

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Agropodnikání

Katedra: Katedra speciální produkce rostlinné

Vedoucí katedry: prof. Ing. Vladislav Čurn, Ph.D.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Hodnocení kvality chmele z tradiční a netradiční
oblasti pěstování

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Jan Bárta, Ph.D.

Konzultant diplomové práce: Ing. František Lorenc

Autorka diplomové práce: Bc. Renata Nováková

České Budějovice, 2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Renata NOVÁKOVÁ**
Osobní číslo: **Z14593**
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Agropodnikání**
Název tématu: **Hodnocení kvality chmele z tradiční a netradiční oblasti pěstování**
Zadávající katedra: **Katedra speciální produkce rostlinné**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Česká republika patří k největším pěstitelům chmele na světě a to jak pěstitelskou plochou, tak i rozsahem produkce. V ČR je chmel v drtivé míře pěstován ve třech chmelařských oblastech - Žatecko, Ústěcko a Tršicko. Převažuje pěstování klonů Žateckého poloraného červeňáku (ŽPČ), v menší míře jsou pěstovány nové hybridní odrůdy.

Cílem diplomové práce (DP) bude porovnání kvality hlávek chmele tří odrůd (ŽPČ, Sládek, Kazbek) získaných ze sklizně roku 2015 z tradiční a netradiční oblasti pěstování. Standardní produkci bude reprezentovat produkce hlávek chmele od pěstitele ze Žatecké chmelařské oblasti, produkci z netradiční oblasti pěstování budou reprezentovat hlávky ze soukromé chmelnice pana Ing. Martina Nováka z Obory na Táborsku.

V první části praktického řešení práce budou optimalizovány metody hodnocení kvality hlávek chmele (na zkušební vzorku), v druhé části (po sklizni) budou provedeny rozbory vzorků hlávek výše zmíněných tří odrůd chmele z obou sledovaných oblastí. Bude proveden základní mechanický rozbor sušených hlávek chmele - velikost, hmotnost a tvar hlávek, obsah biologických a cizích příměsí, míra rozplevení hlávek atd.. Hlavní pozornost bude věnována stanovení obsahu alfa a beta hořkých kyselin s využitím moderní separační techniky HPLC na koloně typu C18, alternativně může být stanovení provedeno spektrofotometricky nebo konduktometricky (Krofta, 2008). Naměřené výsledky budou tabulkově a graficky zpracovány a statisticky vyhodnoceny.

Součástí práce bude diskuse dosažených výsledků s dostupnými výsledky z jiných prací a budou navrženy nosné body pro další výzkum v této oblasti, eventuálně doporučení pro praxi. DP bude mít obvyklé formální členění sestávající z následujících částí: úvod, literární přehled, cíl práce, materiál a metody (metodika), výsledky, diskuse, závěr a seznam použitých literárních a informačních pramenů.

DP bude zpracována podle platného opatření děkana pro vypracování bakalářských a diplomových prací (Opatření děkana ZF JU č. 4/2014, viz web ZFJU).

Rozsah grafických prací: 10 - 15 stran

Rozsah pracovní zprávy: 40 - 50 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

Basařová G., Šavel J., Basař P., Lejsek T. (2010): Pivovarství - teorie a praxe výroby piva. Vydavatelství VŠCHT Praha, 904 s. (ISBN 978-80-7080-734-7)

Krofta K. (1997): K problematice analytického stanovení obsahu α -hořkých kyselin ve chmelu. Kvasný průmysl 43: 196-199.

Krofta K. (2008): Hodnocení kvality chmele. Metodika pro praxi. Chmelařský institut s.r.o., Žatec, 52 s. (ISBN 978-80-86836-84-3)

Prugar J. a kol. (2008): Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí.

Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a.s., Praha, 327 s. (ISBN 978-80-86576-28-2).

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jan Bárta, Ph.D.**
Katedra speciální produkce rostlinné

Konzultant diplomové práce: **Ing. František Lorenc**
Katedra speciální produkce rostlinné

Datum zadání diplomové práce: **9. března 2015**

Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2016**


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13
370 05 České Budějovice


prof. Ing. Vladislav Curn, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 9. března 2015

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypouštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne 22. 4. 2016

.....
Bc. Renata Nováková

Poděkování

Touto cestou bych velice ráda poděkovala zejména vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Janu Bártovi, Ph.D. za jeho cenné rady, doporučení a spolupráci při vytváření této práce. Děkuji za spolupráci, doporučení a rady svému konzultantovi Ing. Františku Lorencovi. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Věře Bigasové za pomoc při měření antioxidační aktivity a samozřejmě svojí rodině za veškerou podporu.

Abstrakt

V diplomové práci, která nese název „Hodnocení kvality chmele z tradiční a netradiční oblasti pěstování“, byla porovnána kvalita hlávek chmele tří odrůd (Žatecký poloraný červeňák, Sládek, Kazbek) získaných ze sklizně roku 2015. Produkci z netradiční oblasti pěstování reprezentují hlávky chmele ze soukromé chmelnice pana Ing. Martina Nováka z Obory na Tábořsku. Standardní produkce chmele je reprezentována literárně dostupnými údaji o produkci pěstitelů z tradiční oblasti pěstování.

V praktické části byl u vzorků z netradiční oblasti pěstování chmele proveden mechanický a chemický rozbor. Zjištěné údaje byly porovnány s hodnotami z dostupných prací z tradiční oblasti pěstování chmele. Cílem práce bylo zjistit, zda se dá kvalitní chmel vypěstovat i v jiné, netradiční oblasti pěstování chmele.

Hlavní pozornost byla věnována stanovení obsahu alfa a beta kyselin. Vzorky byly analyzovány metodou EBC 7.7 (HPLC). Obsah alfa kyselin v testovaných vzorcích činil u odrůdy ŽPČ 4,06 % hm., u odrůdy Sládek 7,14 % hm. a u odrůdy Kazbek 4,67 % hm. Obsah beta kyselin činil u odrůdy ŽPČ 3,16 % hm., u odrůdy Sládek 3,93 % hm. a odrůdy Kazbek 4,51 % hm. Ve srovnání s charakteristickými hodnotami daných odrůd dosahují obsahy alfa kyselin vyšších hodnot, naopak beta kyseliny nižších hodnot.

Klíčová slova: chmel, Žatecký poloraný červeňák, Sládek, Kazbek, chmelové pryskyřice, chmelové polyfenoly, HPLC.

Abstract

In this thesis, "The Evaluation of the Quality of Hops from Traditional and Non-traditional Growing Areas", the quality of three varieties of hop seed cones (Saaz, Sladek and Kazbek) from a non-traditional hop-growing region was analyzed and the data used for comparison. The primary aim of the study was to determine if there is a possibility of growing quality hops in a region that is not considered a hop-growing region.

The hops that were tested were harvested in 2015 from a private hopfield located in Obora near Tábor. This hopfield is owned and managed by Ing. Martin Novák.

Mechanical and chemical analysis was carried out on samples from Obora. The main goal of the analysis was to determine the alpha and beta acid content of the hop seed cones harvested there. Samples were analyzed with EBC 7.7 (HPLC). Alpha acid content of the tested samples in Saaz hops was 4.06 % w/w, in Sladek 7.14 % w/w and in Kazbek 4.67 % w/w. The content of beta acids in Saaz hops was 3.16 % w/w, in Sladek 3.93 % w/w and in Kazbek 4.51 % w/w. The collected data was then compared to published data for hops grown in traditional hop-growing regions. Alpha acid content was found to be higher in the hops grown in Obora, while beta acid content was lower.

Keywords: hops, Saaz, Sladek, Kazbek, hop resins, hop polyphenols, HPLC.

Obsah

1. ÚVOD	11
2. LITERÁRNÍ PŘEHLED	13
2.1 Botanická charakteristika chmele	13
2.2 Biologická a morfologická charakteristika chmele	13
2.3 Chemické složení chmele	15
2.3.1 Voda.....	15
2.3.2 Chmelové pryskyřice.....	15
2.3.3 Chmelové silice	18
2.3.4 Chmelové polyfenoly	19
2.3.5 Ostatní látky chmele	20
2.3.6 Antioxidační aktivita chmele	20
2.4 Faktory ovlivňující kvalitu a výnos chmele.....	21
2.4.1 Geneticky podmíněné zvláštnosti odrůd.....	22
2.4.2 Klimatické podmínky	22
2.4.3 Půdní podmínky	23
2.4.4 Výživa chmele.....	23
2.4.5 Výnosové prvky chmele	24
2.5 Hodnocení kvality chmele	25
2.5.1 Tržní řád chmele.....	25
3. CÍL PRÁCE.....	28
4. MATERIÁL A METODY	29
4.1 Základní informace o lokalitě	29
4.2 Klimatické podmínky na stanovišti.....	29
4.3 Technologie pěstování.....	31
4.4 Charakteristika hodnocených odrůd.....	32

4.4.1 Žatecký poloraný červeňák (Saaz)	32
4.4.2 Sládek	33
4.4.3 Kazbek	34
4.5 Chemotaxonomická charakteristika odrůd	35
4.6 Mechanický rozbor chmele.....	36
4.6.1 Průměrná hmotnost 100 suchých hlávek	36
4.6.2 Průměrná hmotnost 100 suchých větének	36
4.6.3 Procentický podíl větének na hmotnosti hlávek	37
4.6.4 Průměrná délka věténka u suchých hlávek.....	37
4.6.5 Těžkost chmele.....	37
4.6.6 Průměrný počet článků na věténku	37
4.6.7 Hustota zalomení na věténku	37
4.6.8 Stanovení cizích a chmelových příměsí v hlávkovém chmelu metodami ČSN 46 2520-4 a ČSN 46 2520-5.....	38
4.6.9 Rozplevení hlávek dle ČSN 46 2520-6	39
4.7 Chemický rozbor chmele.....	40
4.7.1 Stanovení vlhkosti chmele dle ČSN 46 2520-3	40
4.7.2 Stanovení konduktometrické hodnoty chmele metodou EBC 7.4	41
4.7.3 Stanovení alfa a beta kyselin metodou EBC 7.7 (HPLC).....	43
4.7.4 Stanovení celkových polyfenolů metodou EBC 9.2.....	45
4.7.5 Stanovení antioxidační aktivity metodou DPPH.....	47
4.7.6 Stanovení dusíkatých látek modifikovanou Dumasovou metodou	49
4.8 Zpracování dat	50
5. VÝSLEDKY A DISKUSE.....	51
5.1 Mechanický rozbor chmele.....	51
5.1.1 Průměrná hmotnost 100 suchých hlávek	51
5.1.2 Průměrná hmotnost 100 suchých větének	53

5.1.3 Procentický podíl větének na hmotnosti hlávek	55
5.1.4 Průměrná délka věténka u suchých hlávek	57
5.1.5 Těžkost chmele	59
5.1.6 Průměrný počet článků na věténku	59
5.1.7 Hustota zalomení na věténku	61
5.1.8 Stanovení cizích a chmelových příměsí v hlávkovém chmelu metodami ČSN 46 2520-4, ČSN 46 2520-5	61
5.1.9 Rozplevení hlávek dle ČSN 46 2520-6	62
5.2 Chemický rozbor chmele	63
5.2.1 Stanovení vlhkosti chmele dle ČSN 46 2520-3	63
5.2.2 Stanovení hořkých kyselin	64
5.2.3 Stanovení obsahu celkových polyfenolů	70
5.2.4 Stanovení antioxidační aktivity	71
5.2.5 Stanovení obsahu dusíkatých látek	72
6. Závěr	74
7. Zdroje	75
8. Přílohy	85

1. ÚVOD

Česká republika patří mezi největší producenty chmele na světě, zaujímá s 9,5% podílem třetí místo po Německu (36,8 %) a USA (32,7 %). Chmel je významným exportním artiklem, přes 80 % produkce tuzemského chmele je určeno na export. Hodnota vyváženého chmele dosahuje ročně úrovně 0,75–1 mld. Kč.

Po roce 1989 dochází v českém chmelařství k velkým změnám. Mění se vlastnické vztahy k půdě a na restituovaných chmelnicích začínají hospodařit noví majitelé. Od roku 1991 se začíná pěstovat Žatecký poloraný červeňák z ozdravené sadby, zbavené virových a viroidních patogenů. V polovině 90. let zasahuje české chmelařství velká krize, v jejímž důsledku poklesly pěstební plochy přibližně na polovinu (5 657 ha v roce 1998). V roce 1994 bylo povoleno pěstování hybridních odrůd Bor a Sládek, v roce 1996 byla registrována odrůda Premiant. Po roce 2000 následovaly odrůdy Agnus (2001), Harmonie (2004), Rubín (2007), Vital a Kazbek (2008), Bohemie a Saaz Late (2010). V roce 1989 zaniká monopol Koospol a. s. pro zahraniční obchod. Postupem času vzniká několik obchodních firem, které se zabývají nákupem chmele od pěstitelů a po zpracování v balírnách jej prodávají domácím i zahraničním pivovarům. V roce 1992 je Výzkumný a šlechtitelský ústav chmelařský privatizován a přejmenován na Chmelařský institut s. r. o. Po roce 2010 dochází k dalšímu poklesu pěstebních ploch chmele na cca 4 500 ha. V posledních letech dochází k velkým technologickým změnám. Od roku 2008 je využívána nová technologie pěstování chmele na nízkých konstrukcích. Tato změna výrazně snižuje potřebu sezónní lidské práce a spotřebu pesticidů.

V roce 2015 činila pěstitelská plocha dle údajů ÚKZÚZ, oddělení chmele a registru chmelnic, 4 622 ha. Majoritní odrůdou stále zůstává Žatecký poloraný červeňák. V roce 2015 jím bylo osázeno 87,4 % (4 039 ha) celkové pěstitelské plochy. Z hybridních odrůd chmele největší výměru zaujímají Sládek (267 ha), Premiant (180 ha), Agnus (38 ha), Saaz Late (34 ha) a Kazbek (19 ha).

V roce 2015 vzrostla celková plocha chmelnic o 162 ha (výsaz 430 ha). Důvodem zvyšování celkové výměry chmele je potřeba reagovat na současnou neuspokojenou poptávku po aromatickém chmelu a stabilizovat produkci. I přes nárůst o 300 ha za poslední dva roky je sklizňová plocha nižší o 1 500 ha ve srovnání s rokem 2000. Cílem Svazu pěstitelů chmele je navrátit výměru chmelnic na úroveň 5 000 ha.

V ČR se v roce 2014 dle údajů ÚKZÚZ sklídilo celkem 6 202 t chmele, tj. o 873 t více než v roce 2013. V roce 2015 se sklídilo vlivem sucha a vysokých teplot v letních měsících pouze 4 843 t chmele, tj. o 1 359 t méně než v roce 2014. Průměrný výnos v roce 2014 činil 1,39 t/ha, v roce 2015 jen 1,05 t/ha.

Téměř 24 % porostů chmele je starších 20 let a téměř 41 % 10 až 19 let. Co se týká konstrukcí chmele, 65 % je starých 20 a více let a přibližně 5 % bylo vybudováno před 5 lety. Obnova chmelnic a především výstavba nových konstrukcí je finančně velmi náročná. Zájem pěstitelů o výsadbu chmelnic podporovalo Ministerstvo zemědělství v letech 1994–2004 tím, že hradilo část nákladů v roce výsadby v rámci podpůrných programů na obnovu chmelnic. Za toto období pěstitelé získali finanční prostředky ve výši zhruba 280,5 mil. Kč k obnově celkem 2 694 ha chmelnic. Dotační program na obnovu chmelnic byl ukončen v roce 2004 z důvodu neslučitelnosti s požadavky Evropské unie.

2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 Botanická charakteristika chmele

V současné době je rod chmel (*Humulus L.*) řazen do čeledi konopovité (*Cannabaceae*). Neve (1991) rod chmel rozděluje na tři druhy: chmel otáčivý (*Humulus lupulus L.*), chmel japonský (*Humulus japonicus Sieb. et Zucc.*) a chmel junnanský (*Humulus yunnanensis Hu*).

Small (1978) uvádí pět variet u *Humulus lupulus L.*:

- *Humulus lupulus ssp. lupulus*,
- *Humulus lupulus ssp. neomexicanus Nels. et Cockerell*,
- *Humulus lupulus ssp. pubescens E. Small*,
- *Humulus lupulus ssp. lupuloides E. Small*,
- *Humulus lupulus ssp. cordifolius Miquel*.

Rybáček (1980) rozdělil druh *Humulus lupulus L.* na tři poddruhy:

- *Humulus lupulus ssp. neomexicanus Nels. et Cockerell*,
- *Humulus lupulus ssp. cordifolius Maxim.*,
- *Humulus lupulus ssp. europeus Ryb.*

V rámci poddruhu *Humulus lupulus ssp. europeus Ryb.* Rybáček (1980) rozlišuje tři variety: zakrslý (var. *irenae minima Blatt.*), planý (var. *spontanea Ryb.*) a kulturní (var. *culta Ryb.*). Ve vědecké literatuře se spíše setkáme se členěním dle práce Small (1978).

2.2 Biologická a morfologická charakteristika chmele

Chmel je rostlinou vytrvalou, na jednom stanovišti setrvává 20, 30 i více let, dále dvouděložnou, dvoudomou. Samičí rostliny vytvářejí chmelové hlávky, samčí rostliny květní orgány. Opylení samičích rostlin je nežádoucí, proto jsou ve chmelnicích pěstovány pouze samičí rostliny (Šnobl *et al.*, 1997; Šnobl, 2005).

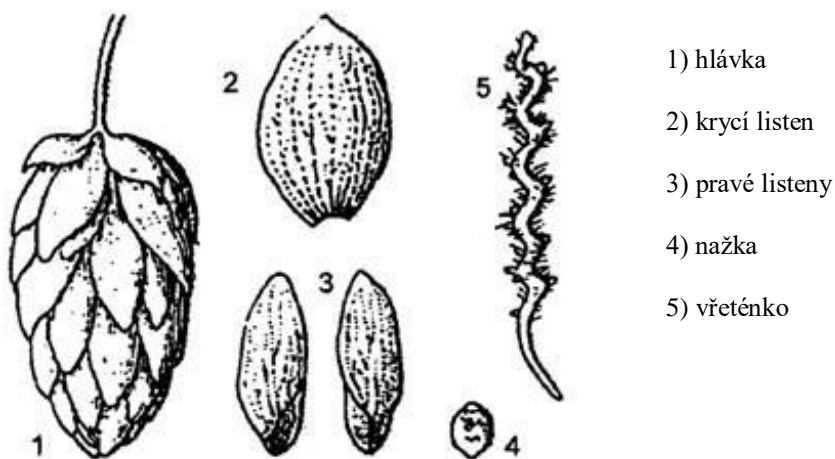
Chmelová rostlina se vyznačuje mohutnou kořenovou soustavou rozkládající se do značné hloubky. Podzemní část rostliny se skládá z babky a kořenového systému. Základ babky tvoří „staré dřevo“ (dvou a víceleté) nacházející se v hloubce 10–15 cm.

Na babce jsou založena očka, která na jaře raší, vytvářejí nadzemní výhony a tvoří základ budoucí lodyhy. Část lodyhy mezi horní částí babky a povrchem půdy je „nové dřevo“ (jednoleté), které se každý rok při řezu chmele odstraňuje. Z bočních oček babky vyrůstají tzv. vlky (podzemní oddenky), které mohou vytvářet nadzemní lodyhy. Jejich přítomnost je však nežádoucí (Kocourková *et al.*, 2014; Šnobl, 2005; Fric, 1994).

Nadzemní část rostliny tvoří réva, révové listy, pazochy, květenství a hlávky. Réva je pravotočivá, má šestihranný průřez, dorůstá výšky 7–8 m a je členěná na internodia a nody (kolénka). Z každého nodu vyrůstají 2 révové listy, které jsou dlanitě dělené, 3–5laločné, po okraji pilovité. Réva má své typické zbarvení, červenohnědé nebo zelené (červeňáky, zeleňáky). Pazochy jsou postranní větévky révy (30–100 cm dlouhé), na nichž vyrůstají menší pazochové listy a květenství. Květenství samčích rostlin je rozvětvená lata. Květenství samičích rostlin vytváří chmelovou hlávku (Kocourková *et al.*, 2014; Šnobl, 2005; Fric, 1994).

Základní osu chmelové hlávky tvoří článkované vřetenko, které je zakončeno stopkou. Z každého článku vřetenka vyrůstají 2 listeny krycí a 4 listeny pravé, na spodu hlávky je 5 kališních lístků. Na bázi pravých listenů se vyvíjejí lupulinové žlázy. Za každým pravým listenem se v době květu chmele (osýpka) vytváří semeník se 2 nitkovými bliznami, ten se však za normálních podmínek nevyvíjí. Hlávky dorůstají délky 15–35 mm, mají převážně kulovitooválně vejčitý tvar, popř. tvar kuželovitý či hranolovitý (Kocourková *et al.*, 2014; Šnobl, 2005; Fric, 1994). Stavba chmelové hlávky znázorněna na obrázku č. 1.

Obrázek č. 1: Chmelová hlávka



(Basařová *et al.*, 2010)

2.3 Chemické složení chmele

Chemické složení chmele (tabulka č. 1) závisí na odrůdě, provenienci, ročníku a způsobu posklizňové úpravy. Hlavními a technologicky nejvýznamnějšími složkami chmele, které ovlivňují průběh výroby i kvalitu piva, jsou chmelové pryskyřice, chmelové silice a chmelové polyfenoly. Chmel však obsahuje i látky nepříznivě ovlivňující zpracování chmele v pivovarském procesu. K těmto tzv. problematickým složkám chmele patří dusičnany, rezidua postřikových látek, těžké kovy a u některých chmelových výrobků i rezidua chemických katalyzátorů (Kocourková *et al.*, 2014; Kosař, Procházka, 2000).

Tabulka č. 1: Chemické složení sušených hlávek

Látka	Obsah (%)	Látka	Obsah (%)
Voda	8–12	Vosky a lipidy	1–3
Chmelové pryskyřice	15–20	Dusíkaté látky	12–22
Chmelové polyfenoly	2–6	Sacharidy	40–50
Chmelové silice	0,2–2,5	Minerální látky	7–10

(Kosař, Procházka, 2000)

2.3.1 Voda

Chmelové hlávky obsahují přibližně 75 % vody. Aby nedošlo po sklizni ke znehodnocení, je nutné je bezprostředně po sklizni usušit na vlhkost pod 12 %. Optimální vlhkost suchého chmele se pohybuje v rozmezí 10–11 % (Krofta *et al.*, 2007; Hlaváček, Lhotský, 1972).

2.3.2 Chmelové pryskyřice

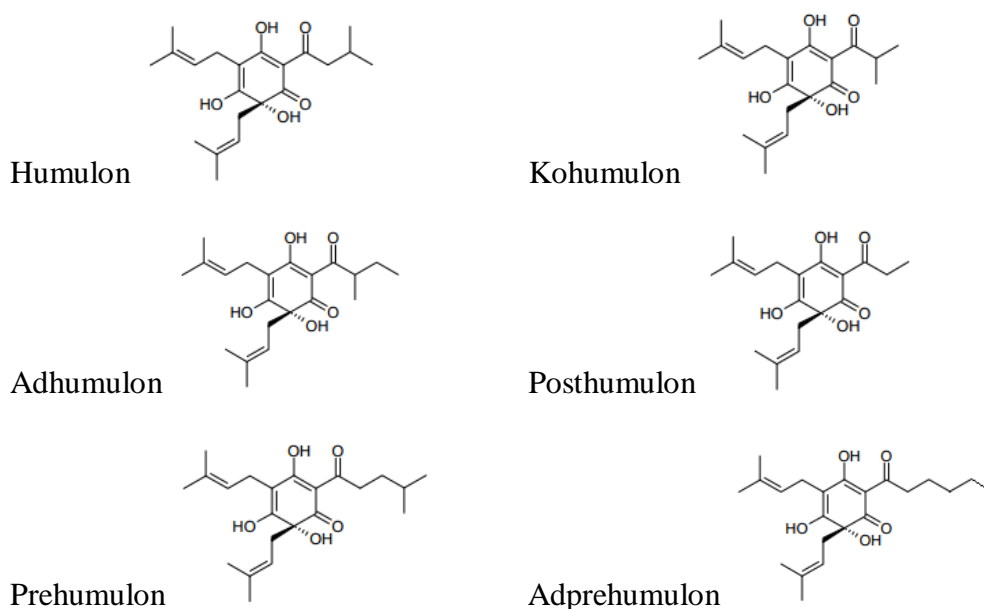
Chmelové pryskyřice patří k nejdůležitějším složkám chmele a chmelových výrobků. Transformační produkty chmelových pryskyřic, tvořící se při chmelovaru, zajišťují typickou hořkost piva, stabilizují pивní pěnu a díky antiseptickým účinkům zvyšují biologickou trvanlivost piva (Čepička *et al.*, 2008; Basařová *et al.*, 2010).

Základními složkami chmelových pryskyřic jsou měkké chmelové pryskyřice (specifické alfa hořké kyseliny a beta hořké kyseliny), dále pak nespecifické měkké pryskyřice a tvrdé pryskyřice (Basařová *et al.*, 2010).

Alfa hořké kyseliny

Obsah alfa kyselin je závislý zejména na odrůdě, ale obvykle se pohybuje v rozmezí 3–10 %. Jsou tvořeny směsí sedmi dosud známých analogů humulonu: humulonu (35–70 %), kohumulonu (20–50 %), adhumulonu (10–15 %), prehumulonu (1–10 %) a posthumulonu (1–5 %). Další dva analogy nebyly ve většině publikací doposud pojmenovány s výjimkou knihy *Brewing, Science and practice*, kde je šestý analog nazýván adprehumulon (Briggs *et al.*, 2004; Verzele, Keukeleire, 1991; Basařová *et al.*, 2010). Struktury jednotlivých analogů (obrázek č. 2) se liší pouze postranním acylovým řetězcem (Karabín *et al.*, 2009).

Obrázek č. 2: Strukturní vzorce alfa kyselin



(Karabín *et al.*, 2009; Briggs *et al.*, 2004; Molecular Networks, 2014).

Během chmelovaru dochází k isomeraci alfa kyselin na iso-alfa kyseliny. Význam této reakce spočívá hlavně ve zvýšení rozpustnosti isomerovaných hořkých kyselin ve vodě (přibližně 120 mg.l⁻¹ oproti 3 mg.l⁻¹ u alfa kyselin) a z toho vyplývající několikanásobně vyšší organoleptické hořkosti. Iso-alfa kyseliny jsou formovány do dvou prostorových isomerů: cis- a trans-, a to ve prospěch cis- formy (poměr cis/trans- forem bývá 68/32). Během stárnutí piva je forma cis- stabilnější na rozdíl od formy trans-, která podléhá snadněji oxidačním reakcím. Vzniklé iso-alfa kyseliny nejsou konečným produktem reakce a v průběhu chmelovaru se dále rozkládají na další produkty, které nebyly doposud přesně chemicky popsány. Iso-alfa

kyseliny jsou zodpovědné za přibližně 70 % hořké chuti piva a ovlivňují zejména prvotní sensorický vjem. Zbývající podíl hořké chuti piva je způsoben mimo jiné řadou vedlejších produktů isomerační reakce označovaných jako allo-, anti- a abeo-iso-alfa kyseliny (Karabín *et al.*, 2009; Jurková *et al.*, 2010; Caballero *et al.*, 2012; Khatib, 2006).

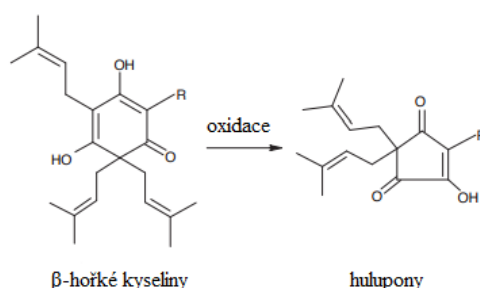
Beta hořké kyseliny

Beta kyseliny patří společně s alfa kyselinami mezi nejvýznamnější složky chmelových pryskyřic. Obsah se pohybuje v rozmezí okolo 3–5 %. Jsou přirozenou směsí pěti a více analogů nazývaných: lupulon (30–50 %), kolupulon (20–55 %), adlupulon (5–10 %), prelupulon (1–3 %) a postlupulon (Basařová *et al.*, 2010).

Jelikož beta kyseliny neobsahují terciární alkoholovou skupinu v aromatickém jádru, nemohou na rozdíl od alfa kyselin při chmelovaru isomerovat. Významnými oxidačními produkty transformace beta kyselin jsou hulupony (obrázek č. 3). Hulupony vykazují krátce doznívající mírnou hořkost podobnou hořkosti iso-alfa kyselin. Hulupony vznikají především při zpracování a skladování chmele, v zanedbatelné míře pak při chmelovaru (Krofta, Mikyška, 2014; Verzele, Keukeleire, 1991).

Přítomnost dalšího isoprenylového bočního řetězce způsobuje, že molekula jako celek má hydrofobnější charakter. Beta kyseliny jsou proto ve vodě v porovnání s alfa kyselinami mnohem méně rozpustné (Krofta, Mikyška, 2014).

Obrázek č. 3: Transformace beta kyselin na hulupony



(Krofta, Mikyška, 2014)

Nespecifické měkké pryskyřice

Tyto látky rozlišujeme na alfa resupony a beta resupony podle toho, zda jsou odvozeny od alfa či beta kyselin. Moštek a Čepička (1969) uvádějí osm typů alfa

resuponů (isohumulony, pryskyřice B, humulinová kyselina, humulinony, oxyhumulinové kyseliny) a čtyři typy beta resuponů (luputryony, hulupony). Humulony se rozkládají na rozpustnější isohumulony, které se částečně mění na pryskyřice B a dále na kyselinu humulinovou. Beta kyseliny degradují přes hulupony, popřípadě luputryony ke kyselině hulupinové. Čerstvý chmel obsahuje více alfa resuponů, starší chmely a chmelové extrakty mohou obsahovat více beta resuponů (Kutňák, 2011).

Tvrdé pryskyřice

Tvrdé pryskyřice se rozlišují na oxidační produkty odvozené od alfa kyselin, kam patří například mírně hořké δ -pryskyřice (delta pryskyřice) nebo nehořká hulupinová kyselina. Od beta kyselin se odvozují ϵ -pryskyřice (epsilon pryskyřice). V nepatrném množství se tvrdé pryskyřice vyskytují v čerstvém chmelu. Jejich podíl se zvyšuje skladováním za přístupu vzduchu a při vyšší teplotě. Tvrdé pryskyřice mají výrazně nižší pivovarský význam oproti měkkým pryskyřicím (Basařová *et al.*, 2010). Almaguer *et al.* (2012) uvádějí pozitivní vliv tvrdých pryskyřic na stabilitu pивní pěny.

2.3.3 Chmelové silice

Chmelové silice jsou nejdůležitější skupinou látek odpovědných za aroma chmele. Jsou přítomny v lupulinových zrnech chmelové hlávky a jejich obsah se pohybuje v rozmezí 0,5–3,0 % (Čepička *et al.*, 2008). Silice tvoří směs několika set látek různého chemického složení, fyzikálních vlastností i aroma, které nebyly doposud zcela identifikovány (Bamforth, 2006). Jejich celkové množství a složení závisí především na odrůdě, dále na podmínkách pěstování, sklizně a skladování. Silice se tvoří v konečných fázích zrání rostliny (Basařová *et al.*, 2010).

Složky chmelových silic je možné rozdělit na tři skupiny. Největší podíl připadá na uhlovodíkovou frakci, která u čerstvě sklizeného chmele tvoří 70–80 % celkové hmotnosti silic. Dále cca 25 % připadá na látky obsahující kyslík a cca 1 % připadá na sirné frakce. K nejdůležitějším složkám uhlovodíkové frakce patří terpenické uhlovodíky, zejména myrcen, karyofylen, humulen a farnesen. Kyslíkatá frakce je z hlediska chemického složení poněkud rozmanitější a zahrnuje například alkoholy, epoxidy, methylketony a estery mastných kyselin (Pluháčková *et al.*, 2011; Čepička *et al.*, 2008). Frakce sirných sloučenin se negativně projevují jako chuťové a vonné látky již v nízkých koncentracích. Zvýšený obsah sirných sloučenin mají

především chmele ošetřené v průběhu vegetace sirnými preparáty proti houbovým chorobám a chmele konzervované šířením při posklizňovým úpravách (Basařová *et al.*, 2010).

V pivovarském procesu se využije pouze velmi malý podíl silic. Většina silic vytěká již při chmelovaru, další se ztrácejí při kvašení piva. Z tohoto důvodu je možné zvýraznit chmelové aroma piva například dávkováním kvalitního aromatického chmele ke konci varného procesu – „late hopping“ nebo přidávkem chmele do piva v konečných fázích technologie – „dry hopping“ (Čepička *et al.*, 2008).

2.3.4 Chmelové polyfenoly

Rozdělení chmelových polyfenolů (Kotlíková *et al.*, 2013):

- jednoduché,
 - monomerní,
 - fenolové kyseliny (deriváty kyseliny benzoové a skořicové),
 - kumariny,
 - flavonoidy (prenylované flavonoidy, flavony, flavonoly, flavanony, flavanonoly, anthokyanidiny, flavan-3-oly, flavan-3,4-dioly),
 - oligomerní,
 - oligomerní fenolové kyseliny,
 - oligomerní flavonoidy,
- složené,
 - glykosidické estery,
 - glykosidy.

Obsah celkových polyfenolů se pohybuje v rozmezí 2–6 %, množství a složení závisí zejména na odrůdě a pěstební lokalitě. Jsou rozpustné ve vodě, tudíž se dostávají až do konečného produktu. Chmelové polyfenoly tvoří jen 20–30 % celkových polyfenolů obsažených v pivu, zbylá část pochází ze sladu nebo jeho náhražek (Čepička *et al.*, 2008; Kotlíková *et al.*, 2013). Polyfenolické látky se obecně podílejí na chemicko-fyzikální stabilitě piva, na formování pěny, na odolnosti proti stárnutí a oxidaci piva (Hofta *et al.*, 2004).

Zvláštní skupinu polyfenolů tvoří tzv. prenylované flavonoidy. Největší podíl prenylovaných flavonoidů tvoří xanthohumol, dále desmethylxanthohumol (DMX), isoxanthohumol a 8-prenylnaringenin. Obsah xanthohumolu ve chmelu se pohybuje v rozmezí 0,3–1,1 %. (Basařová *et al.*, 2010). Ve studii Yilmazer *et al.* (2001) byly v podmínkách *in vitro* prokázány významné antikarcinogenní, antivirové a antibakteriální účinky u této skupiny látek.

2.3.5 Ostatní látky chmele

Suchý chmel obsahuje 2–4 % monosacharidů, velmi malé množství di-, tri- a oligosacharidů a asi 1–2 % pektinových látek. Množství dusíkatých látek se pohybuje v rozmezí 12–22 % a závisí zejména na odrůdě, podmínkách vegetace a sklizně. K problémovým látkám chmele patří dusičnany, jejichž obsah spolu s dusičnany vody nesmí v pivu překročit povolenou hranici 50 mg.l⁻¹. V průběhu výroby piva mohou být dusičnany redukovány na dusitany, které se podílejí na tvorbě karcinogenních N-nitrosaminů. Lipidy se v usušeném chmelu vyskytují v nízkých koncentracích kolem 3 %. Jedná se o alkoholy, estery, kyseliny a steroidní látky, které nemají zásadní vliv na kvalitu piva. Minerální látky jsou v suchém chmelu obsaženy v množství 7–10 %, jejich obsah může výrazněji kolísat v závislosti na podmínkách pěstování a použitých ochranných prostředcích. Měď, mangan a zinek mohou při vyšším obsahu ovlivnit růst kvasnic při kvašení a zhoršit koloidní stabilitu piva (Basařová *et al.*, 2010; Moll, 1994; Frančáková, Tóth, 2005).

2.3.6 Antioxidační aktivita chmele

Jednou z možností, jak chránit organismus před vlivem volných radikálů, je působení antioxidantů. Antioxidanty jsou molekuly, které mohou zabraňovat nebo omezovat oxidační destrukci látek. Mnoho látek přírodního původu, které se do lidského organismu dostávají spolu s potravou, má antioxidační vlastnosti. Velký význam se přikládá zejména polyfenolickým sloučeninám (Fidler, Kolářová, 2009). Zdrojem těchto látek jsou zelenina, ovoce, vláknina, čaj, víno, chmel, aromatické a léčivé rostliny a další (Paulová *et al.*, 2004).

Hlavními antioxidanty ve chmelu jsou polyfenolové a fenolové látky. Slabá redukční schopnost byla prokázána i u hořkých kyselin. Obsah celkových polyfenolů ve chmelu je přibližně 2–6 % a závisí zejména na odrůdě chmele. Polyfenolické látky

chmele ovlivňují antioxidační aktivitu piva a tím potenciálně i senzoryckou stabilitu piva (Mikyška *et al.*, 2010).

Krofta *et al.* (2007) se ve svém výzkumu zabývali změnou antioxidačních vlastností chmele při sušení, mletí, granulaci a skladování. Z výsledků je patrné, že posklizňovým sušením zeleného chmele se část antioxidační aktivity ztrácí. Ztráta zpravidla nepřekračuje 5 % původní hodnoty RA_{DPPH} . Mezi sušením v komorové a pásové sušárně nebyl z hlediska zachování antioxidačních vlastností chmele zjištěn podstatný rozdíl. Výsledky stanovení antioxidační aktivity v horkovodním výluhu hlávkových a mletých chmelů jsou srovnatelné a rozdíly statisticky neprůkazné. Rovněž granulací mletého chmele se jeho redukční aktivita prokazatelným způsobem nemění. V průběhu dlouhodobého skladování chmele dochází k poklesu antioxidačních aktivit s různou rychlostí v závislosti na teplotě skladování a formě chmele. Skladovací teplota nemá prokazatelný vliv na antioxidační aktivitu granulovaných chmelů zabalených do vícevrstvé fólie bez přístupu vzduchu.

2.4 Faktory ovlivňující kvalitu a výnos chmele

Tvorbu výnosu a kvalitu chmele můžeme charakterizovat jako výsledek komplexního působení různých vzájemně se ovlivňujících činitelů. Z nich se projevují zejména geneticky podmíněné zvláštnosti odrůd, soubor klimatických a půdních faktorů a povětrnostní podmínky daného ročníku (Pokorný, 2011).

V České republice je pěstování chmele soustředěno do tří chmelařských oblastí (obrázek č. 4) – Žatecko, Ústěcko a Tršice (vymezeno zákonem č. 68/2000 Sb., kterým se mění zákon č. 97/1996, o ochraně chmele).

Obrázek č. 4: Typické chmelařské oblasti



(Janderová, 2013)

2.4.1 Geneticky podmíněné zvláštnosti odrůd

V každé z tradičních pěstitelských oblastí chmelařsky významných zemí vznikly vlastní populační porosty chmele. Jejich genotypová pestrost byla zaručena semenným původem. Formující tlak prostředí a vegetativní množení nejlepších výběrů postupně vedly ke zvýšení uniformity původních populačních směsí. Ujednocení fenotypového projevu a hospodářských vlastností bylo utvrzeno dalším, především individuálním výběrem (Pokorný, 2011).

2.4.2 Klimatické podmínky

V Žatecké chmelařské oblasti, která je největší a nejvýznamnější, je klima mírně teplé až teplé a mírně suché až suché. Její velká část je ovlivňována srážkovým stínem Krušných hor a Doupovských vrchů. Úštěcká oblast, která navazuje na oblast Žateckou, je již o něco méně ovlivňována výše zmíněným srážkovým stínem. V její nížinné části, v nadmořské výšce 150–200 m, je klima teplé a mírně suché. Severovýchodní část oblasti s nadmořskou výškou 240–370 m je výrazně chladnější a vlhčí. Tršická oblast, která je nejmenší a méně významnou, má klima převážně teplé, mírně suché až vlhčí (Štranc *et al.*, 2007).

Chmel je rostlinou vlhkomilnou, velmi náročnou na dostatek vody a především na správné rozložení vláhy v průběhu vegetačního období. Jelikož se převážná část pěstebních ploch nachází ve srážkovém stínu Krušných hor, nedostatek vláhy je velice aktuální. Tento problém je v řadě lokalit řešen doplňkovou závlahou. V současné době se jeví jako perspektivní kapková závlaha a závlaha mikropostřikem (Hniličková, Hnilička, 2006). Kopecký (1991) uvádí, že v prováděném pokusu kapková závlaha zvýšila výnos chmele o 26 % v porovnání s nezavlažovanou chmelnicí.

Nejdůležitějším parametrem kvality chmele je obsah alfa kyselin. Závislost obsahu alfa kyselin na vývoji počasí v průběhu vegetační sezóny je dobře známa již několik desetiletí. Krofta a Kučera (2015) uvádějí, že obsah alfa kyselin v ŽPČ je ovlivněn klimatickými podmínkami v relativně krátkém období od června do srpna, tzn. ve fázi kvetení, hlávkování a zrání.

Thompson, Neve (1972) uvádějí, že sezónní výkyvy hladiny alfa kyselin jsou spojeny s rozdíly v teplotě vzduchu v přibližně 40 až 60denním období před sklizní.

Možný *et al.* (2009) na základě dlouhodobé analýzy meteorologických dat v oblastech pěstování chmele uvádějí naprosto zřejmý, statisticky významný vztah mezi vyššími teplotami a nižším obsahem alfa kyselin ve chmelu. „Největší zvýšení letních teplot se projevilo za posledních 25 let. Pokud bude oteplování nadále pokračovat, v příštích desetiletích přestane být pěstování chmele v jeho tradičních oblastech rentabilní. Bude tedy nutné přejít na nějakou nově vyšlechtěnou odrůdu, které nebude oteplování tolik vadit. Jinou možností pak může být přesun pěstování tradičního chmele do nových, chladnějších míst, tedy více na sever, anebo do vyšších poloh,“ konstatoval Martin Možný z ČHMÚ Doksany.

2.4.3 Půdní podmínky

Za chmelové půdy jsou označovány takové, které mají značnou mocnost ornice, odpovídající podíl humusu, dobrou vodní i vzdušnou kapacitu a nízkou hladinu podzemní vody (Fric *et al.*, 1994).

Převládajícím typem jsou hnědozemě, které jsou rozšířeny v permském útvaru Žatecké oblasti, v okrajové části Úštěcké oblasti a částečně na Tršicku, kde převládají černozemě a jí blízké typy půdy. V údolí okolo vodních toků se setkáváme s naplaveninami a nivními půdami nejrůznějšího charakteru. Nejznámější variantou hnědozemních půd jsou tzv. permské červenky, typické pro centrální část Žatecké oblasti. Tyto půdy obsahují značné množství sloučenin železa (až 7 % Fe_2O_3), jsou zpravidla těžší až těžké, chladné a špatně propustné (Fric *et al.*, 1994; Štranc *et al.*, 1984).

Štranc *et al.* (1987) uvádějí, že nejlepší půdy pro jemný jakostní chmel jsou permské červenky v centru Žatecké oblasti. Rybáček a Fric (1982) uvádějí, že pro chmel je nejvhodnější slabě kyselá až neutrální půdní reakce (pH 6–7). Alkalická reakce půdy výnos i obsah alfa kyselin snižuje.

2.4.4 Výživa chmele

Chmel je rostlina velmi náročná na živiny a hnojení, neboť během krátké doby (květen až srpen) vytváří velké množství nadzemní biomasy. Jednou z hlavních živin chmele je dusík, který má největší vliv na výnos a kvalitu hlávek, ovlivňuje biomasu vegetativních orgánů a obsah chlorofylu v listech. Nadbytek však vede k bujnému

růstu a olistění, k horší kvalitě hlávek, k prodloužení vegetační doby, nižšímu obsahu hořkých kyselin a větší náchylnosti k chorobám. Nedostatek dusíku způsobuje slabý růst, žloutnutí listů a výrazné snížení výnosu. Fosfor podporuje tvorbu generativních orgánů, tzn. nasazení většího počtu hlávek, tvorbu chmelových pryskyřic, vyšší obsah lupulinu, hlávky jsou vyrovnané, jemné a výrazně zelené. Draslík pozitivně ovlivňuje výnos a kvalitu hlávek, zvyšuje odolnost vůči chorobám, nízkým teplotám a zlepšuje hospodaření rostlin s vodou. Hořčík působí na růst a vývoj rostlin, pozitivně ovlivňuje fyziologické procesy v rostlině a podporuje zelenou barvu listů. Vápník zvyšuje odolnost pletiv, podporuje rozvoj kořenového systému a vyvažuje nepříznivý vliv přebytku draslíku (Kocourková *et al.*, 2014; Horejsek, Zich, 1990). Vápnění se provádí zpravidla jednou za 4 roky, v roce aplikace organických hnojiv se nevápní. Účelem vápnění je dosáhnout a udržet optimální rozpětí pH v půdě (Klement, Sušil, 2011). Důležitým mikroprvkem ve výživě chmele je zinek, neboť jeho nedostatek způsobuje kadeřavost chmele (Vaněk *et al.*, 2007).

Šnobl *et al.* (1989) uvádí, že průměrná spotřeba živin na 1 t suchých hlávek činí 100 kg dusíku, 37 kg fosforu, 68 kg draslíku a 39 kg hořčíku. Stanovení základní dávky živin v kilogramech živiny jako prvku na hektar vychází z plánovaného výnosu v kilogramech, přičemž (Ježek *et al.*, 2015):

- dávka dusíku v kg na 1 ha = výnos suchého chmele v kg na 1 ha · 0,1,
- dávka fosforu v kg na 1 ha = dávka dusíku · 0,44,
- dávka draslíku v kg na 1 ha = dávka dusíku,
- dávka hořčíku v kg na 1 ha = dávka dusíku · 0,3.

Rybáček *et al.* (1980) uvádějí, že organická hnojiva se aplikují zpravidla jednou za 3 roky v podzimním období. Pro půdy lehké doporučují dávku chlévského hnoje 70 t/ha, pro půdy střední 55 t/ha a pro půdy těžké 40 t/ha. Fric *et al.* (1994) uvádějí dávku 40–50 t/ha ve dvouletém, případně tříletém cyklu.

2.4.5 Výnosové prvky chmele

Předpoklady pro maximální počet hlávek v chmelovém porostu se vytvářejí postupně. Jsou to počet rostlin na jednotce plochy, počet zavedených rév a průměrný počet plodných pazochů na jedné révě (Rybáček *et al.*, 1980).

Počet rostlin je určován stanoveným sponem, počet zavedených rév počtem chmelovodů ve chmelnicové konstrukci a průměrný počet plodných pazochů výškou konstrukce. Uvedené předpoklady doplňuje mohutnost nadzemní části chmelových rostlin a jejich habitus (Rybáček *et al.*, 1980).

Kopecný *et al.* (2008ab) uvádějí, že tradiční spon rostlin činí 300 × 100 cm (tj. 3 333 rostlin/ha). Vzhledem k tomu, že hybridní odrůdy v průběhu vegetace vytvářejí mohutnější habitus keřů, doporučuje se výsaz do sponu 300 × 114 cm nebo 300 × 133 cm. Optimální počet plodících rév je 14 000–15 000 na 1 ha. Tento počet při předpokládaných růstových defektech na rostoucích révách v průběhu vegetace je možné dosáhnout při zavádění 5–6 rév z jedné rostliny na 2 chmelovodiče (na 1 chmelovodič jsou zaváděny 2–3 révy).

2.5 Hodnocení kvality chmele

Kvalita chmele se hodnotí již při sklizni, při zpracování suroviny na chmelové výrobky i bezprostředně před dodáním k odběratelům, kterými jsou převážně domácí i zahraniční pivovary. V každé fázi hodnotícího systému je kladen důraz na jiné parametry. Při sklizni a zpracování jsou nejdůležitějšími ukazateli vlhkost, obsah příměsí a alfa kyselin. Pivovary, které mají kvalitativní parametry chmele uvedeny v systémech jakosti, požadují kromě obsahu alfa kyselin deklaraci obsahu nežádoucích a cizorodých látek, jako jsou například dusičnany, rezidua pesticidů, těžké kovy a v poslední době i mykotoxiny. Pro deklaraci odrůdové čistoty chmele lze použít další kvalitativní ukazatele, jako jsou obsah a složení chmelových silic, prenylflavonoidů a polyfenolů. Uvedená hlediska se také používají pro hodnocení vlastností a kvality novošlechtěných chmelů (Krofta, 2008).

2.5.1 Tržní řád chmele

Z každé jednotlivé dodávky chmele (partie) je u pěstitele odebrán průměrný vzorek hlávek. Jeho kvalita se posuzuje mechanickým a chemickým rozbořem ve specializované laboratoři a také subjektivním hodnocením. Základní kvalitativní parametry chmele určeného ke zpracování a prodeji stanovuje Tržní řád chmele. Tržní řád je smlouva mezi Svazem pěstitelů chmele ČR a Unií obchodníků a zpracovatelů chmele ČR, kterou se řídí veškerý nákup chmele v ČR. Jeho cílem je (Krofta, 2008):

- vyrovnat tržní podmínky domácího trhu v nákupu chmele,
- zajistit dlouhodobý odbyt za rentabilní ceny,
- dosáhnout rovnováhy mezi nabídkou a poptávkou.

Nedílnou součástí Tržního řádu chmele je příloha pojednávající o kvalitativních znacích chmele (tabulka č. 2). Tyto parametry jsou stanoveny tak, aby byl dodáván pouze chmel dobré kvality, který bude schopen konkurence na náročných trzích. Prodávající je povinen písemně kupujícímu potvrdit termín a sortiment použité chemické ochrany u daných partií chmele. V kupní smlouvě je možno zakotvit příplatky popřípadě srážky za kvalitativní parametry (Pázler, Ondráček, 2005).

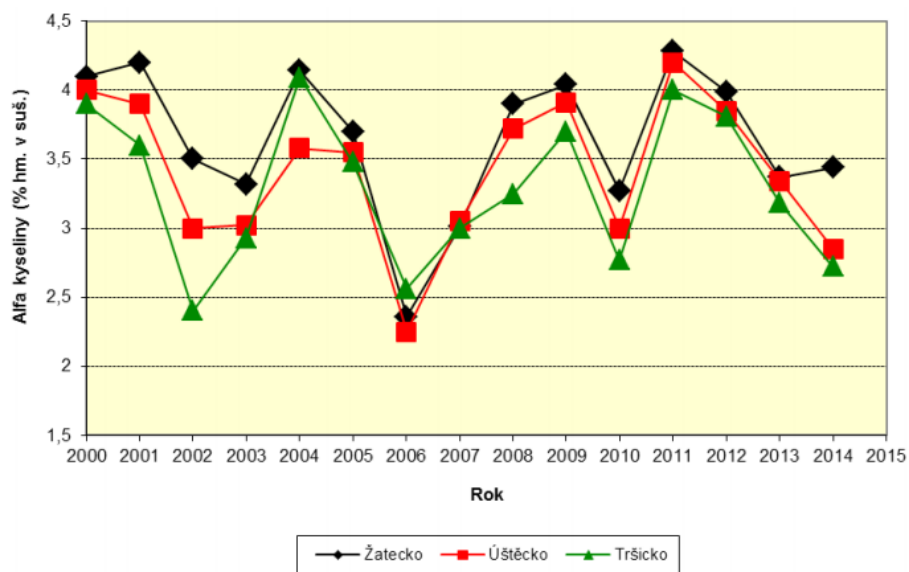
Tabulka č. 2: Kvalitativní znaky chmele dle Tržního řádu chmele

Jakostní znak	Standardní jakost
KH v originále*	2,6 % a více – ŽPČ 4,0 % a více – Sládek 6,5 % a více – Bor 7,0 % a více – Premiant
Rozplevení	do 30 %
Otluky	do 15 %
Poškození škůdci, chorobami	do 15 % (nepřipouští se zbytky mšice)
Barva hlávek	zlato až žlutozelená
Barva lupulinu	světle žlutá až žlutá lesklá
Biologický vzrůst hlávek	dobře vzrostlý, vyzrálý, vyrovnaný
Vlhkost	do 12 %
Chmelové příměsi	do 3 %

* KH – konduktometrická hodnota se stanoví dle metody ČSN 46 2520-15 (Krofta, 2008).

Jedním z nejdůležitějších kvalitativních parametrů nakupovaného chmele je obsah alfa kyselin vyjádřený jako konduktometrická hodnota. Obsah alfa kyselin ve chmelu je ročníkově značně proměnlivý a do značné míry závislý na průběhu povětrnostních podmínek. Pěstitel prakticky nemá možnost výši obsahu alfa kyselin podstatným způsobem ovlivnit. V následujícím grafu jsou znázorněny průměrné sklizňové obsahy alfa kyselin v ŽPČ (Krofta, 2008).

Graf č. 1: Průměrné sklizňové obsahy alfa kyselin u ŽPČ



(Chmelařský institut, 2015)

3. CÍL PRÁCE

Komplexním cílem diplomové práce je zhodnocení kvality chmele tří odrůd (Žatecký poloraný červeňák, Sládek, Kazbek) získaných ze sklizně roku 2015 z netradiční oblasti pěstování chmele. Zjištěné hodnoty budou porovnány s literárně dostupnými údaji o produkci pěstitelů z tradiční oblasti pěstování.

Bude proveden mechanický rozbor chmele:

- průměrná hmotnost 100 suchých hlávek,
- průměrná hmotnost 100 suchých větének,
- procentický podíl větének na hmotnosti hlávek,
- průměrná délka věténka u suchých hlávek,
- těžkost chmele,
- průměrný počet článků na věténku,
- stanovení cizích a chmelových příměsí,
- rozplevení hlávek.

Chemický rozbor chmele:

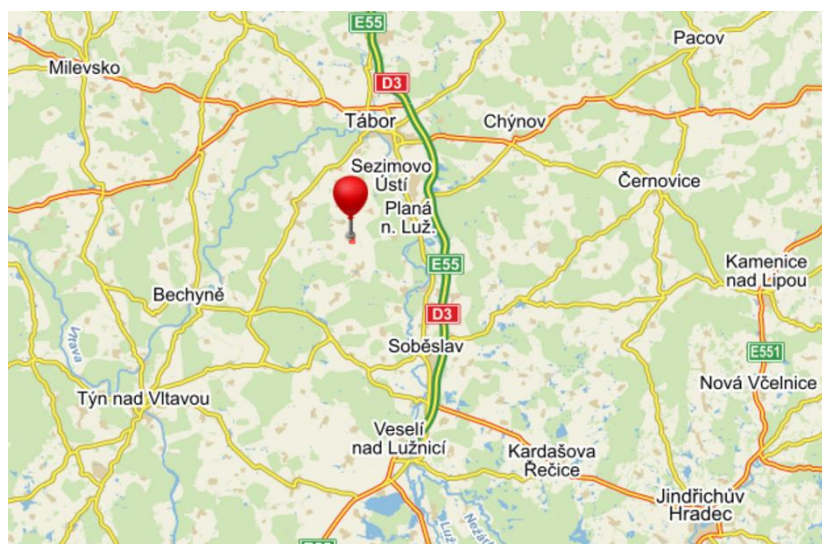
- stanovení vlhkosti,
- stanovení konduktometrické hodnoty,
- stanovení alfa a beta kyselin, kohumulonu a kolupulonu,
- stanovení celkových polyfenolů,
- stanovení antioxidační aktivity,
- stanovení dusíkatých látek.

4. MATERIÁL A METODY

4.1 Základní informace o lokalitě

Soukromá chmelnice Ing. Martina Nováka se nachází v Jihočeském kraji cca 10 km jižně od města Tábora v obci Obora (obrázek č. 5). Dle klimatické klasifikace ČR patří toto území do mírně vlhké a teplé oblasti (Pšeničková, 2006). Průměrné roční teploty zde dosahují 8 °C. Chmelnice se nachází v bramborářské výrobní oblasti v nadmořské výšce 425 m. Na stanovišti byl proveden půdní výkop a na základě laboratorního zjištění stanovena půdní charakteristika. Jedná se o půdu hlinitou, středně těžkou. Půdním typem v této oblasti je luvizem.

Obrázek č. 5: Poloha chmelnice



(OpenStreetMap, 2016)

4.2 Klimatické podmínky na stanovišti

Následující klimatické podmínky na stanovišti byly zjištěny z amatérského měření Ing. Františka Novotného. Měření bylo prováděno ve vedlejší obci Bezděčín (1,5 km vzdušnou čarou od stanoviště). Zhodnocení agrometeorologického roku 2014/2015 zpracováno v tabulce č. 3.

Zimní polovina roku 2014/2015:

- silný nedostatek zimních srážek (déšť 153 mm, sníh 370 mm), teplotně velmi mírná zima.

Letní polovina roku 2015:

- nerovnoměrné rozložení srážek (děšť 258 mm), situaci zhoršovaly tropické teploty zejména v srpnu.

Tabulka č. 3: Hodnocení agrometeorologického roku 2014/2015

Agrometeor. rok 2014/2015		Průměrná měsíční teplota vzduchu (°C)		Hodnocení		Měsíční úhrn srážek (mm)		Hodnocení	
		N	T	Δt	teplotní	N	S	%	srážkové
2014	Říjen	7,9	9,7	1,8	teplý	35,2	63	179	vlhký
	Listopad	2,7	5,5	2,8	silně teplý	36,2	9	25	silně suchý
	Prosinec	-1,0	1,5	2,5	teplý	35,4	43	121	normální
2015	Leden	-2,8	0,8	3,6	silně teplý	32,5	56	172	silně vlhký
	Únor	-1,1	-0,9	0,2	normální	30,7	26	85	normální
	Březen	2,6	3,5	0,9	normální	34,4	30	87	normální
Chladný půlrok		1,4	3,4	2	mimořádně teplý	204	227	111	normální
2015	Duben	7,4	7,6	0,2	normální	41,4	17	41	suchý
	Květen	12,6	12,1	-0,5	normální	66,9	70	105	normální
	Červen	15,8	15,9	0,1	normální	79,3	76	96	normální
	Červenec	17,3	20,8	3,5	mimořádně teplý	68,4	29	42	suchý
	Srpen	16,6	21,1	4,5	mimořádně teplý	72,7	35	48	suchý
	Září	12,9	12,7	-0,2	normální	45,6	31	68	normální
Teplý půlrok		13,8	15,0	1,2	teplý	374	258	69	suchý
Průměr		7,6	9,2	1,6	mimořádně teplý	578	485	84	suchý

(Klír, 2006)

N = Standardní klimatologický normál – dlouhodobý normál teploty vzduchu (1961–1990), meteorologická stanice Tábor (°C)

T = teplota vzduchu na stanovišti (°C)

N = Standardní klimatologický normál – dlouhodobý srážkový normál (1961-1990), meteorologická stanice Tábor (mm)

S = úhrn srážek na stanovišti (mm)

Vývoj meteorologické situace na území ČR v roce 2015 dle ČHMÚ

Sucho v létě 2015, které postihlo území ČR, se zařadilo mezi historicky významné epizody sucha na našem území. Srážkový deficit se v ČR začal projevovat již v roce 2014 a od února 2015 pozvolna pokračoval i v průběhu jarních měsíců a do konce srpna vzrostl na 150 mm. Na začátku léta už byla krajina poměrně vysušená a

situaci postupně zhoršovaly i opakující se vlny veder, některé extrémní a trvající řadu dní po sobě. Rozložení tlakových útvarů a zejména rozsáhlé a obnovující se tlakové výše přispívaly k tomu, že se do střední Evropy nedostával dostatečně vlhký vzduch z okolních moří a z oceánu. Frontální systémy, které se dostaly nad území ČR, neměly dostatečnou vlhkost pro vývoj bouřek. Nízká relativní vlhkost vzduchu a málo oblačnosti na vrcholu léta přispívaly i k celkově většímu výparu, čímž se dále prohluboval nedostatek vody v krajině (ČMHÚ, 2015).

Průměrná teplota letních měsíců (červen až srpen) dosáhla pro území ČR hodnoty 19,2 °C, jedná se o druhé nejteplejší léto od roku 1961. Velmi teplé léto bylo spojeno s výskytem horkých vln. První horká vlna byla zaznamenána začátkem července v období 1.–8. 7. Po mírném poklesu teploty následovala druhá horká vlna. Období s velmi vysokou teplotou nastalo mezi 16.–25. 7. Další velmi výrazná horká vlna jak délkou, tak intenzitou nastala začátkem srpna. Mimořádně teplé období přetrvávalo po dobu 14 dní (3.–16. 8.) na celém území ČR (ČMHÚ, 2015).

4.3 Technologie pěstování

Na jaře roku 2014 byla chmelnice osázena odrůdou Sládek (zdravotní třída virus tested – VT), na podzim téhož roku odrůdou ŽPČ – Osvaldův klon 114 (VT) a odrůdou Kazbek (VT).

Pro prvních 50 sazenic odrůdy Sládek byla zvolena konstrukce chmelnice podobná staročeskému pěstování chmele na tyčích. Proto byla chmelnice osázena stabilními kovovými zatloukacími klíny s osazením na dřevěnou tyčovinu o průměru paty 100 mm a délce 5 500 mm, ke každé babce 1 tyč. Vznikl ovšem problém se zaváděním chmele. Ten se neochotně pnul po tyči o takto velkém průměru. Problém byl vyřešen již v průběhu vegetace provizorním namontováním natloukacích kramlí podél tyčoviny. Chmel byl tímto opatřením zachráněn, ale sklizeň probíhala česáním hlávek ve výšce z plošiny.

Dalších 50 ks sazenic odrůdy ŽPČ a 50 ks odrůdy Kazbek se již zavádělo na drát zavěšený na konstrukci, kde mezi sloupy vzdálenými od sebe 5 000 mm bylo vypnuté lano.

Všechna tato řešení byla jen provizorní, ve snaze vyzkoušet kvalitu a výnos chmele. Na podzim roku 2015 byla vystavěna tradiční vysoká chmelnicová konstrukce o výměře 0,15 ha. Nová chmelnice byla osázena odrůdou ŽPČ, Kazbek a Rubín.

Příprava půdy před výsadbou chmele:

- hluboké zpracování půdy (podrývání 35–40 cm),
- hnojení organickými a minerálními hnojivy (pod každou sazenici: 5 kg chlévského hnoje, 3 kg rašelinového substrátu a 0,05 kg Amofosu).

Hnojení v průběhu vegetace:

- digestát v dávce cca 40 t/ha, zapraven po plošné aplikaci.

Aplikace pesticidů v průběhu vegetace:

- v průběhu vegetace byly aplikovány následující fungicidy a insekticidy (tabulka č. 4).

Tabulka č. 4: Aplikace pesticidů v průběhu vegetace

Datum	Přípravek	Účinná látka	Choroba/škůdce
22. 6.	Ortiva	Azoxystrobin	Peronospora chmelová
18. 7. a 10. 8.	Kuprikol 50	Oxichlorid mědi	Peronospora chmelová
20. 6. a 18. 7.	Ortus 5 SC	Fenpyroximate	Sviluška chmelová

4.4 Charakteristika hodnocených odrůd

4.4.1 Žatecký poloraný červeňák (Saaz)

Nejrozšířenější odrůdou v ČR je Žatecký poloraný červeňák (ŽPČ), který se v současné době pěstuje v několika klonech v ozdravené či neozdravené formě. ŽPČ byl získán klonovou selekcí v původních porostech v Žatecké a Ústecké oblasti a je pěstován v devíti klonech: Osvaldův klon 31 (1952), Osvaldův klon 72 (1952), Osvaldův klon 114 (1952), Sirem (1969), Blato (1974), Lučan (1974), Zlatan (1976) Podlešák (1989), Blšanka (1993). Jednotlivé klony a formy se od sebe částečně liší v obsahu alfa hořkých kyselin, ale skladba chmelových pryskyřic a silic je stejná. Výborné pivovarské vlastnosti ŽPČ byly využity i při šlechtění nových hybridních odrůd chmele. V genetickém základu odrůd Sládek, Bor, Premiant, Agnus a v nových

odrodních Saaz Late a Bohemie je v různém poměru zastoupena tato tradiční česká odrůda (Chmelařský institut, 2014).

Rostlina ŽPČ má středně mohutný vzrůst. Tvar chmelového keře je pravidelně válcovitý. Počet výhonů vyrůstajících z podzemní části rostliny je vysoký (30–40). Plodonosné pazochy jsou krátké až střední, nízko nasazené. Barva révy je zelenočervená, síla révy 9–11 mm. Chmelové hlávky jsou střední až dlouze vejčité, hustě nasazené. Vřetenko je jemné, pravidelné (Nesvadba *et al.*, 2013).

Žatecký poloraný červeňák je středně raná odrůda s délkou vegetační doby 122–128 dní. Řez chmele se provádí v druhé dekádě dubna. Sklizeň je možno provádět v delším časovém období a při mechanizované sklizni vykazuje velmi dobrou česatelnost. Výnos se pohybuje v rozmezí 0,8–1,5 t.ha⁻¹ (Nesvadba *et al.*, 2013).

Vůně chmelových hlávek je charakterizována jako standard kvality. Jedná se o pravou, jemnou chmelovou vůni. Bylinný charakter vůně je nízký, převažuje složka kořeněná a citronová (Nesvadba *et al.*, 2013).

ŽPČ je vhodný na závěrečné chmelení převážně spodně kvašených piv (např. typů Pilsener) českých nebo bavorských ležáků, kde vynikne jeho typické, mimořádně jemné chmelové aroma s velmi jemnou vyváženou hořkostí. K tomuto použití byla odrůda původně šlechtěna. Je vhodná též na studené chmelení výše zmíněných druhů piv (Hop product, 2013).

4.4.2 Sládek

Odrůda Sládek byla získána výběrem z hybridního potomstva šlechtitelského materiálu, kde v původu jsou odrůdy Northern Brewer (odrůda s vysokým obsahem alfa kyselin, původem z Anglie, nyní pěstována v Německu, Belgii, Španělsku a USA) a Žatecký poloraný červeňák. Název získal pro svůj znamenitý vliv na vyváženou hořkost a příjemné chmelové aroma v pivu. Jako perspektivní hybridní genotyp byl registrován v roce 1987 pod názvem VÚCH 71 a od roku 1994 je registrován pod názvem Sládek (Nesvadba *et al.*, 2013).

Rostlina Sládka má mohutný vzrůst válcovitého až kyjovitého tvaru. Počet výhonů vyrůstajících z podzemní části rostliny je nízký (8–12). Plodonosné pazochy jsou středně dlouhé až dlouhé, středně až vysoko nasazené. Barva révy je zelená, síla révy 11–13 mm. Chmelová hlávka je středně až dlouze vejčité, v bazální části

čtyřboká, špičky krycích listenů jsou mírně odkloněné od hlávky. Vřetenko má jemné (Nesvadba *et al.*, 2013).

Sládek je pozdní odrůda s vegetační dobou 133–140 dnů. Řez chmele je časný, provádí se ve třetí dekádě března. Rostlina má v průběhu vegetace vysoké nároky na vodu. Sklizeň je možno provádět v delším časovém období, česitelnost je snižená v důsledku hustého nasazení hlávek. Nestejnoměrné dorůstání hlávek způsobuje zvýšené nároky na sušení. Výnos se pohybuje v rozmezí 1,8–2,5 t.ha⁻¹ (Nesvadba *et al.*, 2013).

Vůně chmelových hlávek je jemná, chmelová. Ve vůni převažuje ovocná, kořenitá a citronová složka (Nesvadba *et al.*, 2013).

Sládek je po ŽPČ jednou z nejoblíbenějších odrůd nejen v českém pivovarnictví. Je vhodný na druhou polovinu nebo celé chmelení spodně kvašených pív, u vrchně kvašených pív i na závěrečné chmelení. Je vhodný i pro „single hopped beers“. Pivům dává jemnou a vyváženou hořkost (Hop product, 2013).

4.4.3 Kazbek

Kazbek byl získán výběrem z potomstva hybridního materiálu, kde je v původu ruský planý chmel. Tato odrůda získala název po hoře Kazbek, která je nejvyšší horou středního Kavkazu. Kazbek byl zaregistrován v roce 2008 (Nesvadba *et al.*, 2013).

Rostlina Kazbeku je mohutného vzrůstu, válcovitého až kyjovitého tvaru. Počet výhonů vyrůstajících z podzemní části rostliny je vysoký (30–40). Plodonosné pazochy jsou až 2 m dlouhé, nízko až středně vysoko nasazené. Barva révy je červenozelená, síla révy 12–15 mm. Chmelové hlávky jsou podlouhlé, hustě až velmi hustě nasazené. Špičky krycích listenů jsou odkloněné od chmelové hlávky. Vřetenko je pravidelné (Nesvadba *et al.*, 2013).

Kazbek je pozdní odrůda s délkou vegetační doby 134–141 dnů. Řez chmele je časný, provádí se ve třetí dekádě března. Sklizeň je možno provádět v delším časovém období, česitelnost je při mechanizované sklizni dobrá. Výnos hlávek se pohybuje v rozmezí 2,1–3,0 t.ha⁻¹ (Krofta *et al.*, 2014).

Odrůda Kazbek je charakteristická „netypickým chmelovým aroma“. Velmi výraznou specifickou vůní je vůně citronová. Jde o velice intenzivní vůni, která je výrazně odlišná od vůně chmelové (Nesvadba *et al.*, 2013).

Kazbek je vhodný na studené chmelení spodně i vrchně kvašených piv, kde vynikne jeho silné aroma. Svoje využití našel i u piv typu IPA (Bohemia Hop, 2013).

4.5 Chemotaxonomická charakteristika odrůd

Chemotaxonomická charakteristika odrůd (ŽPČ, Sládek, Kazbek) znázorněna v následujících tabulkách.

Tabulka č. 5: Chmelové pryskyřice

Chmelové pryskyřice	ŽPČ	Sládek	Kazbek
Celkové pryskyřice (% hm.)	13–20	17–24	17–22
Alfa kyseliny (% hm.)	2,5–4,5	4,5–8	5–8
Beta kyseliny (% hm.)	4–6	4–7	4–6
Poměr alfa/beta kyselin	0,6–1	0,7–1,3	0,9–1,5
Kohumulon (% rel.)	23–26	23–30	35–40
Kolupulon (% rel.)	39–43	44–50	57–62

(Nesvadba *et al.*, 2012)

Tabulka č. 6: Chmelové polyfenoly

Chmelové polyfenoly	ŽPČ	Sládek	Kazbek
Celkové polyfenoly (% hm.)	5,5–7	3,5–5	3,5–4,5
Xanthohumol (% hm.)	0,3–0,5	0,5–0,75	0,3–0,45
DMX (% hm.)	0,05–0,12	0,1–0,2	0,1–0,2

(Nesvadba *et al.*, 2012)

Tabulka č. 7: Chmelové silice

Chmelové silice	ŽPČ	Sládek	Kazbek
Obsah silic (g/100 g)	0,4–0,8	1–2	0,9–1,8
Isobutylisobutyrate (% rel.)	< 0,01	0,05–0,13	0,15–0,25
Alfa a beta-pinen (% rel.)	0,4–0,8	0,5–0,8	0,5–0,9
Myrcen (% rel.)	25–40	35–50	40–55
2-methylbutylisobutyrate (% rel.)	< 0,01	0,2–0,5	0,6–1,25
Limonen (% rel.)	0,1–0,2	0,1–0,15	0,15–0,2
Linalool (% rel.)	0,4–0,6	0,15–0,3	0,3–0,5

Geraniol (% rel.)	0,1–0,2	0,1–0,25	0,05–0,2
2-undekanon (% rel.)	0,5–0,9	0,6–1,25	0,1–0,25
Metyl-4-decenoát (% rel.)	1–1,75	1–1,5	0,5–1
Beta-karyofylen (% rel.)	6–9	9–14	10–15
Beta-farnesen (% rel.)	14–20	< 1	< 1
Alfa-humulen (% rel.)	15–30	20–40	20–35
Alfa a beta-selinen (% rel.)	0,5–1,5	0,5–1,5	1–3

(Nesvadba *et al.*, 2012)

4.6 Mechanický rozbor chmele

Anatomická stavba chmelových hlávek umožňuje hodnocení několika parametrů, které charakterizují jejich velikost, hmotnost a tvar (hmotnost 100 suchých hlávek, hmotnost 100 suchých větének, podíl větének na hmotnosti hlávek, průměrná délka věténka u suchých hlávek, těžkost chmele, hustota hlávky, průměrný počet článků na věténku). Tyto zkoušky se takřka výhradně využívají k charakterizaci novošlechtěných chmelů. V praxi se při hodnocení kvality chmele nejčastěji používají tři mechanické zkoušky, obsah cizích a biologických příměsí, obsah semen a míra rozplevení hlávek. Mechanický rozbor byl proveden dle metodik od Krofity (2008), Nesvadby *et al.* (2010), Nesvadby (2013), Nesvadby *et al.* (2013) a Basařové *et al.* (1993).

4.6.1 Průměrná hmotnost 100 suchých hlávek

Zjišťuje se hmotnost 100 suchých hlávek. Hlávky se po odstranění stopek a listenů zváží s přesností na 0,01 g. Hmotnost hlávek se obvykle pohybuje v rozmezí 12–14 g (ŽPČ), 13–16 g (Sládek) a 13–16,5 g (Kazbek).

4.6.2 Průměrná hmotnost 100 suchých větének

Z odvážených 100 hlávek chmele se odstraní všechny pravé a krycí listeny a získaná věténka se zváží s přesností na 0,01 g. Hmotnost větének se obvykle pohybuje v rozmezí 1,4–1,6 g (ŽPČ), 1,2–1,6 g (Sládek) a 1,3–1,6 g (Kazbek).

4.6.3 Procentický podíl vřetének na hmotnosti hlávek

Podíl vřetének se nejčastěji pohybuje v rozmezí 11–12 % (ŽPČ), 9–11 % (Sládek) a 8–10,5 % (Kazbek). Výsledek se vypočte dle následujícího vzorce.

$$x = \frac{\text{hmotnost vřetének} \cdot 100}{\text{hmotnost 100 hlávek}}$$

4.6.4 Průměrná délka vřeténka u suchých hlávek

U každého vřeténka se změří délka, zjištěné údaje se sečtou a vydělí 100. Délka vřeténka se nejčastěji pohybuje v rozmezí 16–19 mm (ŽPČ), 16–21 mm (Sládek) a 13–16 mm (Kazbek).

4.6.5 Těžkost chmele

Těžkost chmele je číslo vyjadřující, kolik by vážila hlávka s vřeténkem dlouhým 100 mm. Hodnoty se nejčastěji pohybují v rozmezí 0,6–0,8 (ŽPČ), 0,7–0,8 (Sládek) a 0,9–1,2 (Kazbek). Ze získaných dat průměrné délky vřeténka a hmotnosti 100 hlávek se vypočte těžkost chmele pomocí následujícího vzorce.

$$x = \frac{\text{hmotnost 100 hlávek}}{\text{průměrná délka vřeténka}}$$

4.6.6 Průměrný počet článků na vřeténku

Stanoví se počet článků na vřeténku, údaje se sečtou a vydělí 100. Počet článků se obvykle pohybuje v rozmezí 8–9 ks (ŽPČ), 7–9 ks (Sládek) a 8–11 ks (Kazbek).

4.6.7 Hustota zalomení na vřeténku

Hustota zalomení na vřeténku udává, kolik článků připadá v průměru na 10 mm délky vřeténka. Hodnoty se pohybují nejčastěji v rozmezí 4,7–5 (ŽPČ), 4,1–5 (Sládek) a 5,5–6,5 (Kazbek). Na základě průměrné délky vřeténka a počtu článků vypočteme hustotu zalomení na vřeténku pomocí následujícího vzorce.

$$x = \frac{\text{průměrný počet článků} \cdot 10}{\text{průměrná délka vřeténka}}$$

4.6.8 Stanovení cizích a chmelových příměsí v hlávkovém chmelu metodami ČSN 46 2520-4 a ČSN 46 2520-5

Podstata zkoušky

Hmotnost cizích (kameny, drát, provázky atd.) a chmelových příměsí (všech částí chmelové révy, listů, řapíků listů) zjistíme ve vzorku chmelových hlávek ručním vytříděním. Výsledek se vyjadřuje jako hmotnostní podíl v původním množství zkoumaného vzorku v procentech (Krofta, 2008).

Laboratorní zařízení

Analytické váhy s přesností na 0,1 g, plastová miska, měřítko s dělením na 1 mm, pinzeta.

Pracovní postup

Nejprve se odváží vzorek chmele o hmotnosti 100 g. Z laboratorního vzorku se nejdříve odstraní cizí příměsí. Poté se vzorek převáží s přesností na 0,1 g a rozprostře na modrý papír. Postupně se vybírají pomocí pinzety všechny chmelové příměsí i části stopek hlávek delší než 25 mm. Vybrané chmelové příměsí se nakonec zváží a stanoví se jejich hmotnostní podíl (Krofta, 2008).

Výpočet

Obsah cizích příměsí se vypočte z následujícího vzorce.

$$\text{CP (\% hm.)} = \frac{100 \cdot m_2}{m_1}$$

CP = obsah cizích příměsí ve chmelu (% hm.)

m_2 = hmotnost cizích příměsí ve vzorku (g)

m_3 = hmotnost původního vzorku

Obsah biologických příměsí se vypočte z následujícího vzorce.

$$\text{BP (\% hm.)} = \frac{100 \cdot m_3}{m_4}$$

BP = obsah biologických příměsí ve chmelu (% hm.)

m_3 = hmotnost biologických příměsí ve vzorku (g)

m_4 = hmotnost vzorku po odstranění cizích příměsí (g)

Cizí příměsí se běžně ve chmelu nevyskytují na rozdíl od příměsí biologických, kterých ve špatně očesaném chmelu může být 5 a více %. Většina chmelů obsahuje chmelové příměsí v množství do 3 % hmotnosti (Krofta, 2008).

4.6.9 Rozplevení hlávek dle ČSN 46 2520-6

Podstata zkoušky

Rozplevené části hlávek jsou volné pravé i krycí listeny, věténka a stopky, které při prosévání sítím s definovanou velikostí ok propadnou. K rozplevování chmele dochází nejčastěji při přesušení, kdy se hlávky stávají křehkými a při mechanickém namáhání se snadno rozpadají. K přesušení malých hlávek dochází například při nevyrovnané velikosti chmele. Optimální vlhkost při posuzování rozplevení hlávek je 10–12 %. Podstatou zkoušky je stanovení hmotnostního podílu volných součástí hlávky na sítu s velikostí ok 10×10 mm (Krofta, 2008).

Laboratorní zařízení

Analytické váhy s přesností na 0,1 g, kruhové síto o průměru cca 500 mm (velikost čtvercových ok 10×10 mm), tmavomodrý papír o ploše 0,5 m².

Pracovní postup

Vzorek o hmotnosti 100 g, z něhož byly odstraněny cizí a chmelové příměsí, se zváží s přesností na 0,1 g. Poté se odvážený chmel vysype na síto podložené papírem. Jemným rotačním pohybem se prosévají volné části hlávek. Doba prosévání je závislá na obsahu volných částí hlávek na sítu. Po skončení prosévání se z podílu pod sítím vyberou neporušené hlávky, které propadly při prosévání a vrátí se k podílu na sítu. Část vzorku pod sítím se zváží s přesností na 0,1 g (Krofta, 2008).

Výpočet

Hmotnostní podíl rozplevených hlávek v hmotnostních procentech se vypočte z následujícího vzorce.

$$R (\% \text{ hm.}) = \frac{100 \cdot m_2}{m_1} - 5$$

R = hmotnostní podíl rozplevených hlávek (% hm.)

m_2 = hmotnostní podíl vzorku pod sítím (g)

m_1 = hmotnostní původního vzorku před proséváním (g)

Od výsledného podílu se odečte 5 % jako korelace na rozplevení způsobené odběrem vzorku (Krofta, 2008).

4.7 Chemický rozbor chmele

4.7.1 Stanovení vlhkosti chmele dle ČSN 46 2520-3

Stanovení obsahu vody ve chmelu je jedním ze základních analytických parametrů chmele. Při vysokém obsahu vody (více než 15 %) vzniká nebezpečí znehodnocení chmele zapařením. Při nízkém obsahu vody (méně než 6 %) se stává chmelová hlávka křehkou a snadno se při mechanických manipulacích rozpadá, což je nežádoucí. Za optimální obsah vody v sušeném chmelu lze považovat 10–11 %. Z výše uvedených důvodů pěstitelé před lisováním suchého chmele do žoků nebo hranolů kontrolují vlhkost chmele, která nesmí překročit 12 % (Krofta, 2008; Basařová *et al.*, 1993).

Podstata zkoušky

Obsah vody ve vzorku chmele se stanoví sušením určitého množství mletého chmele v sušárně za přesně definovaných podmínek. Z rozdílů hmotnosti chmele před a po sušení se stanoví vlhkost vzorku (Krofta, 2008).

Laboratorní zařízení

Mlýnek na chmel, analytické váhy s přesností na 0,01 g, elektrická sušárna s termostatem a nuceným oběhem vzduchu, exikátor se silikagelem, hliníková miska o průměru 5–7 cm a výšce 3 cm s dobře přiléhajícím víčkem.

Pracovní postup

Do hliníkové misky se odváží 5–10 g mletého chmele. Miska s odváženým vzorkem se poté vloží (bez víčka) do sušárny předem vytemperované na 105 °C. Vzorek se suší po dobu 1 hodiny při teplotě 105 °C. Po uplynutí této doby se miska

s vysušenou chmelovou drtí uzavře víčkem a vloží do exikátoru. Po vychladnutí se miska zváží (Krofta, 2008).

Výpočet

Obsah vody ve vzorku se vypočte z následujícího vzorce (Krofta, 2008).

$$W (\% \text{ hm.}) = \frac{100 \cdot (m_1 - m_2)}{m_1}$$

W = vlhkost chmele v % hmotnosti

m_1 = hmotnost vzorku před sušením (g)

m_2 = hmotnost vzorku po usušení (g)

4.7.2 Stanovení konduktometrické hodnoty chmele metodou EBC

7.4

Podstata zkoušky

Hořké látky jsou z chmele extrahovány toluenem v laboratorním extraktoru. Konduktometrická hodnota chmele se stanoví konduktometrickou titrací roztokem octanu olovnatého (Krofta, 2008).

Laboratorní zařízení

Mlýnek na chmel, analytické váhy s přesností na 0,01 g, laboratorní extraktor, konduktometr, vývěva, skleněné lahve o objemu 250 ml, odměrné baňky o objemu 100 a 1 000 ml.

Chemikálie

Toluen, methanol, kyselina octová, octan olovnatý, kyselina sírová, hydroxid sodný, Chelaton III.

Příprava methanolickeho roztoku octanu olovnatého: v odměrné baňce o objemu 1 000 ml se rozpustí 20 g octanu olovnatého v methanolu, v průběhu rozpouštění se přidá 0,5 ml ledové kyseliny octové. Objem baňky se po rozpouštění doplní methanolem po rysku (Krofta, 2008).

Pracovní postup

Příprava vzorku

Do 200 ml skleněné láhve se naváží přesně 10 g mletého chmele a přidá se z automatického dávkovače 100 ml toluenu. Láhev se uzavře a 8 minut extrahuje v laboratorním extraktoru při otáčkách 6 000 až 10 000 otáček za minutu dle typu extraktoru. Poté se obsah baňky nechá v klidu stát 10–15 minut, aby se pevný podíl usadil u dna (Krofta, 2008).

Konduktometrická titrace

Nejprve se odpipetuje 15 ml čirého toluenového extraktu do vysoké 100 ml kádinky a přidá se 50 ml methanolu. Obsah kádinky se důkladně promíchá a poté je roztok připraven k titraci. Před vlastní titrací je nutné přesvědčit se, zda jsou elektrody ponořeny do roztoku a míchadlo je seřízeno tak, aby se mezi elektrody nedostávaly bublinky vzduchu. Pokud nejsou elektrody ponořeny, přidá se methanol. Vlastní titrace se provádí přidávkem methanolového roztoku octanu olovnatého. Titruje se nejméně 1 ml za bod ekvivalence. Titrační křivka se vyhodnotí tak, že oběma rameny titrační křivky se proloží přímkou. Průsečík obou přímek je bod ekvivalence, kterému odpovídá určitý objem spotřebovaného titračního činidla (Krofta, 2008).

Výsledek

Konduktometrická hodnota (KH) chmele se vyjadřuje v % hmotnostních na jedno až dvě desetinná místa (Krofta, 2008).

$$\text{KH (\% hm.)} = \frac{12,60 \cdot V \cdot T}{W}$$

V = objem titračního činidla v bodě ekvivalence (ml)

T = titr octanu olovnatého

W = navážka vzorku (g)

12,60 = stechiometrická konstanta

Titration octanu olovnatého (T) se přesně stanoví konduktometrickou titrací 4 ml zředěného roztoku kyseliny sírové v cca 40 ml toluenu roztokem octanu olovnatého (Krofta, 2008).

$$T = \frac{2 \cdot 1,897}{S}$$

S = objem titračního činidla v bodě ekvivalence (ml)

1,897 = stechiometrická konstanta

4.7.3 Stanovení alfa a beta kyselin metodou EBC 7.7 (HPLC)

Podstata zkoušky

Alfa a beta kyseliny jsou z chmele extrahovány směsí diethylether-methanol a zředěným roztokem kyseliny chlorovodíkové. Chmelové pryskyřice, vyextrahované do etherové fáze, se dělí na chromatografické HPLC koloně s reverzní fází a jejich jednotlivé frakce jsou detekovány při vlnové délce 314 nm (Krofta, 2008).

Laboratorní zařízení

Mlýnek na chmel, analytické váhy s přesností na 0,1 mg, třepačka, skleněné láhve s těsným šroubovacím uzávěrem o objemu 250 ml, ultrazvuková lázeň, analytická HPLC kolona Nucleosil 250 × 4 mm, RP C₁₈, 5 μm (Macherey-Nagel), kapalinový chromatograf vybavený UV detektorem s počítačovou datastanicí.

Chemikálie

Diethylether (prostý peroxidů), methanol, kyselina fosforečná, mobilní fáze připravená smíšením methanolu, vody a kyseliny fosforečné v poměru 900 : 180 : 5, chmelový extrakt o standardním složení jako vnější standard se známým obsahem hořkých kyselin.

Pracovní postup

Příprava kalibračního roztoku chmelového extraktu

Kalibrační extrakt pro stanovení alfa a beta kyselin kapalinovou chromatografií pod označením ICE-3 (International Calibration Extract 3) lze zakoupit u společnosti Labor Veritas. Vzorek extraktu se nejprve zhomogenizuje. Odváží se takové množství extraktu, které obsahuje přibližně 0,5 g veškerých pryskyřic. Odvážený extrakt (m_{cs}) se vloží do 50 ml kádinky, přidá se 30 ml methanolu a rozpustí se ponořením kádinky do ultrazvukové lázně. Získaný roztok se kvantitativně převede do 100 ml odměrné

baňky a doplní methanolem po rysku. Obsah baňky se důkladně promíchá. Poté se odpipetuje 10 ml roztoku do další odměrné baňky o objemu 50 ml, doplní se methanolem po rysku a pečlivě se promíchá. Vzorek je tak připraven pro chromatografické stanovení. Roztok kalibračního standardu je stabilní minimálně po dobu 1 měsíce, pokud je skladován v mrazicím boxu při teplotě -18 °C. Kalibrace musí být provedena alespoň dvakrát a to před a po měření souboru vzorků (Krofta, 2008).

Příprava chmelového roztoku

Naváží se 10 g jemně mletého chmele (m_s) do 250 ml skleněné láhve. Přidá se 20 ml methanolu, 100 ml dietyleru a 40 ml kyseliny chlorovodíkové. Láhev se pevně uzavře a obsah se intenzivně třepe na třepačce po dobu 40 minut. Poté se nechá láhev 10 minut v klidu stát, aby se fáze oddělily. Z horní etherové fáze se odpipetuje 5 ml do odměrné baňky o objemu 50 ml a doplní se methanolem po rysku. Obsah baňky se opatrně promíchá a zfiltruje. Roztok je poté připraven k chromatografické analýze. Vzorky musí být uchovávány při nízkých teplotách a chráněny před světlem. Roztok je stabilní po dobu 24 hodin (Krofta, 2008).

Chromatografické stanovení

Průtok mobilní fáze se nastaví na 0,8 ml/minutu, UV detektor na 314 nm a teplota termostatu na 40 °C. Zkontroluje se správná funkce celého systému. Objem nástřiku vzorku je 10 μ l. Chromatografická kolona se před nástřikem prvního vzorku ekvilibruje průtokem mobilní fáze až do ustálení linie základní čáry, tj. přibližně 30 minut. Po ekvilibraci kolony se provede nástřik prvního vzorku. Analýza hořkých kyselin trvá přibližně 20 minut. Eluční systém rozděluje hořké kyseliny na 4 složky: kohumulon, humulon a adhumulon, kolupulon, lupulon a adlupulon. V uvedeném pořadí se postupně eluují v přibližných časech od 8. do 20. minuty (Krofta, 2008).

Výsledky

Obsah jednotlivých složek kohumulonu, humulonů a adhumulonů, kolupulonů, lupulonů a adlupulonů se vypočte z ploch elučních pásů jednotlivých analogů hořkých kyselin ve vzorku kalibračního extraktu a vzorku chmele z následujícího vztahu (Krofta, 2008).

$$c_i (\% \text{ hm.}) = \frac{F \cdot m_{CS} \cdot c_{iC} \cdot A_i}{m_S \cdot A_{iC}}$$

c_i = koncentrace složky i ve vzorku vyjádřená v % hm.

F = faktor ředění, hlávkový chmel ($F = 2$)

m_{CS} = hmotnost kalibračního extraktu (g)

c_{iC} = koncentrace složky i v kalibračním extraktu vyjádřená v % hm.

A_i = plocha elučního pásu složky i ve vzorku

m_S = hmotnost vzorku (g)

A_{iC} = plocha elučního pásu složky i v kalibračním roztoku

Celkový obsah alfa kyselin se vyjádří jako hmotnostní podíl součtu obsahu jednotlivých analogů alfa kyselin, kohumulonu, humulonů a adhumulonů. Stejným způsobem se vyjádří i celkový obsah beta kyselin jako součet obsahu kolupulonů, lupulonů a adlupulonů. Obsah alfa a beta kyselin se vyjadřuje v hmotnostních procentech na jedno či dvě desetinná místa (Krofta, 2008).

4.7.4 Stanovení celkových polyfenolů metodou EBC 9.2

Princip metody

Polyfenoly reagují se železitými ionty v alkalickém roztoku za vzniku červeného barevného komplexu, jehož intenzita se měří spektrofotometricky při vlnové délce 600 nm (Basařová *et al.*, 1993).

Laboratorní zařízení

Mlýnek na chmel, analytické váhy s přesností na 0,01 g, spektrofotometr, laboratorní třepačka a další laboratorní sklo a pomůcky.

Chemikálie

Příprava roztoku CMC/EDTA: 10 g CMC (karboxymethylcelulosa) a 2 g EDTA (ethylendiamintetraacetátdisodný) se rozpustí v destilované vodě v odměrné baňce o objemu 1 000 ml. Roztok je stálý cca 1 měsíc (Basařová *et al.*, 1993).

Příprava roztoku citrátu železitoamonného: 3,5 g citrátu železitoamonného se rozpustí v destilované vodě v odměrné baňce o objemu 100 ml. Roztok je stálý cca 1 týden (Basařová *et al.*, 1993).

Příprava roztoku amoniaku: 1 díl koncentrovaného amoniaku a 2 díly destilované vody (Basařová *et al.*, 1993).

Pracovní postup

Do odměrné baňky o objemu 500 ml se kvantitativně převede 10 g mletého chmele a rozmíchá se ve 400 ml destilované vody. Hrdlo baňky se volně přiklopí malou kádinkou a baňka se za občasného promíchání udržuje 2 hodiny ve vroucí vodní lázni. Po volném ochlazení se objem baňky doplní na 500 ml destilovanou vodou a jako náhrada za objem hmoty se přidá ještě 5 ml destilované vody. Veškerý obsah baňky se řádně promíchá a zfiltruje. Z čirého filtrátu se odpipetuje 50 ml do odměrné baňky o objemu 250 ml a doplní se destilovanou vodou po rysku. Po řádném promíchání slouží tento výluh chmelových polyfenolických látek k vlastnímu stanovení (Basařová *et al.*, 1993).

Vlastní stanovení

Do odměrné baňky o objemu 25 ml se k 10 ml chmelového výluhu přidá 8 ml roztoku CMC/EDTA a 0,5 ml roztoku citrátu železitoamonného. Po důkladném promíchání se přidá 0,5 ml amoniaku, promíchá se a doplní destilovanou vodou po rysku. Za 10 minut se změří absorbance v 1ml kyvetách při vlnové délce 600 nm proti slepému pokusu. Ke slepému pokusu se odpipetuje 10 ml chmelového výluhu, 8 ml roztoku CMC/EDTA, 0,5 ml zředěného roztoku amoniaku a po důkladném promíchání se doplní destilovanou vodou po rysku (Basařová *et al.*, 1993).

Výpočet

Obsah celkových polyfenolů ve vodném výluhu chmele se vypočte dle následujícího vzorce (Basařová *et al.*, 1993).

$$CP \text{ (mg.l}^{-1}\text{)} = 820 \cdot A_{600}$$

CP = celkové polyfenoly (mg.l⁻¹)

A₆₀₀ = rozdíl absorbancí zkoumaného vzorku a slepého pokusu

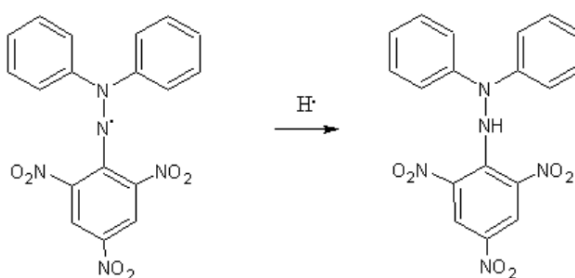
Výsledek se přepočte na hmotnostní procenta a udává se na dvě desetinná místa.

4.7.5 Stanovení antioxidační aktivity metodou DPPH

Princip metody

Principem stanovení je reakce vzorku chmele se stabilním radikálem DPPH (difenylpikrylhydrazyl). Při reakci s antioxidantem dochází k redukci radikálu (obrázek č. 6) a vzniká DPPH-H (difenylpikrylhydrazin). Reakce je sledována spektrofotometricky. DPPH v methanolu má intenzivní fialové zbarvení, které je způsobeno nepárovým elektronem na dusíku hydrazylu a je měřitelné při 515–520 nm. Působením antioxidantů se intenzita jeho zbarvení snižuje, redukováná forma DPPH-H je bezbarvá až nažloutlá. Rychlost a míra odbarvení jsou úměrné antioxidační aktivitě vzorku. U metody DPPH jsou hodnoty antioxidační aktivity nižší (oproti metodě ABTS, kde činidlo reaguje se všemi látkami vykazujícími antioxidační aktivitu), protože nereaguje s prenylovanými flavonoidy a některými dalšími polyfenolickými látkami (Paulová *et al.*, 2004).

Obrázek č. 6: Redukce radikálu DPPH na DPPH-H



(Riedelová, 2012)

Laboratorní zařízení

Mlýnek na chmel (planetový kulový mlýn Fritsch Pulverisette 6), spektrofotometr Bio Mate 5 (Thermo Spectronic), analytické váhy s přesností na 0,0001 g, třepačka, centrifuga Rotina 420 R (Hettich), inkubátor, odměrné baňky o objemu 100 ml, plastové zkumavky se šroubovým uzávěrem a další laboratorní potřeby.

Chemikálie

Syntetický radikál DPPH (1,1-difenyl-2-(2,4,6-trinitrofenyl)hydrazyl), Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-karboxylová kyselina) methanol, ethanol, destilovaná voda.

Pracovní postup

Příprava zásobního roztoku radikálu DPPH

Do odměrné baňky o objemu 100 ml se kvantitativně převede 0,025 g radikálu DPPH a rozpustí se v methanolu, doplní se po rysku. Roztok se poté uloží do chladničky do tmy.

Příprava kalibračních roztoků standardu Troloxu

Do odměrné baňky o objemu 100 ml se kvantitativně převede 0,0501 g Troloxu a rozpustí se v 80% methanolu (20 ml destilované vody, 80 ml CH₃OH), doplní se po rysku.

Pipetuje se do plastových zkumavek (tabulka č. 8):

Tabulka č. 8: Kalibrační řada standardu Troloxu

TROLOX (mikrolitry µl)	Methanol (mikrolitry µl)	Koncentrace roztoku (mmol/l)
0	500	0,0
25	475	0,1
50	450	0,2
75	425	0,3
100	400	0,4
150	350	0,6
200	300	0,8
250	250	1,0
300	200	1,2
350	150	1,4
400	100	1,6
450	50	1,8
500	0	2,0

Příprava pracovního roztoku radikálu DPPH

Připraví se těsně před začátkem měření absorbance. Do 100ml odměrné baňky se odebere 10 ml zásobního roztoku radikálu DPPH a doplní se methanolem po rysku.

Příprava ethanolového extraktu chmele

Do 15ml plastových zkumavek se šroubovým uzávěrem se naváží 100 mg jemně mletého chmele a přidá se 5 ml ethanolu. Vzorky se poté vloží na 50 minut do třepačky, následně do centrifugy na dobu 20 minut (20 °C, 4 500 ot/min). Po odstředění se odpipetuje čistý extrakt. Před vlastním měřením se vzorky nechají po dobu 30 minut při 37 °C inkubovat.

Příprava chmelového výluhu

Výluh chmele horkou vodou se nejvíce blíží reálným podmínkám při zpracování chmele během chmelovaru. Do odměrné baňky o objemu 150 ml se naváží 200 mg jemně mletého chmele a rozmíchá se ve 100 ml destilované vody. Hrdlo baňky se přiklopí a za občasného promíchání se vzorky vaří 15 minut od doby varu. Po ochlazení se objem baňky doplní na 100 ml destilovanou vodou, obsah baňky se promíchá a zfiltruje. Poté se chmelový výluh vloží na 20 minut do centrifugy (20 °C, 4 500 ot/min). Po odstředění přelijeme čistý výluh do nových plastových zkumavek, a tím je připraven k vlastnímu stanovení.

Měření absorbance

Nejdříve se změří absorbance pracovního roztoku DPPH a kalibračních roztoků. Poté se změří vzorky. Pro zjištění celkové antioxidační aktivity byl měřen úbytek absorbance po 30 minutách. BLANK – methanol. Množství pro 1ml kyvety: 0,975 ml radikálu DPPH + 0,025 ml vzorku.

Výpočet

$$RA_{DPPH}(\% \text{ rel.}) = \frac{\text{absorbance pracovního roztoku s radikálem} - \text{absorbance vzorku}}{\text{absorbance pracovního roztoku s radikálem}} \cdot 100$$

4.7.6 Stanovení dusíkatých látek modifikovanou Dumasovou metodou

Princip metody

Vzorek se za použití této metody spaluje za přítomnosti kyslíku ve spalovací trubici při vysoké teplotě (960 °C). To vede k uvolnění oxidu uhličitého, vody a oxidů

dusíku. Plyny jsou hnány přes speciální sorpční kolony, které pohlcují oxid uhličitý a vodu. Plynné oxidy dusíku jsou katalyticky redukovány na dusík, který je poté detekován tepelně-vodivostním detektorem (ALS CR, 2012).

Dumasova metoda má oproti metodě dle Kjeldahla mnoho výhod. Tato metoda je snadno použitelná, plně automatizovaná a výrazně rychlejší. Také není potřeba používání koncentrovaných kyselin a toxických katalyzátorů. Jediným nedostatkem Dumasovy metody je pořizovací cena přístroje (ALS CR, 2012).

Laboratorní zařízení

Mlýnek na chmel (planetový kulový mlýn Fritsch Pulverisette 6), Rapid N Cube (Elementar), Zinnfolie (50 × 50 mm, 450 Blatt), analytické váhy s přesností na 0,0001 g a další laboratorní pomůcky.

Chemikálie

L-Aspartic acid (SigmaUltra, > 99% TLC).

Pracovní postup

Do cínových lodiček se naváží 25 mg jemně mletých, sušených chmelových hlávek a následně se zabalí pomocí balicího zařízení. Stejným způsobem se připraví kapsle s kyselinou asparagovou sloužící jako standard. Hmotnosti a identifikační rozlišení se zapíše do tabulky v počítači a následně se kapsle se vzorky vloží do zásobníku automatického dávkovače. Obsah dusíkatých látek je stanoven automaticky dle zvoleného koeficientu (6,45) z naměřeného obsahu plynného dusíku.

4.8 Zpracování dat

Získaná data byla zpracována nejdříve v programu MS Excel 2016. Pro vyhodnocení výsledků byl použit statistický program STATISTICA 12 (StatSoft, Inc.).

5. VÝSLEDKY A DISKUSE

5.1 Mechanický rozbor chmele

5.1.1 Průměrná hmotnost 100 suchých hlávek

Průměrná hmotnost 100 suchých hlávek u vzorků ŽPČ činila 15,31 g. Průměrné hmotnosti se pohybovaly v rozmezí 14,19–16,82 g (graf č. 2), proto je variabilita hmotnosti nízká (7,60 %). Charakteristické hodnoty hmotnosti 100 suchých hlávek se u odrůdy ŽPČ pohybují nejčastěji v rozmezí 12,00–14,00 g (Nesvadba *et al.*, 2013).

U odrůdy Sládek dosahovala průměrná hmotnost 100 suchých hlávek 22,29 g. Ve srovnání s charakteristickými hodnotami této odrůdy (13,00–16,00 g) je hmotnost hlávek vysoká (Nesvadba *et al.*, 2013). Průměrné hmotnosti vzorků se pohybovaly v rozmezí 20,18–24,55 g (graf č. 3), proto je variabilita hmotnosti nízká (7,60 %).

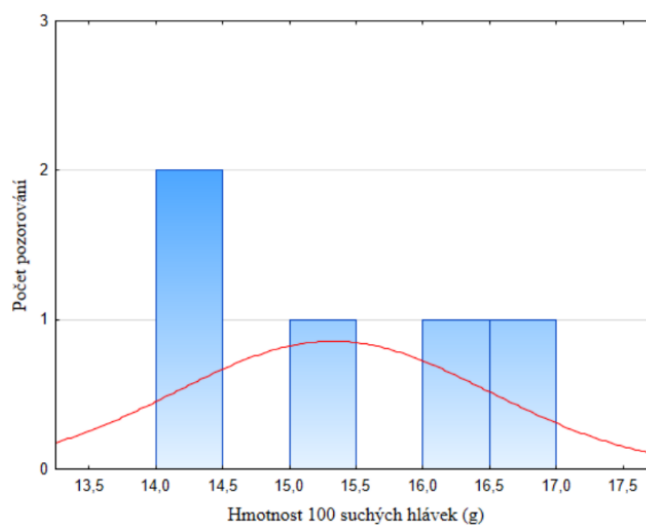
U odrůdy Kazbek byla zjištěna průměrná hmotnost 100 suchých hlávek 17,12 g. Průměrné hmotnosti se pohybovaly v rozmezí 15,30–18,45 g (graf č. 4), proto je variabilita hmotnosti nízká (7,34 %). Charakteristické hodnoty se u odrůdy Kazbek pohybují nejčastěji v rozmezí 13,00–16,50 g (Nesvadba *et al.*, 2013).

Ze zjištěných hodnot vyplývá (tabulka č. 9), že hmotnosti zcela neodpovídají hodnotám uvedeným v literatuře. Zejména odrůda Sládek se velmi vymyká. Vyšší hmotnost hlávek byla pravděpodobně ovlivněna výživou, hnojením a stářím chmelnice (v případě odrůdy Sládek se jedná o druhou sklizeň).

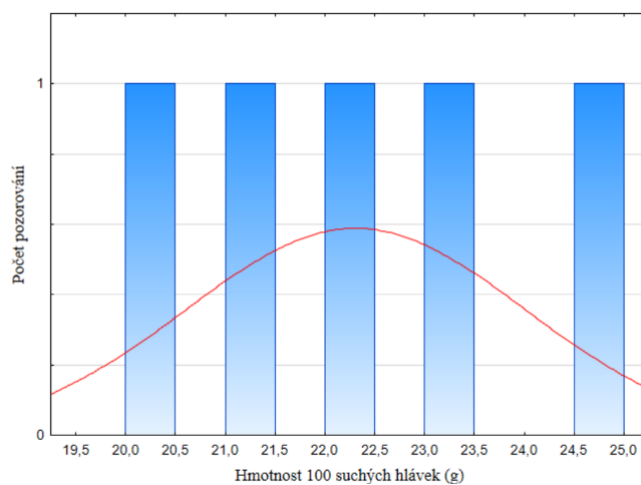
Tabulka č. 9: Hmotnost 100 suchých hlávek (g)

Parametr Odrůda	Lokalita	Průměr	Směrodatná odchylka	Variační koeficient	Medián	Min.	Max.
ŽPČ	Obora	15,31	1,164	7,60 %	15,18	14,19	16,82
Sládek		22,29	1,695	7,60 %	22,28	20,18	24,55
Kazbek		17,12	1,257	7,34 %	17,00	15,30	18,45

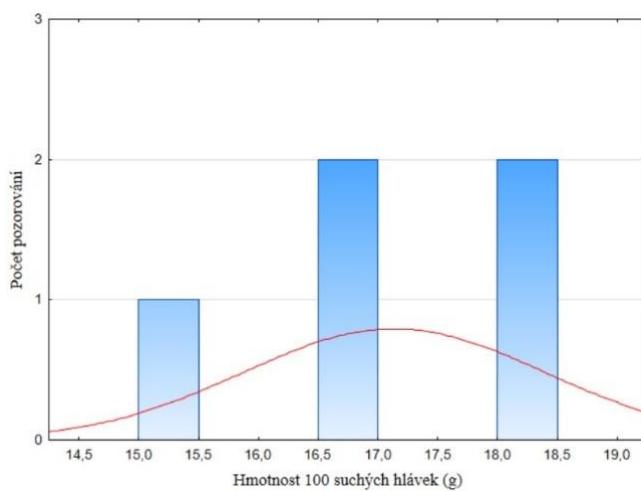
Graf č. 2: Hmotnost 100 suchých hlávek odrůdy ŽPČ (g)



Graf č. 3: Hmotnost 100 suchých hlávek odrůdy Sládek (g)



Graf č. 4: Hmotnost 100 suchých hlávek odrůdy Kazbek (g)



5.1.2 Průměrná hmotnost 100 suchých větének

Průměrná hmotnost 100 suchých větének u vzorků ŽPČ činila 1,67 g. Rozpětí hmotnosti se pohybovalo v rozmezí 1,59–1,75 g (graf č. 5) a charakterizuje variabilitu hmotnosti 4,30 %. Charakteristické hodnoty hmotnosti 100 suchých větének se u ŽPČ pohybují nejčastěji v rozmezí 1,40–1,60 g.

U odrůdy Sládek byla zjištěna průměrná hmotnost 100 suchých větének 2,13 g. Ve srovnání s charakteristickými hodnotami této odrůdy (1,20–1,60 g) je hmotnost větének velmi vysoká. Rozpětí hmotnosti vzorků se pohybovalo v rozmezí 1,85–2,35 g (graf č. 6) a charakterizuje variabilitu hmotnosti 8,91 % (oproti ŽPČ 2,07krát vyšší).

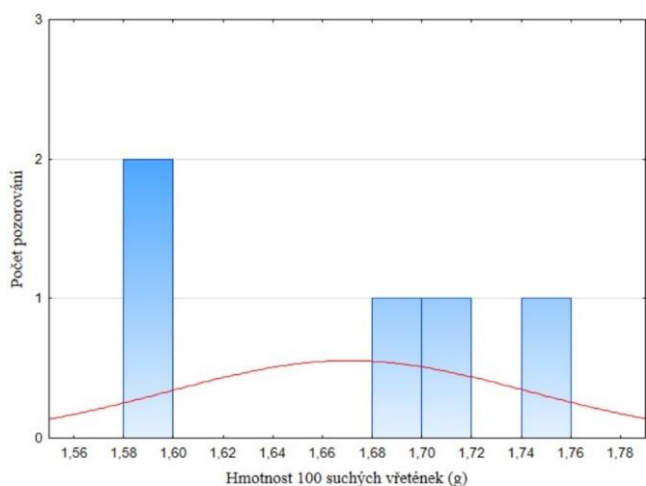
U odrůdy Kazbek činila průměrná hmotnost 100 suchých větének 1,48 g. Rozpětí hmotnosti se pohybovalo v rozmezí 1,35–1,61 g (graf č. 7) a charakterizuje variabilitu hmotnosti 6,94 %. Charakteristické hodnoty hmotnosti 100 suchých větének se u odrůdy Kazbek pohybují nejčastěji v rozmezí 1,30–1,60 g.

V následující tabulce jsou uvedeny zjištěné údaje průměrné, minimální a maximální hmotnosti 100 suchých větének.

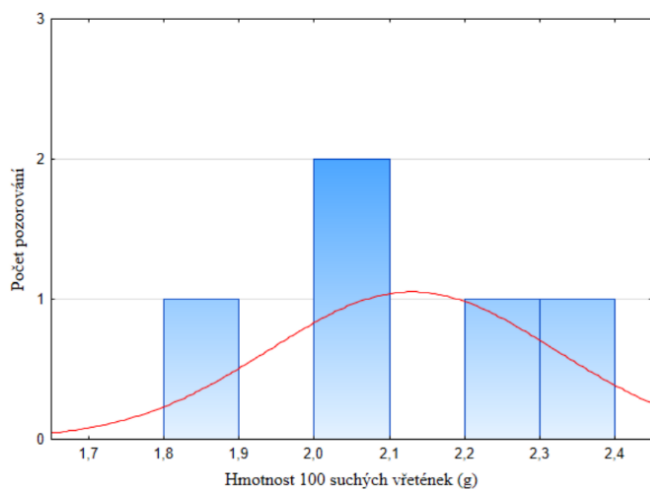
Tabulka č. 10: Hmotnost 100 suchých větének (g)

Parametr Odrůda	Lokalita	Průměr	Směrodatná odchylka	Variační koeficient	Medián	Min.	Max.
ŽPČ	Obora	1,67	0,072	4,30 %	1,69	1,59	1,75
Sládek		2,13	0,190	8,91 %	2,10	1,85	2,35
Kazbek		1,48	0,103	6,94 %	1,48	1,35	1,61

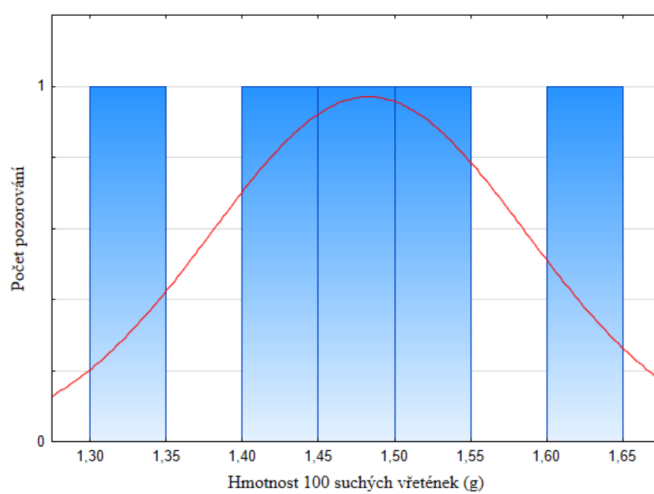
Graf č. 5: Hmotnost 100 suchých větének odrůdy ŽPČ (g)



Graf č. 6: Hmotnost 100 suchých větének odrůdy Sládek (g)



Graf č. 7: Hmotnost 100 suchých větének odrůdy Kazbek (g)



5.1.3 Procentický podíl vřetének na hmotnosti hlávek

Průměrná hodnota podílu vřetének na hmotnosti hlávek u vzorků ŽPČ činila 10,92 %. Rozpětí podílu se pohybovalo v rozmezí 10,40–11,20 % (graf č. 8), při variabilitě 3,26 %. Charakteristické hodnoty se u odrůdy ŽPČ pohybují nejčastěji v rozmezí 11,00–12,00 %.

U odrůdy Sládek byl zjištěn podíl vřetének na hmotnosti hlávek 9,54 %. Rozpětí podílu se pohybovalo v rozmezí 9,20–9,80 % (graf č. 9), při variabilitě 2,52 %. Charakteristické hodnoty se u odrůdy Sládek pohybují nejčastěji v rozmezí 9,00–11,00 %.

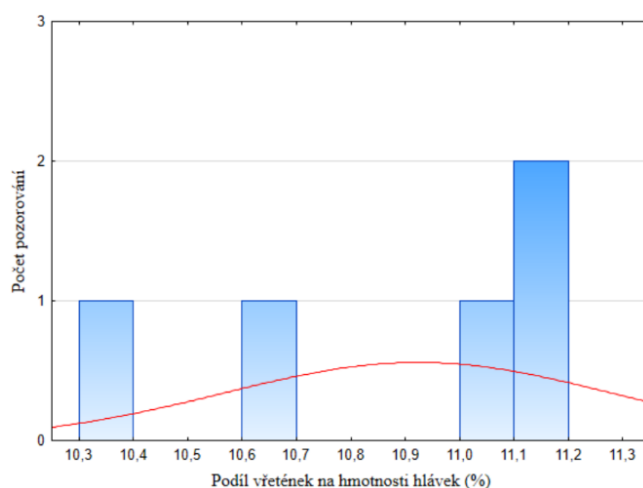
Odrůda Kazbek vykazovala podíl vřetének na hmotnosti hlávek 8,63 %. Rozpětí podílu se pohybovalo v rozmezí 8,50–8,80 % (graf č. 10), při variabilitě 1,55 %. Charakteristické hodnoty se u odrůdy Kazbek pohybují nejčastěji v rozmezí 8,00–10,50 %.

Zjištěné hodnoty podílu vřetének (tabulka č. 11) jsou v souladu s hodnotami charakteristickými. Nejvyšší podíl vřetének byl zjištěn u odrůdy ŽPČ.

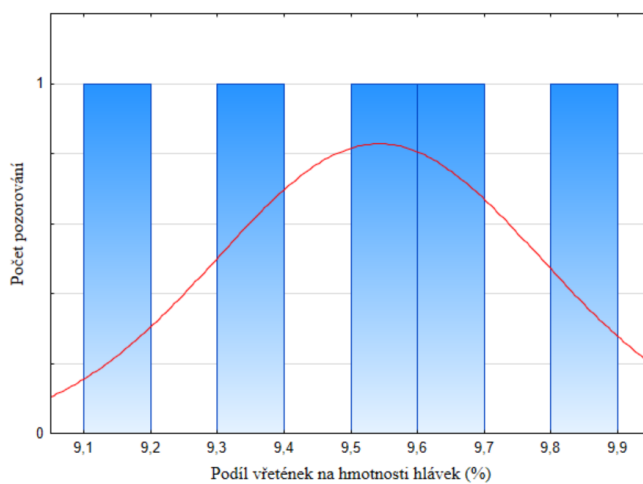
Tabulka č. 11: Podíl vřetének na hmotnosti suchých hlávek (%)

Parametr Odrůda	Lokalita	Průměr	Směrodatná odchylka	Variační koeficient	Medián	Min.	Max.
ŽPČ	Obora	10,92	0,356	3,26	11,10	10,40	11,20
Sládek		9,54	0,241	2,52	9,60	9,20	9,80
Kazbek		8,63	0,134	1,55	8,70	8,50	8,80

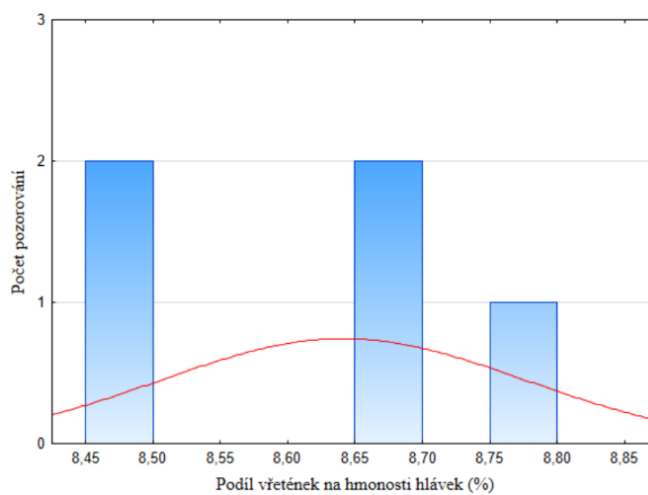
Graf č. 8: Podíl vřetének na hmotnosti suchých hlávek u odrůdy ŽPČ (%)



Graf č. 9: Podíl vřetének na hmotnosti suchých hlávek u odrůdy Sládek (%)



Graf č. 10: Podíl vřetének na hmotnosti suchých hlávek u odrůdy Kazbek (%)



5.1.4 Průměrná délka vřeténka u suchých hlávek

Průměrná délka vřeténka u suchých hlávek u vzorků ŽPČ činila 16,83 mm. Délka vřetének se pohybovala v rozmezí 14,00–20,00 mm, při variabilitě 8,36 %. Z grafu č. 11, který charakterizuje četnost délky vřeténka, je zřejmé, že nejvyšší četnost (33,00 %) byla zaznamenána u délky 16,00 mm. Charakteristické hodnoty se u ŽPČ pohybují nejčastěji v rozmezí 16,00–19,00 mm.

Odrůda Sládek vykazovala průměrnou délku vřeténka 19,48 mm. Délka vřetének se pohybovala v rozmezí 15,00–25,00 mm, při variabilitě 10,79 %. Z grafu č. 12 vyplývá, že nejvyšší četnost vykazovala délka 19,00 mm a 87 % vřetének se nacházelo v rozmezí 17–22 mm. Charakteristické hodnoty se u této odrůdy pohybují nejčastěji v rozmezí 16,00–21,00 mm.

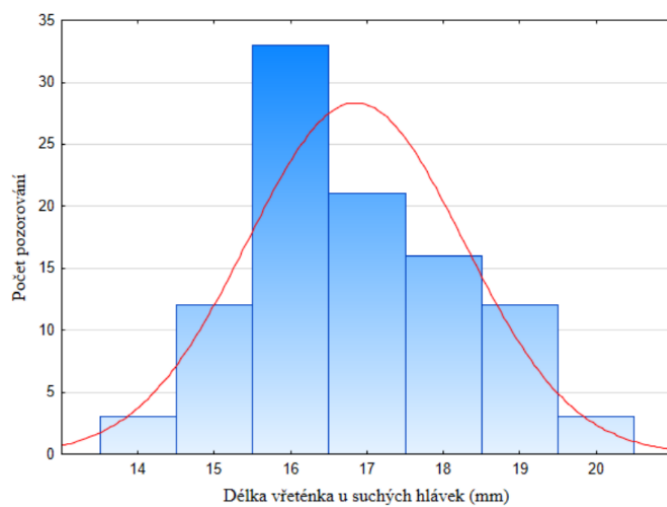
U odrůdy Kazbek byla zjištěna průměrná délka vřeténka 16,37 mm. Délka vřetének se pohybovala v rozmezí 14,00–20,00 mm, při variabilitě 8,27 %. Z grafu č. 13 je evidentní, že nejvyšší četnost (35,00 %) vykazovala délka 16,00 mm. Charakteristické hodnoty se u odrůdy Kazbek pohybují v rozmezí 13,00–16,00 mm.

U odrůdy Kazbek byla délka vřetének ve srovnání s charakteristickými hodnotami vyšší. Odrůdy ŽPČ a Sládek vykazovaly délku vřetének v rámci charakteristických hodnot. Následující tabulka obsahuje statisticky vyhodnocené údaje délky vřeténka u suchých hlávek.

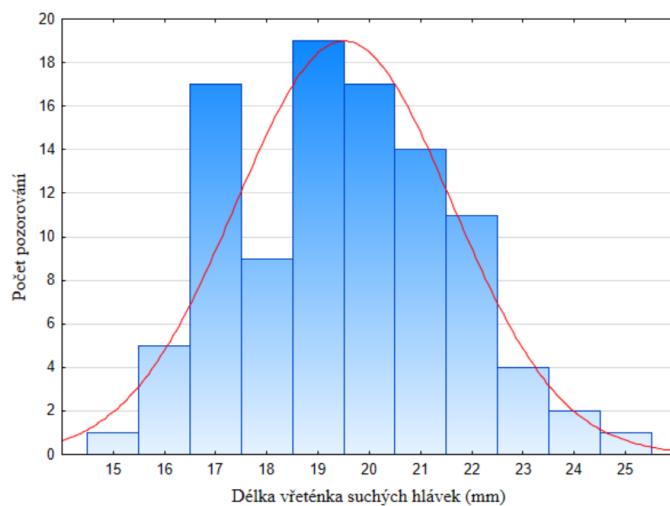
Tabulka č. 12: Délka vřeténka u suchých hlávek (mm)

Parametr Odrůda	Lokalita	Průměr	Směrod. odchylka	Variační koeficient	Modus	Medián	Min.	Max.
ŽPČ	Obora	16,83	1,407	8,36 %	16,00	17,00	14,00	20,00
Sládek		19,48	2,101	10,79 %	19,00	19,00	15,00	25,00
Kazbek		16,37	1,353	8,27 %	16,00	16,00	14,00	20,00

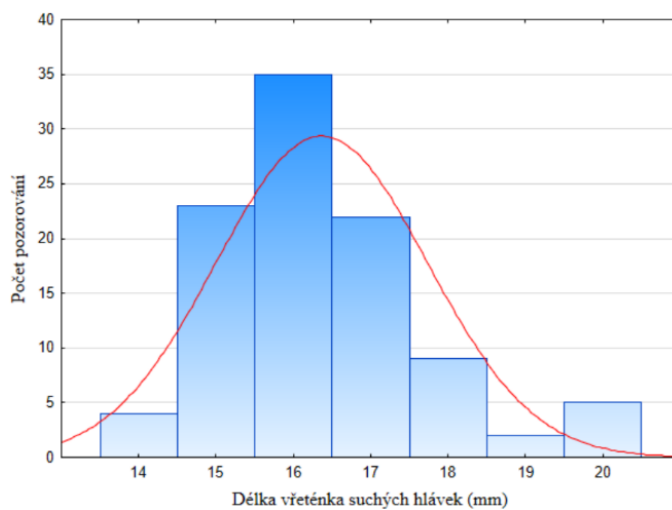
Graf č. 11: Délka vřeténka suchých hlávek u odrůdy ŽPČ (mm)



Graf č. 12: Délka vřeténka suchých hlávek u odrůdy Sládek (mm)



Graf č. 13: Délka vřeténka suchých hlávek u odrůdy Kazbek (mm)



5.1.5 Těžkost chmele

Odrůda ŽPČ vykazovala průměrnou těžkost 0,91, odrůda Sládek 1,04 a odrůda Kazbek 1,05 (tabulka č. 13). Charakteristické hodnoty těžkosti se u odrůdy ŽPČ pohybují v rozmezí 0,6–0,8, u odrůdy Sládek 0,7–0,8 a u odrůdy Kazbek 0,9–1,2. Těžkost chmele vzorků odrůd ŽPČ a Sládek byla v porovnání s charakteristickými hodnotami vyšší.

Tabulka č. 13: Těžkost chmele

Odrůda	Lokalita	ŽPČ	Sládek	Kazbek
Těžkost chmele	Obora	0,91	1,04	1,05

5.1.6 Průměrný počet článků na věténku

Průměrný počet článků na věténku odrůdy ŽPČ činil 7,84 ks. Průměrný počet se pohyboval v rozmezí 6,00–10,00 ks, při variabilitě 12,52 %. Z grafu č. 14 je patrné, že nejvyšší četnost (35 %) vykazoval počet 8 ks. Charakteristické hodnoty se u odrůdy ŽPČ pohybují nejčastěji v rozmezí 8–9 ks.

Odrůda Sládek vykazovala průměrný počet článků na věténku 7,88 ks. Průměrný počet se pohyboval v rozmezí 5,00–10,00 ks, při variabilitě 14,12 %. Z grafu č. 15 je zřejmé, že nejvyšší četnost vykazoval počet 9 ks a 85 % větének počet 7–9 ks. Charakteristické hodnoty se u odrůdy Sládek pohybují v rozmezí 7–9 ks.

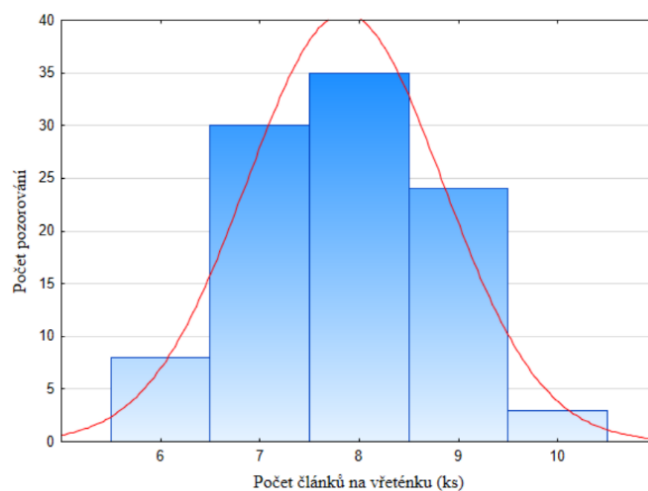
U odrůdy Kazbek byl zjištěn průměrný počet článků na věténku 9,73 ks. Průměrný počet se u této odrůdy pohyboval v rozmezí 7,00–12,00 ks, při variabilitě 12,89 %. Z grafu č. 16 je evidentní, že nejvyšší četnost vykazoval počet 9 ks a 53 % počet 9–10 ks. Charakteristické hodnoty se u odrůdy Kazbek pohybují nejčastěji v rozmezí 8–11 ks.

V případě odrůdy Sládek a Kazbek se průměrný počet článků pohyboval v rozmezí hodnot charakteristických. Odrůda ŽPČ vykazovala počet článků nižší. Následující tabulka obsahuje zjištěné údaje o počtu článků na věténku.

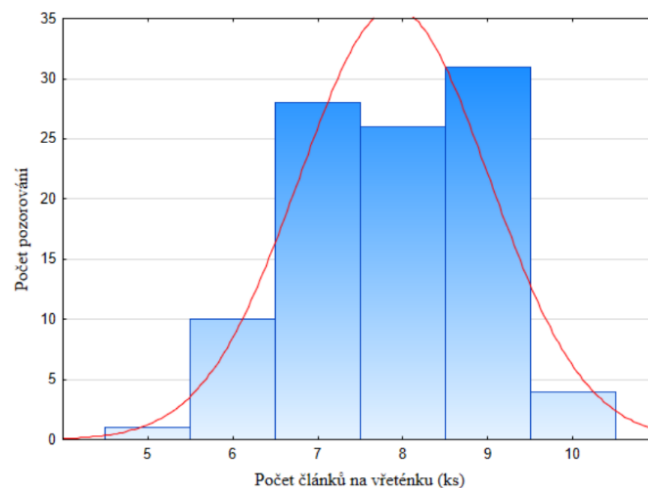
Tabulka č. 14: Počet článků na věténku (ks)

Parametr Odrůda	Lokalita	Průměr	Směrod. odchylka	Variační koeficient	Modus	Medián	Min.	Max.
ŽPČ	Obora	7,84	0,982	12,52 %	8,00	8,00	6,00	10,00
Sládek		7,88	1,113	14,12 %	9,00	8,00	5,00	10,00
Kazbek		9,73	1,254	12,89 %	9,00	10,00	7,00	12,00

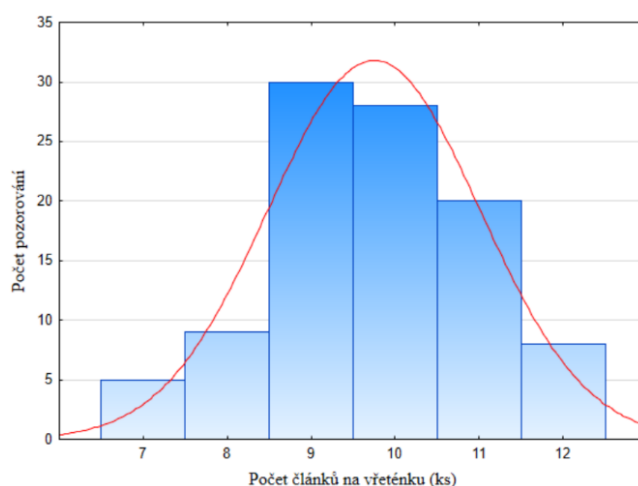
Graf č. 14: Počet článků na věténku u odrůdy ŽPČ (ks)



Graf č. 15: Počet článků na věténku u odrůdy Sládek (ks)



Graf č. 16: Počet článků na věténku u odrůdy Kazbek (ks)



5.1.7 Hustota zalomení na věténku

Odrůda ŽPČ vykazovala průměrnou hustotu zalomení na věténku 4,67, odrůda Sládek 4,05 a odrůda Kazbek 5,98 (tabulka č. 15). Charakteristické hodnoty hustoty zalomení se u odrůdy ŽPČ pohybují v rozmezí 4,70–5,00, u odrůdy Sládek 4,10–5,00 a u odrůdy Kazbek 5,50–6,50.

Odrůda Kazbek má v rámci českých odrůd chmele nejvyšší hustotu zalomení na věténku, což se také potvrdilo.

Tabulka č. 15: Hustota zalomení na věténku

Odrůda	ŽPČ	Sládek	Kazbek
Hustota zalomení	4,67	4,05	5,98

5.1.8 Stanovení cizích a chmelových příměsí v hlávkovém chmelu metodami ČSN 46 2520-4, ČSN 46 2520-5

Obsah cizích příměsí nebyl v žádném vzorku zaznamenán. Obsah biologických příměsí v lokalitě Obora byl nejnižší u odrůdy ŽPČ (0,09 %), poté u odrůdy Kazbek (0,50 %). Nejvyšší obsah biologických příměsí vykazovala odrůda Sládek (0,34 %). Vyšší obsah biologických příměsí u odrůdy Sládek byl pravděpodobně dán způsobem pěstování (chmelnicovou konstrukcí) resp. způsobem česání chmele, jelikož štoky Sládka nejsou strhávány. Ručně česaný chmel v porovnání se stacionární česací linkou vykazuje nižší hodnoty biologických příměsí v průměru o 3,52 % (tabulka č. 16).

Tabulka č. 16: Obsah cizích a biologických příměsí chmele

Odrůda	Rok	Způsob česání	Lokalita	Cizí příměsí (%)	Biologické příměsí (%)
ŽPČ	2015	Ručně	Obora	0,00	0,09
Sládek				0,00	0,50
Kazbek				0,00	0,34
ŽPČ	2014	Stacionární česací zařízení	Želatovice	0,00	3,95
ŽPČ			Líšná	0,00	3,84
Sládek			Želatovice	0,00	3,71

Výsledné hodnoty vzorků z lokality Obora porovnány s Tršickou chmelařskou oblastí (Spáčilová, 2015).

Průměrný obsah biologických příměsí v českých chmelech v roce 2015 činil 2,30 % (tabulka č. 17). Z celkového počtu 2 200 hodnocených vzorků obsahovalo 99 vzorků více než 5 % příměsí a 503 vzorků více než 3 % biologických příměsí. Výrazné zhoršení tohoto kvalitativního parametru souvisí s nízkou sklizní a menší velikostí chmelových hlávek. Pěstitelé byli nuceni provozovat separační proces na česacích linkách s nižší účinností ve snaze předejít nadměrným ztrátám chmele (Krofta *et al.*, 2016). Krofta (2008) uvádí, že biologické příměsí se objevují v nekvalitně ocesaném chmelu v 5 a více procentech. Většina chmelů obsahuje biologické příměsí do 3 %.

Tabulka č. 17: Průměrný obsah biologických příměsí v českých chmelech

Rok	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015 ¹
BP (%)	2,31	2,44	2,62	2,10	1,73	2,11	1,98	1,79	2,30

(Chmelařský institut, 2015; Krofta *et al.*, 2016¹)

5.1.9 Rozplevení hlávek dle ČSN 46 2520-6

Nejvyšší hodnoty rozplevení hlávek (tabulka č. 18) vykazovala odrůda Sládek (20,35 %) a poté odrůda Kazbek s hodnotou (19,89 %). Nejnižší hodnota rozplevení byla zjištěna u odrůdy ŽPČ (15,90 %), která také dosahovala nejvyšší vlhkosti. Dle Krofta z Chmelařského institutu Žatec (2016, ústní sdělení) se hodnoty rozplevení u velmi jakostních chmelů pohybují kolem 10 %. V rozmezí 30–50 % jsou udělovány srážky. Hodnoty nad 50 % jsou považovány za nestandard kvality (Krofta, 2008).

Tabulka č. 18: Rozplevení hlávek u jednotlivých odrůd chmele

Odrůda	Lokalita	ŽPČ	Sládek	Kazbek
Rozplevení (%)	Obora	15,90	20,35	19,89

5.2 Chemický rozbor chmele

5.2.1 Stanovení vlhkosti chmele dle ČSN 46 2520-3

Nejvyšší vlhkost chmele v lokalitě Obora byla zjištěna ve vzorcích odrůdy ŽPČ (9,85 %). Nejnižší vlhkost vykazovala odrůda Kazbek (7,45 %). Vlhkost vzorků odrůdy Sládek činila 8,86 %. Tabulka č. 19 obsahuje údaje o vlhkosti jednotlivých odrůd v konkrétních oblastech. V tabulce č. 20 jsou statisticky zpracované údaje o vlhkosti všech vzorků chmele z lokality Obora.

Krofta (2008) uvádí, že za optimální obsah vody v sušeném chmelu lze považovat rozmezí 10–11 %, tudíž stanovené vlhkosti vzorků (včetně Tršické a Žatecké oblasti) chmele dosahují nižších hodnot.

Tabulka č. 19: Variabilita vlhkosti chmele jednotlivých odrůd

Odrůda	Rok	Lokalita	Vlhkost (%)
ŽPČ	2015	Obora	9,85
Sládek			8,86
Kazbek			7,45
ŽPČ	2014 ¹	Tršicko – Želatovice	7,80
ŽPČ		Tršicko – Líšná	9,40
Sládek		Tršicko – Želatovice	9,12
ŽPČ	2012 ²	Žatecko	8,88
Sládek			8,77
ŽPČ	2011 ³	Žatecko	9,77
Sládek			9,19

Výsledné hodnoty vzorků z lokality Obora porovnány s Tršickou a Žateckou chmelařskou oblastí (Spáčilová, 2015¹; Chmelařský institut, 2013²; Chmelařský institut, 2012³).

Tabulka č. 20: Variabilita vlhkosti chmele v lokalitě Obora

Lokalita	Průměr	Směrodatná odchylka	Variační koeficient	Medián	Min.	Max.
Obora	8,72	1,113	12,77	8,86	7,02	9,96

5.2.2 Stanovení hořkých kyselin

Žatecký poloraný červeňák

Obsah alfa kyselin v testovaných vzorcích ŽPČ z lokality Obora činil 4,06 %. V porovnání s chmelařskými oblastmi byl obsah vyšší. S dlouhodobým průměrem byl obsah vyšší o 0,44 %. Charakteristické hodnoty se u odrůdy ŽPČ pohybují v rozmezí 2,50–4,50 %.

Türkott (2005) uvádí, že tvorba alfa kyselin je výrazně ovlivňována průběhem počasí v posledních fázích vývoje rostliny. Za rozhodující období se považuje měsíc srpen, převážně druhá polovina srpna. Z výsledků vyplývá, že i přes mimořádně teplý a suchý srpen byl obsah alfa kyselin vyšší.

Obsah beta kyselin (3,16 %) byl v porovnání s chmelařskými oblastmi nižší. S dlouhodobým průměrem byl obsah nižší o 1,55 %. Charakteristické hodnoty beta kyselin se pohybují v rozmezí 4,00–6,00 %.

Relativní obsah kohumulonu činil 26,70 %, v porovnání s chmelařskými oblastmi byl obsah vyšší. S dlouhodobým průměrem byl obsah vyšší o 1,90 %. Charakteristické hodnoty kohumulonu se pohybují v rozmezí 23,00–26,00 %.

Obsah kolupulonu (45,60 %) byl v porovnání s chmelařskými oblastmi vyšší. S dlouhodobým průměrem byl obsah vyšší o 5,00 %. Charakteristické hodnoty kolupulonu se pohybují v rozmezí 39,00–41,00 %.

V tabulce č. 21 jsou uvedeny obsahy alfa kyselin, beta kyselin a jejich analogů (kohumulonu a kolupulonu).

Tabulka č. 21: Obsah hořkých kyselin v odrůdě ŽPČ

Lokalita	Rok	Alfa kys. (% hm.)	Beta kys. (% hm.)	Poměr alfa/beta	Kohumulon (% rel.)	Kolupulon (% rel.)
Obora	2015	4,06	3,16	1,28	26,70	45,60
Žatecko	2014	3,07	4,51	0,68	23,40	40,10
Úštěcko		2,72	4,25	0,64	23,70	39,60
Tršicko		2,69	3,69	0,73	23,90	39,80
Žatecko	2013	3,46	3,71	0,94	24,20	41,60
Úštěcko		3,24	3,54	0,92	23,60	40,30
Tršicko		2,90	3,03	0,98	24,60	40,70
Žatecko	2012	4,21	4,75	0,89	23,18	39,74
Úštěcko		4,04	4,88	0,83	23,38	38,88
Tršicko		3,84	4,62	0,83	23,51	38,72
ČR	Průměr za 21 let	3,62	4,71	0,77	24,80	40,60

Analytická metoda EBC 7.7 (HPLC). Výsledné hodnoty vzorků z lokality Obora porovnány se Žateckou, Úštěckou a Tršickou chmelařskou oblastí (Mikyška, Jurková, 2015).

Konduktometrická hodnota, respektive obsah alfa kyselin ve vzorcích odrůdy ŽPČ z lokality Obora dle metody EBC 7.4 činil 4,48 % (tabulka č. 22). Zajímavý je vývoj KH v jednotlivých pěstitelských oblastech a letech, jelikož hodnoty jsou značně variabilní (2,47–5,10 %). Z toho lze usoudit, že výsledná hodnota KH odrůdy ŽPČ z lokality Obora dosahovala vyšších hodnot v porovnání s chmelařskými oblastmi. Za jakost výběrovou dle Tržního řádu chmele jsou považovány hodnoty nad 3,10 %, hodnoty v rozmezí 2,60–3,09 % za jakost standardní, hodnoty pod 2,60 % za nestandard (Krofta, 2008).

Tabulka č. 22: Konduktometrická hodnota odrůdy ŽPČ

Lokalita	Rok	Analytická metoda	KH (% hm.)
Obora	2015	EBC 7.4	4,48
Žatecko	2015 ¹	ČSN 46 2520-15	2,65
Úštěcko			2,59
Tršicko			2,51
Žatecko	2014 ²	ČSN 46 2520-15	3,11
Úštěcko			2,59
Tršicko			2,47
Žatecko	2013 ³	ČSN 46 2520-15	3,70
Úštěcko			4,40
Tršicko			3,20
Žatecko	2012 ³	ČSN 46 2520-15	5,10
Úštěcko			5,00
Tršicko			3,80

Výsledné hodnoty vzorků z lokality Obora porovnány se Žateckou, Úštěckou a Tršickou chmelařskou oblastí (Krofta *et al.*, 2016¹, Chmelařský institut, 2015²; Chmelařský institut, 2014³).

Sládek

Obsah alfa kyselin v testovaných vzorcích odrůdy Sládek z lokality Obora činil 7,14 %, v porovnání s chmelařskými oblastmi byl obsah vyšší. S dlouhodobým průměrem byl obsah vyšší o 0,51 %. Charakteristické hodnoty alfa kyselin se pohybují v rozmezí 4,50–8,00 %.

Obsah beta kyselin (3,93 %) byl v porovnání s chmelařskými oblastmi nižší. S dlouhodobým průměrem byl obsah nižší o 2,17 %. Charakteristické hodnoty beta kyselin se pohybují v rozmezí 4,00–7,00 %.

Relativní obsah kohumulonu činil 29,30 %. V porovnání s chmelařskými oblastmi byl obsah vyšší (v porovnání s rokem 2014 byl obsah vyšší o 4,56 %). Charakteristické hodnoty kohumulonu se pohybují v rozmezí 23,00–30,00 %.

Obsah kolupulonu (51,20 %) byl v porovnání s chmelařskými oblastmi vyšší (v porovnání s rokem 2014 byl obsah vyšší o 3,56 %). Charakteristické hodnoty kolupulonu se pohybují v rozmezí 44,00–50,00 %.

V tabulce č. 23 jsou uvedeny obsahy alfa kyselin, beta kyselin a jejich analogů (kohumulonu a kolupulonu).

Tabulka č. 23: Obsah hořkých kyselin v odrůdě Sládek

Lokalita	Rok	Alfa kys. (% hm.)	Beta kys. (% hm.)	Poměr alfa/beta	Kohumulon (% rel.)	Kolupulon (% rel.)
Obora	2015	7,14	3,93	1,82	29,30	51,20
Žatecko	2015 ¹	6,60	–	–	–	–
Úštěcko		5,55	–	–	–	–
Tršicko		3,99	–	–	–	–
ČR	2014 ²	5,80	6,08	0,95	24,74	47,64
Žatecko	2014 ²	6,5	–	–	–	–
Úštěcko		5,30	–	–	–	–
Tršicko		5,30	–	–	–	–
ČR	2011 ³	8,22	5,82	1,44	26,20	48,02
ČR	2008 ⁴	6,58	6,13	1,07	27,41	52,78
Stekník	2005 ⁵	5,32	6,89	0,77	24,30	47,60
Blšany		6,25	6,59	0,95	23,60	45,80
Ročov		5,73	5,82	0,98	25,00	46,80
Nesuchyně		5,23	5,89	0,89	25,60	48,10
Kolešovice		6,66	5,99	1,11	23,70	45,00
Liběšice (LT)		9,36	5,03	1,86	25,30	49,10
H. Počaply		8,38	5,52	1,29	22,10	44,20
ČR		Průměr za 12 let ²	6,63	6,10	1,10	–

Analytická metoda EBC 7.7 (HPLC). Výsledné hodnoty vzorků z lokality Obora porovnány se Žateckou, Úštěckou a Tršickou chmelařskou oblastí (Krofta *et al*, 2016¹; Mikyška, Jurková, 2015²; VÚPS, 2012³; VÚPS, 2009⁴; Nesvadba, 2006⁵). Žatecká chmelařská oblast (Stekník, Blšany, Ročov, Nesuchyně, Kolešovice), Úštěcká chmelařská oblast (Liběšice u Litoměřic, Horní Počaply).

Konduktometrická hodnota odrůdy Sládek z lokality Obora činila 7,64 % (tabulka č. 24). KH v jednotlivých pěstitelských oblastech a letech je značně variabilní (5,40–9,00 %). Z toho lze usoudit, že výsledná hodnota KH odrůdy Sládek z lokality Obora dosahovala průměrných hodnot v porovnání s chmelařskými oblastmi. Za standardní jakost dle Tržního řádu chmele jsou považovány hodnoty nad 4,00 % (Krofta, 2008).

Tabulka č. 24: Konduktometrická hodnota odrůdy Sládek

Lokalita	Rok	Analytická metoda	KH (% hm.)
Obora	2015	EBC 7.4	7,64
Žatecko	2015 ¹	ČSN 46 2520-15	6,15
Úštěcko			5,48
Tršicko			4,50
Žatecko	2014 ²	ČSN 46 2520-15	6,60
Úštěcko			6,20
Tršicko			5,40
Žatecko	2013 ³	ČSN 46 2520-15	7,30
Úštěcko			7,70
Tršicko			6,00
Žatecko	2012 ³	ČSN 46 2520-15	7,80
Úštěcko			9,00
Tršicko			7,10

Výsledné hodnoty vzorků z lokality Obora porovnány s chmelařskými oblastmi (Krofta *et al.*, 2016¹; Chmelařský institut, 2015²; Chmelařský institut, 2014³).

Kazbek

Obsah alfa kyselin v testovaných vzorcích odrůdy Kazbek z lokality Obora činil 4,67 %, v porovnání s chmelařskými oblastmi byl obsah nižší (s průměrem let 2015, 2013, 2012 byl obsah nižší o 0,98 %). Charakteristické hodnoty se pohybují v rozmezí 5,00–8,00 %.

Obsah beta kyselin (4,51 %) byl v porovnání s chmelařskými oblastmi nižší (s průměrem let 2015, 2013, 2012 byl obsah nižší o 0,02 %). Charakteristické hodnoty se pohybují v rozmezí 4,00–6,00 %.

Relativní obsah kohumulonu činil 34,00 %, v porovnání s chmelařskými oblastmi byl obsah nižší (s průměrem let 2015, 2013, 2012 byl obsah nižší o 0,19 %). Charakteristické hodnoty se pohybují v rozmezí 35,00–40,00 %.

Obsah kolupulonu (58,60 %) byl v porovnání s chmelařskými oblastmi vyšší (s průměrem let 2015, 2013, 2012 byl obsah vyšší o 0,91 %). Charakteristické hodnoty se pohybují v rozmezí 57,00–62,00 %.

V následující tabulce jsou uvedeny obsahy alfa kyselin, beta kyselin a jejich analogů (kohumulonu a kolupulonu).

Tabulka č. 25: Obsah hořkých kyselin v odrůdě Kazbek

Lokalita	Rok	Alfa kys. (% hm.)	Beta kys. (% hm.)	Poměr alfa/beta	Kohumulon (% rel.)	Kolupulon (% rel.)
Obora	2015	4,67	4,51	1,04	34,00	58,60
Stekník I	2015 ¹	7,04	4,35	1,62	34,40	58,80
Stekník II		7,42	4,60	1,61	34,40	59,10
Stekník III		6,47	4,09	1,58	34,80	59,20
Holedeč		5,42	4,60	1,18	33,50	56,20
Vrbičany		4,91	4,40	1,12	34,20	57,00
Staňkovice		4,30	3,21	1,34	35,60	59,90
Nesuchyně		4,58	3,78	1,21	34,60	58,20
Liběšice (LT)		4,82	3,89	1,24	36,90	61,50
Osek n/Bečvou		3,97	3,90	1,02	34,90	57,20
Stekník	2013 ²	5,65	4,57	1,24	35,80	60,00
Liběšice (LT)		6,87	6,03	1,14	34,20	57,30
Nesuchyně		3,54	2,97	1,19	31,60	50,90
Stekník	2012 ²	6,12	5,55	1,10	34,20	59,50
Liběšice (LT)		6,90	5,94	1,16	33,50	56,60
Nesuchyně		6,76	6,13	1,10	30,20	54,00

Analytická metoda EBC 7.7 (HPLC). Výsledné hodnoty vzorků z lokality Obora porovnány s chmelařskými oblastmi (Krofta *et al.*, 2016¹; Krofta *et al.*, 2014²). Ústěcká chmelařská oblast (Liběšice u Litoměřic), Tršická chmelařská oblast (Osek nad Bečvou), Žatecká chmelařská oblast (ostatní).

Konduktometrická hodnota odrůdy Kazbek z lokality Obora dle metody EBC 7.4 činila 4,81 % (tabulka č. 26), v porovnání se Žateckou oblastí byl obsah nižší o 0,73 %, v porovnání s Tršickou oblastí byl obsah vyšší o 0,72 %.

Tabulka č. 26: Konduktometrická hodnota odrůdy Kazbek

Lokalita	Rok	Analytická metoda	KH (% hm.)
Obora	2015	EBC 7.4	4,81
Žatecko	2015	ČSN 46 2520-15	5,54
Tršicko			4,09

Výsledné hodnoty vzorků z lokality Obora porovnány s chmelařskými oblastmi (Krofta *et al.*, 2016).

5.2.3 Stanovení obsahu celkových polyfenolů

Obsah celkových polyfenolů v testovaných vzorcích odrůdy ŽPČ z lokality Obora činil 7,25 %. V porovnání s hodnotou z chmelařské oblasti byl obsah velmi vysoký (o 4,96 % vyšší). Charakteristické hodnoty celkových polyfenolů se u odrůdy ŽPČ pohybují v rozmezí 5,5–7,00 %.

Sládek vykazoval obsah celkových polyfenolů 4,44 %. V porovnání s hodnotou z chmelařské oblasti byl obsah vysoký (o 3,37 % vyšší). Charakteristické hodnoty se pohybují v rozmezí 3,5–5,00 %.

Obsah celkových polyfenolů odrůdy Kazbek činil 7,00 %. V porovnání s hodnotou z chmelařských oblastí byl obsah velmi vysoký (o 4,54 % vyšší). Charakteristické hodnoty celkových polyfenolů se u odrůdy Kazbek pohybují v rozmezí 3,50–4,50 %.

Obsah polyfenolů je především ovlivněn odrůdou a pěstební lokalitou (Čepička *et al.*, 2008). Z následující tabulky je patrný značný rozdíl mezi obsahy celkových polyfenolů jednotlivých odrůd a lokalit.

Tabulka č. 27: Obsah celkových polyfenolů

Odrůda	Rok	Lokalita	Celkové polyfenoly (% hm.)
ŽPČ	2015	Obora	7,25
Sládek			4,44
Kazbek			7,00
ŽPČ	2005 ¹	Žatecko – Vrbičany	2,29
Sládek	2005 ¹	Žatecko – Stekník	1,07
Kazbek	Průměr let 2009–2013 ²	Žatecko, Úštěcko, Tršicko	2,46

Analytická metoda EBC 9.2. Výsledné hodnoty vzorků z lokality Obora porovnány se Žateckou, Úštěckou a Tršickou chmelařskou oblastí (Krofta *et al.*, 2007¹; Krofta *et al.*, 2014²).

5.2.4 Stanovení antioxidační aktivity

Vyšší antioxidační aktivity byly naměřeny v případě horkovodního výluhu chmele, který se nejvíce blíží reálným podmínkám při zpracování chmele během chmelovaru. Nejvyšší antioxidační aktivita byla zjištěna u výluhu chmele odrůdy ŽPČ (89,76 %). U ethanolového extraktu chmele u odrůdy Kazbek (82,74 %). V porovnání s chmelařskými oblastmi jsou hodnoty antioxidační aktivity vyšší.

Závislost antioxidační aktivity na obsahu celkových polyfenolů je patrná. Vysoký obsah celkových polyfenolů (ŽPČ 7,25 %) koreluje s vysokou antioxidační aktivitou.

Krofta *et al.* (2007) uvádějí statisticky průkazný rozdíl antioxidační aktivity zelených a sušených hlávek. Ztráta sušením zpravidla nepřekračuje 5 %. V průběhu skladování dochází k poklesu antioxidační aktivity různou rychlostí v závislosti na teplotě skladování a formě chmele.

V tabulce č. 28 jsou uvedeny naměřené hodnoty antioxidační aktivity výluhu chmele a v tabulce č. 29 ethanolového extraktu chmele.

Tabulka č. 28: Antioxidační aktivita výluhu chmele

Odrůda	Rok	Lokalita	RA _{DPPH} (% rel.)
ŽPČ	2015	Obora	89,76
Sládek			70,51
Kazbek			89,41
ŽPČ	2006	Sedčice	62,7
Sládek		Milostín	55,4
Sládek		Očihov	44,2
Sládek		Stekník	45,1
ŽPČ	2005	Stekník	75,8
ŽPČ		Vrbičany	75,3
Sládek		Stekník	50,9

Výsledné hodnoty RA_{DPPH} v lokalitě Obora porovnány se Žateckou chmelařskou oblastí (Krofta *et al.*, 2007).

Tabulka č. 29: Antioxidační aktivita ethanolového extraktu chmele

Odrůda	Rok	Lokalita	RA _{DPPH} (% rel.)
ŽPČ	2015	Obora	72,90
Sládek			67,32
Kazbek			82,74

5.2.5 Stanovení obsahu dusíkatých látek

Obsah dusíkatých látek byl nejvyšší u odrůdy Sládek (19,77 %), poté u odrůdy Kazbek (17,77 %). Nejnižší obsah dusíkatých látek byl zjištěn u odrůdy ŽPČ v množství 13,88 % (tabulka č. 30). Charakteristické hodnoty se pohybují v rozmezí 12–22 %, resp. 12–18 %.

Množství dusíkatých látek závisí zejména na odrůdě, podmínkách vegetace a sklizně (Moll, 1994). Obsah dusíkatých látek v hlávkách je dán především množstvím dusíku, který má rostlina k dispozici a výnosem, do kterého se tento dusík ukládá.

Tabulka č. 30: Obsah dusíkatých látek

Odrůda	Rok	Lokalita	Dusíkaté látky (% hm.)
ŽPČ			13,88
Sládek	2015	Obora	19,77
Kazbek			17,77

6. Závěr

Nejdůležitějším kvalitativním parametrem pro hodnocení kvality chmele je obsah alfa kyselin. K hodnocení byly použity analytické metody EBC 7.4 a 7.7. U odrůdy ŽPČ byl zjištěn obsah alfa kyselin 4,06 % (KH 4,48 %), u odrůdy Sládek 7,14 % (KH 7,64 %) a u odrůdy Kazbek 4,67 % (KH 4,81 %). Z výsledků lze konstatovat, že u odrůdy ŽPČ a Sládek byl obsah alfa kyselin vyšší v porovnání s chemotaxonomickou charakteristikou a s hodnotami z chmelařských oblastí. Nižší obsah alfa kyselin byl zjištěn u odrůdy Kazbek.

Obsah beta kyselin činil u odrůdy ŽPČ 3,16 %, u odrůdy Sládek 3,93 % a odrůdy Kazbek 4,51 %. Z výsledků vyplývá, že v případě odrůd ŽPČ a Sládek byl obsah beta kyselin nižší. Naproti tomu u odrůdy Kazbek průměrný v porovnání s chemotaxonomickou charakteristikou a v podstatě srovnatelný s hodnotami z chmelařských oblastí.

U všech odrůd byl zjištěn vyšší obsah celkových polyfenolů ve srovnání s chmelařskými oblastmi. U odrůdy ŽPČ byl zjištěn obsah 7,25 %, u odrůdy Sládek 4,44 % a u odrůdy Kazbek 7,00 %. Také byla zjištěna vyšší antioxidační aktivita u všech odrůd, což koreluje s výsledky celkových polyfenolů.

Průměrná vlhkost chmele dosahovala nižších hodnot (8,72 %). Za optimální je považována vlhkost 10–11 %.

Výsledky mechanického rozboru některých hodnocených parametrů zcela neodpovídají hodnotám uváděným v literatuře. Zejména hmotnost 100 suchých hlávek dosahovala u všech odrůd vyšších hodnot.

Obsah biologických příměsí ve chmelu byl velmi nízký, což bylo ovlivněno ručním česáním chmele.

Z výsledků výzkumu je zřejmé, že ve většině zkoumaných a vyhodnocovaných parametrech dosahovaly všechny odrůdy (ŽPČ, Sládek a Kazbek) velmi dobrých pěstitelských výsledků a to i vzhledem k faktu, že agrometeorologický rok 2014/2015 byl mimořádně teplý a suchý.

7. Zdroje

Almaguer, C., Gastl, M., Dresel, M., Hofmann, T., Becker, T. (2011): Comparison of the quality parameters of hop hard resins. Získáno 19. 11. 2015, z BGT Technische Universität München: http://www.researchgate.net/publication/271848198_Comparison_of_the_quality_parameters_of_hop_hard_resins

ALS CR (2012): Dumasova metoda. Získáno 8. 4. 2016, z ALS Food & Pharmaceutical: http://www.alsfood.cz/wp-content/uploads/2014/10/labmail-1_2012.pdf

Bamforth, C. W. (2006): Brewing – New Technologies. CRC Press, Abington, 500 s. ISBN 978-1845690038.

Basařová, G., Čepička, J., Doležalová, A., Kahler, M., Kubíček, J., Poledníková, M., Voborský, J. (1993): Pivovarsko-sladařská analytika (2. vyd.). Merkanta, Praha, 248 s.

Basařová, G., Šavel, J., Basař, P., Lejsek, T. (2010): Pivovarství – Teorie a praxe výroby piva. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha, 901 s. ISBN 978-80-7080-734-7.

Bohemia Hop (2013): Odrůda Kazbek. Získáno 20. 1. 2016, z Bohemia Hop: <http://www.bohemiahop.cz/cz/odrudy-chmele/83-odruda-kazbek>

Briggs, D. E., Boulton, Ch. A., Brookes, P. A., Stevens, R. (2004): Brewing, Science and Practice. CRC Press, Cambridge, 900 s. ISBN 978-1855734906.

Caballero, I., Blanco, C. A., Porrás, M. (2012): Iso- α -acids, bitterness and loss of beer quality during storage. Trends in Food Science & Technology 26, 21–30 s.

Čepička, J., Kořen, J., Krofta, K., Prugar, J. (2008): Chmel. In: Prugar, J. *et al.*, Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha, 327 s. ISBN 978-80-86576-28-2.

Chmelařský institut (2012): Situační a výhledová zpráva chmel, pivo. MZe, Praha, 60 s. ISBN 978-80-7434-047-5.

Chmelařský institut (2014): Situační a výhledová zpráva chmel, pivo. MZe, Praha, 60 s. ISBN 978-80-7434-190-8.

Chmelařský institut (2015): Situační a výhledová zpráva chmel, pivo. MZe, Praha, 48 s. ISBN 978-80-7434-263-9.

ČMHÚ (2015): Vyhodnocení sucha na území České republiky v roce 2015. Získáno 5. 2. 2016, z portal.chmi.cz: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/SUCHO/zpravy/Sucho_2015_CHMU_prosinec.pdf

ČHMÚ (2016): Územní teploty v roce 2015. Získáno 8. 3. 2016, z portal.chmi.cz: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty#>

Fidler, M., Kolářová, L. (2009): Analýza antioxidantů v chmelu a pivu. Chemické listy 103, 232–235 s.

Frančáková, H., Tóth, Ž. (2005): Sladovníctvo a pivovarníctvo. SPU, Nitra, 141 s. ISBN 80-8069-544-X.

Fric, V. (1994): Chmel. In: Vrzalová, J., Fric, V., Rostlinná výroba IV – přádné plodiny, chmel. VŠZ, Praha, 80 s. ISBN 80-213-0155-4.

Hlaváček, F., Lhotský, A. (1972): Pivovarství (2. vyd.). SNTL, Praha, 538 s.

Hniličková, H., Hnilička, F. (2006): Vliv vodního stresu na vybrané fyziologické charakteristiky u mladých rostlin chmele. In: Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin (Sborník příspěvků). Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 300 s. ISBN 80-213-1484-2.

Hofta, P., Dostálek, P., Basařová, G. (2004): Xanthohumol – chmelová pryskyřice nebo polyfenol? Chemické listy 98, 825–830 s.

Hop product (2013): Charakteristika a použití českých chmelových odrůd. Získáno 6. 12. 2015, z Hop product: <http://hopproducts.cz/image/data/Charakteristika+u%C5%BEit%C3%AD%20%C4%8Desk%C3%BDch%20odr%C5%AFd.pdf>

Horejsek, J., Zich, M. (1990): Chmelařství. SZN, Praha, 288 s. ISBN 80-209-0125-6.

Janderová, K. (2013): Chmelařské oblasti. Získáno 8. 1. 2015, z <http://janderovakarolina.blog.cz/1301/chmelarske-oblasti>

Jelínek, L., Dolečková, M., Hudcová, T., Karabín, M., Dostálek, P. (2011): Profilování českých chmelových odrůd prostřednictvím analýz α - a β -hořkých kyselin, silic a polyfenolů. Kvasný průmysl 57 (7–8), 272–276 s.

Ježek, J., Klapal, I., Krofta, K., Nesvadba, V., Patzak, J., Pokorný, J., Svoboda, P., Veselý, F., Vostřel, J. (2015): Chmel 2015 – Příručka pro pěstitele chmele. Chmelařský institut, Žatec, 152 s. ISBN 978-80-86836-98-0.

Jurková, M., Horák, T., Čulík, J., Čejka, P., Kellner, V. (2010): Současné stanovení iso-alfa kyselin ve formě jejich cis- a trans- forem a tetrahydroiso-alfa kyselin. Kvasný průmysl 56 (3), 163–166 s.

Karabín, M., Brányik, T., Kruliš, R., Dvořáková, M., Dostálek, P. (2009): Využití chemicky modifikovaných hořkých látek v pivovarství. Chemické listy 103, 721–728 s.

Khatib, A. (2006): Studies of iso-alpha-acids: analysis, purification, and stability. Faculteit der Wiskunde en Natuurwetenschappen, Leiden University, Leiden. Získáno 28. 11. 2015, z <https://openaccess.leidenuniv.nl/handle/1887/4860>

Klement, V., Sušil, A. (2011): Výsledky agrochemického zkoušení zemědělských půd za období 2005 až 2010. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno. Získáno 4. 2. 2016, z eAGRI: http://eagri.cz/public/web/file/249514/Hodnotici_zprava_AZZP_2005_2010.pdf

Klír, J. (2006): Průměrné měsíční a roční srážky a teploty. In: Lipavský, J. *et al*, Rostlinná produkce a technologie. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 138 s. ISBN 80-7271-163-6.

Kocourková, B., Pluháčková, H., Růžičková, G. (2014): Pěstování speciálních plodin. Mendelova univerzita v Brně, Brno, 100 s. ISBN 978-80-7509-020-1.

Kopecký, J. (1991): Potřeba závlahy chmele v českých chmelařských oblastech v roce 1990. Chmelařství 6, 59–61 s.

Kopecký, J., Brynda, M., Ciniburk, V., Ježek, J., Klapal, I., Kopecký, J., Kořen, J., Kozlovský, P., Krofta, K., Kurdrna, T., Nesvadba, V., Vostřel, J. (2008a): Zakládání chmelnic hybridními odrůdami – Metodika pro praxi. Chmelařský institut, Žatec, 33 s. ISBN 978-80-86836-30-0.

Kopecký, J., Brynda, M., Ciniburk, V., Ježek, J., Klapal, I., Kopecký, J., Kořen, J., Kozlovský, P., Krofta, K., Kurdrna, T., Nesvadba, V., Vostřel, J. (2008b): Pěstování hybridních odrůd chmele v podmínkách chmelařských oblastí ČR –

Metodika pro praxi (2. vyd.). Chmelařský institut, Žatec, 48 s. ISBN 978-80-86836-24-9.

Kosař, K., Procházka, S. (2000): Technologie výroby sladu a piva. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha, 398 s. ISBN 80-902658-6-3.

Kotlíková, B., Jelínek, L., Karabín, M., Dostálek, P. (2013): Prekurzory a vznik koloidního zákalu piva. Chemické listy 107, 362–368 s.

Krofta, K., Mikyška, A., Hašková, D. (2007): Změny antioxidačních vlastností chmele při sušení, mletí, granulaci a skladování. Kvasný průmysl 53 (9), 266–272 s.

Krofta, K. (2008): Hodnocení kvality chmele (4. vyd.). Chmelařský institut, Žatec, 50 s. ISBN 978-80-86836-84-3.

Krofta, K., Mikyška, A. (2014): Beta kyseliny chmele, význam a využití. Kvasný průmysl 60 (4), 96–105 s.

Krofta, K., Patzak, J., Nesvadba, V., Mikyška, A., Slabý, M., Jurková, M. (2014): Kazbek – mýtická hora Velkého Kavkazu, ale především česká perspektivní odrůda chmele nejen pro české pivo. In: MZe, Český chmel 2014. Chmelařský institut a Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha, 56 s. ISBN 978-80-7434-161-8.

Krofta, K., Kučera, J. (2015): Obsah alfa kyselin ve chmelu a globální klimatické změny. In: Chmelařská ročenka 2015. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Žatec, 387 s. ISBN 978-80-86576-66-3.

Kutňák, M. (2011): Vlastnosti a využití chmele a chmelového extraktu. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Kroměříž, 60 s.

Mikyška, A. (2008): Pivovarská hodnota českých a moravských chmelů ze sklizně 2008. Kvasný průmysl 55 (2), 30–36 s.

Mikyška, A., Hašková, D., Horák, T., Jurková, M. (2010): Vliv typu chmelové suroviny na antioxidační vlastnosti piva. Kvasný průmysl 56 (7–8), 294–302 s.

Mikyška, A., Jurková, M. (2013): Hodnocení obsahu α - a β -hořkých kyselin českých a moravských chmelů ze sklizně 2012. Kvasný průmysl 59 (4), 92–99 s.

Mikyška, A., Jurková, M. (2015): Hodnocení sklizně českých chmelů v roce 2014. Část I: Obsah α - a β -hořkých kyselin. Kvasný průmysl 61 (4), 106–113 s.

- Molecular Networks (2014):** Adprehumulone. Získáno 20. 12. 2015, z BioPath.Explore: <http://www.molecular-networks.com/biopath3/biopath/mols/Adprehumulone>
- Moll, M. (1994):** Beer & Coolers. Intercept Ltd, Hampshire, 550 s. ISBN 978-1898298090.
- Moštek, J., Čepička, J. (1969):** Chemie nespecifických měkkých pryskyřic (resuponů) chmele a jejich pivovarský význam. Kvasný průmysl 15 (7), 145–151 s.
- Možný, M., Tolasz, R., Nekovář, J., Sparks, T., Trnka, M., Žalud, Z. (2009):** The impact of climate change on the yield and quality of Saaz hops in the Czech Republic. Agricultural and Forest Meteorology 146 (6–7), 913–919 s.
- Nesvadba, V. (2006):** Hodnocení obsahu pryskyřic u hybridních odrůd v rajonizačních pokusech v roce 2005. In: Chmelařský institut, Technologie pěstování chmele, sborník přednášek ze semináře konaného dne 15. 2. 2006. Petr Svoboda, Žatec, 89 s. ISBN 80-86836-08-8.
- Nesvadba, V., Polončíková, Z., Henychová, A., Krofta, K., Patzak, J. (2010):** Charakterizace a identifikace odrůdy Vital (6. vyd). Chmelařský institut, Žatec, 38 s. ISBN 978-80-87357-06-4.
- Nesvadba, V., Polončíková, Z., Henychová, A., Krofta, K., Patzak, J. (2012):** Atlas českých odrůd chmele. Chmelařský institut, Žatec, 24 s. ISBN 978-80-87357-11-8.
- Nesvadba, V., Brynda, M., Henychová, A., Ježek, J., Kořen, J., Krofta, K., Malířová, I., Patzak, J., Polončíková, Z., Svoboda, P., Valeš, V., Vostřel, J. (2013):** Vývoj a tradice českých odrůd chmele. Chmelařský institut, Žatec, 104 s. ISBN 978-80-87357-11-8.
- Nesvadba, Z. (2013):** Metodika zkoušek užitné hodnoty – chmel. Získáno 25. 1. 2016, z eAGRI: <http://eagri.cz/public/web/file/112409/Chmel2013.pdf>
- Neve, R. A. (1991):** Hops. Chapman and Hall, London, 266 s. ISBN 978-94010.
- OpenStreetMap (2016):** Mapa základní. Získáno 25. 3. 2016, z Mapy.cz: <https://mapy.cz/zakladni?x=16.7597844&y=50.0413667&z=7&l=0&source=ward&id=6402>
- Paulová, H., Bochořáková, H., Táborská, E. (2004):** Metody stanovení antioxidační aktivity přírodních látek *in vitro*. Chemické listy 98, 174–179 s.

Pázler, B., Ondráček, J. (2005): Tržní řád. Získáno 20. 1. 2016, z Svaz pěstitelů chmele ČR: http://www.czhops.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=69&Itemid=69&lang=cs

Pluháčková, H., Ehrenbergerová, J., Kretek, P., Kocourková, B. (2011): Chmelové silice ve vybraných odrůdách z různě starých chmelnic. Kvasný průmysl 75 (7–8), 266–277 s.

Pokorný, J. (2011): Vliv lokality a ročníku na produkci a kvalitu chmele. Disertační práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 179 s.

Pšeničková, P. (2006): Porovnání klimatické regionalizace ČR Kurpelové a Končeka. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 48 s.

Riedelová, P. (2012): Využití průtokové coulometrie k měření antioxidační aktivity. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 49 s.

Rybáček, V., Fric, V., Havel, J., Libich, V., Kříž, J., Makovec, K., Petrлік, Z., Sachl, J., Srp, A., Šnobl, J., Vančura, M. (1980): Chmelařství. SZN, Praha, 426. ISBN 07-068-80.

Rybáček, V., Fric, V. (1982): Chmel. In: Špaldon, E. *et al.*, Rostlinná výroba. SZN, Praha, 720 s. ISBN 4029-07-124-86.

Small, E. (1978): A Numerical and Nomenclatural Analysis of Morpho-Geographic Taxa of Humulus – Systematic Botany. American Society of Plant Taxonomists 3 (1), 37–76 s.

Svaz pěstitelů chmele ČR (2015): Sucho významně snížilo úrodu chmele. Získáno 8. 12. 2015, z Svaz pěstitelů chmele ČR: http://www.czhops.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=187%3Atiskova-zprava-17-92015&catid=1%3Aceske-aktuality&Itemid=2&lang=cs

Šnobl, J. (1989): Vztahy mezi výživou, výnosem a kvalitou chmelových hlávek. In: Sborník Československé akademie zemědělských věd. Rostlinná výroba 35 (10), 1079–1086 s.

Šnobl, J. (1997): Speciální fytotechnika – rostlinná výroba. In: Šroller, J. *et al.* Ekopress, Praha, 205 s. ISBN 80-86119-04-1.

Šnobl, J. (2005): Chmel. In: Šnobl, J., Pulkrábek, J. *et al.* Základy rostlinné produkce (2. vyd.). Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 174 s. ISBN 80-213-1340-4.

Štranc, J. (1984): Technologie podzemního zpracování půdy ve chmelnicích. Metodika UVTIZ, Praha, 43 s.

Štranc, J. (1987): Teoretické aspekty stanovení potřeby podzimního zpracování půdy ve chmelnicích. Chmelařství 60 (9), 134–136 s.

Štranc, P., Štranc, J., Jurčák, J., Štranc, D., Pázler, B. (2007): Výsadba chmele. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 72 s. ISBN 978-80-87111-02-4.

Thompson, F. C., Neve, R. A. (1972): The influence of various factors on the cost of production of hop α -acid. Journal of the Institute of Brewing 78 (2), 156–161 s.

Türkott, L. (2005): Vliv povětrnostních podmínek na růst a vývoj ozdravených a neozdravených klonů chmele. Získáno 9. 4. 2016, z Česká bioklimatologická společnost: <http://www.cbks.cz/sbornik05b/Turkott.pdf>

ÚKZÚZ (2015): Situační a výhledová zpráva chmel, pivo. MZe, Praha, 48 s. ISBN 978-80-7434-263-9.

Vaněk V., Balík J., Pavlíková D., Tlustoš P. (2002): Výživa polních a zahradních plodin (3. vyd.). Martin Sedláček., Praha, 132 s. ISBN 80-902413-7-9.

Vent, L. (1999): Skupiny odrůd chmele a jejich využití v pivovarském průmyslu. Chmelařství 11–12, 173 s.

Verzele, M., Keukeleire, D. D. (1991): Chemistry and Analysis of Hop and Beer Bitter Acids. Elsevier Science, Amsterdam, 438 s. ISBN 978-0444881656.

VÚPS (2009): Situační a výhledová zpráva chmel, pivo. MZe, Praha, 63 s. ISBN 978-80-7084-795-4.

VÚPS (2012): Situační a výhledová zpráva chmel, pivo. MZe, Praha, 60 s. ISBN 978-80-7434-047-5.

Yilmazer, M., Stevens, J. F., Buhler, D. R. (2001): In vitro glucuronidation of xanthohumol, a flavonoid in hop and beer, by rat and human liver microsomes. Febs Letters 491 (3), 252–256 s.

Seznam zkratk

CMC – karboxymethylcelulosa
ČHMÚ – Český hydrometeorologický ústav
ČR – Česká republika
ČSN – česká technická norma
DMX – desmethylxanthohumol
DPPH – difenylpikrylhydrazyl
DPPH-H – difenylpikrylhydrazin
EBC – European Brewery Convention
EDTA – ethylendiamintetraacetátdisodný
HPLC – High Performance Liquid Chromatography
IPA – India Pale Ale
KH – konduktometrická hodnota
MZe – Ministerstvo zemědělství
ÚKZÚZ – Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
VT – virus tested
VÚPS – Výzkumný ústav pivovarský a sladařský
ŽPČ – Žatecký poloraný červeňák

Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Chemické složení sušených hlávek
Tabulka č. 2: Kvalitativní znaky chmele dle Tržního řádu chmele
Tabulka č. 3: Hodnocení agrometeorologického roku 2014/2015
Tabulka č. 4: Aplikace pesticidů v průběhu vegetace
Tabulka č. 5: Chmelové pryskyřice
Tabulka č. 6: Chmelové polyfenoly
Tabulka č. 7: Chmelové silice
Tabulka č. 8: Kalibrační řada standardu Troloxu
Tabulka č. 9: Hmotnost 100 suchých hlávek
Tabulka č. 10: Hmotnost 100 suchých větének
Tabulka č. 11: Podíl větének na hmotnosti suchých hlávek
Tabulka č. 12: Délka věténka u suchých hlávek
Tabulka č. 13: Těžkost chmele
Tabulka č. 14: Počet článků na věténku
Tabulka č. 15: Hustota zalomení na věténku
Tabulka č. 16: Obsah cizích a biologických příměsí chmele
Tabulka č. 17: Průměrný obsah biologických příměsí v českých chmelech
Tabulka č. 18: Rozplevení hlávek u jednotlivých odrůd chmele
Tabulka č. 19: Variabilita vlhkosti chmele jednotlivých odrůd
Tabulka č. 20: Variabilita vlhkosti chmele v lokalitě Obora
Tabulka č. 21: Obsah hořkých kyselin v odrůdě ŽPČ
Tabulka č. 22: Konduktometrická hodnota odrůdy ŽPČ

Tabulka č. 23: Obsah hořkých kyselin v odrůdě Sládek
Tabulka č. 24: Konduktometrická hodnota odrůdy Sládek
Tabulka č. 25: Obsah hořkých kyselin v odrůdě Kazbek
Tabulka č. 26: Konduktometrická hodnota odrůdy Kazbek
Tabulka č. 27: Obsah celkových polyfenolů
Tabulka č. 28: Antioxidační aktivita výluhu chmele
Tabulka č. 29: Antioxidační aktivita ethanolvého extraktu chmele
Tabulka č. 30: Obsah dusíkatých látek

Seznam grafů

Graf č. 1: Průměrné sklizňové obsahy alfa kyselin u ŽPČ
Graf č. 2: Hmotnost 100 suchých hlávek odrůdy ŽPČ
Graf č. 3: Hmotnost 100 suchých hlávek odrůdy Sládek
Graf č. 4: Hmotnost 100 suchých hlávek odrůdy Kazbek
Graf č. 5: Hmotnost 100 suchých větének odrůdy ŽPČ
Graf č. 6: Hmotnost 100 suchých větének odrůdy Sládek
Graf č. 7: Hmotnost 100 suchých větének odrůdy Kazbek
Graf č. 8: Podíl větének na hmotnosti suchých hlávek u odrůdy ŽPČ
Graf č. 9: Podíl větének na hmotnosti suchých hlávek u odrůdy Sládek
Graf č. 10: Podíl větének na hmotnosti suchých hlávek u odrůdy Kazbek
Graf č. 11: Délka věténka suchých hlávek u odrůdy ŽPČ
Graf č. 12: Délka věténka suchých hlávek u odrůdy Sládek
Graf č. 13: Délka věténka suchých hlávek u odrůdy Kazbek
Graf č. 14: Počet článků na věténku u odrůdy ŽPČ
Graf č. 15: Počet článků na věténku u odrůdy Sládek
Graf č. 16: Počet článků na věténku u odrůdy Kazbek

Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Chmelová hlávka
Obrázek č. 2: Strukturní vzorce alfa kyselin
Obrázek č. 3: Transformace beta kyselin na hulupony
Obrázek č. 4: Typické chmelařské oblasti
Obrázek č. 5: Poloha chmelnice
Obrázek č. 6: Redukce radikálu DPPH na DPPH-H

Seznam příloh

Obrázek č. 7: Chmelnice
Obrázek č. 8: Chmelová rostlina odrůdy Sládek z lokality Obora
Obrázek č. 9: Chmelové hlávky odrůdy ŽPČ z lokality Obora
Obrázek č. 10: Chmelové hlávky odrůdy Sládek z lokality Obora
Obrázek č. 11: Chmelové hlávky odrůdy Kazbek z lokality Obora
Tabulka č. 31: Plocha majoritních odrůd chmele v ČR v roce 2014 a 2015

Tabulka č. 32: Vývoj ploch v ČR v letech 2006–2015

Tabulka č. 33: Celková produkce chmele v ČR v letech 2006–2015

Tabulka č. 34: Průměrný výnos chmele v ČR v letech 2006–2015

8. Přílohy

Chmelnice v lokalitě Obora (obrázek č. 7), rostliny odrůdy Sládek (obrázek č. 8), usušené chmelové hlávky jednotlivých odrůd (obrázek č. 9, 10, 11).

Obrázek č. 7: Chmelnice



Zleva: Kazbek, ŽPČ, Sládek.

(Nováková, 2015)

Obrázek č. 8: Chmelová rostlina odrůdy Sládek z lokality Obora



(Nováková, 2015)

Obrázek č. 9: Chmelové hlávky odrůdy ŽPČ z lokality Obora



(Bárta, 2016)

Obrázek č. 10: Chmelové hlávky odrůdy Sládek z lokality Obora



(Bárta, 2016)

Obrázek č. 11: Chmelové hlávky odrůdy Kazbek z lokality Obora



(Bárta, 2016)

Sklizňové plochy, hektarové výnosy a produkce sušeného chmele v ČR

Sklizňová plocha majoritních odrůd chmele v ČR (tabulka č. 31). Vývoj ploch chmele v ČR v letech 2006–2015 (tabulka č. 32). Vývoj celkové produkce chmele v ČR v letech 2006–2015 (tabulka č. 33). Průměrný výnos chmele v ČR v letech 2006–2015 (tabulka č. 34).

Tabulka č. 31: Plocha majoritních odrůd chmele v ČR v roce 2014 a 2015 (ha)

Oblast Odrůda	Žatecko		Úštěcko		Tršicko		ČR	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015
ŽPČ	3 086	3 190	407	433	401	416	3 894	4 039
Sládek	172	163	20	22	78	82	270	267
Premiant	99	100	40	37	48	43	187	180
Agnus	37	35	3	3	–	–	40	38
Saaz Late	13	32	–	–	2	2	15	34
Kazbek	11	12	2	2	5	5	18	19
Celkem*	3 451	3 576	474	497	535	549	4 460	4 622

* Plocha celkem včetně ostatních odrůd.

(ÚKZÚZ, 2015)

Tabulka č. 32: Vývoj ploch v ČR v letech 2006–2015 (ha)

Rok Odrůda	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ŽPČ	4 926	4 840	4 738	4 627	4 559	4 040	3 806	3 786	3 894	4 039
Sládek	222	215	239	277	277	249	242	240	270	267
Kazbek	-	-	-	-	-	-	1	3	18	19
Celkem *	5 414	5 389	5 335	5 307	5 210	4 632	4 366	4 319	4 460	4 622

* Plocha celkem včetně ostatních odrůd.

(ÚKZÚZ, 2015)

Tabulka č. 33: Celková produkce chmele v ČR v letech 2006–2015 (t)

Rok	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Celkem	5 453	5 631	6 753	6 616	7 772	6 088	4 338	5 330	6 202	4 843

(ÚKZÚZ, 2015)

Tabulka č. 34: Průměrný výnos chmele v ČR v letech 2006–2015 (t/ha)

Rok	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Celkem	1,01	1,04	1,27	1,25	1,49	1,31	0,99	1,23	1,39	1,05

(ÚKZÚZ, 2015)