

Saaz Late – česká odrůda chmele doporučená pro České pivo

Saaz Late – The Czech Hop Variety Recommended for Czech Beer

Alexandr MIKYŠKA¹, Martin SLABÝ¹, Marie JURKOVÁ¹, Karel KROFTA², Josef PATZAK², Vladimír NESVADBA²

¹Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a.s. Lípová 15, 12044, Praha 2, Česká republika / *Research Institute of Brewing and Malting PLC, Lípová 15, 12044 Praha 2, Czech Republic*

²Chmelařský institut, s.r.o., Kadaňská 2525, 438 01 Žatec / *Hop Research Institute, Ltd. Kadaňská 2525 438 01 Žatec, Czech Republic*

e-mail : mikyska@berresearch.cz

Recenzovaný článek / *Reviewed paper*

Mikyška, A. – Slabý, M. – Jurková, M. – Krofta, K. – Patzak, J. – Nesvadba, V.: Saaz Late – česká odrůda chmele doporučená pro České pivo. Kvasny Prum. 59, 2013, č. 10–11, s. 296–305

Odrůda Saaz Late, registrovaná v roce 2010, byla šlechtěna se záměrem vyššího výnosu na úrovni min. 2 t/ha při zachování pivovarské kvality Žateckého poloraného červeňáku. Geneticky náleží do skupiny evropských aromatických odrůd. Obsah i složení α - a β -kyselin je velmi blízké Žateckému červeňáku, stejně jako složení chmelových silic. Těmito parametry vyhovuje požadavkům evropského chráněného zeměpisného označení „České pivo“. Piva chmelená Saaz Late mají sensorický charakter blízký pivům chmeleným tradičním Žateckým poloraným červeňákem, dozrívání sensorické hořkosti je ale mírně pomalejší, charakter hořkosti poněkud méně jemný s vyšší trpkostí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský v Praze zařadil odrůdu Saaz Late v roce 2013 do seznamu odrůd chmele doporučených pro výrobu „Českého piva“.

Mikyška, A. – Slabý, M. – Jurková, M. – Krofta, K. – Patzak, J. – Nesvadba, V.: Saaz Late – The Czech Hop Variety Recommended for Czech Beer. Kvasny Prum. 59, 2013, No. 10–11, p. 296–305

Late Saaz hop variety, registered in 2010, was bred in order to produce a higher yield of min. 2t/ha whilst maintaining the brewer quality of the Saaz variety. Genetically, Late Saaz belongs to a group of European aroma varieties. The content and composition of the α - and β -acids is very similar to Saaz hops and so is the composition of hop oils. These parameters comply with the requirements of the European protected geographical indication „Czech beer“. The sensory character of beer hopped with Saaz Late is close to beers hopped with the traditional Saaz variety, but the lingering of the sensory bitterness is slightly slower, the character of the bitterness is somewhat less fine with greater astringency. In 2013, the Research Institute of Brewing and Malting in Prague included Saaz Late in the list of hop varieties recommended for the „Czech beer“ production.

Mikyška, A. – Slabý, M. – Jurková, M. – Krofta, K. – Patzak, J. – Nesvadba, V.: Tschechische Hopfensorte Saaz Late, empfohlen für Tschechisches Bier. Kvasny Prum. 59, 2013, Nr. 10–11, S. 296–305

Im Jahre 2010 registrierte Hopfensorte Saaz Late wurde gezüchtet mit Absicht eines höheren Ertrages auf der Ebene min. 2 t/ha bei beibehaltene Brauqualität der ältere Hopfensorte Žatecký poloraný červeňák (Saazer halbfrüher Rothopfen). Die Hopfensorte Saaz Late gehört zur Gruppe von European aromatischen Sorten. Gehalt an α - und β -Säuren, ihre Zusammensetzung und Zusammensetzung von Hopfenölen sind sehr nahe zur Sorte Žatecký poloraný červeňák (Saazer halbfrüher Rothopfen). Mit diesen Parametern kommt den Anforderungen der EU geschützte geographische Bezeichnung „České pivo“ (Tschechisches Bier) entgegen. Die mit Hopfensorte Saaz Late gehopfte Biere haben einen sensorischen Charakter sehr nah zu den mit traditionelle Sorte Žatecký poloraný červeňák (Saazer halbfrüher Rothopfen) gehopften Bieren, das Verweilen der Bitterkeit ist aber ein bisschen langsamer, Charakter der Bitterkeit ist weniger zart mit einer erhöhten Herbheit. Im Jahre 2013 hat Forschungsinstitut für Brauereien und Mälzereien in Praha (Prag) die Sorte Saaz Late in die Liste von zur Herstellung „České pivo“ (Tschechisches Bier) empfohlenen Hopfensorten eingegliedert.

Klíčová slova: chmel (*Humulus lupulus* L.), šlechtění chmele, α -kyseliny, chmelové silice, genom, DNA, pivovarské testy, chráněné zeměpisné označení České pivo

Keywords: Hops (*Humulus lupulus* L.), hop breeding, α -acids, hop oils, genome, DNA, brewing tests, protected geographical indication Czech beer Introduction

1 ÚVOD

Ve šlechtění chmele lze v uplynulém desetiletí zaznamenat řadu nových trendů, z významných je možno jmenovat zakrslé odrůdy a odrůdy se specifickým aroma. Šlechtění zakrslých odrůd vhodných k pěstování v nízkých konstrukcích (Neve, 1991) bylo započato v Anglii již v 80. letech minulého století. Velkou výhodou tohoto pěstitelského systému je podstatné snížení nákladů na výstavbu chmelnicové konstrukce a na pracovní sílu v jarním období. Původní trpasličí odrůdy se zde dnes pěstují na několika stech hektarech. Odrůdy jako např. First Gold, Herold, Pioneer či Pilgrim slouží nyní jako prvotní genetický materiál pro šlechtění tohoto typu chmelů i jinde ve světě (USA, Česká republika, Německo).

Další, v současné době velmi populární skupinou odrůd chmele jsou tzv. „flavour hops“. Jedná se o odrůdy s atraktivním, sensoricky specifickým aroma, které se v plné míře uplatňuje i v pivu díky tomu, že se používají k tzv. „chmelení za studena“, přidavku chmele do ležáckých tanků ve studené fázi výroby piva. Takto chmelená piva získávají zcela jedinečnou chmelovou vůni díky tomu, že se sensoricky uplatňují látky, které běžně při chmelovaru bez užitku vytékají z vroucí mladiny. Chmelení za studena je doménou především malých a restauračních pivovarů, ale

1 INTRODUCTION

During the last decade, several new trends in respect to hop breeding have occurred. The major trends are breeding of dwarf hops and new varieties with specific aromas. Breeding of dwarf hops originated in England in the 1980s (Neve, 1991). Substantial reduction of labor and trellis establishment costs belongs to the main advantages of this hop cultivation system. Nowadays, the original dwarf cultivars are grown in England at the acreage of several hundred hectares. Varieties such as First Gold, Herold, Pioneer, or Pilgrim are used as initial breeding components for breeding of this type of hop cultivars worldwide (USA, Czech Republic, Germany).

Currently, a very popular group of hop varieties are „flavour hops“. These hops are interesting because of their attractive and specific aroma which is transferred into beer thanks to the „dry hopping“ technology, i.e. adding hops to lager tanks. Beers hopped this way gain a unique hop flavour as a result of the sensorial effect of many compounds that usually evaporate from the boiling wort. Dry hopping has been the domain of craft breweries; however, some large industrial breweries have started using the dry hopping method in special beers production. The Czech variety Kazbek, US hops



Obr. 1 Vzhled zralých hlávek odrůdy Saaz Late (foto J. Ježek) / Fig. 1 The appearance of mature cones of the variety Saaz Late (photo J. Ježek)

i průmyslové pivovary již začínají tuto technologii používat při výrobě speciálních piv. Z českých chmelů se do této kategorie řadí odrůda Kazbek, ze zahraničních pak americké odrůdy Citra, Amarillo, Simcoe, německé odrůdy Polaris, Hallertau Blanc, Mandarina Bavaria nebo australská odrůda Galaxy a další (Probasco, 2010; Schönberger, 2013). Nebývalý vzestup popularity malých pivovarů (tzv. *craft breweries*), který se do Evropy dostal z USA, vyvolal velkou poptávku zejména po aromatických chmelech. Výsledkem je výrazné oživení světového trhu s chmelem.

Zlepšení vlastností tradičních, v pivovarství osvědčených, odrůd je dalším cílem šlechtitelů chmele. Zlepšením je míněna zvýšená odolnost vůči napadení škůdci a chorobami, vyšší výnos, stabilní produkce α -kyselin aj. Odrůdy odolné k houbovým chorobám (peronospora a padlí chmelové) a karanténním patogenům (*verticillium*) vyžadují podstatně menší rozsah chemické ochrany, což kromě ekonomických přínosů, významně zvyšuje kvalitu produkce z hlediska rizika výskytu reziduí pesticidů. Do tohoto rámce spadá i vyšlechtění nové české odrůdy Saaz Late, v jejíž genetické výbavě má přibližně 50% podíl Žatecký červeňák (ŽPČ). Díky hybridnímu původu má podstatně vyšší a stabilnější výnos, čímž se vyřešila patrně nejslabší vlastnost mateřské odrůdy – nízký výnos v rozmezí 1,0 až 1,5 t/ha.

Předložený článek shrnuje agronomickou, genetickou i chemotaxonomickou charakteristiku odrůdy Saaz Late. Dále jsou prezentovány výsledky testů stárnutí a pivovarských zkoušek realizovaných v polopřevodném měřítku.

2 MATERIÁL A METODY

2.1 Původ a charakteristika odrůdy

Odrůda Saaz Late byla získána z potomstva F1 generace po rodičovské kombinaci rozpracovaného šlechtitelského materiálu s vysokým podílem Žateckého červeňáku. Křížení bylo provedeno v roce 1983. Odrůda byla, do doby registrace v roce 2010, testována 27 let. Právní ochrana byla udělena v roce 2011.

2.2 Genetická charakteristika

DNA byla izolována z mladých listů českých a světových odrůd chmele podle Patzaka (2001). Pro molekulární analýzy byly použity SSR metoda (Haddon et al., 2004), STS a EST-SSR markerovací systémy (Patzak a Matoušek, 2011). Typická PCR reakce probíhala za následujících amplifikačních podmínek: 2 min při 94 °C, 35 cyklů (30 s při 94 °C; 60 s při 54 °C, 90 s při 72 °C); 10 min při 72 °C. PCR byla prováděna v TGradient termocyklu (Biometra, Goettingen, FRG). Amplifikované produkty byly rozlišeny vertikální elektroforézou v 5% denaturačním polyakrylamidovém gelu a vizualizovány barvením stříbrem (Patzak, 2001). U produktů byla zaznamenána jejich prevalence nebo absence v jednotlivých vzorcích na základě molekulárních velikostí podle 20 bp DNA Markeru (Bio-Rad, Hercules, CA, USA). Získané výsledky amplifikovaného polymorfismu byly využity pro determinaci jednotlivých odrůd chmele a hierarchickou klastrovou analýzu. Tato statistická analýza vycházela z Jaccardova podobnostního koeficientu (NTSYS-pc v. 2.01, Exeter software, New York, NY, USA) metodou blízkého spojení nevážených párů skupin aritmetických průměrů (UPGMA, Unweighted Pair Group Method with Arithmetic means) v programu DARwin v. 5.0.155. Výsledný dendrogram byl vizualizován pomocí programu Geneious Pro 4.8.2 (Biomatters Ltd., Auckland, New Zealand).

Citra, Amarillo, Simcoe, German cultivars Polaris, Hallertau Blanc, Mandarina Bavaria or the Australian variety Galaxy belong to this group (Probasco, 2010; Schönberger, 2013). The unprecedented increase of craft breweries popularity, which came to Europe from USA, brought about a big demand for aroma hops and a significant recovery of the hop market worldwide.

The goal of hop breeders is also to improve the properties of traditional and well established cultivars. The objectives are to achieve a better resistance against pests and diseases, higher yields, a stable production of alpha acids etc. Varieties resistant to infestation by pests or diseases (downy mildew, powdery mildew) and quarantine diseases (*Verticillium*) require substantially smaller extent of chemical protection, which considerably increases the quality of the product as well as economic benefits. The Czech variety Saaz Late is one of the results of the breeding. The genetic proportion of Saaz hops is appr. 50%. Thanks to its hybrid origin, Saaz Late has significantly higher and more stable yield at the level of 2.0 t/ha. This is how the probably weakest property of the parental variety has been solved.

The paper aims to summarize the agronomy, the genetic and chemotaxonomy characteristics of the Saaz Late variety. Results of ageing tests and brewing trials carried out in a pilot scale are presented, too.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 Origin and variety characteristics

The Saaz Late variety was developed from F1 generation progeny after parental combination of unfinished breeding material with a high proportion of the Saaz aroma variety. The crossing was conducted in 1983. The variety was tested for 27 years, and in 2010, it was finally registered. Legal protection was granted in 2011.

2.2 Genetic characteristic

DNA was isolated from young leaves of Czech and world hop cultivars according to Patzak (2001). For molecular analyses, SSR (Haddon et al., 2004), STS and EST-SSR marker systems were used (Patzak and Matoušek, 2011). For a typical PCR reaction (Taq PCR master mix kit, Qiagen, Hilden, FRG) we used the following amplification conditions: 2 min at 94 °C, 35 cycles/ (30 s at 94 °C; 60 s at 54 °C, 90 s at 72 °C); 10 min at 72 °C. PCR was performed on TGradient thermocycler (Biometra, Goettingen, FRG). The amplification products were resolved through 5% denaturing (8M urea) polyacrylamide gel vertical electrophoresis and visualized by silver-staining (Patzak, 2001). The products were scored for the presence or absence in each sample, based on the size measured with 20 bp DNA Marker (Bio-Rad, Hercules, CA, USA). The obtained results of amplified polymorphism were used for individual hop cultivars determination (Fig. 3) and the hierarchical cluster analysis. This statistic analysis was based on Jaccard's similarity coefficient (NTSYS-pc v.2.01, Exeter software, New York, NY, USA) and Neighbor-Joining (NJ) clustering by Unweighted Pair Group Method with Arithmetic means (UPGMA) in DARwin v. 5.0.155. The resultant dendrogram was visualized by Geneious Pro 4.8.2 (Biomatters Ltd., Auckland, New Zealand).

2.3 Chemotaxonomy of the Variety

Typical contents and composition of alpha and beta acids, prenylflavonoids and hop oils were determined in the course of several seasons by analyses of hop cones taken at pilot field tests of HRI, varietal trials of the Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture (CISTA) and production hop gardens in Stekník and Nesuchyně. The contents and composition of α - acids, β - acids, xanthohumol and desmethylxanthohumol (DMX) were determined by the EBC 7.7 method (Analytica EBC, 1998). The analyses were carried out by means of the HPLC chromatograph SHIMADZU LC20A equipped with a Nucleosil column 250x4 mm i.d. (Macherey Nagel, Germany) filled with a 5 mm RP C18 particle size. The hop oils were isolated by the steam distillation procedure. The content of hop oils was determined as a volatile fraction from 100 g of hops after 90 minutes of water boiling. Hop oils analyses were carried out on DB 5, 30 m x 0.25 mm x 0.50 mm capillary columns with a temperature programme from 60 °C to 250 °C (Krofta, 2002) and GC-MS system Thermo-Focus GC/DSQ II mass detector. Hop Storage Index HSI was measured on UV-VIS spectrophotometer SHIMADZU 1601 (Methods of Analysis of the ASBC). The content of total polyphenols was established by using a spectrophotometric procedure according

2.3 Chemotaxonomie odrůdy

Typické obsahy a složení α - a β -kyselin, prenylflavonoidů a chmelových silic odrůdy Saaz Late byly stanoveny v průběhu několika ročníků analýzou hlávek pocházejících z rajonizačních pokusů Chmelářského institutu (CHI), odrůdových pokusů Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského (ÚKZÚZ) a produkčních chmelnic ve Stekníku a Nesuchyni. Obsah a složení chmelových pryskyřic byly stanoveny metodou EBC 7.5 (Analytica EBC, 1998). Metodou EBC 7.7 byly určeny obsah a složení α -kyselin, β -kyselin, xanthohumolu (XN) a desmethylxanthohumolu (DMX). Analýzy byly provedeny na kapalinovém chromatografu SHIMADZU LC20A. Izolace chmelových silic byla provedena destilační metodou. Obsah silic byl stanoven jako hmotnostní podíl vytěkaný s vodní párou v průběhu 90 minutového varu ze 100 g chmele. Analýza složení silic byla provedena plynovou chromatografií na koloně DB 5, 30 m x 0,25 mm x 0,50 mm s teplotním programem v rozsahu 60 °C až 250 °C (Krofta, 2002) na plynovém chromatografu THERMO-FOCUS ve spojení s hmotnostním detektorem DSQ II. Index skladování chmele HSI (Methods of Analysis of the ASBC) byl měřen na UV-VIS spektrofotometru Shimadzu 1601. Obsah celkových polyfenolů byl stanoven spektrofotometricky z horkovodního výluhu chmele podle modifikované metody EBC 8.12. (Analytica EBC, 1998).

2.4 Testy stárnutí

Dlouhodobé testy stárnutí byly založeny s granulovaným i hlávkovým chmelem ze sklizní 2009, 2011 (granule T90) a 2012 (hlávky) v měsících září až prosinec po provedení granulace ve zpracovatelském závodu Chmelářství Žatec. Granulovaná forma T90 je v současné době nejběžnějším způsobem zpracování aromatických odrůd. Obaly jsou plněny inertním plynem a uloženy standardně v klimatizovaných skladech při teplotách do +5 °C. Hlávkový chmel pocházel ze vzorků odebraných při sklizni na Účelovém hospodářství CHI ve Stekníku.

Vzorky granulí v hmotnosti 150 gramů byly zabaleny do vícevrstvé hliníkové fólie, vakuovány a uloženy při dvou teplotách +2 °C a 20 °C. Další experimentální variantou byly nebalené granulace volně uložené v temnu při teplotě 20 °C. Je to simulace extrémních podmínek, kdy otevřené balení granulovaného chmele je po delší dobu ponecháno působení vnějších vlivů (teplota, přístup vzduchu). Stárnutí hlávkového chmele bylo testováno při teplotě 20 °C za přístupu vzduchu a ve tmě. Maximální doba skladování byla 12 měsíců. V časových intervalech cca 2 měsíce byly chmele analyzovány na obsah α -kyselin, β -kyselin a xanthohumolu. K analýze bylo vždy použito nové, neporušené balení vzorku.

2.5 Pivovarské testy

Pivovarské testy s chmelovými výrobky odrůdy Saaz Late proběhly v uplynulých letech na několika úrovních ve čtvrtprovozním až provozním měřítku s použitím hlávkového a granulovaného chmele. Jako příklad pivovarského testování jsou prezentovány výsledky poloprvních zkoušek (2 hl) s peletami T90 provedených ve Výzkumném ústavu pivovarském a sladařském (VÚPS) v letech 2010, 2011 a 2012. Srovnávací varianta byla chmelena peletami Žateckého poloraného červeňáku.

Piva byla vyrobená v souladu s regulami CHZO České pivo. Rmutování plnosladových várek 12% světlého ležáku bylo provedeno dekokčním dvourmutovým postupem. Chmelení bylo ve třech dávkách, 30 % na začátku, 50 % po 30 minutách a 20 % chmele 15 minut před koncem chmelovaru. Chmelovar trval vždy 90 minut. Mladina byla odkalena ve vířivé kádi a dochlazena deskovým chladičem na zákvasnou teplotu 10 °C a provzdušněna na obsah rozpuštěného kyslíku $8 \pm 0,5$ mg/l. Hlavní kvašení proběhlo v cylindrických tancích (CKT). Mladina byla zakvašena dávkou 220 g/hl lisovaných násadních kvasnic kmene č. 95 sbírky VÚPS. Maximální teplota hlavního kvašení byla nastavena na 12 °C $\pm 0,1$ °C. Po dosažení rozdílu mezi zdánlivým a dosažitelným prokvašením cca 10 % rel. byl obsah CKT během 24 hodin zchlazen na teplotu 5–6 °C.

Mladá piva byla sudována do ležáckých tanků. Teplota v ležáckém sklepe se pohybovala v rozmezí 1–2 °C. Doba ležení byla cca 40 dnů. Piva byla filtrována deskovým filtrem. Při veškerých manipulacích s pivem během filtrace a stáčení byl používán oxid uhličitý. Piva byla stáčena do láhví na strojovém plniči a pasterována v ponorném pastéru na 20 PU. Piva byla skladována při pokojové teplotě za přístupu světla.

Analýzy chmele, sladin, mladiny a piv byly provedeny podle Analytiky EBC a Pivovarsko-sladařské analytiky (Basařová, 1994). Antioxidační (antiradikálová) aktivita mladiny a piv byla stanovena pomocí DPPH (Mikyška et al., 2006). Prenylflavonoidy a isoflavonoidy byly

to the modified EBC 8.12 method (Analytica EBC, 1998) in hot water extracts of hops.

2.4 Ageing tests

The dynamics of hop ageing was monitored in both the cones and the pellets from the 2009, 2011 (pellets T90) and 2012 (cones) harvests over a 12-month period. Currently, the pellets represent the prevalent method of aroma hops processing. Packages are filled with inert gas and stored in air-conditioned warehouses at the temperature below +5 °C.

The pellets (150 g) for long-term storage tests were vacuum-packed in bags made of a multilayer aluminum foil and kept at temperatures of +2 °C and 20 °C. An alternative experimental variant were pellets stored unpacked in the open air in a dark room at room temperature, which was a simulation of margin conditions when an open or a ruptured bag is exposed to air at a room temperature for a long time. Ageing of raw hops was tested at room temperature under open air and in the dark for 12 months. Hops were analyzed for the content of α - acids, β - acids and xanthohumol at regular intervals of 2 months. A new intact bag of pellets was used for each test.

2.5 Brewing tests

In recent years, brewing tests with hop products made from the Saaz Late variety using cones and hop pellets were carried out. The tests were conducted on several levels covering pilot plant as well as the commercial scale. As an example, results of the pilot scale brewing tests (2HL) with pellets T90 performed at the Research Institute of Brewing and Malting (RIBM) in 2010, 2011, and 2012 are presented. The comparative variant was hopped with the Saaz variety pellets. Beer was made in accordance with the regulations for the PGI Czech beer. Mashing of all malt from 12% pale lager brews was carried out by means of the double decoction procedure. Hopping was conducted in three portions – 30% of the total hop dose was added at the beginning, 50% after 30 minutes and 20% after 15 minutes before the end of the 90 minutes of the wort boiling. The wort trub was separated in a whirlpool, then the wort was cooled by a plate cooler to the fermentation temperature of 10 °C and aerated at a dissolved oxygen content of $8 \pm 0,5$ mg/L.

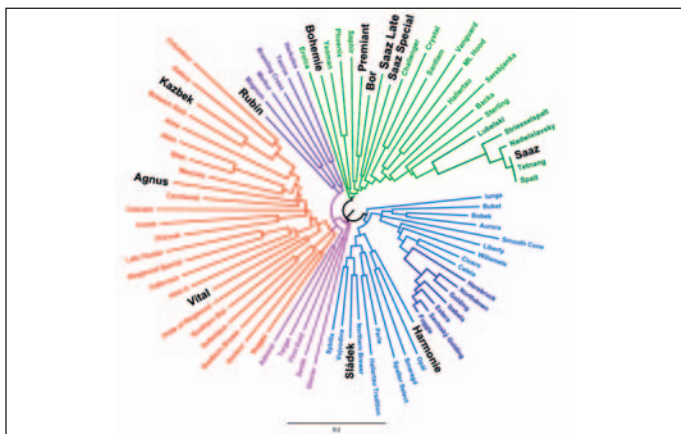
The primary fermentation took place in cylindrical-conical tanks (CCT). Worts were inoculated by a dose of 220 g/hl of pressed pitching yeast, strain No. 95 from the RIBM collection. The maximum temperature of fermentation was set to 12 °C $\pm 0,1$ °C. After reaching the attenuation difference of about 10% rel., the CCT content was cooled down to the temperature of 5–6 °C within 24 hours. Green beer was transferred into lager tanks. The temperature in the lager cellar ranged between 1–2 °C. The maturation period took approximately 40 days. Beer was filtered through a sheet filter. Carbon dioxide was used in all manipulations with the beer during the filtration and bottling. Beer was bottled on a machine filler and pasteurized in a batch pasteurizer at 20 PU. Beer was stored at room temperature, no protection against light was provided.

Hops, wort, and beer were analyzed by EBC Analytica and Brewing and Malting Analytica (Basařová, 1994). The antioxidant (antiradical) activity of wort and beer was determined by DPPH (Mikyška et al., 2006). The content of prenylflavonoids and isoflavonoids was established by the HPLC method of RIBM (Jurková et al. 2013). Hop oils in beer were measured by the GC/MS method of RIBM. Sensory analyses of fresh beer and beer after 3 months of storage was carried out by RIBM by means of the descriptive method (Čejka et al., 2002), the comprehensive method of determining the bitterness lingering and character profile in accordance with procedures developed by RIBM (Mikyška and Čejka, 2013), and the triangle test according to EBC Analytica.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Agronomy properties

Late Saaz plants are robust and have an irregular cylindrical shape. Because of the hulking habitus, spacing of 300 x 114 cm has to be employed. Bines are of violet colour, 9–13 mm in diameter. Fruitful laterals are very long, low to medium high deployed with the tendency of breaking out at windy weather. Hop cones are egg shaped, very densely clustered at laterals (Fig. 1). The average weight of 100 dry cones ranges from 17–20 g. Saaz Late is a semi-late variety with a vegetation period in the interval of 128–135 days. Its resistance to downy mildew (*Pseudoperonospora humuli*) is medium and resistance to powdery mildew (*Sphaerotheca humuli*) is



Obr. 2 Dendrogram genetických vzdáleností 85 odrůd světového sortimentu chmele na základě 238 polymorfních molekulárních markerů. Zelená – chmele evropského původu skupiny ŽPČ, modrá – chmele evropského původu skupiny Fuggle, červená – chmele amerického původu, fialová – chmele smíšeného původu, černá – české povolené odrůdy. / Fig. 2 Dendrogram of genetic distances of 85 world range hop varieties based on 238 polymorphic molecular markers. Green – hops of European origin of Saaz group, blue – hops of European origin of Fuggle group, red – hops of American origin, purple – hops of mixed origin, black – Czech registered varieties.

stanoveny HPLC metodou VÚPS (Jurková et al., 2013). Silice v pivu byly stanoveny GC/MS metodou VÚPS. Senzorická analýza čerstvého piva a piva po 3 měsících skladování byla provedena degustační komisí VÚPS deskriptivní metodou (Čejka et al., 2002), komplexní metodou stanovení profilu dozrívání a charakteru hořkosti podle postupů vypracovaných na VÚPS (Mikyška a Čejka, 2013) a trojúhelníkovým testem odlišnosti podle Analytiky EBC.

3 VÝSLEDKY A DISKUSE

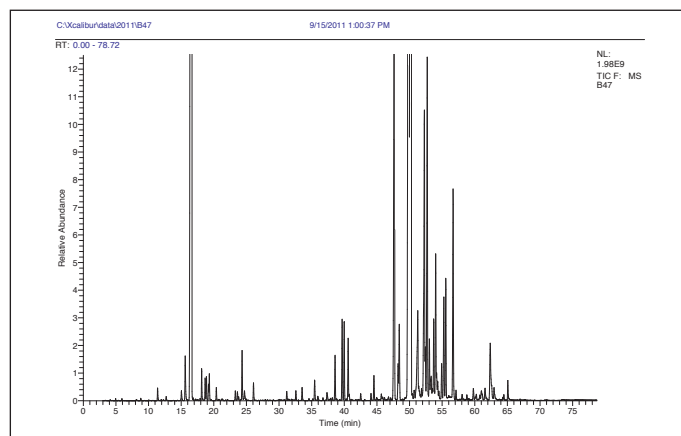
3.1 Agronomické vlastnosti

Rostlina má velmi mohutný vzrůst nepravidelného válcovitého tvaru. Vzhledem k mohutnému habitu je nutné provádět výsadbu v min. sponu 300 x 114 cm. Réva je fialové barvy, silná 9–13 mm. Plodnosné pazochy jsou dlouhé až velmi dlouhé, nízko až středně vysoko nasazené s tendencí vyламování při větrném počasí. Chmelové hlávky jsou středně vejčité, na pazochu velmi hustě nasazené (obr. 1). Průměrná hmotnost 100 hlávek je v rozmezí 17–20 g. Saaz Late je polopozdní odrůda s vegetační dobou v rozmezí 128–135 dní. Odolnost k peronosporě chmelové (*Pseudoperonospora humuli*) je střední, k padlí chmelovému (*Sphaerotheca humuli*) je vysoká až tolerantní. Česatelnost odrůdy Saaz Late patří k těm horším. Drobnější, hustě nasazené hlávky zůstávají při česání velmi často ve shlucích i s částmi větví. Při strojové sklizni je proto nezbytné na česacím stroji seřadit separaci hlávek. Výnos odrůdy je 2,0 až 2,5 t sušeného chmele/ha.

3.2 Genetická charakteristika

Využití molekulárně genetických metod umožňuje přesnou a spolehlivou identifikaci odrůdy chmele a zároveň hodnocení genetické variability a podobnosti odrůd chmele pomocí hierarchické klastrové analýzy, kde jsou ve výsledném dendrogramu do jednotlivých shluků přiřazeny genotypy k sobě si geneticky nejbližší. Tyto metody byly využity i v genetické analýze odrůdy Saaz Late společně s dalšími 11 českými a 73 odrůdami světového sortimentu chmele.

Získaný dendrogram (obr. 2) odpovídal genealogickým, geobotanickým a analytickým charakteristikám jednotlivých odrůd. Rozmístění odrůd v dendrogramu odráželo především introdukci divokých amerických genotypů do zárodečné plasmidy evropských chmelů (Patzak et al., 2010a,b), když geneticky nejvzdálenější byly odrůdy ŽPČ a americké odrůdy Columbus (CTZ). Nejvíce se tu pak projevil vliv dvou základních šlechtitelských odrůd minulosti, a to Brewers Goldu, s genotypem divokého amerického chmele, a její dcery, odrůdy Northern Brewer, s genotypem evropského chmele. U kříženců odrůdy Northern Brewer pak záleželo na tom, jak mnoho zárodečné plasmidy evropských aromatických chmelů (skupina ŽPČ a Fuggle) nebo amerických vysokoobsažných chmelů (anglická fialová podskupina) v nich bylo zastoupeno (obr. 2). U kříženců odrůdy Brewers Gold nebylo možné výrazně změnit jejich americký původ k evropskému (německá fialová podskupina). Toto se podařilo americkým



Obr. 3 GC chromatogram chmelových silic odrůdy Saaz Late, izolace silic destilační metodou, kolona DB5, 30m x 0.25 mm x 0.50 mm, nosný plyn helium, 60 kPa, split nástřik 1:50. (16.5 min – myrcen; 47.8 min – β-karyofylen; 49.5 min – β-farnesen; 50.1 min – α-humulen, 52–53 min – α- + β- selineny) / Fig. 3 GC chromatogram of hop oils of the variety Saaz Late, isolation of essential oils by distillation method, column DB5, 30 m x 0.25 mm x 0.50 mm, carrier gas helium, 60 kPa, split injection 1:50. (16.5 min – myrcene, 47.8 min – β-caryophyllene, 49.5 min – β-farnesene; 50.1 min – α-humulene, 52–53 min – α- + β-selinens)

high. Picking of the Saaz late variety is rather difficult because the smaller, densely deployed cones frequently remain at clusters together with twigs during picking. Therefore, separation of hop cones has to be well adjusted during machine harvesting. Yield of Saaz Late ranges between 2.0–2.5 tons of dry hops/ha.

3.2 Genetic characteristics

The utilization of molecular genetic methods enables both precise as well as reliable hop cultivar identification and evaluation of the genetic variability and similarity by the hierarchical cluster analysis. The resultant dendrogram shows the genetically closest genotypes included in individual groups. We used these methods for the genetic analysis of the Saaz Late cultivar together with other 11 Czech and 73 cultivars of world hop collection. The dendrogram (Fig. 2) corresponds with genealogical, geobotanical and analytical characteristics of individual cultivars. The distribution of cultivars in the dendrogram mainly reflected the introduction of wild American genotypes to European hop germplasm (Patzak et al., 2010a,b). Saaz hop and American cultivar Columbus (CTZ) were most distant in respect to their genetics. The influence of two basic historical breeding lines became evident – the cultivar Brewers Gold with a wild American genotype in origin, and its daughter cultivar Northern Brewer with a European germplasm in origin. Within the Northern Brewer hybrid, cultivars depended on how much germplasm of European aroma hops (Saaz and Fuggle groups) or American high-α-acid hops (English violet subgroup) were included in them. Within the Brewers Gold hybrid, cultivars were not strongly able to change their American origin to European germplasm (German violet subgroup). American breeders managed to achieve this change in case of aroma hop cultivars with the origin of Fuggle and Hallertau cultivars (green and blue groups).

The Saaz Late cultivar genetically belonged to the European aroma cultivar group of Saaz. It is most similar to the new Czech cultivar Saaz Special (Fig. 2). Both cultivars could be safely and exactly distinguished from all registered Czech hop cultivars (Tab. 1) by molecular genetic markers of the DNA barcode (Krofta and Patzak, 2011; Patzak and Matoušek, 2013). We use these modern analyses as standards for controls of the genetic purity of cultivar rootstocks in the multipropagation process (Nesvadba et al., 2008; 2010) and for authenticity of hop cones in merchants and processors (Krofta and Patzak, 2011).

3.3 Chemotaxonomy of the variety

Chemotaxonomy characteristics of the Saaz Late variety based on hop resins, hop oils and polyphenols analyses is summarized in Tab. 2. Data for the Saaz aroma variety are included for comparison. Locality and year variability of α-acids, β-acids and xanthohumol during the period of 2008–2012 is shown in Tab. 3.

The content of α-acids usually ranges between 3.5 and 6.0% w/w, the content of β-acids is normally between 4.0–7.0% w/w. Thus, the ratio of α- and β-acids is slightly below 1.00. The cophumulone and colupulone ratio is the same as for Saaz, 20–25% rel. and 39–43%

Tab. 1 DNA čárový kód českých odrůd chmele vyjádřený prezencí (1) či absencí (0) fragmentů alel molekulárně-genetických markerů. / DNA barcode of Czech hop varieties expressed by attendance (1) or absence (0) of allele fragments of molecular genetic markers

1. Odrůda	ŽPČ / Saaz	Bor	Sládek	Premiant	Agnus	Rubín	Harmonie	Kazbek	Vital	Saaz Late	Bohemie	Saaz Special
WRKY1_222	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
WRKY1_212	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
WRKY1_210	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
WRKY1_208	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
WRKY1_206	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0
WRKY1_204	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
WRKY1_202	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0
WRKY1_198	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
CMPS_251	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
CMPS_242	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CMPS_239	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
CMPS_230	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0
CMPS_227	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
LAR1_179	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1
LAR1_177	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
LAR1_174	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
LAR1_173	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LAR1_171	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1
LAR1_165	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0
CaEFh_203	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0
CaEFh_200	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
CaEFh_196	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CaEFh_194	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1
CaEFh_187	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0
pMyb1b_280	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
pMyb1b_277	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
pMyb1b_270	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
pMyb1b_265	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0
pMyb1b_262	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
pMyb1b_258	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0
pMyb1b_256	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
pMyb1b_247	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0

Tab. 2 Chemotaxonomická charakteristika odrůd Saaz Late a ŽPČ /
Chemotaxonomic characteristic of varieties Saaz and Saaz Late

Pryskyřice / <i>Resins</i>	Saaz Late	ŽPČ/Saaz
Celkové pryskyřice / <i>Total resins</i> (%)	15–22	13–20
α -kyseliny / α -acids (%)	3.5–6.0	2.5–4.5
β -kyseliny / β -acids (%)	4.0–7.0	4.0–6.0
Poměr α - β / α - β -ratio	0.8–1.0	0.6–1.0
Kohumulon / <i>Cohumulone</i> (% rel.)	20–25	20–25
Kolupulon / <i>Colupulone</i> (% rel.)	39–43	39–43
Polyfenoly / <i>Polyphenols</i>		
Celkové polyfenoly / <i>Total polyphenols</i> (%)	5.0–6.0	5.5–7.0
Xanthohumol (%)	0.30–0.50	0.30–0.50
Desmethylxanthohumol (%)	0.07–0.12	0.05–0.12
Silice / <i>Essential oils</i>		
Obsah silic / <i>Total oils</i> (g/100 g)	0.5–1.0	0.4–0.8
Isobutylisobutyrate (% rel.)	0.03–0.07	< 0.02
Myrcen (% rel.)	25–35	25–40
2-methylbutylisobutyrate (% rel.)	0.10–0.20	< 0.02
β -karyofylen / β -caryophyllene (% rel.)	6–9	6–9
α -humulen / α -humulene (% rel.)	15–25	15–30
β -farnesen / β -farnesene (% rel.)	15–20	14–20
α - a β -selineny / α - and β -selinens (% rel.)	3–5	0.5–1.5

šlechtitelům u aromatických odrůd chmele s původem odrůd Fuggle a Hallertau (zelená a modrá skupina).

Odrůda Saaz Late geneticky patří do skupiny evropských aromatických odrůd skupiny Zateckého červeňáku, který je výrazně zastoupen v jejím původu. Nejvíce geneticky podobná pak byla nově české odrůdě Saaz Special (obr. 2). Pomocí molekulárně genetických markerů DNA čárového kódu (Krofta a Patzak, 2011; Patzak a Matoušek, 2013) bylo možné obě odrůdy od sebe bezpečně a přesně odlišit, podobně jako všechny povolené odrůdy české provenience (tab. 1). Tyto moderní analýzy jsou standardně používány ke kontrole gene-

rel., the contents of polyphenols are comparable, too. Total oil in Saaz Late hops can reach up to 1.0 g/100 g, usually it is in the interval of 0.5–1.0 g/100 g. The presence of several esters in the composition of hop oils reveals a hybrid origin. These esters include isobutylisobutyrate, 2-methylbutylisobutyrate, and 3-methylisobutyrate. Negligible amounts of these compounds are found in Saaz. Thanks to this dissimilarity, both varieties can be easily distinguished (Krofta, Patzak, 2011). GC chromatogram of Saaz Late hop oils is shown in Fig. 3. Generally, the content and composition of secondary metabolites of Saaz Late and Saaz hops are very similar. From the brewing technology perspective, it means that the Saaz aroma hops can be cheaply substituted in the hopping regimen.

3.4 Ageing tests

Tab. 4 shows the relative decline of selected active compounds (α -acids, β -acids and xanthohumol) during storage at +2 to +4 °C in the air for the period of 12 months. The results indicate that due to small disposals of α - and β -acids up to 10% rel., the quality of hops is stable for at least 12 months, i.e. until the hop processing of a new crop. Hop Storage Index (HSI) is below 0.50, and therefore, acceptable for most brewers.

It was found that hop pellets stored in the air at room temperature age most rapidly. After 12 months, the loss of α - and β -acids exceeded 90% (Tab. 5). This was caused by the disturbance of lupulin grains structure during milling and granulation. Both these operations represent considerable mechanical strain for hops. As early as during drying, shrinkage and cracking of a small number of lupulin glands occur. Hop resins and other substances in the mechanically disrupted lupulin glands are rapidly subjected to oxygen and elevated temperatures that induce the degrading action. The rate of degradation of granules stored this way is surprising. Deteriorated brewing quality is reflected in the enormous increase of the HSI value to nearly 2.00. These findings need to be taken into account in small and restaurant breweries, where the doses of hops are not so big and processing of an open package of granulated hops may take more time.

Under anaerobic conditions, a high stability of β -acids was found. Even storage at room temperature did not considerably affect β -acids content; however, it affected α -acids. Storing hops at low temperatures without air also preserves the content of xanthohumol very well.

Differences among varieties in regard to the dynamics of ageing are best studied in the original, cones form. Processing into granules and storage under anaerobic conditions at low temperatures significantly suppress the differences among varieties. Conventionally, the

Tab. 3 Lokální a ročníková variabilita obsahu a složení alfa kyselin, β -kyselin, xanthohumolu (XN) a desmethylxanthohumolu (DMX) odrůdy Saaz Late / *Local and vintage variability of the content of the α -acids, β -acids, xanthohumol (XN) and desmethylxanthohumol (DMX) of the variety Saaz Late*

Lokalita / <i>Locality</i>	α -kyseliny / α -acids (%)	β -kyseliny / β -acids (%)	Poměr α - β / α - β -ratio	Kohumulon / <i>Cohumulone</i> (% rel.)	XN (%)	DMX (%)
2008						
Bišany	5.31	6.68	0.79	22.6	0.43	0.10
Radovesice	4.06	6.51	0.62	21.9	0.42	0.08
Stekník	5.00	6.37	0.78	23.4	0.36	0.07
2009						
Bišany	5.29	6.15	0.86	23.2	0.37	0.11
Radovesice	5.28	6.65	0.79	20.4	0.36	0.10
Stekník	4.77	4.84	0.99	24.1	0.40	0.08
2010						
Bišany	6.65	7.88	0.84	23.4	0.51	0.17
Radovesice	4.49	7.14	0.63	22.0	0.38	0.13
Stekník	4.59	6.30	0.73	24.7	0.35	0.10
2011						
Osek n. Bečvou	4.32	4.59	0.94	25.2	0.42	0.09
Radovesice	3.84	5.52	0.70	23.7	0.34	0.05
Stekník	5.06	6.68	0.76	23.9	0.46	0.07
2012						
Bišany	4.37	4.47	0.98	20.3	0.38	0.08
Radovesice	4.38	4.43	0.99	19.4	0.30	0.06
Stekník	5.34	5.29	1.01	20.5		

tické čistoty sadby v množitelském procesu (Nesvadba et al., 2008; 2010) a autenticity hlávkového chmele u obchodníků a zpracovatelů (Krofta a Patzak, 2011).

3.3 Chemotaxonomie odrůdy

Chemotaxonomická charakteristika odrůdy Saaz Late, založená na analýze chmelových pryskyřic, silic a polyfenolů je uvedena v tab. 2. Pro srovnání jsou v tabulce uvedeny i hodnoty pro Žatecký poloraný červeňák. Lokální a ročníková variabilita obsahu a složení α -kyselin, β -kyselin a xanthohumolu v letech 2008 až 2012 je patrná z údajů v tab. 3.

Obsah α -kyselin v odrůdě Saaz Late se pohybuje většinou v rozmezí 3,5–6,0 % hm., obsah β -kyselin v intervalu 4,0–7,0 % hm. Poměr α/β je zpravidla < 1,00. Podíl kolumulonu 20–25 % rel. a kolupulonu 39–43 % rel. je stejný jako u Žateckého červeňáku. Srovnatelné jsou i obsahy polyfenolových látek. Množství silic v odrůdě Saaz Late může být až 1,0 g/100 g chmele, většinou se však pohybuje v rozmezí 0,5–1,0 g/100 g. Hybridní původ odrůdy potvrzuje přítomnost několika esterů ve chmelové silici. Jedná se o isobutylisobutyryát, 2-methylbutylisobutyryát a 3-methylisobutyryát. Silice Žateckého červeňáku tyto složky neobsahuje vůbec nebo jen v nepatrném množství. Díky tomu je možno odrůdy Saaz Late a Žatecký červeňák snadno vzájemně odlišit (Krofta, Patzak, 2011). Chromatogram chmelových silic odrůdy Saaz Late je na obr. 3. Celkově lze obsah a složení pivovarsky důležitých sekundárních metabolitů odrůdy Saaz Late považovat za velmi podobné Žateckému červeňáku. Z pivovarského hlediska to znamená možnou, cenově dostupnější substituci Žateckého červeňáku.

3.4 Testy stárnutí

V tab. 4 jsou uvedeny relativní poklesy vybraných aktivních složek (α -kyselin, β -kyselin a xanthohumolu) při skladování po dobu 12 měsíců při teplotě +2 až +4 °C bez přístupu vzduchu. Výsledky dokumentují, že kvalita chmele je, vzhledem k malým úbytkům α - a β -kyselin do 10 % rel., stabilní po dobu minimálně 12 měsíců, tj. doby zpracování chmelů z nové sklizně. Indexy skladování HSI jsou pod hranicí 0,50, a tedy přijatelné pro většinu pivovarů.

Bylo zjištěno, že nejrychleji stárne granulovaný chmel, skladovaný volně na vzduchu při pokojové teplotě. Úbytek α - i β -kyselin po 12 měsících byl více než 90% (tab. 5). Příčinou je narušení struktury lupulinových zrn při mletí a granulaci. Obě operace představují pro chmel značnou mechanickou zátěž. Ke smršťování a praskání malého podílu lupulinových zrn dochází již při sušení. Chmelové pryskyřice a další látky v deformovaných, mechanicky narušených lupulinových zrncích rychle podléhají degradačnímu působení kyslíku a zvýšené teploty. Rychlost znehodnocení takto skladovaných granulí je až překvapující. Zhoršená pivovarská kvalita se odráží v enormním nárůstu indexu skladování chmele HSI na hodnoty bezmála 2,00. Uvedené zjištění je potřeba brát v potaz zejména v malých a restauračních pivovarech, kde navážky chmele nejsou tak velké a zpracovávání načatých balení s granulovaným chmelem může trvat další dobu.

Velká stabilita byla prokázána u β -kyselin, pokud byly skladovány bez přístupu vzduchu. Ani skladování při pokojové teplotě se na jejich obsahu nijak významně neprojevovalo, na rozdíl od α -kyselin. Skladováním chmele při nízkých teplotách bez přístupu vzduchu se velmi dobře konzervuje i obsah xanthohumolu.

Mezi odrůdovými rozdíly v dynamice stárnutí různých odrůd chmele se nejlépe studují v původní hlávkové formě. Zpracováním na granulace a skladováním v anaerobních podmínkách při nízkých teplotách se rozdíly mezi odrůdami výrazně potlačují. Skladovatelnost odrůd chmele je uznaně posuzována na základě poklesu obsahu α -kyselin po 6 měsících skladování v nezpracované hlávkové formě za přístupu vzduchu v temné místnosti při teplotě 20 °C. Odrůdy chmele jsou klasifikovány do 5 kategorií (méně než 10% pokles obsahu α -kyselin = skladovatelnost velmi dobrá; 10–20 % = dobrá; 20–40 % = přijatelná; 40–60 % = špatná; více než 60 % = velmi špatná) (Nickerson, 1979). Skladovací pokus s hlávkovým chmelem odrůdy Saaz Late ze sklizně 2012 ukázal, že při výše uvedených podmínkách došlo k poklesu α -kyselin z 3,64 % hm. na 2,86 % hm. Pokles obsahu α -kyselin tak mírně překračuje hranici 20 % rel., což odpovídá klasifikaci „dobrá – přijatelná“. Jak ale ukazují zkušenosti s analogickým hodnocením odrůdy Vital (Krofta, 2013), nelze na základě výsledků

Tab. 4 Relativní poklesy obsahu α -kyselin, β -kyselin, xanthohumolu a hodnoty HSI v granulích T90 odrůdy Saaz Late při teplotě +2–4 °C a bez přístupu vzduchu po 12 měsících skladování / *Relative decrease of α -acids, β -acids, xanthohumol and HSI values in granules T90 of the variety Saaz Late at 2–4 °C and the absence of air after 12 months of storage*

Složka chmele/ Hop component	Skladovací období / Storage period	Relativní pokles (% rel.) / Relative decrease (% rel.)	
		6 měsíců / months	12 měsíců / months
α -kyseliny / α -acids	2009/2010	3.6	9.2
	2011/2012	0.8	5.5
β -kyseliny / β -acids	2009/2010	< 0.1	1.7
	2011/2012	< 0.1	2.5
Xanthohumol / Xanthohumol	2009/2010	3	4.5
	2011/2012	2	4.1
Index skladování / Hop storage index (HSI)	2009/2010	0.4	0.43
	2011/2012	0.36	0.37

Tab. 5 Relativní poklesy obsahu α -kyselin, β -kyselin, xanthohumolu a hodnoty HSI v granulích T90 odrůdy Saaz Late při teplotě 20 °C a za přístupu vzduchu po 12 měsících skladování (test 2011/2012) / *Relative decreases of α -acids, β -acids, xanthohumol and HSI value in granules T90 of the variety Saaz Late at 20 °C and the access of air after 12 months storage (test 2011/2012)*

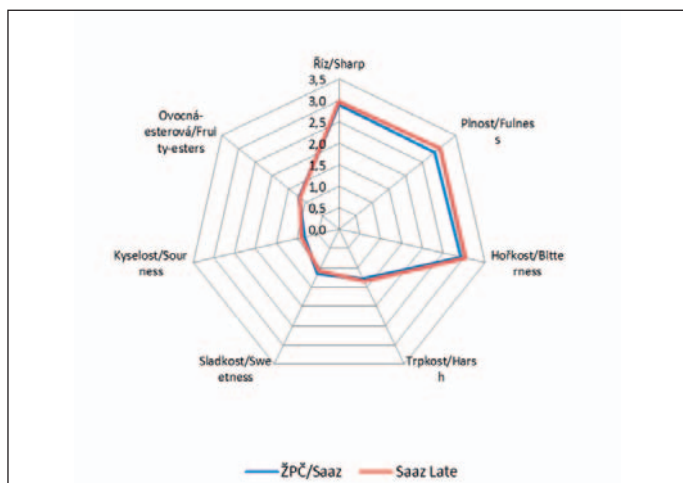
Složka chmele/ Hop component	Skladovací období / Storage period	Relativní pokles (% rel.) / Relative decrease (% rel.)	
		6 měsíců/months	12 měsíců/ months
α -kyseliny / α -acids	2011/2012	57.6	94.8
β -kyseliny / β -acids	2011/2012	44.8	94.5
Xanthohumol / Xanthohumol	2011/2012	22.4	55.1
Index skladování / Hop storage index (HSI)	2011/2012	0.86	1.90

storability of hop varieties is assessed on the basis of the decrease of α -acids content after 6 months of storage in the form of raw cones in a dark place in an open air at a temperature of +20 °C. Hop varieties are classified into 5 categories (less than 10% decrease of α -acid shelf life = very good; 10–20% = good; 20–40% = acceptable; 40–60% = poor, more than 60% = very poor) (Nickerson, 1979). Storage experiments with hop cones of the Saaz Late variety harvested in 2012 revealed that under the above mentioned conditions, the α -acids content decreased from 3.64% wt. to 2.86% wt. The decrease of α -acids slightly exceeds 20% rel., which corresponds to the classification „good – acceptable“. Nevertheless, as the experience with analogous evaluation of the Vital variety had shown (Krofta, 2013), a responsible evaluation of varietal shelf life cannot be based on results from one year only because the shelf life can be quite variable depending on the individual year.

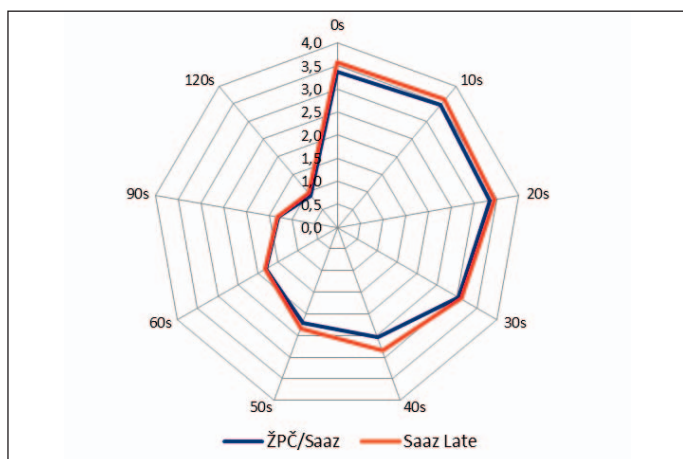
3.5 Brewing tests

The content of α -acids and the ratio of α - and β -acids in hops tested in the brewing experiments corresponded to the varietal characteristics (Tab. 6). The average content of total polyphenols, anthocyanogens, and flavanoids in Saaz Late was by 46, 37, and 39% lower compared to Saaz hops. The antiradical activity of DPPH-ESR was lower by 35%. The content of xanthohumol and the ratio of XN/ α -acids in hops were comparable in both varieties. The composition of essential oils contained in the Saaz Late hop variety was similar to the Saaz variety, including significant levels of β -farnesene.

The results of beer analyses are shown in Tab. 7. Equability of brews is documented by the basic chemical analysis values. The effect of the tested varieties on foaming and color were not found. The analytical bitterness of beer was balanced; the ratio of cis/trans isohumulones in brews hopped by the Saaz Late variety was slightly lower compared to the Saaz variety. Trans isomers are less bitter and more readily a subject to chemical changes during beer storage (Hughes and Simpson, 1996). Values of the beer antiradical activity AOX-DPPH was by about 20% lower than the values of the



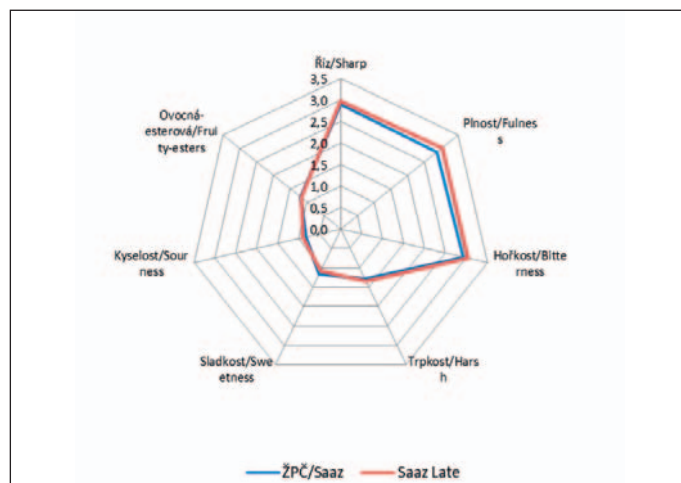
Obr. 4 Senzorický profil čerstvých piv (průměrné hodnoty várek 2010–2012; / Deskriptory – škála 0–5) / Fig. 4 Sensory profile of fresh beers (average of brews 2010–2012; Descriptors – range 0–5)



Obr. 5 Senzorický profil 3 měsíce skladovaných piv (průměrné hodnoty várek 2010–2012 / Fig. 5 Sensory profile of 3 months stored beers (average of brews 2010–2012)

Tab. 6 Průměrný obsah hořkých látek, polyfenolů a silic v surovině pro varní pokusy / Average content of bitter substances, polyphenols and essential oils in raw materials for brewing experiments

Parametr / Parameter	ŽPČ / Saaz	Saaz Late
α-kyseliny / α-acids (%)	3.9	4.3
β-kyseliny / β-acids (%)	4.7	5.6
Poměr α-/β- / α-/β- ratio	0.84	0.81
Celkové polyfenoly / Total polyphenols (mg/g)	58.1	31.6
Poměr CP/α- / TP/α-ratio	14.9	7.8
Anthokyanogeny / Anthocyanogens (mg/g)	59.9	37.9
Flavanoidy / Flavanoids (mg/g)	12.8	7.8
ARA2-DPPH (% rel.)	70.7	45.8
Obsah silic / Content of essential oils (g/100 g)	0.6	0.6
Myrcen/Myrcene (% rel.)	34.2	40
Linalool (% rel.)	0.4	0.3
β-karyofylen/ β-caryophyllene (% rel.)	8.5	5.9
α-humulén/ α-humulene (% rel.)	20.1	15.1
β-farnesen/ β-farnesene (% rel.)	19.1	16.3
α- a β-selineny/ α- and β-selinens	1.2	1.8
CP, TP Celkové polyfenoly / Total polyphenols		
ARA2-DPPH Antiradikálová aktivita / Antiradical activity		



Obr. 6 Dozrívání a charakter senzorické hořkosti čerstvých piv (Intenzita hořkosti, charakter hořkosti – škála 0–5 bodů) / Fig. 6 The lingering and character of sensory bitterness of fresh beers (Bitterness intensity, bitterness character – range 0–5 points)

	ŽPČ/Saaz	Saaz Late
Charakter / Character 0s	2.9	3.2
Charakter / Character 40s	2.3	2.5

Tab. 7 Průměrné hodnoty analýzy piv z poloprovozních várek / Average values of beers analysis of pilot brews

Parametr / Parameter	ŽPČ / Saaz	Saaz Late
Původní extrakt / Original extract	12.4	12.3
Prokvašení zdánlivé / Apparent attenuation (% rel.)	76.4	75.2
Prokvašení skutečné / Real attenuation (% rel.)	62.7	61.8
Barva / Colour (EBC)	9.8	9.8
pH	4.48	4.47
Pěnivost / Head retention NIBEM	300	301
ARA2-DPPH (% rel.)	75.1	59.7
Hořkost / Bitterness (IBU)	31.1	31.6
iso-α-kyseliny / iso-α-acids (mg/l)	31.9	33
cis-iso-α-kyseliny / cis-iso-α-acids (mg/l)	22.5	23.1
trans-iso-α-kyseliny / trans-iso-α-acids (mg/l)	9.3	9.8
Poměr cis/trans / cis/trans ratio	2.44	2.37
Silice / Essential oils (μg/l)		
α-pinen / α-pinene	0.12	0.15
β-pinen / β-pinene	0.04	0.05
myrcen / myrcene	0.49	0.56
limonen / limonene	0.31	0.75
linalool / linalool	6.45	10.18
β-karyofylen / β-caryophyllene	2.78	1.32
4-terpineol / 4-terpineol	2.03	0.9
β-farnesen / β-farnesene	34.24	21.48
α-humulén / α-humulene	47.77	15.6
α-terpinol / α-terpinol	65.22	23.66
cis-geraniol / cis-geraniol	1.2	1.24
α-ionon / α-ionone	0.48	0.51
β-ionon / β-ionone	0.35	0.13
α-iron / α-irone	0.37	0.23
β-karyofylenepoxid / β-caryophyllene epoxid	2.2	1.2
farnesol1 / farnesol1	27.39	31.62
farnesol2 / farnesol2	36.02	30.93

Tab. 8 Výsledky senzoričké analýzy čerstvých piv deskriptivní metodou / Results of fresh beer evaluation using descriptive method

Rok / Year	2010		2011		2012	
	ŽPČ / Saaz	Saaz Late	ŽPČ / Saaz	Saaz Late	ŽPČ / Saaz	Saaz Late
Říz / Sharp	3.0	3.1	2.8	2.8	2.9	3.0
Plnost / Fullness	2.9	3.1	2.8	3.0	2.9	3.0
Hořkost / Bitterness	3.0	3.4	2.8	2.9	3.0	2.8
Trpkost / Harshness	1.0	1.2	1.1	1.4	1.8	1.4
Sladkost / Sweetness	1.0	0.9	0.9	1.0	1.6	1.3
Kyselost / Sourness	1.0	0.9	0.5	0.9	1.0	0.9
Ovocná-esterová / Fruity-esters	1.0	0.9	1.4	1.0	1.2	1.6
Celkový dojem / Overall impact	3.7	4.0	3.4	3.7	4.4	4.2

hodnocení jednoho ročníku skladovatelnost odrůdy odpovědně hodnotit, protože může být ročníkově značně proměnlivá.

3.5 Pivovarské testy

Obsah α -kyselin i poměr α - a β -kyselin chmelů testovaných ve varních pokusech odpovídal odrůdové charakteristice (tab. 6). Průměrný obsah celkových polyfenolů, anthokyanogenů a flavanoidů u chmelů odrůdy Saaz Late byl o 46, 37 a 39 % nižší v porovnání s Žateckým poloraným červeňákem. Antiradikálová aktivita ESR-DPPH byla nižší o 35 %. Obsah xanthohumolu i poměr XN/ α -kyseliny byl u chmelů obou odrůd srovnatelný. Složení silic odrůdy Saaz Late bylo podobné Žateckému červeňáku včetně významného obsahu β -farnesenu.

Výsledky analýzy piv jsou uvedeny v tab. 7. Hodnoty základního chemického rozboru dokumentují vyrovnanost várek. Vliv testované odrůdy na pěnivost a barvu nebyl zjištěn. Analytická hořkost piv byla vyrovnaná, poměr cis/trans isohumulonů v pivech u várek chmelových odrůdou Žatecký pozdní byla mírně nižší v porovnání s ŽPČ. Trans isomery jsou méně hořké a podléhají snáze chemickým změnám při skladování piva (Hughes a Simpson, 1996). Hodnoty antiradikálové aktivity AOX-DPPH piv byly oproti srovnávacím várkám o 20 % nižší. V profilu silic stanovených v čerstvých pivech (tab. 7) se ukázaly některé rozdíly. Obsah linaloolu a farnesolu 1 byl u piv chmelových odrůdou Saaz Late vyšší oproti ŽPČ. Obsah β -farnesenu, α -humulenu, α -terpinolu, β -karyofylenu, 4-terpineolu a β -karyofylenepoxidu byl u piv chmelových ŽPČ naopak vyšší.

Výsledky senzoričké analýzy čerstvých piv v letech 2010 až 2012 shrnuje tab. 8. Senzorická kvalita byla u všech piv hodnocených po stočení dobrá, skóre pro celkový dojem bylo mezi hodnotami 3,4 až 4,4 devítibodové škály. Piva chmelová granulemi Saaz Late byla v letech 2010 a 2011 hodnocena hůře v porovnání s ŽPČ (4,0–3,7; 3,7–3,4), v roce 2012 naopak mírně lépe (4,2–4,4). Důvodem byla vyšší trpkost piv chmelových testovanou odrůdou. V tříletém průměru se neprojevil výrazný rozdíl mezi chmelováním ŽPČ a Saaz Late (obr. 4). Senzorická jakost piv hodnocená celkovým dojmem se po 3 měsících skladování zhoršila o 0,8–1,7 bodu, stárnutí nezáviselo na aplikované odrůdě chmele. Senzorický profil starých piv byl podobný, u piv chmelových ŽPČ byl zaznamenán mírně vyšší pokles senzoričké hořkosti (obr. 5).

Křivka dozrívání hořkosti a hodnocení charakteru hořkosti ukázala v průměru srovnatelné, v rozmezí 30 až 50 s po spolknutí doušku pomalejší dozrívání senzoričké hořkosti po napití a méně jemný charakter hořkosti u piv chmelových odrůdou Saaz Late v porovnání s ŽPČ (obr. 6). Mírně odlišný, drsnější charakter hořkosti byl zjištěn i v provozních pokusech v několika pivovarech, kdy byl ŽPČ v chmelování nahrazen Saaz Late (nepublikované výsledky CHI Žatec).

Čerstvá piva z pokusných várek byla rovněž hodnocena trojúhelníkovým testem. Piva chmelová Saaz Late nebyla ani v jednom roce odlišena od piv chmelových ŽPČ na hladině pravděpodobnosti $P=0,05$ (tab. 9).

4 ZÁVĚR

Nová odrůda chmele Saaz Late vyhovuje chemickým složením pivovarsky významných látek, zejména obsahem β -farnesenu a poměrem α/β -kyselin, požadavkům chráněného zeměpisného značení EU „České pivo“. Senzorická kvalita piva chmelového Saaz Late je blízká chmelování Žateckým červeňákem, dozrívání senzorič-

Tab. 9 Výsledky hodnocení odlišnosti mezi pivy trojúhelníkovým testem / Results of assessment the differences between beers using a triangle test

Rok / počet hodnotitelů Year / number of evaluators	Určilo / Right responses	Odlišný / Different (P=0,05)
2010/10	6	ne / no
2011/ 9	4	ne / no
2012/ 9	3	ne / no

comparative brews. Some differences were found in respect to the essential oils profiles of fresh beers (Tab. 7). The levels of linalool and farnesol 1 were higher in beers hopped by Saaz Late when compared to beers hopped by Saaz. On the contrary, the levels of β -farnesene, α -humulene, α -terpinol, β -caryophyllene, 4-terpineol and β -caryophylleneepoxid were higher in beers hopped by Saaz.

Table 8 summarizes results of the sensory analysis of fresh beers brewed in 2010–2012. All beers evaluated after bottling had a good sensory quality, the score for overall impression was between 3.4 and 4.4 of a nine-point scale. In 2010 and 2011, beers hopped with Saaz Late pellets ranked worse than those hopped with Saaz (4.0–3.7; 3.7–3.4), while in 2012, beers hopped with Saaz Late were rated slightly better compared to beers hopped with Saaz (4.2–4.4). This caused by the higher astringency of beers hopped with the tested variety. The three-year average did not show a significant difference between Saaz and Saaz Late (Fig. 4). After 3 months of storage, the sensory quality of beers rated by overall impression deteriorated by 0.8 down to 1.7 points. Ageing did not depend on the varieties used. The sensory profiles of aged beers were similar. Beers hopped with Saaz showed a slightly higher decrease in sensory bitterness (Fig. 5).

On average, the curves of bitterness lingering and bitterness character were comparable. Values after 30–50 s of taking a sip showed a slower decay of sensory bitterness after drinking and less delicate character of bitterness in beers hopped with the Saaz Late variety compared to the Saaz variety (Fig. 6). In the industrial scale experiments conducted in several breweries, a slightly different, harsher character of bitterness in beers was detected when replacing the current Saaz hops with Saaz Late (Hop Research Institute Saaz, unpublished results).

Fresh beer from experimental brews was subjected to a triangular test. Beers hopped with the Saaz Late variety was not distinguished from beers hopped with the Saaz variety at the confidence level of $P = 0.05$ (Tab. 9) in any of the years of testing.

4 CONCLUSIONS

The new hop variety Saaz Late meets the chemical composition requirements for brewing, especially β -farnesene content and α/β -acid ratio requirements of EU Protected geographical indication „Czech beer“. The sensory quality of beer hopped with Saaz Late is similar to the sensory quality of beer hopped with Saaz. Lingering of the sensory bitterness is slightly slower; the character of bitterness is somewhat less delicate with greater astringency. The new variety may find application in combination with other Czech aroma hop

ké hořkosti je mírně pomalejší, charakter hořkosti poněkud méně jemný s vyšší trpkostí. Nová odrůda může najít uplatnění ve chmelení v kombinaci s dalšími českými aromatickými odrůdami či jako náhrada ŽPČ v chmelení s nízkým podílem tohoto chmele, např. při výrobě výčepních piv. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský zařadil v roce 2013 odrůdu Saaz Late do „Seznamu odrůd chmele doporučených pro výrobu Českého piva“.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla podpořena Ministerstvem zemědělství České republiky v rámci projektů QH81049 a QH81052 Národní agentury pro zemědělský výzkum a Institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj VÚPS. Autoři děkují Aleně Henychové za vynikající technickou pomoc při molekulárních analýzách.

LITERATURA / REFERENCES

- Analytica EBC, 1998: 5th edition, European Brewery Convention, Carl-Hans Verlag, Nürenberg.
- Basařová, G., 1994: Pivovarsko sladařská analytika, Merkanta, Praha.
- Čejka, P., Kellner, V., Čulík, J., Horák, T., Jurková, M., 2002: Modern Methods for Evaluation of Sensorial Analyses Results. Kvasny Prum., 48 (5): 114–119.
- Hadonou, A.M., Walden, R., Darby, P., 2004: Isolation and characterization of polymorphic microsatellites for assessment of genetic variation of hops (*Humulus lupulus* L.). Mol. Ecol. Notes 4: 280–282.
- Jurková, M., Čejka, P., Houška, M., Mikyška, A., 2013: Simultaneous Determination of Prenylflavonoids and Isoflavonoids in Hops and Beer by HPLC-DAD Method: Study of Green Hops Homogenate Application in the Brewing Process. Kvasny Prum. 59 (2): 41–49.
- Hughes, P.S., Simpson, W.J., 1996: Bitterness of Congeners and Stereoisomers of Hop-Derived Bitter Acids Found in Beer. J. Am. Soc. Brew. Chem. 54(4): 234–237.
- Krofta, K., 2002: Obsah a složení chmelových pryskyřic žateckých chmelů z pohledu jejich pivovarské hodnoty. Disertační práce, VŠCHT Praha.
- Krofta, K., Patzak, J., 2011: Investigation of Czech Hop Varieties Authenticity by Means of Chemical and Genetic Analyses. Kvasny Prum. 57(7–8): 296–304.
- Krofta, K., 2013: Závěrečná zpráva projektu MPO FR T11/012 „Vývoj odrůdy Vital pro zemědělství, pivovarnictví a farmacie“. Chmelařský institut, Žatec.
- Krofta, K., Patzak, J., Nesvadba, V., Mikyška, A., Slabý, M., Čejka, P., 2013: Vital – the Czech Hop Hybrid Variety, Part I. Kvasny Prum., 59(1): 2 13–217
- Methods of Analysis of the ASBC, 1992: 8th edition, American Society of Brewing Chemists, St. Paul, Minnesota.
- Mikyška, A., Čejka, P., 2013: Stanovení sensorické hořkosti piva. Certifikovaná metodika, VÚPS, Praha. ISBN 978-80-86576-59-6 (v tisku).

varieties or as a substitute for Saaz hops in case hopping with low hop parts is used, for example, in the production of pale ale beers. In 2013, the Research Institute of Brewing and Malting included the Saaz Late variety in the „List of hop varieties recommended for production of Czech beer.“

ACKNOWLEDGEMENTS

This paper was supported by the Ministry of Agriculture of the Czech Republic within the projects QH81049 and QH81052 of the National Agency for Agricultural Research and by the Institutional support for long-term strategic development of RIBM. The authors would like to thank Alena Henychová for excellent technical assistance in molecular analysis.

- Mikyška, A., Krofta, K., Hašková, D., 2006: Evaluation of Antioxidant Properties of Hop and Hop Products. Kvasny Prum., 52 (7–8): 214–225.
- Nesvadba, V., Brynda, M., Patzak, J., Krofta, K., 2008: Metodika pro udržení odrůdové čistoty chmelových porostů. Metodika pro praxi 5/08 Žatec, Chmelařský institut, ISBN 978-80-86836-87-4.
- Nesvadba, V., Polončíková, Z., Henychová, A., Krofta, K. and Patzak, J., 2010: Charakterizace a identifikace odrůdy Vital. Metodika pro praxi 6/10. Žatec: Chmelařský institut, ISBN 978-80-87357-06-4.
- Neve, R.A., 1991: Hops. Chapman Hall, London. ISBN 0-412-30330-2.
- Nickerson, G.B., Likens, S.T., 1979: Hop Storage Index. J. Am. Soc. Brew. Chem., 37, 184–187.
- Patzak, J., 2001: Comparison of RAPD, STS, ISSR and AFLP molecular methods used for assessment of genetic diversity in hop (*Humulus lupulus* L.). Euphytica 121: 9–18.
- Patzak, J., Matoušek, J., 2011: Development and evaluation of expressed sequence tag-derived microsatellite (EST-SSR) markers for genotyping of hop (*Humulus lupulus* L.). Biologia Plantarum 55: 761–765.
- Patzak, J., Nesvadba, V., Krofta, K., Henychová, A., Marzoev, A.I., Richards, K. (2010a): Evaluation of genetic variability of wild hops (*Humulus lupulus* L.) in Canada and the Caucasus region by chemical and molecular methods. Genome 53: 545–557.
- Patzak, J., Nesvadba, V., Henychová, A., Krofta, K. (2010b): Assessment of the Genetic Diversity of Wild Hops (*Humulus lupulus* L.) in Europe Using Chemical and Molecular Analyses. Biochemical Systematics and Ecology 38, 136–145.
- Patzak, J. and Matoušek, J. (2013): Metodika využití molekulárně-genetických markerů sekvencí genů a genetických elementů ve šlechtění a managementu chmele (*Humulus lupulus*). Certifikovaná metodika, Žatec, Chmelařský institut s.r.o., 40 s. ISBN 978-80-86836-94-2.
- Úřední věstník Evropské unie, C16, 23.01.2008, 14–22.

Do redakce došlo / Manuscript received: 8. 6. 2013
Přijato k publikování / Accepted for publication: 20. 7. 2013



Senzorický seminář II. Pokračovací kurz

Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a. s., Pivovarský ústav Praha

Z odborných studií vyplývá, že sensorická paměť má trvání 2 až 3 měsíce. Pokud degustátoři nejsou pravidelně trénováni, rychle zapomínají sensorické vjemy. Proto jsme pro ty, kteří již v minulosti sensorický seminář absolvovali, připravili nový kurz, kde si lze zopakovat, prohloubit a rozšířit praktické poznávací schopnosti v oblasti sensoriky piva.

Senzorický seminář II. obsahuje jednu nadstavbovou přednášku, která se věnuje přehledu a základní sensorické charakteristice řady zahraničních piv (Lagers, Ale, Stout, Porter, atd.), která nacházejí stále větší oblibu i na našem trhu. Většina času je však vyhrazena pro výcvik praktický. Doba trvání semináře jsou 3 hodiny (9.30 až 12.30 hod).

Kontakt: olsovska@beerresearch.cz