obsah celkových polyfenolů ve sladu významným způsobem ovlivňuje jejich obsah v pivu, průměrný obsah celkových polyfenolů v pivu byl v rozmezí od cca 155–165 mg/l (Blaník, Bojos, Laudis 550) po 200–210 mg/l (Petrus, Vendela). Průkazné rozdíly byly pouze mezi těmito dvěma skupinami odrůd.

Pěnovost. Pěnovost, pěňivá schopnost a trvanlivost pěny je jedním z klíčových atributů ležáckých piv. Je obecně známo, že pěnivými látkami jsou bílkoviny a glykoproteiny, stabilizátory pěny jsou hořké látky chmele. Povrchové napětí a tím i trvanlivost pěny naopak snižují lipidy, mastné kyseliny, vyšší alkoholy a estery. Trvanlivost pěny určitého piva je tak výslednicí příznivě a negativně působících faktorů, látek obsažených v pivu (Šavel a Brož, 2006; Lusk, 1995; Kobayashi, 2002; Segawa, 2002; He, 2006).

Pěnovost (trvanlivost pěny) piva hodnocená metodou NIBEM byla v rozmezí přibližně $\Sigma = 240$ až 330 s/30mm (obr. 5). Rozmezí pro dobře pěňící piva je $\Sigma = 220$ až 250 s/30mm, nad hodnotou $\Sigma = 250$ s/30mm se jedná o výborně pěňící piva (MEBAK, 2011), takže všechna piva byla v kategorii dobře pěňících piv, a v odrůdových průměrech byla piva s výjimkou sladů odrůdy Vendela v kategorii výborně pěňících piv. Relativně nízké, pod průměrem celého souboru, byly hodnoty u odrůd Vendela, Malz, Bojos, Petrus a Kangoo. Trvanlivost pěny korelovala nepřímo úměrně s proteolytickým rozluštěním, Kolbachovým číslem ($r = -0,570$) a přímo úměrně korelovala s hořkými látkami v pivu ($r = 0,847$). Obsah hořkých látek v pivu, ztráty od mladiny do piva jsou variabilní a závisejí na sorpci na kaly při chlazení mladiny a sorpci na kvasničné buňky a kaly při kvašení a zrání piva. Výsledná pěňivost piv je tak protichůdně ovlivněna oběma faktory, z nichž pouze jeden, bílkoviny, je vlastností sladu.

Senzorické hodnocení. Výsledky vybraných parametrů deskriptivního senzoričského hodnocení piv jsou v tab. 6. Celkový senzoričský



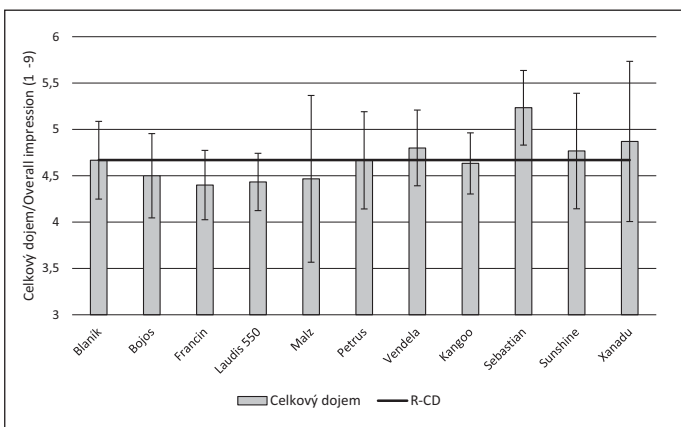
Obr. 5 Výsledky analýzy pěňivosti sladů, sladiny, mladiny a piva
Fig. 5 The results of head retention analysis of malt, sweet wort, hopped wort and beer
pěňivost / head retention R-průměr / average

goo and Xanadu were below this average. The average content in decoction worts converted to 11% extract was 183.6 mg/l. The content in decoction wort is approximately double that of the value in congress wort (82.3 mg/l, $E = 11\%$). This is probably due to both the sparging of the spent grains in brewing production and the higher intensity of the decoction mashing compared to the infusion process of wort preparation. The content of total polyphenols in laboratory and brewery wort correlated ($r = 0.675$). Polyphenol substances in barley grains and malt are bound in structures along with polysaccharides and proteins. They are located in the cell walls of both the endosperm and especially in the aleurone layer and the malt grain shells, i.e. in the pericarp, testa and lemma, which contain mainly flavonoid substances the carrier of which is the hordein protein (Siebert, 2006).

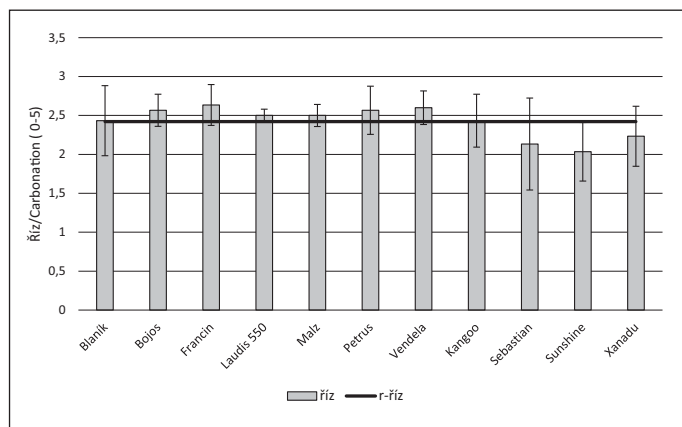
The content of total polyphenols in malt correlated of probability level 99% with proteolytic and cytolytic modification, Kolbach index and friability ($r = 0.453$, $r = 0.490$). The relationship with proteolytic resolution for brewery wort was stronger ($r = 0.601$, $r = 0.455$). The addition of hop polyphenols during hopping (brew hopping with 50% Saaz hops with a total polyphenol content of 5% by weight and 50% CO_2 hop extract with a negligible content of polyphenols). The hopping we used reflects the operating practice where the first dose of hop material is the hop extract or bitter hops with a low polyphenols/alpha acids ratio and the 2nd or 3rd doses are made of aromatic hops (Basarová et al., 2010; Esslinger, 2009). The content of total polyphenols increased between wort and hopped wort by about one third (average for wort 253.2 mg/l). During fermentation and maturation it dropped to a value close to that of the wort (average for beer 182.3 mg/l) as a result of the precipitation of the tannin-protein complexes in beer. The relationships between wort and hopped wort ($r = 0.683$) and hopped wort and beer ($r = 0.775$) were relatively strong whereas the relationship between the extreme values, i.e. between malt and beer, was weak ($r = 0.370$). However, the content of total polyphenols in malt significantly affects their content in beer. The average content of total polyphenols in beer ranged from 155 to 165 mg/l (Blaník, Bojos and Laudis 550) to 200 - 210 mg/l (Petrus, Vendela). Significant differences were only between these two groups of varieties.

Foaming power. Foaming ability and stability of the foam are among the key attributes of lager beers. It is generally known that proteins and glycoproteins are foaming agents, while bitter hop substances are foam stabilizers. Surface tension and hence foam stability is reduced by lipids, fatty acids, higher alcohols and esters. The stability of the foam of a certain beer is thus a result of factors with favorable and negative effects, i.e. substances contained in beer (Šavel and Brož, 2006; Lusk, 1995; Kobayashi, 2002; Segawa, 2002; He, 2006).

The beer foam head retention evaluated by the NIBEM method (foam stability) was in the range of approximately $\Sigma = 240$ to 330 s/30mm (Fig. 5). The range for well-foaming beers is $\Sigma = 220$ to 250 s/30mm, beers with excellent foaming show values above $\Sigma = 250$ s/30mm (MEBAK, 2011). Hence all beers under study were in the category of well-foaming beers. In varietal averages, all beers, with



Obr. 6 Výsledky sensorického hodnocení pív – celkový dojem
 Fig. 6 Results of sensory evaluation of beers – overall impression
 Celkový dojem. Sestupná škála 1 – 9 (1 – vynikající; 9 – nepitelné) / Overall impression. Descending scale 1 – 9 (1 – excellent; 9 – inappropriate) R-průměr / average



Obr. 7 Výsledky sensorického hodnocení pív – říz
 Fig. 7 Results of sensory evaluation of beers – carbonation
 Říz: vzestupná škála 0 – 5 (žádný – velmi silný) / Carbonation: ascending scale 0 – 5 (none – very strong)
 R-průměr / average

dojem v celém souboru pív byl v rozpětí 3,6 až 5,8 bodu devítibodové stupnice (1 – nejlepší, 9 – nejhorší). Průměrná kvalita v jednotlivých letech byla odlišná, rok 2013 se významně lišil od následujících let (2013 – 4,1; 2014 – 5,2; 2015 – 4,7 bodu). Odrůdové průměry byly v rozmezí 4,4 (Francin) až 5,2 (Sebastian). U odrůd Francin, Laudis 550, Malz a Bojos byl patrný slabý trend k lepší sensorické kvalitě pív (obr. 6), rozdílly byly však statisticky (ANOVA) neprůkazné.

Celkový sensorický dojem je tvořen komplexním působením a vyvážeností dílčích složek vůně a chuti, základními parametry jsou říz, plnost, hořkost, sladkost a kyselost.

Říz vyrobených pív byl v odrůdových průměrech značně vyrovnaný, trend k nižším hodnotám byl u pív ze sladu Sebastian, Sunshine a Xanadu (tab. 6, obr. 7). Vztah mezi řízem a obsahem oxidu uhličitého v pivu byl překvapivě neprůkazný, byla však zjištěna poměrně silná korelace řízu s hořkostí ($r=0,692$) a dále vztah k extraktu původní mladiny ($r = 0,468$) a prokvašení ($r = -0,467$). Říz piva je způsoben rozpuštěným oxidem uhličitým. Je vnímán mechanoreceptory (hmatovými receptory), které jsou aktivovány přítomností bublinek v kapalině a také receptory bolesti, které reagují na konverzi oxidu uhličitého na kyselinu uhličitou, může být ovlivněn hodnotou pH a koloidními látkami v pivu (Clark et al., 2011).

Plnost chuti piva je markerem českých světlých pív, zejména ležácků. Plnost byla v odrůdových průměrech v rozmezí 2,1 až 2,5 bodu; škála 0 – 5 (tab. 5, obr. 8). Mezi odrůdami nebyly průkazné rozdíly. V rámci odrůd doporučených pro „České pivo“ měly slady Francin, Malz a Petrus trend k nižším hodnotám. Plnost korelovala s koncentrací extraktu mladiny ($r = 0,606$), zdánlivým prokvašením ($r = -0,486$) a rozdílem mezi zdánlivým a dosažitelným prokvašením ($r = 0,451$), závislost na obsahu dextrinů či bílkovin nebyla zjištěna, byl však zjištěn významný vztah mezi plností a celkovými polyfenoly v pivu ($r = 0,614$) a sensorickou hořkostí pív ($r = 0,536$). Těmto závislostem bude věnována pozornost v dalším řešení projektu. Je proto pravděpodobné, že plnost pív je synergicky ovlivněna jak látkami pocházejícími ze sladu, tak látkami z chmele. Faktory ovlivňující sensorický vjem plnosti chuti piva nejsou zcela objasněny, obecně se má za to, že vyšší extrakt mladiny a nižší stupeň prokvašení, tedy vyšší viskozita a obsah extraktivních složek v pivu, dextrinů, cukrů a bílkovin mají příznivý vliv (Esslinger, 2009), významná role je přisuzována zejména bílkovinám s molekulovou hmotností větší než 10 kDa (Langstaff a Lewis, 1993).

Dalším ze základních sensorických deskriptorů je trpkost (svíravost) chuti. Trpkost pív byla nízká, v odrůdových průměrech v rozmezí 1,1 (Bojos) až 1,5 bodu (Sunshine) (škála 0 – 5) (tab. 6, obr. 9). V rámci odrůd doporučených pro „České pivo“ měly slady Petrus a Laudis 550 trend k vyšším hodnotám. Trpkost pív nepřímo úměrně korelovala pouze s rozdílem mezi zdánlivým a dosažitelným prokvašením ($r = -0,417$) a koncentrací původní mladiny ($r = -0,498$), vyšší koncentrace extraktu, nižší prokvašení pravděpodobně snižuje trpkou chuť. Trpkost chuti piva je přisuzována některým polyfenolovým látkám sladu (Narziss 1992, 1995), chmele (Almaguer et al., 2014) a alkaloidům hordatinům, pocházejícím ze sladu (Kageyama et al., 2011).

Sladkost pív byla v odrůdových průměrech od 1,5 (Laudis 550, Petrus) po 2,25 (Sebastian) bodu škály 0 – 5. Piva z odrůd doporuče-

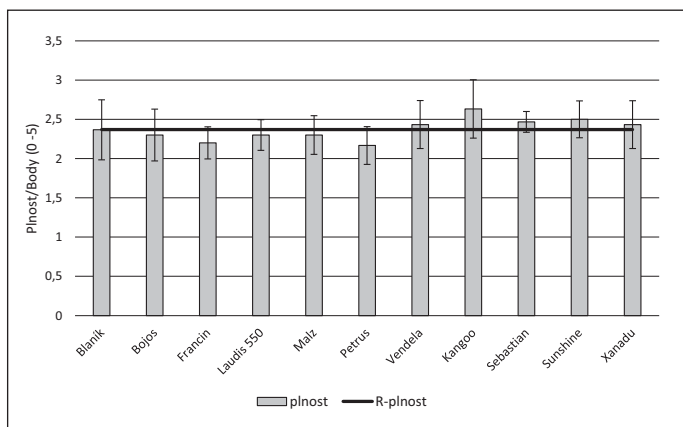
the exception of Vendela malt, were thus in the category of excellent foaming beers. Relatively low, below the average, were the varieties Vendela, Malz, Bojos, Petrus and Kangoo. Foam stability correlated inversely with proteolytic modification, Kolbach index ($r = -0,570$) and directly with bitter substances in beer ($r = 0,847$). The content of bitter substances in beer and their losses on the road from wort to beer are variable and depend on sorption on dregs during wort cooling and sorption on yeast cells and dregs during fermentation and beer maturation. The resulting foaming power of beers is thus adversely affected by both factors, of which only one, the proteins, is a malt property.

Sensory evaluation. The results of selected parameters of the descriptive sensory evaluation of beers are shown in Table 6. The overall sensory impression in the whole set of beers ranged from 3.6 to 5.8 points of a nine-point scale (1 – best, 9 – worst). The average quality in individual years was different; the year 2013 differed significantly from the following years (2013 – 4.1, 2014 – 5.2, 2015 – 4.7 points). Variety averages ranged from 4.4 (Francin) to 5.2 (Sebastian). The Francin, Laudis 550, Malz and Bojos varieties showed a slight trend towards a better sensory quality of beers (Fig. 6), but the differences were statistically (ANOVA) inconclusive.

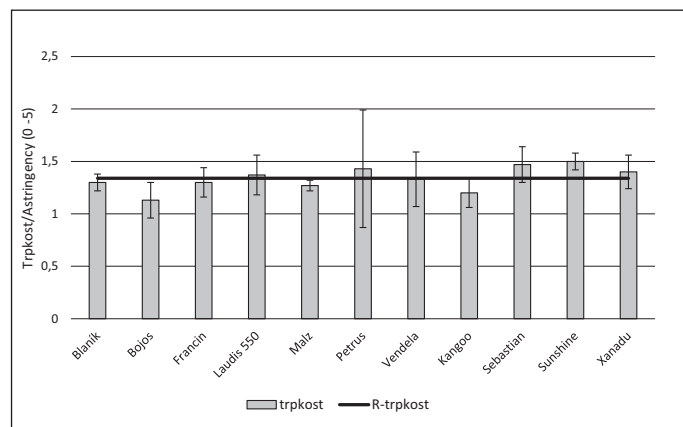
The overall sensory impression is composed of the complex effect and balance of the partial components of the aroma and taste, The basic parameters are carbonation, body, bitterness, sweetness and sourness.

The carbonation of the beers under study was fairly balanced in the varietal averages, Sebastian, Sunshine and Xanadu beers showing a trend towards lower values (Table 6, Fig. 7). The relationship between carbonation and carbon dioxide content in beer was surprisingly inconclusive, but a relatively strong correlation was found of carbonation with bitterness ($r = 0,692$) and also a relationship to the extract of the original wort ($r = 0,468$) and attenuation ($r = -0,467$). Beer carbonation is caused by dissolved carbon dioxide. It is perceived by mechanoreceptors (tactile receptors) which are activated by the presence of bubbles in the liquid, and also by pain receptors that react to the conversion of carbon dioxide to carbonic acid. It can be influenced by pH and colloidal substances in beer (Clark et al., 2011).

The palate fullness of beer is a marker of Czech light beers, especially lagers. It ranged in varietal averages from 2.1 to 2.5 points on a 0-5 scale (Table 5, Fig. 8). There were no significant differences between the varieties. Within the varieties recommended for „Czech beer“ Francin, Malz and Petrus malts tended to lower values. The body correlated with the concentration of wort extract ($r = 0,606$), apparent attenuation ($r = -0,486$) and with the difference between apparent and achievable attenuation ($r = 0,451$). Its dependence on dextrins or protein content was not found but a significant relationship was found between the body and total polyphenols ($r = 0,614$), and sensory bitterness of beers ($r = 0,536$). These relationships will be addressed in a forthcoming project. It is therefore likely that the body of the beers is synergistically influenced by both malt and hop substances. Factors influencing the sensory perception of the palate fullness of beer are not fully elucidated; it is generally believed that a higher wort extract and a lower attenuation, i.e. a higher viscosity



Obr. 8 Výsledky sensorického hodnocení pív – plnost
Fig. 8 Results of sensory evaluation of beers – body
Plnost: vzestupná škála 0 – 5 (žádný – velmi silný) / Body: ascending scale 0 – 5 (none – very strong)
R-průměr / average



Obr. 9 Výsledky sensorického hodnocení pív – trpkost
Fig. 9 Results of sensory evaluation of beers – astringency
Trpkost: vzestupná škála 0 – 5 (žádný – velmi silný) / Astringency: ascending scale 0 – 5 (none – very strong)
R-průměr / average

ných pro České pivo Laudis 550, Malz a Petrus měla nižší sladkost v porovnání s pivy ze sladů Sebastian, Sunshine a Xanadu (tab. 6, obr. 10). Sladkost piva slabě korelovala pouze s plností ($r = 0,360$).

Kyselá chuť piva je způsobena zejména jednoduchými organickými kyselinami (mléčná, citronová, jablečná, octová, šťavelová, jantarová, glutarová, pyrohroznová). Vnímání kyselé chuti značně závisí na celkovém habitu piva. Kyselost pív byla v odrůdových průměrech od 1,6 bodu (Blaník, Laudis 550) po 2,1 (Vendela (tab. 6, obr. 11)). Kyselost nepřímo úměrně závisela na koncentraci původní mladiny ($r = -0,511$) a sensorických parametrech plnosti ($r = -0,435$) a hořkosti ($r = -0,568$), je tak pravděpodobné, že hořká chuť snižuje vjem kyselosti. Přímou úměrnou vztah byl nalezen pro zdánlivé prokvašení ($r = 0,539$), potvrdilo se, že hlubší prokvašení zvýrazňuje kyselou chuť pív (Olšovská et al., 2017).

Komplexním pohledem na výše diskutované jednotlivé sensorické parametry jsou výsledky analýzy hlavních komponent (PCA) (obr. 13). Na prvních dvou hlavních komponentech dochází k částečnému rozdělení várek vařených z odrůd pro „České pivo“ a z odrůd pro exportní slad. Zároveň je patrné, že várky z roku 2013 se výrazně odlišují od várek z roku 2014 a 2015 a tato odlišnost tvoří větší část variability dat než rozdíly mezi skupinami odrůd. Tento výsledek reflektuje i skutečnost, že rozdíly v celkovém dojmu pív z testovaných odrůd nebyly významné.

Scezování sladiny. Rychlost scezování předku a vyslazování je sledovaným technologickým parametrem zpracovatelnosti sladu ve varně. Výsledky scezování, vyjádřené jako průměrná rychlost toku v celé operaci jsou uvedeny v tab. 7. U sladů Malz, Blaník, Laudis 550 a Sunshine byla rychlost scezování pod průměrem hodnoceného souboru (obr. 12), průkazné rozdíly byly mezi nejpomalěji stékajícími sladinami (Blaník, Malz) a nejrychleji stékajícími sladinami (Francin, Sebastian). Významný rozdíl byl mezi ročníky, pro 2013 byla rychlost scezování významně vyšší oproti 2014 a 2015. Slady v roce 2013 měly průkazně nejnižší Kolbachovo číslo a obsah rozpustných dusíkatých látek, vliv odrůdy byl neprůkazný, zatímco obsah beta glukanů byl závislý na odrůdě a vliv ročníku nebyl průkazný.

Negativní vliv na scezování je přisuzován zejména neškrobovým polysacharidům, beta-glukanům a arabinoxylanům a dále látkám bílkovinné povahy (Jin et al., 2004; Ford a Evans, 2001; Benismail et al., 2003). Rychlost scezování sladin v pokusných várkách neměla průkaznou vazbu na cytolytické rozluštění, friabilitu, obsah neškrobových polysacharidů ve sladech a viskozitu laboratorní sladin, a to přesto, že některé slady měly obsah beta glukanů výrazně převyšující hranici 200 mg/l, doporučenou pro bezproblémové zpracování sladu (Kosař a Procházka, 2000). Obsah beta-glukanů se však v průběhu pivovarské výroby mění v závislosti na technologii zpracování sladu, proto je korelace mezi sladem a pivem malá (Erdney et al., 1998). Velmi slabá pozitivní korelace s rychlostí scezování na hladině pravděpodobnosti 90 % byla zjištěna pouze pro Kolbachovo číslo a obsah rozpustných dusíkatých látek sladu ($r=0,319$ a $r=0,335$). Obsah beta-glukanů ve sladině závisí na aktivitě beta-glukanas ve sladu a teplotním a časovém diagramu rmutování. Nižší teplota vystírky a dekokční postup rmutování, použité v našich varních pokusech, snižují obsah beta-glukanů ve sladině (Basařová et al., 2010; Sacher et al., 2016), a proto se zvýšený obsah beta-glukanů

and the content of the extracts, dextrins, sugars and proteins in beer have a beneficial effect (Esslinger, 2009). A significant role is attributed in particular to proteins with a molecular weight greater than 10 kDa (Langstaff and Lewis, 1993).

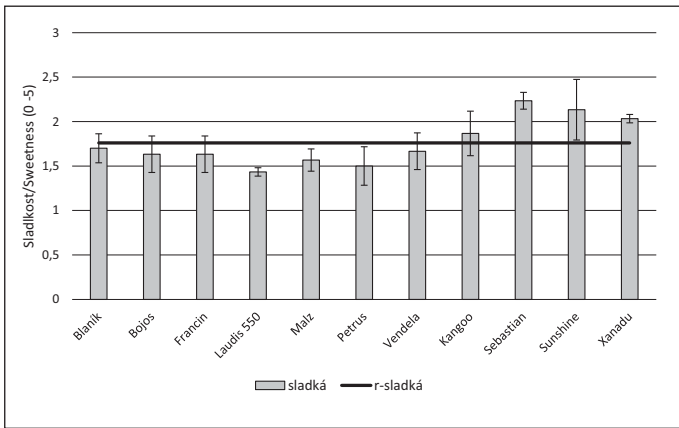
Another basic sensory descriptor is astringency. The astringency of the beers was low, with varietal averages ranging from 1.1 (Bojos) to 1.5 (Sunshine) (scale 0-5) (Table 6, Fig. 9). Within the varieties recommended for „Czech beer“, Petrus and Laudis 550 had a trend towards higher values. The astringency of the beers inversely correlated only with the difference between apparent and achievable attenuation ($r = -0.417$) and the original wort concentration ($r = -0.498$). Higher concentration of extract and lower attenuation probably reduce astringency. The astringency of beer is attributed to certain polyphenol substances from malt (Narziss 1992, 1995), hops (Almaguer et al., 2014) and the alkaloids hordatins derived from malt (Kageyama et al., 2011).

The sweetness of beers in the varieties under study ranged from 1.5 (Laudis 550, Petrus) to 2.25 (Sebastian) points of a 0-5 point scale. The beers of the varieties recommended for Czech beer Laudis 550, Malz and Petrus had a lower sweetness compared to Sebastian, Sunshine and Xanadu (Tab. 6, Fig. 10). The sweetness of beer correlated weakly only with body ($r = 0.360$).

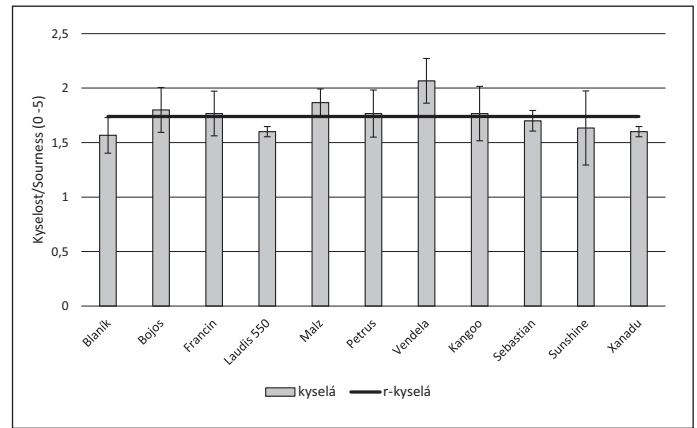
Sourness of beer is mainly caused by simple organic acids (lactic, citric, malic, acetic, oxalic, succinic, glutaric, pyruvic). The perception of sour taste depends largely on the overall habitat of beer. The sourness of the beers in varietal averages ranged from 1.6 (Blaník, Laudis 550) to 2.1 points (Vendela) (Table 6, Fig. 11). The sourness was adversely related to the concentration of original wort ($r = -0.511$) and the sensory parameters of palate fullness ($r = -0.435$) and bitterness ($r = -0.568$). It is thus likely that the bitter taste reduces the perception of sourness. A direct proportional relationship was found for apparent attenuation ($r = 0.539$), and deeper attenuation was thus confirmed to promote the beer sourness (Olšovská et al., 2017).

A complex view of the above individual sensory parameters has been embodied in the results of a principal component analysis (PCA) (Fig. 13). The first two principal components result in the partial distribution of the malt varieties suitable for „Czech beer“ from the varieties for export. At the same time, it is clear that the 2013 brews are significantly different from the 2014 and 2015 ones, and this difference accounts for larger part of the variability of the data than does the differences between groups. This result also reflects the fact that the differences in the overall impression of beers from the tested varieties were not significant.

Wort lautering. The speed of first wort lautering and sparging represents a monitored technological parameter of the malt processability in the brewhouse. The results of the lautering, expressed as the average flow rate throughout the whole operation, are given in Table 7. The lautering rate in Malz, Blaník, Laudis 550 and Sunshine was below the set average (Fig. 12) and significant differences were found between the worts with the slowest run-off speed (Blaník, Malz) and the fastest running worts (Francin, Sebastian). A significant difference was between the years, the lautering rate for crop year 2013 being significantly higher than that found for 2014 and 2015. The malts from 2013 had the lowest Kolbach index and solu-



Obr. 10 Výsledky sensorického hodnocení pív – sladkost
Fig. 10 Results of sensory evaluation of beers – sweetness
Sladkost: vzestupná škála 0 – 5 (žádný – velmi silný) / Sweetness: ascending scale 0 – 5 (none – very strong)
R-průměr / average



Obr. 11 Výsledky sensorického hodnocení pív – kyselost
Fig. 11 Results of sensory evaluation of beers – sourness
Kyselost: vzestupná škála 0 – 5 (žádný – velmi silný) / Sourness: ascending scale 0 – 5 (none – very strong)
R-průměr / average

v některých sladech promítá do rychlosti scezování menší měrou. Z pohledu scezování sladiny a filtrace piva je důležitější enzymová aktivita beta-glukanasy a především struktura beta-glukanů než jejich množství. Proto často mohou separační procesy u várek vyrobených ze sladů s vyšším obsahem beta-glukanů probíhat rychleji než u várek ze sladů s nižším obsahem diskutovaných neškrobových polysacharidů (Basařová et al., 2010).

Výsledky ukazují na nižší rychlost, delší dobu scezování u pivovarských sladů, zejména sladů z odrůdy Blaník (vysoký obsah beta-glukanů) a Malz, rychlost scezování byla oproti nejlépe stékajícím sladinám odrůd Francin a Sebastian přibližně o 20 % nižší.

Filtrovatelnost pív je v projektu sledována až od várek roku 2016, kdy byla vypracována metodika stanovení filtrovatelnosti na pilotním filtru. Výsledky 17 várek ukazují nepříznivý vliv beta-glukanů ve sladu (pívu) na filtrovatelnost z hlediska čirosti pív, nikoli však na nárůst rozdílu tlaku při filtraci, který determinuje objem piva zfiltrovaného v jednom cyklu. Dvouleté výsledky budou prezentovány po vyhodnocení várek provedených v roce 2017.

4 ZÁVĚR

Provedené tříleté pivovarské testy se sedmi odrůdami ječmene doporučenými pro výrobu piva s CHZO „České pivo“ (Blaník, Bojos, Francin, Laudis 550, Malz, Petrus a Vendela) a čtyřmi odrůdami pro výrobu exportních sladů (Kangoo, Sebastian, Sunshine a Xanadu) ukázaly některé specifické vlastnosti odrůd a přispěly k poznatkům o relacích mezi kvalitativními znaky sladu a organoleptickou kvalitou Českého piva.

Při pivovarském zpracování laboratorních sladů nebyly z hlediska zcukření, fermentability a filtrovatelnosti zjištěny markantní procesní problémy, nicméně u sladů z odrůdy Blaník (vysoký obsah beta-glukanů) a Malz byla doba scezování pivovarských sladů o 20 % delší oproti nejlépe stékajícím sladinám odrůd Francin a Sebastian.

Trend k nižšímu obsahu celkových polyfenolů v pívu, které jsou významné z hlediska výroby „Českého piva“, byl u odrůd Bojos, Blaník a Laudis 550. Byla patrná jistá odrůdová specifita a závislost na dekokčním rmutování, např. obsah celkových polyfenolů v pivech z odrůdy Francin byl vyšší, nežli by odpovídalo jejich obsahu ve sladu. Při dekokčním rmutování přechází do sladiny významně vyšší množství polyfenolů oproti laboratornímu infuznímu rmutování. Množství celkových polyfenolů ve sladině je významné pro jejich úroveň v pívu.

Barva pív jeví závislost na odrůdě, relativně nízké byly hodnoty u odrůd Blaník a Sebastian, trend k nižším hodnotám byl u sladů Bojos a Malz. Naopak vysokou barvu měla v rámci sledovaných odrůd piva Xanadu. Významným faktorem je dekokční postup rmutování, barva pív silně korelovala s barvou dekokčních sladů ($r = 0,726$), podstatně slabší byla relace mezi barvou sladů, kongresní sladiny ($r = 0,445$) a pív, predikce barvy piva vyrobeného dekokčním rmutováním na základě barvy sladu je tak značně nepřesná. Barva pív je ovlivněna i výsledek pH piva, vyšší hodnoty resultují ve vyšší barvu.

Barva pív a obsah celkových polyfenolů v pívu závisely na proteolytickém respektive cytolitickém rozluštění sladu, bylo nicméně za-

ble nitrogen content. The effect of the variety was inconclusive while the beta glucan content was variety-dependent and the influence of the year was not conclusive.

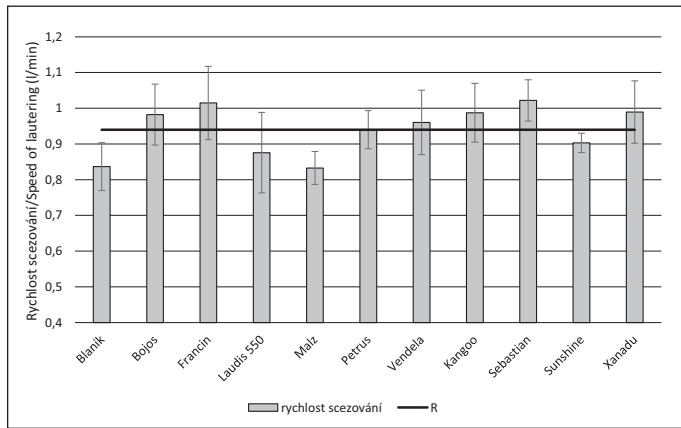
Negative effects on lautering are attributed, in particular, to non-starch polysaccharides, beta-glucans and arabinoxylans and also to substances of a protein nature (Jin et al., 2004; Ford and Evans, 2001; Benismail et al., 2003). The lautering rate of the worts in the experimental brews had no conclusive link to cytolytic modification, friability, the content of non-starch polysaccharides in the malts and the viscosity of the laboratory wort, although some malts had a beta glucan content well above the 200 mg/l recommended for malt processing (Kosař and Procházka, 2000). However, the beta-glucan content during the brewing process varies according to malt processing technology, so the correlation between malt and beer is small (Erdney et al., 1998). A very slight positive correlation with the rate of lautering at the 90% probability level was found only for Kolbach index and soluble malt content of malt ($r = 0.319$ and $r = 0.335$). The beta-glucan content of the wort depends on the malt beta-glucanase activity and the mashing temperature and time course. The lower mash goods temperature and the decoction mashing process used in our brewing trials reduce the content of beta-glucan in the wort (Basarova et al., 2010; Sacher et al., 2016). Therefore, the increased beta-glucan content in some of the malts was reflected to a lesser extent in the rate of lautering. In terms of wort lautering and beer filtration, beta-glucanase enzyme activity and, above all, structure of beta-glucans are more important than their amounts. For this reason, the separation processes of the brews made from malts with a higher content of beta-glucans can often be carried out more quickly than with malts with a lower content of non-starch polysaccharides (Basarova et al., 2010).

The results indicate a lower rate and a longer period of lautering in brewer's worts, especially those from the varieties Blaník (high beta-glucan content) and Malz. The rate of lautering was approximately 20% lower than that of the best-flowing varieties Francin and Sebastian.

We monitored the filterability of beers only from 2016, when the methodology for filterability determination on a pilot filter was elaborated. The results of 17 brews show the negative effect of beta-glucans in beer (malt) on the filterability in terms of beer clarity, but not on the increase in the difference in filtering pressure, which determines the volume of beer filtered in one cycle. The results will be presented after evaluation of the brews carried out in 2017.

4 CONCLUSIONS

The three-year brewing tests carried out with the seven barley varieties recommended for the production of beer with the PGI "Czech beer" (Blaník, Bojos, Francin, Laudis 550, Malz, Petrus and Vendela) and four varieties for production of export malts (Kangoo, Sebastian, Sunshine and Xanadu) showed some specific characteristics of the varieties and contributed to the knowledge about the relations between the qualities of the malt and the organoleptic quality of the Czech beer.



Obr. 12 Rychlost scezování pokusných sladů
Fig. 12 Speed of lautering of experimental worts

znamenáno odrůdově specifické chování, např. málo modifikované slady z ječmenů Xanadu rezultovaly v piva s nejvyšší barvou.

Celkový sensorický dojem i jednotlivé základní parametry, plnost, říz, hořkost, sladkost, trpkost, závisely do značné míry na ročníku, přesto byla statistickou analýzou částečně odlišena piva z odrůd doporučených pro „České pivo“ a odrůd pro exportní slady. U odrůd Francin, Laudis 550, Malz a Bojos byl slabý trend k lepší sensorické kvalitě piv, celkovému dojmu, rozdíl mezi odrůdami ale nebyly prokázány. Na plnosti chuti piv se významně podílel obsah celkových polyfenolů v pivu ($r = 0,614$) a hořkost piv ($r = 0,536$), pro hořkost byla zjištěna i poměrně silná korelace s řízem piv ($r = 0,692$). Nižší stupeň prokvašení, typický pro České pivo, snižuje trpkost a kyselost piv.

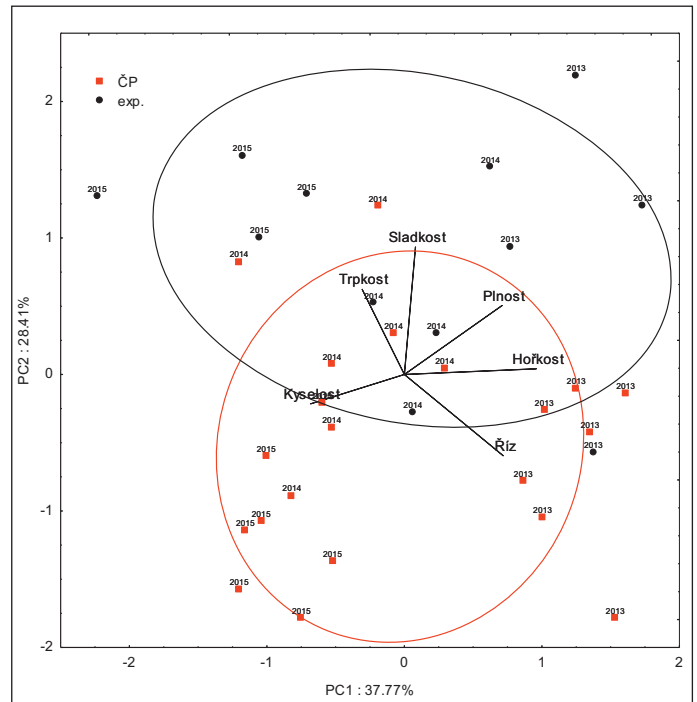
PODĚKOVÁNÍ

Studie vznikla na základě dotačního programu Ministerstvem zemědělství České republiky 9.A. Speciální poradenství, podprogramu 9.A.b.4) podpora zajištění samostatných odrůdových zkoušek registrovaných odrůd polních plodin, za účelem zajistit získání a šíření informací o pěstitelských vlastnostech registrovaných odrůd polních plodin, které jsou následně publikovány.

Autoři děkují Mgr. Tomášovi Vrzalovi za statistické zpracování experimentálních dat.

LITERATURA / REFERENCES

- Almaguer, C., Schönberger, C., Gastl, M., Arendt, E. K. and Becker, T., 2014: *Humulus lupulus* – a story that begs to be told. A review. *J. Inst. Brew.*, 120: 289–314.
- Basařová, G., 1993: Pivovarsko sladařská analytika. Praha, Merkant, 1993.
- Basařová, G., Psota, V., Šavel, J., Basař, P., Paulů, R., Kosař, K., Dostálek, P., Basařová, P., Kellner, V., Mikulíková, R., Čejka, P., 2015: Sladařství. Teorie a praxe výroby sladu. Havlíček Brain Team, Praha, 626p. ISBN 978-80-87109-47-2.
- Basařová, G., Šavel, J., Basař, P., Lejsek, K., 2010: Pivovarství. Teorie a praxe výroby piva. VŠCHT, Praha, 863 p.. ISBN 978-80-7080-734-7.
- Benismail, N., Saulmier, L., Boivin, P., Allosio-Quarnier, N., 2003: Arabinoxylans and arabinoxylanases from barley to beer. *Eur. Brew. Conv.: Proc. 29th Congress, Dublin 2003* [CD-ROM], contribution 14, 192–196. Nuremberg: Fachverlag Hans Carl 2003.
- Clark, R. A., Hewson, L., Bealin-Kelly, F., Hort, J., 2011: The Interactions of CO₂, Ethanol, Hop Acids and Sweetener on Flavour Perception in a Model Beer. *Chem. Percept.*, 4: 42–54.
- Commission, 2008: Publication of an application pursuant to Article 6(2) of Council Regulation (EC) No 510/2006 on the protection of geographical indications and designations of origin for agricultural products and foodstuffs. *Official Journal of the European Union* C 16–22.
- EBC Analysis committee, 2010: *Analytica-EBC*. Nuremberg, Fachverlag Hans Carl, 2010, 794 p. ISBN 978-3-418-00759-5
- Edney, M. J., La Berge, D. E., Langrell, D. E., 1998: Relationships among the B-glucan contents of barley, malt, malt congress extract, and beer. *J. Am. Soc. Brew. Chem.*, 56 (4), 167–168.



Obr. 13 Výsledek PCA analýzy základních sensorických deskriptorů
Fig. 13 PCA analysis of basic sensory descriptors
ČP – Odrůdy doporučené pro „České pivo“ / Varieties recommended for “Czech beer”
exp. – Další sladovnické odrůdy / Other malting barley varieties

During the brewing process of the laboratory malts, there were no sizable problems in terms of saccharification, fermentability and filterability. However, with Blaník (high beta-glucan content) and Malz malts the lautering period of brewer's worts was 20% longer than that of the best-running worts of the Francin and Sebastian varieties.

A tendency to lower total polyphenols in beer, which are important for the production of Czech beer, was found in the varieties Bojos, Blaník and Laudis 550. A certain varietal specificity and dependence on decoction mashing was evident; for example, the content of total polyphenols in beer varieties from Francin was higher than would correspond to their content in malt. During decoction, a significantly higher amount of polyphenols is transferred to the wort than during laboratory infusion mashing. The amount of total polyphenols in the wort is significant for their level in beer.

Beer color appears to be dependent on the variety. The values of the Blaník and Sebastian varieties were relatively low, a trend towards lower values was observed with Bojos and Malz malt. On the other hand, Xanadu's beer varieties were high in color. An important factor is the decoction mashing - the color of the beers strongly correlated with the color of the decoction wort ($r = 0.726$), while the relation between malt color, congress wort ($r = 0.445$) and beer color was much weaker. The prediction of the color of beer produced by decoction mashing based on malt color is thus largely inaccurate. The color of the beer is also influenced by the resulting pH of the beer, higher values resulting in higher color.

Beer color and the total polyphenol content in beer depend on the proteolytic or cytolytic modification of malt. We noticed, however, variety-specific behavior. For instance, little modified Xanadu malts provided the highest-colored beers.

The overall sensory impression and individual basic parameters such as body, carbonation, bitterness, sweetness and astringency depended to a great extent on the harvest year. Even so, statistical analysis helped us to partially distinguish the beers from the varieties recommended for “Czech beer” from the varieties for export malts. Francin, Laudis 550, Malz and Bojos displayed a weak trend towards a better sensory quality of the beers and overall impression, but the variations between varieties were not proven. The content of total polyphenols in beer ($r = 0.614$) and the bitterness ($r = 0.536$) significantly influenced the beer taste, and a relatively strong correlation with beer carbonation ($r = 0.692$) was also found for bitterness. The lower attenuation, typical of Czech beer, reduces the bitterness and sourness of beers.

- Esslinger, H. M., 2009: Handbook of Brewing. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.KGaA, Weinheim, Germany. Chapter 29 Sensory evaluation: 688-689. ISBN: 978-3-527-31674-8
- Ford, M., Evans, E., 2001: The barley and malt factors underlying lautering performance identification and use in barley breeding programs. Eur. Brew. Conv.: Proc 28th Congress, Budapest 2001 [CD-ROM], contribution 10: 111-120. Nürnberg, Fachverlag Hans Carl, 2001.
- He, G.-Q., Wang, Z.-Y., Liu, Z.-S., Chen, Q.-H., Ruan, H., Schwarz, P. B., 2006: Relationship of proteinase activity, foam proteins, and head retention in unpasteurized beer. J. Am. Soc. Brew. Chem., 64: 33-38.
- Jin, Y.-L., Speers, R. A., Paulson, A. T., Stewart, R. J., 2004: Effects of beta-glucans, shearing, and environmental factors on wort filtration performance. J. Am. Soc. Brew. Chem., 62: 155-162.
- Kageyama, N., Inui, T., Fukami, H., and Komura, H., 2011: Elucidation of chemical structures of the components responsible to beer aftertaste. J. Am. Soc. Brew. Chem., 69: 255-259.
- Kobayashi, N., Segawa, S., Umemoto, S., Kuroda, H., Kaneda, H., Mitani, Y., Watari, J., Takashio, M. 2002: A new method for evaluating foam-damaging effect by free fatty acids. J. Am. Soc. Brew. Chem., 60: 37-41.
- Kosař, K., Procházka, S., 2000: Technologie výroby piva. VÚPS, Praha, 398p. ISBN 80-902658-6-3
- Langstaff, S. A., Lewis, M. J., 1993: The mouthfeel of beer – a review. J. Inst. Brew., 99: 31-37.
- Lusk, L. T. Goldstein, H. Ryder, D., 1995: Independent role of beer proteins, melanoidins, and polysaccharides in foam formation. J. Am. Soc. Brew. Chem., 53: 93-103.
- MEBAK, 2011: Collection of Brewing Analysis Methods of the Mitteleuropäische Brautechnische Analysenkommission (MEBAK), Freising-Weihenstephan, Germany. 341 pp.
- Mikyška, A., Jurková, M., 2014: Evaluation of bitter acids and polyphenols content in Czech hops harvest in 2013 – Part II: The content of polyphenols. Kvasny Prum., 60: 191-197.
- Narziss, L., 1992: Comments of some taste factors in beer. Brauwelt Int., (IV): 411.

ACKNOWLEDGEMENTS

The study was performed based on a subsidy program by the Ministry of Agriculture of the Czech Republic 9.A. Special consultancy, subprogram 9.A.b.4) Support of the provision of separate variety tests of registered varieties of field crops, in order to obtain and disseminate information on the cultivation properties of registered varieties of field crops, which are subsequently being published. The authors thank Mgr. Tomáš Vrzal for the statistical processing of experimental data.

Translated by Karel Sigler

- Narziss, L., 1995: Über den Biergeschmack und seine Beeinflussung Rohstoffe und technologische Faktoren. Brauwelt, 135: 2286.
- Olšovská, J., Čejka, P., Sigler, K., Hönigová, V., 2014: The phenomenon of Czech beer: a review. Czech J. Food Sci., 32: 309-319.
- Olšovská, J., Čejka, P., Štěrbá, K., Slabý, M., Frantík, F., 2017: Senzorická analýza piva. VÚPS, Praha. ISBN 978-80-86576-74-9.
- Psota, V., Dvořáčková, O., Sachambula, L., Nečas, M., Musilová, M., 2017: Barley and malt. In: Psota, V. (ed.) Barley year book 2017, VÚPS, Praha, 2017. ISBN 978-80-86576-76-3.
- Sacher, B., Becker, T., Narziss, L., 2016: Some reflections on mashing – Part 2. Brauwelt International, 34: 392-397.
- Šavel, J., Brož, A., 2006: Měření pěnivosti piva. Kvasny Prum. 52: 314-318.
- Segawa, S., Yamashita, S., Mitani, Y., Takashio, M., 2002: Analysis of detrimental effect on head retention by low-molecular surface-active substances using surface excess. J. Am. Soc. Brew. Chem., 60: 31-36.
- Siebert, K. J., 2006: Haze formation in beverages. LWT Food Science and Technology, 39: 987-994.

*Do redakce došlo / Manuscript received: 02/08/2017
Přijato k publikování / Accepted for publication: 23/08/2017*