

HARMONIE – ČESKÁ AROMATICKÁ ODRŮDA CHMELE

HARMONIE – CZECH AROMA HOP VARIETY

KAREL KROFTA¹, VLADIMÍR NESVADBA¹, ALEXANDR MIKYŠKA², DANUŠA HAŠKOVÁ²,

¹Chmelařský institut s.r.o., Žatec / Institute of Hop Research and Brewing Ltd., Saaz, Kadaňská 2525, 438 46 Žatec, e-mail: k.krofta@telecom.cz

²Výzkumný ústav pivovarský a sladařský a. s. / Research Institute of Brewing and Malting Plc., Lípová 15, 120 44 Praha 2, e-mail: mikyska@beerresearch.cz

Krofta, K. – Nesvadba, V. – Mikyška, A. – Hašková, D.: Harmonie – česká aromatická odrůda chmele. Kvasný Prum. 55, 2009, č. 7–8, s. 170–176.

Odrůda Harmonie byla registrována v roce 2004. Jedná se o vícenásobný hybrid, v jehož původu figurují odrůdy Žatecký poloraný červeňák (55 %), Premiant (31 %), Northern Brewer (12 %) a Fuggle (2 %). Odrůda je charakteristická červenou barvou révy a válcovitým habitem. Výnos se pohybuje v rozmezí 2,0 až 2,5 t/ha. Je středně odolná vůči houbovým chorobám, peronosporě chmelové a padlí chmelovému (*Pseudoperonospora humuli*, *Sphaerotheca humuli*). Skladbou chmelových pryskyřic, zejména vyrovnaným obsahem α - a β -kyselin, se odrůda Harmonie řadí mezi hybridní aromatické chmele. Obsah α -kyselin se pohybuje v intervalu 4 až 8 % hm., při zastoupení kohumulonu v intervalu 19–22 % rel. Obsah celkových pryskyřic činí 22–26 % hm. Hmotnost chmelových silic v rozmezí 1,0 až 2,0 % je obdobná jako u ostatních českých hybridních odrůd chmele. Složení silic je typické absencí β -farnesenu a přítomností vysokého množství α - a β -seleninů (10 až 19 % rel.). Obsah chmelových polyfenolů v rozmezí 2,7 až 3,5 % hm. je prakticky na stejné úrovni jako u odrůd Sládek, Premiant a Agnus. Obsah xanthohumolu je 0,4 až 0,7 % hm. Pivovarské testy odrůdy Harmonie provedené ve čtvrtprovozním a poloprovozním měřítku prokázaly, že odrůda Harmonie je se značnou pravděpodobností odrůdou vhodnou pro výrobu „Českého piva“. Doporučení bude učiněno po vyhodnocení dalších pivovarských testů v roce 2009. Pivovarským využitím se Harmonie řadí mezi odrůdy Sládek a Premiant. Vysoký obsah β -kyselin dodává pivům příjemný charakter hořkosti srovnatelný s odrůdou Sládek.

Krofta, K. – Nesvadba, V. – Mikyška, A. – Hašková, D.: Harmonie – Czech aroma hop variety. Kvasný Prum. 55, 2009, No. 7–8, pp. 170–176.

The variety Harmonie was first registered in the year 2004. It is a multiple hybrid with its origin in the varieties Saaz aroma variety (55%), Premiant (31%), Northern Brewer (12%) and Fuggle (2%). Red coloured hop vines and hop cones of cylindrical form are characteristic for this variety. The crop ranges from 2.0 to 2.5 t/ha. It has medium resistance against fungoid diseases, peronospora and mildew (*Pseudoperonospora humuli*, *Sphaerotheca humuli*). Because of the composition of the hop resins, and especially because of the well-balanced content of α - and β -bitter acids, the variety Harmonie is ranked among the hybrid aromatic hops. The content of α -bitter acids varied in the range of 4–8% w, with the content of cohumulone in the range of 19–22% rel. The total content of resins ranged from 22 to 26% w. The content of essential oils in the hops ranged from 1 to 2% and corresponded with the contents from other varieties of Czech hybrid hops. The composition is distinguished by the absence of β -farnesene and the presence of large amounts of α - and β -selinens (10 to 19% rel.). The content of hop polyphenols ranging from 2.7 to 3.5% w was almost at the same level as in varieties Sládek, Premiant and Agnus. The content of xanthohumol ranged from 0.4 to 0.7% w.

Brewing tests for the variety Harmonie performed in both, bench and pilot trials proved that the variety Harmonie is very probably suitable for the production of "Czech beer". The recommendation will be provided after the evaluation of further brewing tests in the year 2009. Due to the brewing utilisation the variety Harmonie lines up with the varieties Sládek and Premiant. The high content of β -acids, comparable to the variety Sládek adds a pleasant bitter character to the beers.

Krofta, K. – Nesvadba, V. – Mikyška, A. – Hašková, D.: Harmonie – tschechische aromatische Hopfensorte. Kvasný Prum. 55, 2009, Nr. 7–8, S. 170–176.

Die Hopfensorte Harmonie wurde im Jahre 2004 registriert. Es handelt sich um einen mehrmaligen Hybrid, in ihrer Herkunft findet man folgende Hopfensorten: Žatecký poloraný červeňák (55 %), Premiant (31 %), Northern Brewer (12 %) und Fuggle (2 %). Diese Hopfensorte wird durch die rote Farbe der Rebe und zylindrischen Habit charakterisiert, der Ertrag liegt im Bereich von 2,0 bis zum 2,5 t/ha. Diese Sorte ist mittelständig gegen folgenden Pilzenkrankheiten: Hopfenperonospora und Hopfenmehltau (*Pseudoperonospora humuli*, *Sphaerotheca humuli*). Laut der Hopfenharzenzusammensetzung, insbesondere durch den ausgeglichenen α - und β -Säuregehalt gehört die Hopfensorte Harmonie zu den hybriden aromatischen Hopfensorten. Der α -Säuregehalt liegt im Bereich von 4 % bis zu 8 % (Gew.), bei der Kohumulonvertretung 19–22 % rel. Der Gesamtharzengehalt liegt im Bereich 22 % – 26 % (Gew.). Das Gewicht der Hopfenöle im Bereich 1,0 % – 2,0 % ist analogisch wie bei den anderen tschechischen hybriden Hopfensorten. Die Zusammensetzung der Hopfenöle ist durch die Abwesenheit des β -Farnesens und die hohe Anwesenheit von α - und β -Seleninen (10 % – 19 % rel.) typisch. Der Hopfenpolyphenolgehalt im Bereich von 2,7 % bis 3,5 % (gew.) ist praktisch derselbe wie bei den Anderen Hopfensorten Sládek, Premiant und Agnus. Der Gehalt des Xanthohumols ist 0,4 bis 0,7 % (gew.). Die in den Labor- und Pilotplant durchgeführte Brautesten der Hopfensorten Harmonie wiesen auf, dass diese mit wesentlicher Wahrscheinlichkeit eine geeignete Hopfensorte zur Herstellung des „Tschechischen Bieres“ ist. Die Empfehlung wird erst nach Durchführung weiteren Brautesten mit dieser Hopfensorte im Jahre 2009 gegeben. Durch die Anwendung in den Brauereien gehört die Hopfensorte Harmonie zu den anderen Hopfensorten Premiant und Sládek. Ein hoher β -Säuregehalt gibt ähnlich als auch die andere Hopfensorte Sládek dem Bier ein eingetragenes bitteres Geschmack.

Klíčová slova: chmel, pivo, šlechtění chmele, chmelové pryskyřice, α -kyseliny, chmelové silice

Keywords: hops, beer, selection of hops, hop resins, α -acids, essential oils in hops

1 ÚVOD

Odrůdová přestavba českého chmelařství byla zahájena v polovině 90. let uplynulého století zavedením prvních hybridních odrůd Bor, Sládek a Premiant do zemědělské praxe [1]. V roce 2001 byla registrována další odrůda Agnus [2]. Původní deklarace vysokoobsažné odrůdy se v praxi v plné míře nenaplnila. I přesto se převážná

1 INTRODUCTION

The re-development of Czech hop production was launched in the mid 90's of the last century with the introduction of the first hybrid varieties Bor, Sládek and Premiant to the agriculture [1]. A further variety Agnus was registered in the year 2001 [2]. The original declaration as a high content variety wasn't however entirely met in practice.

část sklizně odrůdy Agnus zpracovává na extrakty. Pěstování hybridních odrůd se v České republice stále rozvíjí. V roce 2008 se české hybridní odrůdy sklízely z plochy 571 hektarů, tj. zhruba 10 % plochy obdělávaných chmelnic (Sládek 239 ha, Bor 13 ha, Premiant 267 ha, Agnus 52 ha) [3]. Celková sklizeň byla 1 152 tun, což představovalo 17 % objemu ročníkové sklizně. Průměrné hektarové výnosy hybridních odrůd 2 t/ha jsou přibližně dvojnásobné v porovnání se Žateckým červeňákem, což přispívá k ekonomické efektivitě jejich pěstování. Značná část ročníkové sklizně se spotřebovává v českých pivovarech [4], ve kterých si v průběhu let získaly značnou oblibu. Stále více se prosazují i v zahraničí (Asie, Rusko). V říjnu roku 2008 bylo rozhodnutím Evropské komise přijato a do Rejstříku chráněných označení původu a chráněných zeměpisných označení zapsáno Chráněné zeměpisné označení (CHZO) „České pivo“ [5]. VÚPS je v tomto dokumentu uveden jako organizace, která rozhoduje o doporučení odrůd ječmene a chmele pro výrobu „Českého piva“. Dosud schválenými odrůdami chmele jsou kromě tradičního ŽPČ odrůdy Sládek a Premiant.

2 METODIKA

2.1 Obsah a složení sekundárních metabolitů

Za účelem stanovení charakteristického obsahu a složení α - a β -kyselin, prenylflavonoidů a chmelových silic byly v průběhu několika ročníků analyzovány vzorky hlávek, pocházející z rajonizačních pokusů, šlechtitelských ploch a poloprovozního pokusu na Účelovém hospodářství (ÚH) ve Stekníku. V rámci dlouhodobého pokusu skladování byla hodnocena dynamika procesů stárnutí hlávek a granulí za různých experimentálních podmínek. Hlávkový chmel použitý pro pokus byl skladován až do zpracování v klimatizovaném skladu na ÚH ve Stekníku při teplotě +4 °C. Provozní skladovací pokus byl založen tím způsobem, že granulovaný chmel odrůdy Harmonie byl zabalen do sáčků z vícevrstvé hliníkové fólie a obsah evakuován. Z hlávek byly na laboratorním lisu připraveny malé hranoly lisovaného chmele o rozměrech 10 x 10 x 5 cm, zabaleny do modrého balicího papíru. Sáčky s granulami i hranoly lisovaných hlávek byly skladovány bez přístupu světla v klimatizovaných (2 až 3 °C) i neklimatizovaných (20 °C) místech v takovém počtu, aby při každém termínu vzorkování byl použit k analýzám nový, neporušený sáček či hranol. Vzorkování chmelů bylo provedeno 3, 6, 10 a 13 měsíců po sklizni. Dynamika procesů stárnutí byla analyticky sledována na základě analýzy obsahu a složení α - a β -kyselin metodou HPLC [6] a stanovením indexu skladování chmele (HSI) metodou ASBC [7].

Obsah a složení chmelových pryskyřic byly stanoveny metodami EBC 7.5 a EBC 7.7 [6]. Pomocí Wöllmerovy metody EBC 7.5 byl hodnocen obsah celkových pryskyřic a β -frakce. HPLC metodou EBC 7.7 byly stanoveny obsah a složení α -kyselin, β -kyselin, xanthohumolu a desmethylxanthohumolu (DMX). Analýzy byly provedeny na chromatogramech SHIMADZU LC 10A a LC20A. Mobilní fáze se skládala ze směsi metanol:voda:kyselina fosforečná (850:190:5 obj.). Separace analytů byla provedena na koloně Nucleosil 250 x 4 mm, 5 μ m, RP C₁₈ (Macherey Nagel, Germany) při průtoku mobilní fáze 0,8 ml/min. Látky byly detekovány detektorem diodového pole při vlnové délce λ = 314 (α - a β -kyseliny) a 370 nm (xanthohumol a DMX). Izolace chmelových silic se prováděla destilační metodou. Obsah silic byl stanoven jako hmotnostní podíl vytěkaný s vodní párou v průběhu 90minutového varu ze 100 g chmele. Analýza složení silic byla provedena plynovou chromatografií na koloně DB 5, 30 m x 0,25 μ m x 0,25 mm s teplotním programem v rozsahu 60 °C až 250 °C. Průtok nosného plynu (helium) byl 1 ml/min, nástřik vzorků chmelových silic dělený v poměru 1:50. Vlastní analýza byla provedena na plynovém chromatografu VARIAN 3400 ve spojení s hmotnostním detektorem FINNIGAN ITD 800 [1]. Index skladování chmele HSI, definovaný jako poměr absorbancí toluenového extraktu chmele v prostředí alkalického methanolu při 275 a 325 nm, byl měřen na UV-VIS spektrofotometru SHIMADZU 1601.

2.2 Provedení pivovarských zkoušek

Varní testy ve čtvrtprovozním měřítku byly realizovány v pokusném pivovaru Chmelařského institutu v Žatci. V období 2003 až 2006 bylo připraveno několik sérií pokusných piv, do kterých byly, spolu s odrůdou Harmonie, použity další české odrůdy Sládek a Premiant v hlávkové formě. Dávkování chmele bylo diferencováno na tři hmotnostně stejné dávky. První dávka se přidávala ihned po zavaření, druhá po 20 minutách varu a poslední 20 minut před koncem chme-

Nevertheless the majority of the crop of the Agnus variety is utilized for hop extracts. The cultivation of further hybrid varieties in the Czech Republic is continuously evolving. In 2008 the Czech hybrid varieties were harvested from an area of 571 hectares, that means about 10% of the area of cultivated hop yards (Sládek 239 ha, Bor 13 ha, Premiant 267 ha, Agnus 52 ha) [3]. The total crop was 1152 tons, which represented 17% of the volume from an annual harvest. The average yield per hectare of hybrid varieties, 2 t/ha is about twofold when compared to Saaz aroma variety, which brings economic benefits for their cultivation. Due to an increasing popularity of Czech hybrid hops the major part of the annual crop is used in Czech breweries [4]. However the popularity of Czech hybrid hops is rising in foreign countries as well (Asia, Russia).

According to the decision of "The European Commission" in October 2008 the Protected Geographical Specification (PGS) "Czech beer" was accepted and added in "The Register of Protected Geographical Indications and Designations of Origin" [5].

In this document the VÚPS (Research Institute of Brewing and Malting) is introduced as an organisation, which decides about recommendations of varieties of barley and hops for the production of "Czech beer". Up to now the recommended varieties of hops were, apart from the traditional Saaz aroma variety, the varieties Sládek and Premiant.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 Contents and compositions of the secondary metabolites

For the purpose of determining the characteristic content and the composition of α - and β -bitter acids, prenylflavonoids and essential oils samples of hop cones were analysed over several years. The cones came from regionalisation tests, breeding plots and from the pilot hop gardens at experimental farm (ÚH) in Stekník. Regarding long term storage trials the dynamics of the aging process of cones and granulates under different experimental conditions were evaluated. Hop cones used for the trial were kept until the treatment in an air-conditioned storeroom in ÚH in Stekník at a temperature of 4 °C. During the pilot storage trial the hop pellets of the variety Harmonie were packed in bags made from several layers of aluminium foils. The bags were evacuated. Hop cones were formed by means of a laboratory press into small cubes of size 10 x 10 x 5 cm and packed in blue wrapping paper. Both the bags of granules and the pressed hop cubes were stored in dark rooms either air-conditioned at a temperature of 2–3 °C or at a room temperature of 20 °C. For each analytical experiment a new intact cube or bag was used. The sampling of the hop was carried out 3, 6, 10 and 13 months after the harvest. The dynamics of the aging processes were monitored by analysing the contents and the compositions of the α - and β -bitter acids with HPLC [6] and by determinations of the hop storage index (HSI) with the ASBC method [7].

The contents and the compositions of hop resins were determined with HPLC methods according to Analytica EBC 7.5 and EBC 7.7 [6]. The total content of resins and the α - and β -fraction were determined with Wöllmer method EBC 7.5. The contents and the compositions of α - acids, β -acids, xanthohumol and desmethylxanthohumol (DMX) were determined by means of the HPLC method EBC 7.7. Analyses were performed with chromatographs SHIMADZU LC 10A and LC 20A. The mobile phase was composed of methanol : water : phosphoric acid (850 : 190 : 5 vol.). The separation of analytes was done using a column Nucleosil 250 x 4 mm, 5 μ m, RP C₁₈ (Macherey Nagel, Germany). The flow rate of the mobile phase was 0.8 ml/min. The detection was made with a diode-array detector at wavelengths of 314 nm (α - and β -bitter acids) and 370 nm (xanthohumol and DMX).

The separation of the hop essential oils was carried out by steam distillation. The content of the essential oils volatilised with the water vapour from boiling 100 g hop for 90 minutes was assessed and expressed as a mass fraction. The composition of the hop essential oils was analysed by means of a gas chromatograph VARIAN 3400 equipped with a mass detector FINNIGAN ITD 800 [1]. The operating conditions were: helium carrier gas at 1 ml/min, 1:50 split ratio and temperature program from 60 °C to 250 °C. The separation was done using a fused silica capillary column DB 5, 30 m x 0.25 mm i.d. and 0.25 μ m film thickness.

The hop storage index is defined as the ratio of the absorbance at wavelength 275 nm to the absorbance at wavelength 325 nm in an alkaline methanol solution of a toluene extract of the hops. The measurements were done with a UV-VIS spectrophotometer SHIMADZU 1601.

lovaru. V nerezové mladinové pánvi bylo vyráženo 60 litrů horké mladiny po 90minutovém atmosférickém chmelovaru. Hlavní kvašení probíhalo při teplotách 6 až 8 °C po dobu 8 až 10 dní a dokvašování v nerezových ležáckých tancích při teplotě 2 až 3 °C po dobu 6 týdnů. U všech pokusných várek byl použit stejný kmen kvasinek č. 95 sbírky VÚPS. Hotová piva se filtrovala přes celulosové desky a plnila do láhví pod atmosférou oxidu uhličitého.

Varní testy v poloprovozním měřítu proběhly v pokusném pivovaru Výzkumného ústavu pivovarského a sladařského v Praze v roce 2008. Testovány byly chmele různých odrůd včetně granulovaného chmele odrůdy Harmonie, jako porovnávací byly použity granule ŽPČ. Pro přípravu 12% plnosladových várek ze sladu odrůdy Malz byl použit dvourmutový způsob. V nerezové mladinové pánvi bylo vyráženo 240 litrů horké mladiny po 90minutovém atmosférickém chmelovaru. Chmelení proběhlo ve třech dávkách. První dávka (30 %) se přidávala po zavažení, druhá (50 %) po 30 minutách varu a poslední (20 %) 15 minut před koncem chmelovaru. Mladina byla po odkalení dochlazena deskovým chladičem na zákvasnou teplotu 10 °C a provzdušněna na obsah rozpuštěného kyslíku $8 \pm 0,5$ mg/l.

Hlavní kvašení proběhlo v cylindrokónických 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 přibližně 10 % byl obsah CKT během 24 hodin zchlazen na teplotu 5–6 °C, při níž bylo mladé pivo sudováno do ležáckých tanků s použitím protitlaku oxidu uhličitého. Teplota v ležáckém sklepě se pohybovala v rozmezí 1–2 °C. Doba ležení byla cca 40 dní. Hradicí tlak byl udržován na hodnotě 100 kPa. 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 s dvojitou evakuací a předplněním láhví oxidem uhličitým a pastérována v ponorném pastéru na úroveň cca 20 PU.

2.3 Hodnocení pív

Stanovení základních analytických parametrů pokusných pív, tj. hořkosti, pH, obsahu alkoholu a koncentrace původní mladiny, bylo provedeno podle Analytiky EBC [6] a Pivovarsko-sladařské analytiky [8]. Dále byla stanovena endogenní antiradikálová kapacita pív, hodnota lag-time [9] a antioxidační aktivita pív metodou ESR-DPPH [10]. Senzorické hodnocení pív vyrobených ve čtvrtprovozním měřítu bylo prováděno krátce po stočení ve Chmelařském institutu v Žatci. Degustační schéma používané ve Chmelařském institutu je založeno na bodovacím systému tří parametrů: chutě a vůně piva, příjemnosti a intenzity hořkosti a celkového dojmu po napití. Každý ze senzorických atributů je hodnocen bodovou stupnicí. Výsledkem hodnocení je číselně vyjádřené pořadí celkové oblíbenosti pív. Senzorická analýza čerstvých pív vyrobených v poloprovozním měřítu, pív po 3 a 6 měsících skladování byla provedena devítičlennou degustační komisí VÚPS podle postupu vypracovaného na VÚPS [11]. Piva byla skladována v laboratoři v přepravkách při teplotě 20 °C, tedy za podmínek blízkých skladování v obchodní síti. Rozdíly v celkové oblíbenosti byly stanoveny pořadovým testem vyhodnoceným Friedmanovou metodou [12]. U čerstvých pív byla stanovena křivka senzorického dozínování hořkosti.

3 VÝSLEDKY A DISKUSE

Harmonie je dalším produktem šlechtění chmele v ČR, které se již více než 10 let soustřeďuje na získání nových hybridních odrůd. K tomu se využívá rozsáhlý genofond s vysokou genetickou variabilitou. Jeho součástí jsou mj. plané chmele z Asie, Ameriky a Evropy a sortiment více než 300 odrůd chmele z celého světa. Odrůda Harmonie vznikla z křížení v roce 1985. V roce 1997 byla přihlášena do registračních pokusů a v roce 2004 byl podán návrh na její registraci a právní ochranu. Jedná se o vícenásobného křížence, v jehož původu figurují odrůdy Žatecký poloraný červeňák (55 %), Premiant (31 %), Northern Brewer (12 %), Fuggle (2 %). Rostlina má červenou barvu révy, mohutného vzrůstu a pravidelného válcovitého tvaru. Červená barva révy charakterizuje v původu Žatecký poloraný červeňák. Hlávky jsou středně velké s jemným vřetenkem, středně až hustě nasazené (obr. 1). Délka pazochů je střední až dlouhá. Některé pazochy dosahují délky až 1,5 m. Harmonie je středně odolná k peronospoře chmelové (*Pseudoperonospora humuli*) a k padlí chmelovému (*Sphaerotheca humuli*). Vegetační doba je střední, 130 až 135 dní [13]. Lze ji pěstovat i ve vyšších polohách. Výnos suchého chmele je na úrovni 2,5 t/ha.

2.2 Execution of Brewing Tests

Brewing tests in pilot scale were made in Hop Research Institute pilot brewery in Žatec. Over the time from 2003 to 2006 several batches of experimental beers were prepared. For these beers the hop variety Harmonie as well as the varieties Sládek and Premiant were used in the form of whole hops. The hop was divided into three even portions. The first portion was added immediately after the boiling, the second one after 20 minutes and the last one 20 minutes before the completion of wort boiling. After 90 minutes of atmospheric wort boiling in a stainless steel copper 60 l of the hot hopped wort were finished. The main fermentation was done at a temperature of 6 to 8 °C for 8 to 10 days. The secondary fermentation was performed in stainless steel storage tanks at a temperature of 2 to 3 °C for 6 weeks. By all experimental batches the same yeast strain No. 95 from the collection of the Research Institute of Brewing and Malting (VÚPS) was used. Finished beers were filtered through cellulose plates and bottled under a carbon dioxide blanket.

Brewing tests in the pilot brewery were done at the VÚPS in 2008. Different hop varieties included hop pellets of the variety Harmonia were tested and compared with hop pellets of the Saaz aroma variety. For the preparation of 12% full-malt batches from the malt variety Malz a two-mash method was used. After 90 minutes of atmospheric hop boiling in the stainless steel copper 240 l of the hot wort were finished. The hopping was made in three portions. The first portion (30%) was added after the boiling, the second one (50%) after 30 minutes of boiling and the last one 15 minutes before the end of wort boiling. After the removal of the sludge the hop wort was cooled down with a plate cooler to a pitching temperature of 10 °C and aerated up to a content of 8 ± 0.5 mg/l of dissolved oxygen.

The main fermentation was performed in cylindroconical tanks (CCT). The hop wort was fermented with 220 g/hl of pressed seed yeasts strain No. 95 from the collection of the VÚPS. The maximum temperature during the main fermentation was adjusted to 12 ± 0.1 °C. After achieving a difference between the apparent attenuation and the reachable fermentation of about 10% the content of the CCT was cooled down to a temperature of 5–6 °C over 24 hours. The finished beer was hosed into storage tanks with a counter pressure of carbon dioxide. The temperature in the storage cellar was around 1–2 °C. The storage time was about 40 days. Bunding pressure was kept at the level of 100 kPa. The beer was filtered through a plate filter. Carbon dioxide was used for all beer transfers during the filtration and the filling. The beer was bottled by means of a bottling machine equipped with double pre-evacuation filling. The bottle were pre-charged with carbon dioxide and pasteurised in box pasteurizer at a level of about 20 PU.

2.3 Evaluations of Beers

Determinations of the essential analytical parameters of the experimental beers such as bitterness, acidity, content of alcohol and primal concentration of hopped wort were carried out according to the EBC analytics [6] and the Brewing and Malting analytics [8]. Furthermore an endogen antiradical capacity of the beers, the lag-time values [9] and an anti-oxidation activity of beers were determined by the method ESR-DPPH [10]. The sensory evaluation of the beers produced in the bench trials was made shortly after the bottling in the Institute of Hop Research and Brewing in Žatec. The tasting scheme used there was based on a scoring system for the three parameters: taste and aroma, pleasantness and intensity of bitterness and a general impression after tasting. Each of these sensorial qualities is rated using a scatter chart. The result is a ranking of the overall beer popularity expressed in numbers.

The sensory evaluation of beers produced in the pilot brewery was made after 3 and 6 months of storage. The taste panel of nine members from the VÚPS followed a tasting protocol developed at the VÚPS [11]. Beers were stored in the laboratory in crates at 20 °C. This temperature responds to the conditions at which the beer is stored in shops. The differences in the overall popularity were assessed by means of a ranking test evaluated by Friedman's method [12]. A curve for a sensorial fading of the bitterness of the finished beers was also assessed.

3 RESULTS AND DISCUSSION

The variety Harmonie is a further product of the hop cultivation in the Czech Republic, which, for more than 10 years has been focu-

Skladbou chmelových pryskyřic, zejména vyrovnáním obsahem alfa a beta hořkých kyselin, se odrůda Harmonie řadí mezi hybridní aromatické chmele. Uvedená vlastnost se odráží i v názvu odrůdy. V příznivých ročních období dosahuje obsah α -kyselin hranici 10 % hm. Převážně se však pohybuje v intervalu 4 až 8 % hm., při zastoupení kohumulonu v intervalu 19–22 % rel. Obsah celkových pryskyřic činí 22–26 % hm. Hmotnost chmelových silic v rozmezí 1,0 až 2,0 % je obdobná jako u ostatních českých hybridních odrůd chmele. Složení silic je typické absencí β -farnesenu a přítomností nezvykle vysokého množství α - a β -seleninů (10 až 19 % rel.). Chromatogram chmelových silic odrůd Harmonie a Žatecký červeňák (pro porovnání) je uveden na obr. 2. Obsah chmelových polyfenolů v rozmezí 2,7 až 3,5 % hm. je prakticky na stejné úrovni jako u odrůd Sládek, Premiant a Agnus. Obsah xanthohumolu je 0,4 až 0,7 % hm. Podrobné složení chmelových pryskyřic, silic a polyfenolů odrůdy Harmonie je uvedeno v tab. 1.

Výsledky stanovení obsahu α -kyselin, β -kyselin a HSI v hlávkových i granulovaných chmelech v průběhu skladování v odlišných teplotních podmínkách jsou uvedeny na obr. 3 a v tab. 2. Výsledky analýz obsahu α - a β -kyselin v hlávkách a granulích odrůdy Harmonie ukazují, že dlouhodobým skladováním dochází k poměrně značnému úbytku, přičemž pokles je mnohem rychlejší v nezpracovaných hlávkách v porovnání s granulí. Největší pokles obsahu hořkých kyselin byl zaznamenán ve hlávkách skladovaných v teple (α -kyseliny 80 % rel., β -kyseliny 83 % rel.). V chladnu byl úbytek hořkých kyselin o poznání pomalejší (α -kyseliny 38 % rel., β -kyseliny 28 % rel.). V granulích skladovaných v klimatizovaném skladu ubylo během 12měsíčního skladování zhruba 14 % rel. α -kyselin a 15 % rel. β -kyselin. Skladování granulí za normální teploty vedlo k úbytku 26 % rel. α -kyselin a 18 % rel. β -kyselin. Jedná se o ztráty poměrně významné, srovnatelné s odrůdou Agnus nebo Sládek, které stárnou rovněž velmi rychle. Vysokým ztrátám obsahu α -kyselin odpovídají i hodnoty indexu skladování chmele HSI. V průběhu 12měsíčního skladování se hodnoty zmíněného indexu v granulích zvýšily postupně až na úroveň 0,44–0,52. Ve hlávkách skladovaných v teple hodnota HSI výrazně překročila hranici 1,0. Pro praxi z toho vyplývá závěr, že sklizený chmel odrůdy Harmonie je nutné bezprostředně po sklizni umístit do klimatizovaného skladu a co nejdříve zpracovat do pelet.



Obr. 1 Chmelové hlávky odrůdy Harmonie / Fig. 1 Hop cones of the variety Harmonie

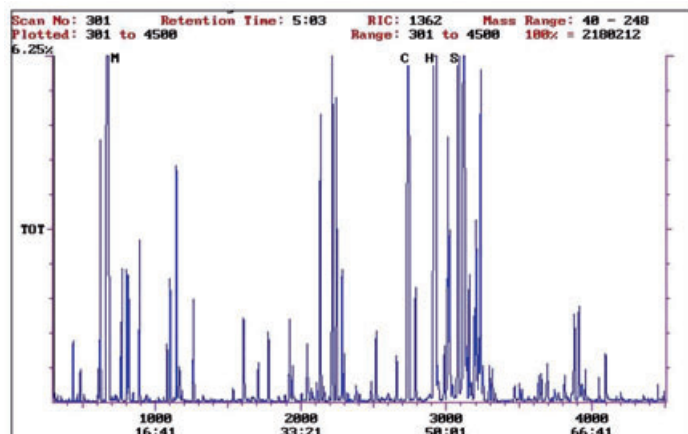
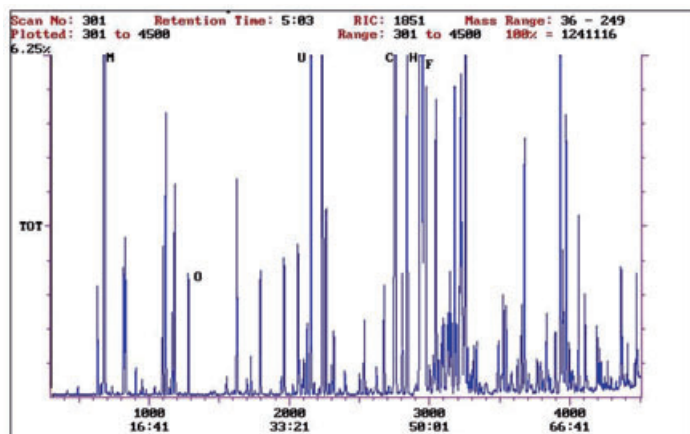
sed on the development of new hybrid varieties. For this purpose a wide gene pool with a high genetic variability was used. Its components are, for example wild hops from Asia, America and Europe and an assortment of more than 300 varieties of hops worldwide. The variety Harmonie originates from hybridisation, which happened in the year 1985. In 1997 it was entered for registration experiments and in the year 2004 a motion for its registration and legal protection was made. It is a multiple hybrid with its origin in the varieties Saaz aroma (55%), Premiant (31%), Northern Brewer (12%) and Fuggle (2%). The plant has a large growth with a red coloured hop bine of regularly form. The red colour of the hop bine reveals its origin in the Saaz semi-early red bines hop.

Medium to large hop cones with fine rachis occur semi-densely to densely (Fig. 1). The length of laterals is medium to long. Some of the laterals can reach a length of up to 1.5 m. The Harmonie has a medium resistance against peronospora (*Pseudoperonospora humuli*) and mildew (*Sphaerotheca humuli*). The vegetation period is medium, lasting from 130 to 135 days [13]. It could be cultivated even at higher altitudes. The yield of dry hop amounts to a level of 2.5 t/ha.

Because of the composition of the hop resins, and especially because of the well-balanced content of α - and β -bitter acids the variety Harmonie is ranked among the hybrid aromatic hops. This attribute is even reflected in the appellation of the variety.

The content of α - bitter acids varied mainly between 4–8 % w, with the content of cohumulon between 19–22 % rel., but in favourable years even reaching a level of 10% w. The content of hop oil, ranging from 1.0 to 2.0 % was similar to other Czech hybrid varieties of hop. The composition is distinguished by the absence of β -farnesene and the presence of extraordinary large amounts of α - and β -selenene (10 to 19 % rel.) The chromatograph of hop oils from the variety Harmonie compared with the variety ŽPČ is shown in Fig. 2. The content of hop polyphenols varies between 2.7–3.5 % w and was almost at the same level as for varieties the Sládek, Premiant and Agnus. The content of xanthohumol ranged from 0.4 to 0.7% w. The detailed compositions of the hop resins, oils and polyphenols were summarized in Tab. 1.

The results of the determination of α - and β -bitter acids and HSI in whole hops and in hop pellets during storage at different temperatures are summarized in Fig. 3 and in Tab. 2. The results indicate



Obr. 2 Chromatografické záznamy analýzy chmelových silic odrůd Žatecký poloraný červeňák (vlevo) a Harmonie (vpravo) (M = myrcen, O = ocimen, U = 2-undekanon, C = β -karyofylen, H = β -humulen, F = β -farnesen, S = seleniny) / Fig. 2 Gas chromatograms of the hop essential oils of the varieties Saaz aroma variety (ŽPČ) (left) and Harmonie (right) M = myrcene, O = ocimene, U = 2-undecanone, C = β -caryophyllene, H = α -humulene, F = β -farnesene, S = selenenes.

Tab. 1 Obsah a složení nejdůležitějších sekundárních metabolitů odrůdy Harmonie / Contents and compositions of the most important secondary metabolites of the variety Harmonie

Složka / Compounds	Obsah / Content	Složka / Compounds	Obsah / Content
Pryskyřice / Resins		Chmelové silice / Hop oils	
Celkové pryskyřice / Total resins	22–26 % hm./w	Obsah silic / Total oils	1,0–2,0 % hm./w
α -kyseliny / α -acids	4–8 % hm./w	β -pinen / β -pinene	1,3–1,5 % rel.
β -kyseliny / β -acids	4–8 % hm./w	myrcen / myrcene	30–40 % rel.
β -frakce / β -fraction	8–14 % hm./w	limonen / limonene	0,40–0,50 % rel.
poměr α/β kyseliny / α/β acids ratio	0,80–1, 20	linalool / linalool	0,9–1,4 % rel.
kohumulon / cohumulone	19–22 % rel.	geraniol / geraniol	0,20–0,30 % rel.
kolupulon / colupulone	36–40 % rel.	2-undekanon / 2-undecanone	1,0–1,5 % rel.
Polyfenoly / Polyphenols		methyl-4-decenoát / methyl-4-decenoate	1,0–1,8 % rel.
celkové polyfenoly / total polyphenols	2,7–3,5 % hm./w	β -karyofylen / β -caryophyllene	6–11 % rel.
xanthohumol (X) / xanthohumol (X)	0,4–0,7 % hm./w	α -humulen / α -humulene	10–20 % rel.
poměr X/a x 100 / X/a ratio x 100	9–11	β -farnesen / β -farnesene	< 1,0 % rel.
desmethyloxanthohumol / desmethyloxanthohumol	0,10–0,15	$\alpha + \beta$ selenin / $\alpha + \beta$ selenenes	10–19 % rel.

4 PIVOVARSKÉ ZKOUŠKY

Výsledky senzorického hodnocení pív připravených ve čtvrtprovozním měřítku (viz tab. 3) ukazují, že piva připravená s odrůdami Harmonie a Sládek byla dle oblíbenosti posuzována velmi podobně. V sedmi sériích bylo pivo s Harmonií hodnoceno 3x na prvním místě a 4x na druhém. Pivo z odrůdy Sládek bylo zařazeno 4x na prvním a 3x na druhém místě. S určitým odstupem byla hodnocena piva chmelená odrůdou Premiant.

Pivo připravené s odrůdou Harmonie v poloprovozním měřítku bylo hlouběji prokvašené nežli pivo srovnávací, což se při senzorické analýze projevilo v hodnocení plnosti (tab. 4, 5). Analytická hořkost připravených pív byla v dobré shodě. Pivo chmelené odrůdou Harmonie obsahovalo nižší množství polyfenolových látek a mělo nižší antiradikálovou aktivitu, což je ve shodě s charakterem použitých chmelů, odrůda ŽPČ je charakteristická velmi vysokým obsahem polyfenolických antioxidantů [14]. Nižší obsah polyfenolů u piva chmeleného Harmonií se naopak příznivě projevil ve vyšší přirozené koloidní stabilitě, pěnivost pív byla srovnatelná (tab. 4). V intenzitě a charakteru senzoricky hodnocené hořkosti nebyly mezi hodnocenými pivy nalezeny průkazné rozdíly, a to ani v čerstvém pivu, ani v průběhu šesti měsíců skladování pív (tab. 4). Nárůst a dozrání intenzity hořkosti piva chmeleného odrůdou Harmonie měly průběh charakteristický pro aromatické chmele a byly prakticky shodné s pivem chmeleným ŽPČ (obr. 4). Piva chmelená hořkými chmely mají pozvolnější dozrání hořkého vjemu, déle ulpívající hořkost.

Čerstvé pivo chmelené Harmonií bylo celkově hodnoceno hůře nežli pivo srovnávací, po 3 měsících skladování se rozdílnost snížila, po 6 měsících bylo pivo chmelené Harmonií hodnoceno mírně lépe. Tento trend koresponduje s vývojem intenzity trpké a staré chuti pív. Trpká

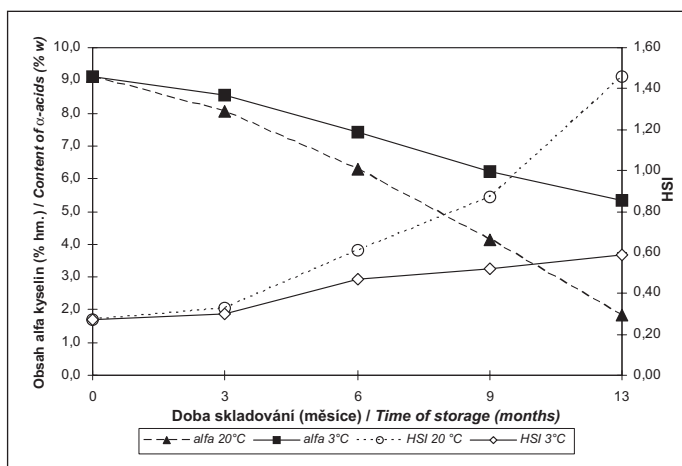
a rather considerable decrease of α - and β -bitter acids in whole hops and in hop pellets for the variety Harmonie during long-term storage. Comparing hop pellets the decrease was more evident for non-processed cones. The biggest reduction in the content of α - and β -bitter acids was found in cones stored at room temperature (α -bitter acids by 80% rel. and β -bitter acids by 83 % rel.). At a low temperature the decrease was considerably slower (α -bitter acids by 38 % rel. and β -bitter acids by 28 % rel.). In hop pellets stored in an air-conditioned storeroom for 12 months the reduction in α -bitter acids was about 14 % rel. and in β -bitter acids 15 % rel. The storage of hop pellets at room temperature caused a reduction of 26 % rel. for α -bitter acids and of 18 % rel. for β -bitter acids. These losses are rather significant and are comparable with losses for the varieties Sládek or Agnus, which also age very quickly. These very high reductions in the contents of α - and β -bitter acids responded to the values of hop storage index HSI. During a 12 month-storage the HSI values for hop pellets gradually increased to a level of 0.44–0.52. For hop cones stored at room temperature the HSI values significantly exceeded the limit of 1.0.

Consequently it is necessary to immediately place freshly cropped hop of the variety Harmonie in an air-conditioned storage room and to make it into pellets as soon as possible.

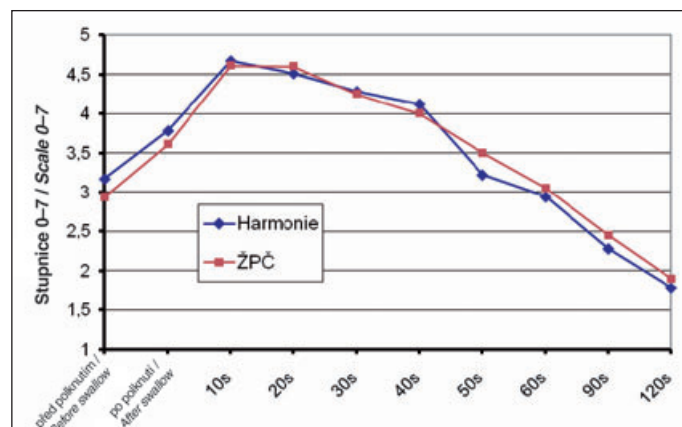
4 BREWING TESTS

The results of the sensory evaluation of the beers prepared in bench trials (Tab. 3) indicate that beers made from the hop varieties Harmonie and Sládek were similarly popular. From a total seven evaluations the beer with the variety Harmonie was ranked three times first and four times second whereas the beer with the variety Sládek was assessed four times as first and three times as second. The beer with the hop variety Premiant was rated significantly worse.

The beer produced in a pilot brewery with the variety Harmonie was compared to the reference beer hopped down with the Saaz



Obr. 3 Pokles obsahu α -kyselin a nárůst HSI v lisovaném hlávkovém chmelu odrůdy Harmonie v průběhu skladování při dvou teplotách / Fig. 3 Decrease in the content of α -acids and the increase of HSI in pressed hop cones of the variety Harmonie during storage at two different temperatures.



Obr. 4 Výsledky stanovení senzorického dozrání hořkosti / Fig. 4 Sensory evaluation for fading of bitterness

Tab. 2 Pokles obsahu α -kyselin a nárůst HSI v granulovaném chmelu odrůdy Harmonie v průběhu skladování při dvou teplotách / *Decrease in the content of α -acids and the increase of HSI in hop pellets of the variety Harmonie during storage at two different temperatures.*

Doba skladování (měsíce) / Time of storage (months)	Teplota (°C) / Temperature (°C)	α -Kyseliny (% hm.) / α -Acids (% w)	β -Kyseliny (% hm.) / β -Acids (% w)	Poměr α/β / α/β Ratio	Kohumulon (% rel.) / Cohumulone (% rel.)	HSI / HSI
0	–	8,75	6,17	1,42	22,1	0,30
3	20 °C	7,78	5,54	1,41	23,8	0,42
6		7,31	5,37	1,36	24,4	0,43
10		6,43	5,22	1,23	23,2	0,52
3	3 °C	8,02	5,90	1,36	23,1	0,38
6		7,69	5,54	1,39	22,3	0,42
10		7,55	5,46	1,38	23,2	0,44

Tab. 3 Výsledky senzorického hodnocení čtvrtprovozních piv (CHI Žatec) / *Results of the sensory evaluation for beers made in the bench trials (HI Saaz)*

Ročník / Year	Odrůda / Variety		
	Harmonie	Sládek	Premiant
2003	1*	2	–
2003	2	1	2
2004	1	2	3
2004	2	1	3
2005	2	1	–
2005	1	2	2
2006	2	1	–
Modus / Mode	2	1	3

*Pořadí obliby v sérii pokusných piv / *Ranking of the overall popularity for experimental beers

aroma variety. The beer with the variety Harmonie was more highly fermented, which responded to values of palate fullness resulting from the sensory evaluation (Tab. 4 and 5). The analytical bitterness of both beers was in good agreement. The beer hopped down with the variety Harmonie contained a lower amount of polyphenols and had a lower antiradical activity, which matches with the character of the hops used. On the contrary the Saaz aroma variety is characterized by a very high content of polyphenolic antioxidants [14]. Furthermore the lower content of polyphenols proved to be advantageous for a higher natural colloidal stability. The foaming power was similar for both beers (Tab. 4). Regarding the intensity and the character of sensory evaluated bitterness no significant differences were found between the two beers, neither in the finished beer nor during six months of storage (Tab. 4). An increase followed by a fading of the bitterness intensity for the beer hopped down with the variety Harmonie happened in a way typical for beers with aromatic hops and were nearly the same as for beer hopped down with the hop Saaz aroma variety (Fig. 4). Beers hopped down with bitter hops have a more gradual fading of the bitterness perceptions and a longer lasting bitterness.

Tab. 4 Výsledky rozboru poloprovozních piv / *Results of the analysis of beers made in the pilot brewery*

Parametr / Parameter	Harmonie	ŽPČ
Extrakt mladiny / Extract of hop wort (% hm.) / % w	11,92	12,03
Prokvašení zdánlivé / Apparent attenuation (% rel.)	82,7	78,4
Prokvašení skutečné / Real attenuation (% rel.)	68,1	64,8
Barva / Color (EBCU)	10,2	9,9
pH / pH	4,81	4,78
Hořké látky / Bitter substances (j.h.) / (BU)	32	34
Celkové polyfenoly / Total polyphenols (mg/l)	156	245
Anthokyanogeny / Anthocyanogenes (mg/l)	35,0	58,0
Flavonoidy / Flavonoides (mg/l)	15,0	27,0
Pěnovost NIBEM / Foaming power NIBEM (s/30mm)	286	267
Oxid siřičitý / Sulfur dioxide (mg/l)	7,5	7,0
ESR – DPPH (%)	47	61
ESR – lag time (min)	67	75
Koloidní trvanlivost / Coloidal stability (dny) / days	135	105

chuť a zvyšování její intenzity v průběhu stárnutí piva jsou mimo jiné připisovány některým frakcím polyfenolů [15]. Rozdíly mezi odrůdami v pořadovém testu celkové obliby nebyly statisticky významné ani u čerstvých, ani u skladovaných piv.

5 ZÁVĚR

Skladbou chmelových pryskyřic, zejména vyrovnaným obsahem α - a β -kyselin, se odrůda Harmonie řadí mezi hybridní aromatické chmele. Obsah α -kyselin se pohybuje v intervalu 4 až 8 % hm., při zastoupení kohumulonu v intervalu 19–22 % rel. Obsah celkových pryskyřic činí 22–26 % hm. Hmotnost chmelových silic v rozmezí 1,0 až 2,0 % je obdobná jako u ostatních českých hybridních odrůd chmele. Složení silic je typické absencí β -farnesenu a přítomností vysokého množství α - a β -seleninů (10 až 19 % rel.). Obsah xanthohumolu je 0,4 až 0,7 % hm. Pivovarské testy odrůdy Harmonie provedené ve čtvrtprovozním a poloprovozním měřítku ukazují, že

The finished beer hopped down with the variety Harmonie was evaluated overall worse than the reference beer at first. After three months however the difference decreased and after six months was even evaluated a little bit better. This trend responds to the progression of a harsh bitterness and a staling of beers. The progression of a harsh bitterness during the aging process of beers is, among other things, accredited to some polyphenol fractions [15]. The differences among the varieties in a ranking test for the overall beer popularity weren't statistically significant neither for finished beers nor for lager beers.

5 CONCLUSION

Due to the composition of hop resins and especially due to the well-balanced content of α - and β -bitter acids the variety Harmonia aligns with the aromatic hybrid hops. The content of α -bitter acids ranged from 4 to 8% w, with the content of kohumulon between 19–22% rel. The total content of hop resins was 22–26% w. The content of hop

Tab. 5 Výsledky obsahu hořkých látek a senzorického hodnocení poloprovozních piv (vybrané parametry) / *Content of bitter substances and sensory evaluation of beers made in the pilot brewery (selected parameters)*

Senzorický profil / <i>Sensory profile</i>	Čerstvé pivo / <i>Finished beer</i>		Po 3 měsících / <i>After 3 months</i>		Po 6 měsících / <i>After 6 months</i>	
	Harmonie	ŽPČ	Harmonie	ŽPČ	Harmonie	ŽPČ
Hořké látky (j.h.) / <i>Bitter substances (BU)</i>	32	34	32	33	30	30
Hořkost – intenzita / <i>Bitterness – intensity</i>	3,2	3,4	3,0	3,2	2,8	3,0
Hořkost – charakter / <i>Bitterness – character</i>	3,3	3,2	3,3	3,2	3,2	3,1
Říz / <i>Sharpness</i>	3,0	2,9	2,4	2,9	2,7	2,6
Plnost / <i>Palate-fullness</i>	2,9	3,1	2,6	2,9	2,8	2,8
Trpkost / <i>Harsh bitterness</i>	1,4	1,5	2,2	2,3	2,0	2,5
Sladkost / <i>Sweetness</i>	0,6	1,1	1,1	1,1	0,9	1,0
Kyselost / <i>Acidity</i>	0,5	0,6	1,5	1,1	1,2	1,9
Chmelová (chuť, vůně) / <i>Hoppy flavour and aroma</i>	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0
Ovocná (chuť, vůně) / <i>Fruity flavour and aroma</i>	1,3	1,2	1,5	1,8	1,1	1,4
Stará (chuť, vůně) / <i>Stale flavour and aroma</i>	0,0	0,0	1,8	1,4	1,4	1,9
Celkový dojem / <i>Overall impression</i>	3,6	3,1	5,9	5,5	6,3	6,7

stupnice hodnocení 0–5, celkový dojem 1–9 / *scale 0–5, overall impression 1–9*

odrůda Harmonie je se značnou pravděpodobností odrůdou vhodnou pro výrobu Českého piva. Zkoušení pivovarské kvality odrůdy Harmonie bude pokračovat na VÚPS v poloprovozním měřítku a v několika velkých pivovarech. Rozhodnutí o doporučení bude učiněno po vyhodnocení těchto testů v roce 2009.

Poděkování:

Tato práce byla vypracována v rámci řešení Výzkumných záměrů MSM1486434701 a MSM6019369701 s finanční podporou Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR.

Recenzovaný článek

Do redakce došlo 10. 3. 2009

essential oils varied between 1.0–2.0 % w and resembled other hybrid varieties. The composition of the hop oils is characterized by the absence of β -farnesene and by the presence of large amounts of α - and β -selinene (10 to 19 % rel.). The content of xanthohumol is 0.4 to 0.7% w. Brewing tests for the variety Harmonia made in bench trials and in the pilot brewery indicated that this variety is most probably suitable for the production of “Czech beer”. The quality testing of the variety Harmonia will continue at the VÚPS in a pilot brewery and in some large breweries. The decision over the recommendation will be made after the evaluation of these tests in 2009.

Acknowledgements:

This work was accomplished in terms of the Research Projects MSM1486434701 and MSM6019369701 with the financial support of the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic.

Translated by Eva Paterson

Literatura / References

- Krofta, K.: Obsah a složení chmelových pryskyřic žateckých chmelů z pohledu jejich pivovarské hodnoty. Disertační práce, VŠCHT v Praze, 2002.
- Krofta, K., Nesvadba, V.: Agnus – první česká vysokoobsažná odrůda chmele. *Kvasny Prum.* **48**, 2002, 239–244.
- Barborka, V.: Odrůdová skladba chmele, Chmelařská ročenka 2009, VÚPS, Praha, 2008, 176–177.
- Mikyška, A., Jurková, M.: Pivovarská kvalita a sortimentní potřeba chmele v České republice. Sborník plných textů a prezentací XVIII. konference Technologie a hodnocení výrobků nápojového průmyslu, Plzeň, 11.–12. 6. 2008.
- Úřední věstník EU, C016, 23/01/2008, s. 0014–0022.
- Analytica EBC, 5th edition, European Brewery Convention, Carl-Hans Verlag, Nürnberg, 1998.
- Analytica ASBC, 8th edition, American Society of Brewing Chemists, St. Paul, 1992.
- Basařová, G. et al: Pivovarsko-sladařská analytika, Merkanta, Praha, 1994.
- Ushida, M., Suga, S., Ono, M.: Improvement of oxidative flavor stability of beer - Rapid prediction method for beer flavor stability by electron spin resonance spectroscopy. *J. Am. Soc. Brew. Chem.* **54**, 1996, s. 205–211.
- Mikyška, A., Krofta, K., Hašková, D.: Evaluation of antioxidant properties of hop and hop products. *Kvasny Prum.* **52**, 2006, 214–225.
- Čejka, P., Kellner, V., Čulík, J., Horák, T., Jurková, M.: Moderní metody hodnocení výsledků senzorické analýzy. *Kvasny Prum.* **48**, 2002, 114–119.
- Pokorný, J.: Metody senzorické analýzy potravin. ÚZPI, Praha, 1993, 161.
- Nesvadba, V., Krofta, K.: Atlas českých odrůd chmele. Chmelařský institut Žatec, 2007, ISBN 978-80-86836-15-7.
- Krofta, K., Mikyška, A., Hašková, D.: Antioxidant characteristics of hops and hop products. *J. Inst. Brew.* **114**, 2008, 160–166.
- McMurrough, I., Madigan, G., Kelly, R. J.: The role of flavanoids in beer stability. *J. Am. Soc. Brew. Chem.* **54**, 1996, 141–148.