

DOI: 10.18832/kp201731

Sladovnická kvalita odrůd jarní pšenice

Malting Quality of Spring Wheat Varieties

Lenka SACHAMBULA¹, Vratislav PSOTA¹, Markéta MUSILOVÁ¹, Vladimíra HORÁKOVÁ², Aleš PŘINOSIL³, František ŠMÍD³, Karolína ADÁMKOVÁ⁴, Martin ADAM⁴

¹Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a. s., Sladařský ústav, Mostecká 7, 614 00 Brno
Research Institute of Brewing and Malting, Plc., Malting Institute, Mostecká 7, CZ-614 00 Brno, Czech Republic.
e-mail: psota@beerresearch.cz; musilova@beerresearch.cz

²ÚKZÚZ, Národní odrůdový úřad, Hroznová 2, 656 06 Brno
CISTA, National Plant Variety Office, Hroznová 2, CZ-656 06 Brno, Czech Republic.
e-mail: vladimira.horakova@ukzuz.cz

³Raven Trading, s.r.o., Dolní Hejčinská 31, 779 00 Olomouc
Raven Trading, Ltd., Dolní Hejčinská 31, CZ-779 00 Olomouc, Czech Republic.
e-mail: prinosil@raven-trading.cz

⁴Fakulta Chemicko-technologická, Univerzita Pardubice, Studentská 573, 532 10 Pardubice
Faculty of Chemical Technology, University of Pardubice, Studentská 573, CZ-532 10 Pardubice, Czech Republic.
e-mail: st30551@student.upce.cz; Martin.Adam@upce.cz

Recenzovaný článek / Reviewed Paper

Sachambula, L., Psota, V., Musilová, M., Horáková, V., Přinosil, A., Adámková, K., Adam, M., 2017: Sladovnická kvalita odrůd jarní pšenice. Kvasny Prum. 63(6): 314–322

V průběhu tří zkušebních let (2013–2015) bylo analyzováno celkem 99 vzorků jarní pšenice (11 odrůd ze 3 zkušebních stanovišť). Byly sledovány základní znaky (extrakt, relativní extrakt při 45 °C, diastatická mohutnost, dosažitelný stupeň prokvašení, friabilita a obsah β -glukanů ve sladině) a některé znaky speciální. Odrůdy pšenice poskytovaly dostatečně vysoký obsah extraktu, průměrná hodnota tohoto znaku byla 83,5 %. Proteolytické rozluštění vyjádřené hodnotou Kolbachova čísla bylo v průměru 35 %. Odrůdy pšenice měly ve srovnání s ječným sladem vyšší viskozitu. Viskozita se pohybovala v rozpětí 1,61–1,78 mPa.s a průměrný obsah arabinoxilanů ve sladině v rozpětí 1306–1656 mg/l. Friabilita (křehkost) sladu byla velmi nízká, pohybovala se v intervalu 28–36 %. Obsah β -glukanů ve sladině velmi nízký, průměrná hodnota byla 25,9 mg/l.

Sachambula, L., Psota, V., Musilová, M., Horáková, V., Přinosil, A., Adámková, K., Adam, M., 2017: Malting quality of spring wheat varieties. Kvasny Prum. 63(6): 314–322

During a three-year testing period (2013 – 2015), totally 99 samples of spring wheat (11 varieties from three testing localities) were analyzed. The basic parameters (extract, relative extract at 45 °C, diastatic power, final attenuation, friability and β -glucan content in wort as well as some special parameters) were tested. The wheat varieties provided sufficiently high extract content, the average value of this parameter was 83.5 %. Proteolytic modification given by the value of Kolbach Index was on average 35 %. Compared to barley malt, the wheat varieties had higher viscosity. The viscosity varied from 1.61 – 1.78 mPa.s and the average arabinoxilan content in wort in the scope of 1306 – 1656 mg/l. Friability (brittleness) of malt was very low, moving within 28 – 36 %. β -glucan content in wort was very low, with the average value of 25.9 mg/l.

Sachambula, L., Psota, V., Musilová, M., Horáková, V., Přinosil, A., Adámková, K., Adam, M., 2017: Die Malzqualität der Sommerweizensorten. Kvasny Prum. 63(6): 314–322

Im Laufe von 3 Probenjahren (2013–2015) wurden insgesamt 99 Sommerweizensortenproben (11 Sorten aus den 3 Probenstellen) analysiert. Es wurden die folgende Grundparameter (Extrakt, relativer Extrakt bei 45°C, diastatische Kraft, erreichbarer Grad der Verzuckerung, Friabilität und Gehalt an β -Glukane in der Süße Würze) und einige weitere spezielle Parameter verfolgt. Die Weizensorten wiesen einen genug hohen Gehalt an Extrakt, der durchschnittliche Wert war 83,5%. Durch Kolbach Zahl ausgedrückte proteolytische Auflösung lag rund um 35%. Im Vergleich mit Gerstenmalz wiesen die Weizensorten eine höhere Viskosität auf. Der Wert der Viskosität lag im Bereich 1,61–1,78 mPa.s und der durchschnittliche Wert des Gehalts an Arabinoxilane in der Süße Würze lag im Bereich 1306–1656 mg/l. Friabilität des Malzes war sehr niedrig, lag im Bereich 28–36%. Gehalt an β -Glukane in der Süße Würze war auch sehr niedrig, der durchschnittliche Wert war 25,9 mg/l.

Klíčová slova: jarní pšenice, odrůda, sladovnická kvalita

Keywords: spring wheat, variety, malting quality

1 ÚVOD

Většina lidí v rozvojových zemích žije ve venkovských oblastech a je závislá na zemědělství. Za posledních 50 let došlo k výraznému pokroku v produkci jednotlivých plodin, zejména k vyšším výnosům na jednotku plochy a k intenzifikaci výroby (FAO, 2015).

Podle statistik Organizace pro výživu a zemědělství (FAO) patří pšenice společně s rýží ke dvěma obilovinám s nejvyšším objemem produkce na světě. Pšenice a rýže jsou i nadále nejdůležitějším zdrojem potravy pro lidskou spotřebu. Světová produkce pšenice zažívá výrazný vzestup od roku 2004, kdy překročila hranici 600 mil. tun, v roce 2014 už to bylo 730 mil. tun. V roce 2015 byly největšími světovými producenty pšenice na jednoho obyvatele Austrálie, Litva, Dánsko a Kanada. Česká republika zaujímala dvanácté místo (FAO, 2015). Po druhé světové válce se pšenice stala dominantní obilovinou i v České republice, kde její produkce stoupala a již od 70. let se Česká republika stala pěstitelem soběstačnou (Příhoda et al.,

1 INTRODUCTION

Most people in the developing countries live in rural areas and are dependent on farming. Over the last 50 years, significant progress has been made in crop production, namely in higher yield per area and intensification of production (FAO, 2015).

According to the Food and Agriculture Organization (FAO) statistics, wheat and rice are among the two largest cereals in the world. Wheat and rice remain the most important source of food for human consumption. World wheat production has been experiencing a significant increase since 2004, when it exceeded 600 million tonnes; in 2014 it was 730 mil. tonnes. In 2015, the biggest world producers of wheat per an inhabitant were Australia, Lithuania, Denmark and Canada. The Czech Republic ranked twelfth (FAO, 2015). After World War II, wheat became a dominant cereal in the Czech Republic, its production increased and since the 1970s the Czech Republic has become a self-sufficient wheat producer (Příhoda et al., 2003). Growing of wheat is

2003). Samotné pěstování pšenice je náročné. Vyžaduje půdy bohaté na humus s obsahem vápníku, vlhkost a hodně teplých dnů (Anderle et al., 2004).

V mnoha zemích se pro výrobu pšeničných a speciálních piv používají slady z pšenice seté (*Triticum aestivum* L., lipnicovité, *Poaceae*). Vzhledem k tomu, že produkce pšeničného piva se v roce 2009 oproti roku 1990 téměř zdvojnásobila a stále vzrůstá, roste také zájem o odrůdy pšenice vhodné k pivovarským účelům. Odrůdy pšenice vhodné pro pekařské využití jsou zcela nevhodné k pivovarským účelům z hlediska vysokého obsahu dusíkatých látek, proto se hledají odrůdy, které mají nízký obsah dusíkatých látek a nízkou viskozitu. Obliba pšeničného piva v průběhu let značně kolísala, na počátku 20. století spotřeba činila pouze několik málo procent z celkové produkce piva (Faltermaier et al., 2014).

V současné době se v České republice šlechtí a pěstují odrůdy jarní pšenice pouze pro pekařské a krmivářské účely. Skreeningovým vyšetřením stávajícího sortimentu odrůd jarní pšenice zařazených do seznamu doporučených odrůd je možno najít odrůdy vhodné pro sladařské účely.

Množství použitého pšeničného sladu v sypaní se liší podle jednotlivých receptur a v jednotlivých zemích. V Německu se používá 50–80 % pšeničného sladu v sypaní, v Belgii je to obvykle 60 % ječného sladu a 40 % nesladované pšenice (Basařová et al., 2010). Česká republika, jakožto pivovarská velmoc, se zaměřuje především na výrobu sladu z ječmene jarního. Pouze zlomek procenta z celkové výroby sladu připadá na slady pšeničné (Kadlec et al., 2009). Výrobou pšeničného sladu se zabývá pouze několik sladoven na území České republiky (Zámecká sladovna v Kolíně; Sladovna Klusáček Kounice; JK NÁPOJE s. r. o., středisko Náměšť na Hané; SLADOVNY SOUFFLET ČR, a. s., sladovna Prostějov; RAVEN TRADING, s. r. o., sladovna Záhlinice) (Sachambula a Psota, 2017).

Pšeničný slad dodává pivům speciální chuťové a aromatické vlastnosti, podporuje pěnovost a nezřídka se může malý přídavek využít u piv z ječného sladu se špatnou stabilitou pěny (Basařová et al., 2010). Pšenice jako pivovarská surovina má však i své nevýhody. Absence obalových vrstev zrna způsobuje problémy při scezování sladin, proto je vždy na sládkovi, jaký poměr pšeničného a ječného sladu v sypaní zvolí (Agu a Palmer, 1998). Stejně tak vysoký obsah dusíkatých látek má za následek problémy se scezováním sladin, filtrací a prokvašením, v neposlední řadě negativně ovlivňuje chuťové vlastnosti hotového piva (Faltermaier et al., 2014).

Velmi důležité pro všechny zpracovatele pšenice je sledování kvalitativních parametrů na začátku každé sklizně. Vlastnosti pšenice se liší v závislosti na odrůdě, půdních a klimatických podmínkách. Narziss (2005) uvádí jakostní parametry pro pšeničnou k pivovarským účelům. Rozhodujícím faktorem pro použití k výrobě sladu je obsah bílkovin, tvrdá nebo měkká struktura endospermu. Měkké pšenice s moučným endospermem a obsahem bílkovin do 11 % jsou považovány za vhodnější odrůdy pro pivovarské účely (Depreatere et al., 2004).

Odrůdy pšenice jsou z pohledu vhodnosti pro pekařské využití (výrobu kynutých těst) rozděleny do čtyř skupin (elitní, kvalitní, chlebová a nevhodná pro pekařské zpracování) na základě šesti hlavních kritérií za použití převodu absolutních hodnot do devítibodové stupnice. Do nejvyšší, elitní jakostní třídy (E) dle stanovených hodnot spadají odrůdy s nejvyšším obsahem hrubých bílkovin (Horáková et al., 2015). U pšenice vhodné pro pivovarské účely je tomu právě naopak. Pro pivovarské účely je vhodná pšenice s optimálním obsahem dusíkatých látek (10–12 %), stejně jako u ječmene jarního. Tyto pšenice zpravidla spadají k pšenicím nevhodným pro pekařské využití (třída jakosti C).

Obsah bílkovin v pšeničném zrně kolísá v širokém rozpětí od 6 do 20 %, jejich obsah závisí na genotypu (odrůdě) a podmínkách pěstování (půda, klimatické podmínky a hnojení) (Koehler a Wieser, 2013). Obsah bílkovin kolísá v různých částech zrna, relativně nejvyšší je v aleuronové vrstvě a v klíčku. V endospermu ubývá obsah bílkovin směrem ke středu (Hrušková et al., 2008). Klíčky a aleuronová vrstva obsahují zpravidla více než 30 % bílkovin, endosperm kolem 13 % a otruby 7 % (Koehler a Wieser, 2013). Nejvyšší podíl bílkovin zrna obsahuje endosperm. Tyto bílkoviny přecházejí do mouky a jsou hlavními nositeli technologických vlastností (Hrušková et al., 2008). V porovnání s ječmenem, pšenice má většinou vyšší obsah dusíkatých látek v zrně. Obsah dusíkatých látek v pšeničném sladu má velký dopad na celý pivovarský proces a ovlivňuje výslednou kvalitu piva (Faltermaier et al., 2014).

Škrob patří bezpochyby mezi fyziologicky a technologicky nejdůležitější polysacharidy, v endospermu je přítomen ve formě zrn různé velikosti a tvaru (Hrušková et al., 2008). Jeho hlavními složkami jsou dva α -D-glukany (lineární amyloza a větvený amylopektin). Zatímco

demanding: It requires soils rich in humus containing calcium, moisture and a lot of warm days (Anderle et al., 2004).

In many countries, malts from wheat (*Triticum aestivum* L., *Poaceae*) are used for production of wheat and special beers. Production of wheat nearly doubled in 2009 compared to 1990 and is still rising; this is reflected in the increased interest in wheat varieties suitable for brewing. Wheat varieties suitable for baking are completely unsuitable for brewing purposes due to their high nitrogen content; varieties with a low nitrogen content and low viscosity are required. The popularity of wheat beer fluctuated considerably over the years; at the beginning of the 20th century, consumption was only a few percent of the total beer production (Faltermaier et al., 2014).

At present, varieties of spring wheat are grown only for baking and feeding purposes in the Czech Republic. By screening of the current range of collection of wheat varieties listed in the list of recommended varieties, it is possible to find varieties suitable for malting purposes.

The amount of wheat malt used in grist varies depending on individual recipes and countries. In Germany, 50–80% of wheat malt is used in grist, in Belgium, it is usually 60% of barley malt and 40% of non-malted wheat (Basařová et al., 2010). The Czech Republic, as a brewery superpower, focuses mainly on the production of malt from spring barley. Only a small portion of the total malt production is represented by wheat malts (Kadlec et al., 2009). Only a few malting plants produce wheat malt in the territory of the Czech Republic (i.e. Zámecká sladovna in Kolín; Sladovna Klusáček Kounice; JK NÁPOJE s. r. o., work place Náměšť na Hané; SLADOVNY SOUFFLET ČR, a. s., malthouse Prostějov; RAVEN TRADING, s. r. o., malthouse Záhlinice) (Sachambula and Psota, 2017).

Wheat malt gives the beers special flavor and aromatic properties, it promotes foaming, and in low quantities it can be added to beers from barley malt with poor foam stability (Basařová et al., 2010). However, wheat as a brewery raw material also has its disadvantages. The absence of grain hulls causes problems in wort lautering, so a maltster must always decide about a proportion of wheat and barley malt in grist (Agu and Palmer, 1998). Similarly a high content of nitrogenous substances results in problems with wort lautering, filtration and attenuation, and last but not least, affects negatively the organoleptic properties of finished beer (Faltermaier et al., 2014).

It is very important for all wheat processors to monitor the qualitative parameters at the beginning of each harvest. Wheat properties vary depending on a variety, soil and climatic conditions. Narziss (2005) provides quality parameters for wheat suitable for brewing purposes. The decisive factor for malt production is the protein content, a hard or soft endosperm structure. Soft wheats with a mealy endosperm and a protein content of up to 11% are considered to be more suitable varieties for brewing purposes (Depreatere et al., 2004).

In terms of their suitability for use in baking (production of dough), wheat varieties are split into four groups (elite, good quality, bread quality and unsuitable for bakery processing) based on the six main criteria using transfer of the absolute values to a nine-point scale. According to established values, the highest, elite quality class (E), are the varieties with the highest content of crude protein (Horáková et al., 2015). In wheats suitable for brewing purposes it is just the opposite. For brewing, wheat with the optimum nitrogen content (10–12%) is suitable, similarly as in spring barley. These wheats normally belong to the wheats unsuitable for baking (quality class C).

Protein content in wheat grain varies in a wide range from 6 to 20%, the content depends on a genotype (variety) and conditions of growing (soil, weather conditions and fertilizing) (Koehler and Wieser, 2013). Protein content also fluctuates in different parts of the grain, relatively highest is in the aleuron layer and the germ. Protein content decreases towards the center of the endosperm (Hrušková et al., 2008). The germ and aleuron layer typically contain more than 30% of protein, endosperm around 13% and bran 7% (Koehler and Wieser, 2013). The endosperm contains the highest proportion of grain proteins, these proteins pass into flour and are the main carriers of technological properties (Hrušková et al., 2008). Compared to barley, wheat usually has a higher content of nitrogenous substances in the grain. The content of nitrogenous substances in wheat malt has a great impact on the whole brewing process affecting the resulting beer quality (Faltermaier et al., 2014).

Starch undoubtedly belongs to the physiologically and technologically most important polysaccharides, in the endosperm it is present in the form of granules of different size and shape (Hrušková et al., 2008). Its main components are two α -D-glucans (linear amylose and branched amylopectin). While dextrination and liquefaction en-

ztekucující a dextrinační enzym α -amylasa štěpí amylosu i amylopektin zevnitř molekuly, tak enzym β -amylasa je enzymem zcukřující, štěpícím amylosu i amylopektin zvnějšku. Způsobuje tak rychlou tvorbu maltosy, která je obsažena ve zdravých naklíčených zrnech pšenice. Pro správnou enzymovou hydrolyzu škrobu je třeba součinnosti obou zmíněných enzymů (Hampl, 1970). V zrně pšenice je přítomno 1,5–3 % lipidů. Hlavní podíl lipidů je soustředěn v oblasti klíčku. Obsah lipidů je důležitý zejména pro skladování obilí a mouk. Oxidační změny lipidů způsobují nežádoucí zhoršení senzoryckých vlastností – žluknutí (Hrušková et al., 2008).

Cílem tohoto výzkumu bylo najít vhodnou odrůdu pšenice pro výrobu sladu se zaměřením na současně pěstované odrůdy jarní pšenice, především z pohledu základních sladařských znaků.

2 MATERIÁL A METODY

Vzorky jarní pšenice byly získány ze zkušebních stanovišť Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského České republiky. V průběhu let 2013–2015 bylo hodnoceno celkem 99 vzorků (11 odrůd \times 3 stanoviště \times 3 roky). Odrůdy jarní pšenice byly pěstovány na stanovištích: Čáslav, Chrástava, Pusté Jakartice, Uherský Ostroh a Věrovany. V průběhu pěstování byly odrůdy (tab. 1) ošetřeny následujícím způsobem:

- mořidlo (účinné proti snětem mazlavým, sněti zakrslé),
- základní dávka dusíku (90–110 kg.ha⁻¹) zvýšená o 30 kg.ha⁻¹ (aplikace na začátku metání),
- morforegulátor (aplikuje se dle potřeby),
- fungicid proti listovým chorobám na začátku metání (dva fungicidy pouze v případě silného tlaku chorob v době sloupkování) (Horáková et al., 2015).

Sladování 1,0 kg vzorků probíhalo v mikroskladovně fy KVM (ČR). Pro laboratorní sladování byl použit postup tradičně používaný ve VÚPS, který je v podstatě totožný s metodikou MEBAK (2011).

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

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

Hvozdění probíhalo na jednorázovém elektricky vyhřívaném hvozdu. Celková doba hvozdění byla 22 hodin, předsoušení probíhalo při teplotě 55 °C, teplota dotahování byla 80 °C po dobu 4 hodin.

V průběhu tří let (2013–2015) byla v nesladovaném zrně, sladu a sladně sledována řada znaků (tab. 2). Čírost sladiny byla hodnocena následovně: 1 = čirá, 2 = slabě opalizující, 3 = opalizující, 4 = zakalená.

Výsledky byly statisticky zpracovány analýzou rozptylu dvojnásobného třídění, korelační a regresní analýzou. Statistické zpracování provedl Národní odrůdový úřad ÚKZÚZ v Brně.

3 VÝSLEDKY A DISKUSE

Obsah dusíkatých látek v zrně se u sledovaných odrůd jarní pšenice pohyboval v průměru od 11,3 % do 12,8 %, což odpovídá doporučeným hodnotám pro pšenici určenou k výrobě sladu (Narziss, 2005). Nejnižší obsah (11,3 %) měla odrůda Alondra, naopak nejvyšší obsah (12,8 %) vykazovala odrůda KWS Scirocco. Obsah dusíka-

zyme α -amylase cleaves amylose and amylopectin within molecules, β -amylase is a saccharifying enzyme that cleaves amyloid and amylopectin from the outside. This causes the rapid production of maltose contained in healthy germinated wheat grains. For proper enzymatic hydrolysis of starch, synergy between the two enzymes is required (Hampl, 1970). Wheat grain contains 1.5–3% of lipids. The major part of lipids is concentrated in the area of the germ. The lipid content is particularly important for storage of grain and flour. Oxidative changes of lipids cause undesirable deterioration of sensory properties – rancidity (Hrušková et al., 2008).

The aim of this research was to find a suitable wheat variety for production of malt with the focus on currently grown varieties of spring wheat, namely in terms of the basic malting parameters.

2 MATERIAL AND METHODS

The samples of spring wheat were obtained from the testing localities of the Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture of the Czech Republic. During 2013 – 2015, totally 99 samples were assessed (11 varieties \times 3 localities \times 3 years). The spring wheat varieties were grown in the following localities: Čáslav, Chrástava, Pusté Jakartice, Uherský Ostroh and Věrovany. During growing, the varieties (Table 1) were treated using:

- disinfectant (affective against loose smut and dwarf bunt of wheat),
- basic dosage of nitrogen (90 – 110 kg.ha⁻¹) increased by 30 kg.ha⁻¹ (applied at the beginning of heading),
- morphoregulator (applied as required),
- fungicide against leaf diseases at the beginning of heading (two fungicides only in case of a stronger diseases attack at the time of shooting) (Horáková et al., 2015).

The samples (1.0 kg) were malted in the micromalting plant of the company KVM (CR). For laboratory malting, the method traditionally used in the RIBM, which is principally identical with the MEBAK method (2011), was used.

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

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

Kilning was conducted on a one-floor electrically heated kiln. The total time of kilning was 22 hours, pre-kilning was conducted at the temperature of 55 °C, the kilning temperature was 80 °C for 4 hours.

In the three-year period (2013–2015), many parameters (Table 2) were followed in non-malted grain, malt and wort. Wort clarity was assessed as: 1 = clear, 2 = weakly opalizing, 3 = opalizing, 4 = turbid.

The results were processed statistically by dual variance, correlation and regression analysis. The statistical processing was carried out by the National Variety Office of the CISTA in Brno.

3 RESULTS AND DISCUSSION

Content of nitrogenous substances in grain of the studied spring wheat varieties varied on average from 11.3% to 12.8%, which corresponds to the values recommended for wheat for malt production (Narziss, 2005). The lowest content (11.3%) was recorded in the vari-

Tab. 1 Odrůdy jarní pšenice / Table 1 Spring wheat varieties

Odrůda Variety	Výchozí materiál Pedigree	Registrace Registration	Udržovatel Maintainer
Alondra	Seance/Monsun	2013	SELGEN, a. s., CZE
Anabel	Seance/SG-S17-04	2014	SELGEN, a. s., CZE
Astrid	Leguan/Svitava/Piccolo	2012	SELGEN, a. s., CZE
Dafne	Vinjett/Piccolo	2011	SELGEN, a. s., CZE
Izzy	SG-S 53-97/Vinjett	2011	SELGEN, a. s., CZE
KWS Akvilon	CPBT-03-818/Amaretto	2014	KWS LOCHOW GMBH, DEU
KWS Chamsin	S32173/Passat/Vanek	2012	KWS LOCHOW GMBH, DEU
KWS Scirocco	Eminent/Taifun	2011	KWS LOCHOW GMBH, DEU
Quintus	LW 093W015-3/LW 096SW35//ZE 992531-28	2014	Wiersum Plantbreeding B.V., NLD
Seance	SG-S 1267-92/2*Samanta	2008	SELGEN, a. s., CZE
Tercie	Sandra/Hana/Linda/KOC 585	2008	SELGEN, a. s., CZE

Tab. 2 Výsledky sladování / Table 2 Results of malting

Odrůda / Variety	Jednotky Units	Odkazy Referen- ces	Alondra	Anabel	Astrid	Dafne	Izzy	KWS Akvilon	KWS Chamsin	KWS Scirocco	Quintus	Seance	Tercie
Znak / Parameters													
Dusíkaté látky v znu <i>Protein content of wheat</i>	%	EBC 2010 3.3.2	11.3	11.7	12.1	11.7	11.9	12.2	12.2	12.8	12.2	11.4	11.7
Extrakt v sušině sladu <i>Extract of malt</i>	%	EBC 2010 4.5.1	84.8	84.1	83.2	83.8	83.2	83.4	81.9	82.9	82.3	84.7	83.9
Relativní extrakt při 45 °C <i>Relative extract at 45 °C</i>	%	MEBAK 2011 3.1.4.11	34.7	34.8	35.2	29.8	37.3	30.4	31.5	33.8	34.3	34.2	34.5
Kolbachovo číslo <i>Kolbach index</i>	%	EBC 2010 4.9.1	35.5	35.4	33.7	32.5	36.3	34.0	33.9	38.0	35.9	34.1	35.3
Diastatická mohutnost <i>Diastatic power</i>	WK	EBC 2010 4.12	334	327	311	353	413	285	277	364	229	312	305
Dosažitelný st. prokvašení <i>Final attenuation</i>	%	EBC 2010 4.11.1	80.6	81.3	81.0	80.9	81.3	79.7	81.3	80.6	80.7	80.8	80.9
Friabilita <i>Friability</i>	%	EBC 2010 4.15	31	30	33	32	36	28	30	32	35	32	28
Viskozita 8.6 % <i>Wort viscosity 8.6 %</i>	mPa.s	EBC 2010 4.8	1.65	1.76	1.61	1.73	1.67	1.70	1.71	1.63	1.65	1.64	1.78
β-glukany ve sladně <i>β-glucan content of wort</i>	mg/l	EBC 2010 4.16.2	23	27	20	22	20	30	43	28	23	21	26
Čiřost sladiny <i>Clarity of wort</i>		MEBAK 2011 3.1.4.2.6	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.22	1.00	1.00
Zákal sladiny (90°) <i>Haze of wort (90°)</i>	EBC	EBC 2010 9.29	0.45	0.53	0.52	0.75	0.51	0.75	0.53	0.64	1.00	0.54	0.57
Zákal sladiny (12°) <i>Haze of wort (12°)</i>	EBC	EBC 2010 9.29	0.60	0.69	0.62	1.13	0.76	1.21	0.80	0.86	1.85	0.76	0.77
pH sladiny <i>Wort pH</i>		EBC 2010 4.18	6.20	6.20	6.16	6.22	6.20	6.23	6.19	6.17	6.20	6.22	6.19
Aktivita α-amylasy <i>α-amylase activity</i>	D.U.	EBC 2010 4.13	43	45	47	44	47	43	40	45	45	45	45
Volný aminodusík <i>Free amino nitrogen</i>	mg/l	EBC 2010 4.10	103	107	100	89	107	94	102	116	110	101	100
Acidita sladiny (GOST) <i>Wort acidity (GOST)</i>	ml	DSTU 4282:2004	0.69	0.67	0.79	0.68	0.79	0.71	0.68	0.79	0.69	0.67	0.74
Barva sladiny <i>Wort colour</i>	EBC	EBC 2010 4.7.2	2.8	2.7	3.2	3.0	3.3	2.6	3.0	2.7	3.4	2.9	2.8
Barva sladiny po povaření <i>Boiled wort colour</i>	EBC	MEBAK 2011 3.1.4.2.9	4.1	4.0	4.4	4.1	4.8	3.5	4.2	3.6	4.6	4.2	3.6
Prekurzory dimetylsulfidu (PDMS) <i>PDMS</i>	mg/kg	EBC 2010 9.39	2.61	3.03	3.25	3.08	3.84	3.36	4.45	3.35	3.79	2.82	2.69
Dimetylsulfid (DMS) <i>DMS</i>	mg/kg	EBC 2010 9.39	0.51	0.64	0.63	0.51	0.65	0.61	0.71	0.48	0.65	0.51	0.63
Polyfenoly ve sladně <i>Total polyphenols in wort</i>	mg/l	EBC 2010 9.11	14.3	17.3	36.7	28.1	39.4	11.7	31.9	13.8	40.8	19.0	16.0
Obsah arabinoxilanů ve sladně <i>Arabinoxylans in wort</i>	mg/l	Douglas 1981	1456	1622	1549	1424	1399	1306	1456	1506	1386	1367	1656
Cukry DP4-DP10 <i>Sacharides DP4-DP10</i>	g/100ml	VÚPS	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9	1.1	1.0	0.9	1.0	0.9	0.9
Cukry DP1-DP3 <i>Sacharides DP1-DP3</i>	g/100ml	VÚPS	9.3	9.2	9.2	9.5	9.5	9.3	9.3	9.3	9.2	9.5	9.5
Doba zcukření <i>Saccharification Rate</i>	min	EBC 2010 4.5.1	10	10	10	13	10	13	11	11	10	10	10
Rozdíl extraktů <i>Extract difference</i>	%	EBC 2010 4.5.2	1.2	1.3	1.4	1.5	0.9	2.1	1.9	1.3	1.4	1.2	1.3
Dusíkaté látky v sušině <i>Total nitrogen of malt</i>	%	EBC 2010 4.3.1	10.8	11.3	11.7	11.2	11.4	11.7	11.8	12.2	11.8	10.8	11.2
Rozpustné dusíkaté látky <i>Soluble nitrogen substances</i>	%	EBC 2010 4.9.1	4.0	4.2	4.1	3.8	4.3	4.1	4.1	4.8	4.3	3.8	4.1
Rozpustný dusík ve sladně <i>Soluble nitrogen in wort</i>	mg/l	EBC 2010 4.9.1	699	728	717	665	758	722	727	847	768	672	724
Rozpustný dusík ve sladu <i>Soluble nitrogen of malt</i>	mg/100g	EBC 2010 4.9.1	632	658	648	601	684	653	657	765	695	608	653
Aktivita β-amylasy <i>β-amylase activity</i>	U/g	Santos. Riis 1996	26.9	27.2	28.9	33.4	35.4	25.2	23.4	34.0	16.9	27.7	26.7
Homogenita friabilimetrem <i>Homogeneity by friabilimeter</i>	%	EBC 2010 4.15	83.7	76.5	86.5	80.9	89.5	73.0	79.3	87.0	91.4	82.9	73.6
Částečně sklovitá zrna <i>Partly unmodified grains</i>	%	EBC 2010 4.15	16.3	23.5	13.5	19.1	10.5	27.0	20.7	13.0	8.6	17.1	26.4

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

Zdroj proměnlivosti Source of variation	d.f.	Průměrný čtverec Mean square	Hladina Významnosti Significant level	F hodnota F ratio	Odhad komponent rozptylu Estimated components of variance		
					abs.	rel. (%)	s.e.
Extrakt v sušině sladu / Extract of malt							
Rok/ Year	2	8.115	***	26.866	0.305	17.53	0.320
Stanoviště / Site	4	7.322	***	24.242	0.315	18.07	0.240
Odrůda / Variety	10	7.677	***	25.418	0.820	47.08	0.382
Reziduál / Residual	82	0.302			0.301	17.31	0.047
Relativní extrakt 45 °C / Relative extract at 45 °C							
Rok/ Year	2	6.855	*	3.744	0.260	3.54	0.336
Stanoviště / Site	4	11.872	***	6.485	0.519	7.08	0.457
Odrůda / Variety	10	44.403	***	24.253	4.731	64.54	2.206
Reziduál / Residual	82	1.831			1.821	24.84	0.284
Kolbachovo číslo / Kolbach index							
Rok/ Year	2	47.255	***	20.141	2.208	21.93	2.317
Stanoviště / Site	4	69.921	***	29.802	3.449	34.26	2.567
Odrůda / Variety	10	20.875	***	8.898	2.058	20.44	1.038
Reziduál / Residual	82	2.346			2.352	23.37	0.367
Diastatická mohutnost / Diastatic power							
Rok/ Year	2	7246.792	***	8.521	272.935	7.92	305.273
Stanoviště / Site	4	1811.052	NS	2.129	51.766	1.50	76.203
Odrůda / Variety	10	21222.341	***	24.953	2262.411	65.62	1055.134
Reziduál / Residual	82	850.479			860.639	24.96	134.114
Dosažitelný stupeň prokvašení / Final attenuation							
Rok/ Year	2	2.680	***	19.257	0.087	19.36	0.093
Stanoviště / Site	4	0.531	**	3.815	0.030	6.74	0.029
Odrůda / Variety	10	1.869	***	13.430	0.192	42.75	0.093
Reziduál / Residual	82	0.139			0.140	31.15	0.022
Friabilita / Friability							
Rok/ Year	2	214.622	***	19.864	9.509	31.06	9.967
Stanoviště / Site	4	144.104	***	13.337	5.418	17.70	4.450
Odrůda / Variety	10	54.901	***	5.081	4.901	16.01	2.735
Reziduál / Residual	82	10.805			10.790	35.24	1.685
Viskozita 8.6 % / Wort viscosity 8.6 %							
Rok/ Year	2	0.007	*	3.110	0.001	8.62	0.001
Stanoviště / Site	4	0.004	NS	1.993	0.000	3.45	0.000
Odrůda / Variety	10	0.028	***	12.796	0.003	50.00	0.001
Reziduál / Residual	82	0.002			0.002	37.93	0.000
β-glukany ve sladině / β-glucan content of wort							
Rok/ Year	2	1228.277	***	68.778	61.311	37.63	62.152
Stanoviště / Site	4	729.173	***	40.830	42.272	25.95	30.916
Odrůda / Variety	10	390.952	***	21.892	41.452	25.44	19.429
Reziduál / Residual	82	17.859			17.883	10.98	2.793
Čírost sladiny / Clarity of wort							
Rok/ Year	2	0.018	NS	1.037	0.000	0.00	0.001
Stanoviště / Site	4	0.024	NS	1.382	0.000	0.00	0.001
Odrůda / Variety	10	0.040	*	2.303	0.003	12.25	0.002
Reziduál / Residual	82	0.175			0.018	87.75	0.003
Zákal 90° / Haze of wort 90°							
Rok/ Year	2	0.177	*	3.172	0.003	3.08	0.006
Stanoviště / Site	4	0.653	***	11.692	0.031	27.92	0.025
Odrůda / Variety	10	0.234	***	4.185	0.020	17.86	0.012
Reziduál / Residual	82	0.056			0.056	51.13	0.009

tých látek nad 12 % měly odrůdy Astrid, KWS Akvilon, KWS Chamsin a odrůda Quintus (tab. 2).

3.1 Amylolytické rozluštění

Vzhledem k chybějícím pluchám má pšeničný slad vyšší výtěžek extraktu než ječný slad, ale nízký dosažitelný stupeň prokvašení (Back, 2005).

ety Alondra, while the highest (12.8%) was found in the variety KWS Scirocco. The varieties Astrid, KWS Akvilon, KWS Chamsin, and Quintus (Table 2) had content of nitrogenous substances above 12%.

3.1 Amylolytic modification

Due to missing hulls, wheat malt has a higher extract yield than barley malt but low final attenuation (Back, 2005).

Zdroj proměnlivosti <i>Source of variation</i>	d.f.	Průměrný čtverec <i>Mean square</i>	Hladina Významnosti <i>Significant level</i>	F hodnota <i>F ratio</i>	Odhad komponent rozptylu <i>Estimated components of variance</i>		
					abs.	rel. (%)	s.e.
Zakal 12° / Haze of wort 12°							
Rok/ Year	2	0.580	NS	3.042	0.009	2.32	0.018
Stanoviště / Site	4	1.794	***	9.416	0.078	19.80	0.064
Odrůda / Variety	10	1.196	***	6.277	0.111	28.46	0.596
Reziduál / Residual	82	0.191			0.193	49.41	0.030
pH sladiny / Wort pH							
Rok/ Year	2	0.007	***	19.784	0.000	23.53	0.000
Stanoviště / Site	4	0.005	***	13.080	0.001	29.41	0.000
Odrůda / Variety	10	0.004	***	11.632	0.000	23.53	0.000
Reziduál / Residual	82	0.000			0.000	23.53	0.000
Aktivita α-amylasy / α-amylase activity							
Rok/ Year	2	37.859	*	3.807	0.553	3.63	0.972
Stanoviště / Site	4	55.479	***	5.578	2.036	13.35	1.924
Odrůda / Variety	10	32.921	**	3.310	2.533	16.61	1.646
Reziduál / Residual	82	9.946			10.129	66.41	1.579
Volný aminodusík / Free amino nitrogen							
Rok/ Year	2	236.818	NS	2.439	3.454	2.20	7.341
Stanoviště / Site	4	362.591	**	3.734	13.999	8.91	14.390
Odrůda / Variety	10	472.822	***	4.869	41.639	26.49	23.563
Reziduál / Residual	82	97.113			98.071	62.40	15.282
Acidita sladiny (GOST) / Wort acidity (GOST)							
Rok/ Year	2	0.326	***	56.114	0.013	48.66	0.013
Stanoviště / Site	4	0.101	***	17.432	0.006	22.22	0.004
Odrůda / Variety	10	0.022	***	3.743	0.002	6.90	0.001
Reziduál / Residual	82	0.006			0.006	22.22	0.001
Barva sladiny / Wort colour							
Rok/ Year	2	0.282	**	6.901	0.009	7.22	0.011
Stanoviště / Site	4	0.267	***	6.517	0.010	8.20	0.009
Odrůda / Variety	10	0.600	***	14.652	0.062	50.94	0.030
Reziduál / Residual	82	0.041			0.041	33.63	0.006
Barva sladiny po povaření / Boiled wort colour							
Rok/ Year	2	0.011	NS	0.156	0.000	0.00	0.002
Stanoviště / Site	4	0.042	NS	0.590	0.000	0.00	0.003
Odrůda / Variety	10	1.520	***	21.325	0.161	69.41	0.076
Reziduál / Residual	82	0.071			0.071	30.59	0.011
Prekursor dimethylsulfidu / PDMS							
Rok/ Year	2	5.680	***	15.224	0.199	18.18	0.216
Stanoviště / Site	4	2.970	***	7.961	0.254	23.23	0.201
Odrůda / Variety	10	2.751	***	7.372	0.264	24.14	0.137
Reziduál / Residual	82	0.373			0.377	34.46	0.059
Dimethylsulfid / DMS							
Rok/ Year	2	6.970	***	148.12	0.250	81.15	0.252
Stanoviště / Site	4	0.210	**	4.458	0.010	3.37	0.010
Odrůda / Variety	10	0.052	NS	1.109	0.001	0.19	0.003
Reziduál / Residual	82	0.047			0.047	15.28	0.007
Polyfenoly ve sladince / Total polyphenols in wort							
Rok/ Year	2	53.579	NS	2.140	0.003	0.00	0.976
Stanoviště / Site	4	78.055	*	3.118	2.287	1.53	2.675
Odrůda / Variety	10	1119.078	***	44.702	121.454	81.11	55.624
Reziduál / Residual	82	25.034			25.996	17.36	4.043
Obsah arabinoxilanů ve sladince / Arabinoxylans in wort							
Rok/ Year	2	294820.91	***	27.569	17249.253	44.72	17564.854
Stanoviště / Site	4	12468.79	NS	1.166	1.079	0.00	420.112
Odrůda / Variety	10	105571.31	***	9.872	10531.724	27.31	5250.017
Reziduál / Residual	82	10694.08			10785.797	27.97	1675.996

Narziss (2005) uvádí, že by obsah extraktu v sušině pšeničného sladu měl být vyšší než 83 %. Získané slady vykazovaly většinou obsah extraktu v sušině sladu nad hodnotou 83 %. Pod touto hodnotou byly pouze odrůdy KWS Chamsin (81,9 %), Quintus (82,3 %) a odrůda KWS Scirocco (82,9 %). Nejvyšší průměrný obsah extraktu vykazovaly odrůdy Alondra (84,8 %), Seance (84,7 %) a Anabel (84,1 %) (tab. 2). Obsah extraktu byl u sledovaného souboru ovlivněn ze 47 % odrůdou, ročníkem a stanovištěm se na změně tohoto znaku podílely přibližně stejně (18 %) (tab.3).

Narziss (2005) reported that extract content in wheat malt dry matter should be higher than 83%. The obtained malts mostly exhibited extract content in malt dry matter over the value of 83%. Only the varieties KWS Chamsin (81.9%), Quintus (82.3%), and the variety KWS Scirocco (82.9%) were below this value. The highest average content of extract was exhibited by the varieties Alondra (84.8%), Seance (84.7%), and Anabel (84.1%) (Table 2). Extract content in the studied set was affected from 47% by a variety; the year and locality contributed to the change in this parameter approximately to the same extent (18%) (Table 3).

Zdroj proměnlivosti <i>Source of variation</i>	d.f.	Průměrný čtverec <i>Mean square</i>	Hladina Významnosti <i>Significant level</i>	F hodnota <i>F ratio</i>	Odhad komponent rozptylu <i>Estimated components of variance</i>		
					abs.	rel. (%)	s.e.
Cukry DP4-DP10 / Saccharides DP4-DP10							
Rok/ Year	2	0.676	***	8.480	0.035	28.44	0.038
Stanoviště / Site	4	0.218	*	2.739	0.009	7.21	0.010
Odrůda / Variety	10	0.047	NS	0.592	0.000	0.00	0.004
Reziduál / Residual	82	0.080			0.079	64.34	0.012
Cukry DP1-DP3 / Saccharides DP1-DP3							
Rok/ Year	2	4.588	***	46.185	0.178	63.05	0.181
Stanoviště / Site	4	0.058	NS	0.586	0.000	0.00	0.004
Odrůda / Variety	10	0.158	NS	1.587	0.007	2.37	0.008
Reziduál / Residual	82	0.099			0.098	34.57	0.015
Doba zcukření / Saccharification rate							
Rok/ Year	2	3.708	NS	2.104	0.147	5.43	0.203
Stanoviště / Site	4	1.691	NS	0.959	0.025	0.93	0.088
Odrůda / Variety	10	8.853	***	5.023	0.790	29.23	0.441
Reziduál / Residual	82	1.763			1.741	64.41	0.271
Rozdíl extraktů / Extract difference							
Rok/ Year	2	0.075	NS	1.005	0.000	0.00	0.003
Stanoviště / Site	4	0.135	NS	1.814	0.003	1.50	0.005
Odrůda / Variety	10	1.001	***	13.496	0.103	57.04	0.050
Reziduál / Residual	82	0.074			0.075	41.46	0.012
Dusíkaté látky v sušině / Total nitrogen of malt							
Rok/ Year	2	0.724	NS	2.781	0.020	2.97	0.032
Stanoviště / Site	4	5.863	***	22.511	0.225	33.92	0.172
Odrůda / Variety	10	1.675	***	6.431	0.157	23.72	0.083
Reziduál / Residual	82	0.260			0.261	39.38	0.041
Rozpuštěný dusík v sušině sladu / Total soluble nitrogen in malt							
Rok/ Year	2	1146.515	NS	1.379	0.0874	0.00	36.8673
Stanoviště / Site	4	11945.788	***	14.365	895.6756	24.42	669.4923
Odrůda / Variety	10	18170.939	***	21.851	1924.8660	52.48	903.0688
Reziduál / Residual	82	831.5979			847.1453	23.10	132.1300
Rozpuštěný dusík ve sladince / Total soluble nitrogen in wort							
Rok/ Year	2	8036.277	NS	8.189	286.4223	5.85	335.7339
Stanoviště / Site	4	13899.233	***	14.163	1240.3383	25.31	930.7471
Odrůda / Variety	10	22441.418	***	22.867	2383.5606	48.65	1115.5043
Reziduál / Residual	82	981.40473			989.3724	20.19	154.4902
Aktivita β-amylasy / β-Amylase activity							
Rok/ Year	2	76.117	***	14.989	3.131	8.70	3.328
Stanoviště / Site	4	12.529	NS	2.467	0.510	1.42	0.607
Odrůda / Variety	10	250.100	***	49.250	27.222	75.68	12.430
Reziduál / Residual	82	5.078			5.105	14.19	0.796
Homogenita friabilimetrem / Homogeneity by friabilimeter							
Rok/ Year	2	392.986	***	9.149	22.194	22.34	23.638
Stanoviště / Site	4	52.943	NS	1.233	0.752	0.76	2.298
Odrůda / Variety	10	344.702	***	8.025	33.535	33.75	17.142
Reziduál / Residual	82	42.954			42.888	43.16	6.673
Částečně sklovitá zrna / Partly unmodified grains							
Rok/ Year	2	392.986	***	9.149	22.194	22.34	23.638
Stanoviště / Site	4	52.943	NS	1.233	0.752	0.76	2.298
Odrůda / Variety	10	344.702	***	8.025	33.535	33.75	17.142
Reziduál / Residual	82	42.954			42.888	43.16	6.673

Poznámky / Notes

* P=0.05 d.f. stupně volnosti / degrees of freedom
 ** P=0.01 rel. relativní hodnota / relative value

*** P=0.001 abs. původní hodnota / original value
 NS non significant s.e. chyba odhadu / standard error

Doba zcukření se v průměru pohybovala kolem 11 minut (tab. 2) a byla ovlivněna odrůdou z 29 % (tab. 3).

Obsah extraktů a obsah dalších látek ovlivňuje výslednou úroveň dosažitelného stupně prokvašení. Dosažitelný stupeň prokvašení by měl být vyšší než 79 % (Narziss, 2005). Tento předpoklad všechny odrůdy splnily. Nejnižší průměrnou úroveň dosažitelného stupně prokvašení měla odrůda KWS Akvilon (79,7 %), naopak nejvyšší hodnoty (81,3 %) měly odrůdy Anabel, Izzy a KWS Chamsin (tab. 2). Změna v úrovni dosažitelného stupně prokvašení byla ze 43 % ovlivněna odrůdou, z 19 % ročníkem a jen z 7 % stanovištěm (tab. 3).

Saccharification time lasted on average for about 11 minutes (Table 2) and was affected by a variety from 29% (Table 3).

Extract content and content of other substances affect the resulting level of the final attenuation. Final attenuation should be higher than 79% (Narziss, 2005). This condition was fulfilled by all the varieties. The lowest average level of final attenuation was detected in the variety KWS Akvilon (79.7%), on the contrary, the highest values (81.3%) were found in the varieties Anabel, Izzy and KWS Chamsin (Table 2). Change in the level of final attenuation was from 43% affected by a variety, from 19% by a year and only from 7% by a locality (Table 3).

Úroveň rozluštění byla sledována též pomocí rozdílu extraktu v jemném a hrubém mletí. U sledovaného souboru odrůd jarní pšenice se tato hodnota pohybovala v rozpětí 0,9–2,1 %, což jsou hodnoty pro vysoké až dobré rozluštění sladu. Rozdíl extraktů byl ovlivněn z 57 % odrůdou, ročníkem a stanovištěm neměly na změnu tohoto znaku v podstatě žádný vliv (*tab. 3*).

Průměrné hodnoty diastatické mohutnosti se u sledovaného souboru pohybovaly od hodnoty 229 j.WK u odrůdy Quintus po hodnotu 413 j.WK u odrůdy Izzy (*tab. 2*). I tento znak byl ovlivněn především odrůdou (66 %) (*tab. 3*).

Nejvyšší aktivita α -amylasy a β -amylasy byla zjištěna u odrůdy Izzy (47 D.U. resp. 35,4 U/g). Vysoká aktivita α -amylasy (47 D.U.) byla zjištěna rovněž u odrůdy Astrid. Naopak odrůda KWS Chamsin měla aktivitu α -amylasy na úrovni 40 D.U. Výrazně nejnižší hodnotu aktivity β -amylasy měla odrůda Quintus (16,9 U/g) (*tab. 2*). Změny v aktivitě α -amylasy byly ovlivněny odrůdou (17 %) a stanovištěm (13 %). V případě aktivity β -amylasy hrála významnou roli odrůda (76 %) (*tab. 3*).

Obsah zkvasitelných cukrů (DP1–DP3) ve sladině měly všechny sledované odrůdy jarní pšenice na podobné úrovni, v průměru se pohyboval kolem 9,3 g/100ml. Obsah nezkvasitelných cukrů (DP4–DP10) ve sladině měly všechny sledované odrůdy podobný a v průměru se pohyboval kolem hodnoty 1,0 g/100ml. Obsah zkvasitelných cukrů (DP1–DP3) ve sladině byl ovlivněn ročníkem z 63 %, také obsah nezkvasitelných cukrů (DP4–DP10) ve sladině byl ovlivněn ročníkem, ale jen z 28 % (*tab. 3*).

3.2 Proteolytické rozluštění

Celkový obsah dusíkatých látek v sušině sladu vyrobeného z uvedených odrůd jarní pšenice se pohyboval v rozpětí 10,8–12,2 %. Rozpustný dusík byl v rozpětí 601–765 mg/100g (*tab. 2*), což odpovídá požadavkům na pšeničný slad (Narziss, 2005). Na změnách v obsahu dusíkatých látek ve sladu se podílely především stanoviště (34 %) a odrůdy (24 %).

Stupeň degradace dusíkatých látek vyjádřený Kolbachovým číslem byl na úrovni 32,5–38,0 %, což jsou hodnoty spíše nižší, než uvádí Narziss (2005) (37–40 %). Nejvyšší hodnotu Kolbachova čísla (38 %) vykazala odrůda KWS Scirocco (*tab. 2*). Sacher (1995) prokázal, že obsah bílkovin okolo 12 % a střední stupeň rozluštění bílkovin jsou výhodné pro aroma piva. Proteiny hrají také rozhodující roli pro stálost zákalu pšeničných piv. Na změnách hodnoty Kolbachova čísla se podílely podobným dílem stanoviště (34 %), ročníkem (22 %) a odrůda (20 %) (*tab. 3*).

Obsah volného aminodusíku se pohyboval v rozpětí 89–116 mg/l a tvořil jen 13,6–15,0 % rozpustného dusíku. Nejvyšší obsah volného aminodusíku vykazala odrůda KWS Scirocco (*tab. 2*). Změny v obsahu volného aminodusíku ve sladině byly z 26 % ovlivněny odrůdou (*tab. 3*).

Relativní extrakt při 45 °C je extrakt charakterizující aktivitu proteas a β -glukanas. Hodnoty tohoto znaku se pohybovaly v rozpětí 29,8–37,3 %. Ve srovnání s ječným sladem jsou tyto hodnoty nižší (Psota et al., 2016). Relativní extrakt při 45 °C byl výrazným způsobem (65 %) ovlivněn odrůdou (*tab. 3*).

3.3 Cytolytické rozluštění

Obsah β -glukanů je u pšeničného sladu nízký, což potvrzují i výsledky dosažené v této studii (20–43 mg/l) (*tab. 2*). Analýzy sladu a sladin, při kterých je hodnocena degradace β -glukanu, nelze však jednoduše přenést na hodnocení pšeničného sladu (Back 2005). Na změnách obsahu β -glukanů ve sladině se podílely podobným dílem stanoviště (26 %) a odrůda (25 %), ročníkem měl výraznější vliv (38 %) (*tab. 3*).

Úroveň degradace buněčných stěn hodnocená pomocí friabilimetru byla velmi nízká (28–36 %) (*tab. 2*). Pšeničný slad má jinou úroveň kyprostí a její měření pomocí friabilimetru nemá dostatečnou vypovídající hodnotu, proto se pro posouzení cytolytického rozluštění pšeničného sladu používá viskozita (Back, 2005). Též na změnách hodnot friability sladu se podílely podobným dílem stanoviště (18 %) a odrůda (16 %), ročníkem měl výraznější vliv (31 %) (*tab. 3*).

Viskozitu sladin pšeničného sladu nezpůsobují β -glukany, ale arabinoxylany. Průměrný obsah arabinoxylanů ve sladině se pohyboval v rozpětí 1306–1656 mg/l (*tab. 2*). Obsah arabinoxylanů byl ovlivněn ze 45 % ročníkem a z 27 % odrůdou (*tab. 3*). Bohužel ani hodnoty těchto měření v kongresní sladině nekorelují v uspokojivé míře s chováním při scezování provozního rmutu z pšeničného sladu (Back 2005). U sledovaného sortimentu odrůd jarní pšenice se viskozita pohybovala v rozpětí 1,61–1,78 mPa.s (*tab. 2*). Narziss (2005) uvádí v kvalitativních požadavcích na pšeničný slad hodnoty viskozity 1,8 mPa.s a více. Viskozita sladin byla u sledovaného souboru ovlivněna z 50 % odrůdou (*tab. 3*).

The level of modification was also studied using the difference between extracts in coarse and fine grinding. In the studied set of spring wheat varieties, this value moved in the range of 0.9–2.1%, which are values for high to good malt modification. Extract difference was affected from 57% by the variety; year and locality did not basically affect the change of this parameter (*Table 3*).

The average values of diastatic power in this studied parameter moved from the value of 229 un. WK in the variety Quintus to the value of 413 un. WK in the variety Izzy (*Table 2*). This parameter was namely affected by the variety (66%) (*Table 3*).

The highest activity of α -amylase and β -amylase was detected in the variety Izzy (47 D.U. respectively 35.43 U/g). High α -amylase activity (47 D.U.) was also found in the variety Astrid. On the contrary, α -amylase activity of the variety KWS Chamsin was at the level of 40 D.U. The significantly lowest value of β -amylase activity was recorded in the variety Quintus (16.9 U/g) (*Table 2*). Changes in α -amylase activity were affected by the variety (17%) and locality (13%). A variety played a significant role (76%) in β -amylase activity (*Table 3*).

Content of fermentable sugars (DP1–DP3) in wort of all the wheat spring varieties under study was at a similar level, on average, it moved around 9.3 g/100ml. All the studied varieties also had a similar content of non-fermentable sugars (DP4–DP10) in wort, on average it moved around 1.0 g/100ml. Content of fermentable sugars (DP1–DP3) in wort was affected by a year from 63%, also the content of non-fermentable sugars (DP4–DP10) in wort was affected by a year, but only from 28% (*Table 3*).

3.2 Proteolytic modification

The total content of nitrogenous substances in malt dry matter made from the above stated spring wheat varieties moved from 10.8 – 12.2%. Soluble nitrogen was in the scope of 601 – 765 mg/100g (*Table 2*), which corresponds to the requirements for wheat malt (Narziss, 2005). Changes in nitrogenous substances content in malt were namely affected by a locality (34%) and varieties (24%).

Degradation of the nitrogenous substances given by Kolbach Index was at the level of 32.5 – 38.0%, these values are lower than those reported by Narziss (2005) (37 – 40%). The highest value of Kolbach Index (38%) was exhibited by the variety KWS Scirocco (*Table 2*). Sacher (1995) proved that protein content around 12% and medium degree of protein modification are favorable for beer flavor. Proteins also play a decisive role for the stability of haze of wheat beers. The locality (34%), year (22%) and variety (20%) similarly contributed to the changes of the value of Kolbach Index (*Table 3*).

Free amino nitrogen content moved in the scope from 89 – 116 mg/l and formed only 13.6 – 15.0% of the soluble nitrogen. The highest content of free amino nitrogen was proven in the variety KWS Scirocco (*Table 2*). Changes in the content of free amino nitrogen in wort were affected by a variety from 26% (*Table 3*).

Relative extract at 45 °C is an extract characterizing activity of protease and β -glucans. The values of this parameter moved from 29.8 – 37.3%. These values are lower than in the barley malt (Psota et al., 2016). Relative extract at 45 °C was markedly (65%) affected by a variety (*Table 3*).

3.3 Cytolytic modification

β -glucan content is low in wheat malt, this is also confirmed by results presented in this study (20– 43 mg/l) (*Table 2*). Analyses of malt and wort assessing degradation of β -glucan cannot, however, be simply transferred to the evaluation of wheat malt (Back, 2005). Locality (26%) and variety (25%) contributed to the changes of β -glucan content equally; year (38%) had a more significant effect on changes in β -glucans in wort (*Table 3*).

The level of degradation of cell walls assessed using a friabilimeter was very low (28 – 36%) (*Table 2*). Wheat malt has another level of friability and its measuring using friabilimeter has not a sufficient value, therefore viscosity is used for the assessment of cytolytic modification of wheat malt (Back, 2005). Locality (18%) and variety (16%) affected the values of malt friability similarly, year had a more significant affect (31%) (*Table 3*).

Viscosity of wheat malt is not caused by β -glucans, but arabinoxylans. Average arabinoxylan content in wort moved from 1306 – 1656 mg/l (*Table 2*). Arabinoxylan content was affected from 45% by a year and from 27% by a variety (*Table 3*). Unfortunately, neither the values of these measurements in congress wort correlate satisfactorily with the behavior at lautering of plant mash from wheat malt (Back, 2005). In the studied collection of spring barley varieties, viscosity moved in the scope of 1.61 – 1.78 mPa.s (*Table 2*). Narziss (2005)

3.4 Senzorické vlastnosti

Sledované odrůdy pšenice jarní poskytly sladinu čistou a zákal sladinu měřený nefelometrem byl v průměru pod hodnotou 2 j.EBC. Zákal sladinu byl ovlivněn především stanovištěm a odrůdou (tab. 3).

Barva sladinu se pohybovala v rozpětí od 2,6–3,4 j. EBC (tab. 2), což jsou hodnoty dosahované též u sladu z ječmene. Barva sladinu po povaření se pohybovala v rozpětí 3,5–4,8 j.EBC (tab. 2). Barva po povaření sladinu vyrobené z ječného sladu je obvykle vyšší (Psota et al., 2017) než získané hodnoty u odrůd jarní pšenice. Oba uvedené znaky byly ovlivněny z 51 % resp. z 69 % odrůdou (tab. 3).

Obsah prekurzorů dimethylsulfidu se pohyboval v rozpětí 2,61–4,45 mg/kg (tab. 2), přičemž nejvyšší hodnota byla zaregistrována u odrůdy KWS Chamsin. Na změnách obsahu prekurzorů dimethylsulfidu ve sladině se podílely podobným dílem stanoviště (23 %) a odrůda (24 %), ročník měl nižší vliv (18 %) (tab. 3).

Pšeničné slady obsahují málo polyfenolů. Obsah celkových polyfenolů ve sladině se pohyboval v rozpětí 11,7–40,8 mg/l (tab. 2). Ve sladině vyrobené z ječného sladu je obsah celkových polyfenolů několika násobně vyšší (Psota et al., 2016).

4 ZÁVĚR

Kvalita pšeničného sladu byla hodnocena znaky vyvinutými pro hodnocení sladu vyrobeného z ječmene. Zrno pšenice a zrno ječmene se výrazným způsobem liší, liší se také způsob výroby pšeničného sladu a sladu z ječmene a jeho následné využití, což vyžaduje zásadně odlišné nahlížení na pšenici a ječmen jako na pivovarské suroviny. Kvalita pšenice, postup sladování, dopady kvality sladu na kvalitu pšeničného piva nejsou tak dobře prostudovány jako u ječmene a ječného sladu (Back, 2005). V této studii uvedené a popsané výsledky to dokládají. Některé ze sledovaných znaků charakterizují kvalitu pšeničného sladu lépe a některé se k hodnocení této suroviny nehodí vůbec.

PODĚKOVÁNÍ

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

LITERATURA / REFERENCES

- Agu, R. C., Palmer, G. H., 1998: Areassessment of sorghum for lager-beer brewing. *Bioresource Technology*. 66: 253–261.
- Andlerle, P., Schwarz, H., Borůvková, V., Štěpánová, V., 2004: Zbožiznalství požívatin – potraviny, pochutiny. SNTL, Praha, s. 35. ISBN 80-902655-4-5.
- Back, W., 2005: *Ausgewählte Kapitel der Brauereitechnologie*. Fachverlag Hans Carl, Nürnberg. ISBN 3-418-00802-X.
- Basařová, G., Šavel, J., Basař, P., Lejsek, T., 2010: *Pivovarství, teorie a praxe výroby piva*. VŠCHT, Praha. ISBN 978-80-7080-734-7.
- Depreatere, S. A., Delevaux, F., Coghe, S., Delevaux, F. R., 2004: Wheat variety and barley malt properties: influence on haze intensity and foam stability of wheat beer. *J. Inst. Brew.* 100: 200–206.
- Douglas, S. G., 1981: A rapid method for the determination of pentosans in wheat flour. *Food Chem.*, 7): 139–145.
- DSTU 4282,2004: Malt brewing barley. General specification. Valid from 2004-01-10. Kyiv: State Committee of Ukraine, 34.
- EBC, 2010: *Analytica EBC*. Fachverlag Hans Carl, Nüremberg, 794 pp. ISBN 978-3-418-00759-5.
- Faltermaier, A., Waters, D., Becker, T., Arendt, E., Gastl, M., 2014: Common wheat (*Triticum aestivum* L.) and its use as a brewing cereal – a review. *J. Inst. Brew.* 120: 1–15. DOI 10.1002/jib.107.
- FAO, 2015: *FAO Statistical Pocketbook – World food and agriculture*. ISBN 978-92-5-108802-9. Dostupné na: www.fao.org/publications
- Hámp, J., 1970. *Cereální chemie a technologie*. SNTL/ALFA, Praha: 38–85.
- Horáková, V., Dvořáčková, O., Mezlík, T., 2015: Seznam doporučených odrůd 2015. Pšenice ozimá, ječmen jarní, ječmen ozimý, triticales ozimé, oves setý, hrách polní. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Národní odrůdový úřad, Brno: 17–63. ISBN 978-80-7401-108-5.
- Hrušková, M., Burešová, I., Capouchová, I., Faměra, O., Hanišová, A., Horáková, V., Horčíčka, J., Hřivna, L., Novotný, F., Petr, J., Prugar, J., 2008: Pšenice. In: Prugar J. (ed): *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a.s., ve spolupráci s Komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV, Prague: 75–96.

gives in requirements for quality of wheat malt the viscosity values of 1,8 mPa.s and more. Wort viscosity in the studied set was affected from 50% by a variety (Table 3).

3.4 Sensorial properties

The studied spring wheat varieties gave clear wort and haze measured with nephelometer was on average under the value of 2 un. EBC. Wort haze was affected mainly by a locality and variety (Table 3).

Wort color moved from 2.6 – 3.4 EBC un. (Table 2), which are the values achieved also by barley malt. Wort color after boiling moved in the scope of 3.5 – 4.8 EBC un. (Table 2). Color after boiling of wort made from barley malt is usually higher (Psota et al., 2017) than the value obtained in spring wheat varieties. Both the parameters were affected by a variety from 51% and 69%, respectively.

Content of dimethyl sulfide precursors moved within 2.61 – 4.45 mg/kg (Table 2) and the highest value was recorded in the variety KWS Chamsin. Changes of the content of dimethyl sulfide precursors in wort were affected by a locality (23%) and variety (24%), the effect of the year was lower (18%) (Table 3).

Wheat malts contain a low level of polyphenols. Content of total polyphenols in wort moved from 11.7 – 40.8 mg/l (Table 2). Content of total polyphenols is multiply higher in wort produced from wheat malt (Psota et al., 2016).

4 CONCLUSIONS

Quality of wheat malt is assessed by the parameters devised for the assessment of malt made from barley. Wheat grain and barley grain differ significantly, production methods of wheat and barley malt and following use are also different, this requires a fundamentally different view of wheat and barley in terms of brewing raw materials. Wheat quality, malting process, impacts of malt quality on wheat beer quality have not been studied so profoundly as in barley and barley malt (Back, 2005). This is documented by the results presented and documented in this study. Some of the studied parameters characterize the quality of wheat malt better and some are not suitable for the evaluation of this raw material at all.

ACKNOWLEDGEMENTS

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

Translated by Vladimíra Nováková

Kadlec, P., Melzoch, K., Voldřich, M., 2009: *Technologie potravin. Co byste měli vědět o výrobě potravin?* KEX Publishig s.r.o, Ostava: 335-346. ISBN 978-80-7418-051-4.

Koehler, P., Wieser, H., 2013: *Chemistry of Cereal Grains*. In: Gobetti, M., Gänzle, M. (eds.): *Handbook on Sourdough Biotechnology*. Springer Science+Business Media New York. ISBN 978-1-4614-5425-0.

MEBAK, 2011: *Raw material*. Mitteleuropäischen Brautechnischen Analysenkommission. Freising-Weihestephan, Germany.

Narziss, L., 2005: *Abriss der Bierbrauerei*, 7th ed., Wiley-VCH, Weinheim.

Příhoda, J., Humpolíkova, P., Novotná D., 2003: *Základy pekárenské technologie*. Pekař a cukrář s.r.o, Praha. ISBN 80-902922-1-6.

Psota, V., Dvořáčková, O., Sachambula, L., Nečas, M., Musilová, M., 2016: Barley varieties registered in the Czech Republic after harvest 2015. *Kvasny Prum.* 62: 146–151.

Psota, V., Krajčovič, T., Křižanova, K., Sachambula, L., 2017: *History and progress of barley breeding in Sladkovičovo*. *Kvasny Prum.* 63: 70–80.

Santos, M. M. M., Riis, P., 1996: Optimized McCleary method for measurement of total beta-amylase in barley and its applicability. *Journal of the Institute of Brewing*, 102: 271–275.

Sachambula, L., Psota, V., 2017: *Malthouses of the Czech Republic*. In: Psota V. (ed): *Barley year book 2017*. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a.s., Praha. ISBN 978-80-86576-76-3.

Sacher, B., 1995: *Über den Einfluss von Sorte, Umwelt, agronomischen Maßnahmen und Mälzungstechnologie auf die wertbestimmenden Eigenschaften von Winterweizenmalzen*. Technische Universität München, Freising.