

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

BRNO 2015

TEREZA POKORNÁ

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav pěstování, šlechtění rostlin a rostlinolékařství



Chmelové silice a možnosti jejich využití.
Diplomová práce

Vedoucí práce:
Ing. Helena Pluháčková, Ph.D.

Vypracovala:
Bc. Tereza Pokorná

Brno 2015

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Chmelové silice a možnosti jejich využití ” vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....

podpis

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucí mé diplomové práce, paní Ing. Heleně Pluháčkové, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost při konzultacích a cenné připomínky poskytnuté v průběhu tvorby diplomové práce.

Dále bych touto cestou chtěla poděkovat mým rodičům a blízkým za pomoc a podporu během studia.

ABSTRAKT

Chmel je jednou ze základních surovin pro výrobu piva, avšak lze jej použít nejen pro ni, velmi pozoruhodné jsou také jeho léčivé schopnosti. Mezi nejkvalitnější chmel na světě patří česká odrůda Žatecký poloraný červeňák, na jehož kvalitě se podílí jak genetika, tak podnebí. Kromě látek důležitých pro chuť a aroma piva obsahuje i řadu dalších látek se zdravotním významem.

Cílem diplomové práce bylo stanovit obsah chmelových silic ve chmelových šišticích a peletách. Dále stanovit obsah vybraných složek silic a statisticky vyhodnotit rozdíly v jejich obsahu. V literatuře najít léčivé účinky chmele a možnosti využití chmelové silice.

Z výsledků vyplývá, že velmi vysoce významný vliv měla odrůda na celkový obsah silic i na jednotlivé složky silice (myrcen, karyofylen, humulen a farnesen). Nejvyšší obsah silic byl zjištěn u vzorků sušených chmelových hlávek odrůdy ŽPČ ozdravené formy ($525 \mu\text{l} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), naopak nejnižší obsah silic byl zjištěn ve vzorcích sušených chmelových hlávek neozdravené formy odrůdy ŽPČ ($295 \mu\text{l} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$). Sušené chmelové šišťice jsou náročnější na skladování a dávkování. Nejčastěji se používají chmelové pelety, které se snadno dávkují a skladují.

Klíčová slova: chmel, obsah silic, myrcen, karyofylen, farnesen, humulen

ABSTRACT

Hops is one of the basic raw materials for beer, but it can be used not only for beer very noteworthy are his healing abilities. Czech Saaz variety belongs to among the best hops in the world, whose quality is involved in both genetics and climate. In addition to the substances important to the taste and aroma of beer, it contains a number of other substances with health significance.

The aim of this work was to determine the essential oil content in hop cones and pellets. Specify the content of selected components of essential oils and statistically evaluate differences in their content. In the literature to find healing effects of hops and hop possibility of using essential oils.

The results show that a very significant effect was high variety on the total content of essential oils and essential oils into individual components (myrcene, caryophyllene, farnesene and humulene). The highest essential oil content was detected in samples of dried hop cones of Saaz hops variety recuperation forms (525 $\mu\text{l} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), while the lowest essential oil content was detected in samples of dried hop cones unrecuperation forms variety Saaz variety (295 $\mu\text{l} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$). Dried hop cones are demanding storage and dispensing. Hop pellets are most commonly used because they are easily dosed and stored.

Keywords: hop, essentials oil content, myrcene, caryophyllene, farnesene, humulene

OBSAH

1	ÚVOD.....	9
2	CÍL PRÁCE.....	10
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED	11
3.1	Obecná charakteristika silic	11
3.2	Chmelové silice.....	15
3.3	Sušení chmelových hlávek.....	19
3.4	Vnější prostředí	21
3.4.1	Vliv doby uskladnění	21
3.4.2	Vliv pěstitelských oblastí.....	21
3.4.3	Vůně chmelových hlávek.....	22
3.4.4	Stárnutí chmele	23
3.5	Metody izolace silic	24
3.6	Formy zpracování chmelových šištic.....	28
3.7	Chmelové výrobky	28
3.7.1	Chmelové výrobky připravené mechanickými úpravami hlávkového chmele	30
3.7.2	Chmelové výrobky připravené fyzikálními úpravami hlávkového chmele	32
3.7.3	Chmelové výrobky připravené chemickými úpravami hlávkového chmele	33
3.8	Léčivé účinky chmele	34
4	MATERIÁL A METODIKA	40
4.1	Charakteristika použitých odrůd chmelů	40
4.1.1	Kazbek	40
4.1.2	Premiant.....	40
4.1.3	ŽPČ	40
4.1.4	Citra	41
4.1.5	Halertal.....	41
4.1.6	Harmonie	42
4.1.7	Sládek.....	42
4.2	Postup stanovení obsahu silic.....	42
4.3	Složení silic	43

4.4	Statistické zpracování výsledků	43
5	VÝSLEDKY	44
5.1	Vyhodnocení obsahu silic a vybraných složek silice	44
5.2	Porovnání různých způsobu zpracování chmele	48
6	DISKUZE	50
7	ZÁVĚR	54
8	POUŽITÁ LITERATURA	56
9	SEZNAM OBRÁZKŮ	66
10	SEZNAM TABULEK	66
11	SEZNAM ZKRATEK	67
12	PŘÍLOHY	68
13	SEZNAM PŘÍLOH	68

1 ÚVOD

Pěstování chmele (*Humulus lupulus* L.) má dávnou historii. Římský historik Plinius se v 1. století př. n. l. zmiňuje o chmelu jako o léčivé rostlině. Od 8. století byl chmel pěstován především v okolí klášterů. Od středověku se chmel začal používat při vaření piva jako konzervační a hořčící agens. Od této doby se chmel stal základní surovinou při výrobě piva. Zhruba 95 % celosvětové produkce chmele je určeno pro pivovarské účely, zbytek je využit pro výrobu fytomedikamentů a přírodních potravinových doplňků (Krofta, Mikyška 2014).

Chmel je jednou ze tří nenahraditelných surovin pro výrobu piva. Je představován usušenými chmelovými šišticemi samičích rostlin chmele evropského (Čepička, Kubíček 2000). Chmelové hlávky, správně botanicky nazývané šištice, sklizené pro pivovarské účely jsou složeny ze stopky, věténka, pravých a krycích listenů. Při oplození obsahují navíc semeno neboli pecku, což je nežádoucí. Na vnitřní straně listenů se při zrání chmele vylučují pryskyřičná zrnka lupulinu, která obsahují chmelové silice a pryskyřice (Kadlec 2002).

Chmel poskytuje pivu typickou hořkou chuť, přispívá k tvorbě charakteristického aroma a má další technologicky významné vlastnosti (Čepička, Kubíček 2000).

V České republice se pěstuje chmel na vysoké úrovni. Jeho velká část z celkové produkce se vyváží téměř do celého světa (Čepička, Kubíček 2000). Chmel je plně ekonomicky závislý na pivovarnictví. Jedná se o velmi stabilní odvětví, jehož produkci je možno předem předpovídat. Ve spotřebě sklizeného chmele jsou proto jen velmi malé odchylky. Výkyvy v poptávce zapříčiňovaly katastrofální snížení cen v důsledku nadměrné nabídky, nebo extrémní zvýšení důsledkem malé úrody (Small 2006).

Pěstování chmele je v České republice státně kontrolováno a řízeno. Jsou povoleny tři pěstitelské oblasti – Žatecko a Ústěcko v Čechách a Tršicko na Moravě. Z pivovarského hlediska jsou odrůdy chmele členěny na jemné aromatické, představované především žateckými odrůdami, s příjemným chmelovým aroma, aromatické, hořké a vysokoobsažné s vysokým obsahem pryskyřic. Podle zbarvení chmelové révy se člení chmelové odrůdy na červenáky (žatecké odrůdy) a na zeleňáky (pěstované v zahraničí) (Kadlec 2002).

Ve zralých chmelových šišticích jsou obsaženy řady sekundárních metabolitů, pryskyřice, polyfenolové látky a silice (Krofta, Mikyška 2014).

Silice, nazývané také éterické oleje, jsou charakteristicky a intenzivně vonící těžké olejovité látky (Bremness 1994). Chmelové silice jsou ve vztahu ke svému objemu mimořádně lehké, snadno se transportují na velké vzdálenosti a přitom neztratí nic na pivovarské kvalitě. V současné době jsou chmelové šišlice upravovány do formy prášku, resinového extraktu nebo jsou lisovány do pelet. Tím se značně prodlužuje jejich skladovací doba a omezí se náklady na dopravu (Small 2006). Je to již dvacet let, kdy se v hlavním zpracovatelském areálu v ČR začal produkovat nejkvalitnější český chmel do formy pelet (Kovařík 2013).

Chmel pěstovaný v Čechách, konkrétně v Žatecké oblasti patří mezi vysoce kvalitní jemné aromatické odrůdy chmele tzv. evropského otáčivého. V dnešní době probíhá česání chmele převážně mechanicky, poté jsou chmelové šišlice sušeny při nižších teplotách a lisovány do balotů a žoků. Téměř všechny pivovarsky cenné látky chmele podléhají snadno chemickým změnám při skladování a transportu. To bylo důvodem, proč se začal hlávkový chmel zpracovávat na různé chmelové výrobky (Kadlec 2002).

Lisovaný chmel podléhá označování, ověřování a certifikaci se supervizí státu (Kovařík 2014). Jedná se o sušení lisovaných šištic chmele, které jsou skladovány v hranolech a v klimatizovaných skladech. Tuto formu chmele používá Budějovický Budvar (Rosa 2014).

Zásoby chmele jsou skoro každý rok vyrovnané. Nahodilé období neúrody nemá za následek zvýšení cen, jak tomu bylo dříve. Výše zmiňované činitele přispěly k centralizaci pěstování chmele. Vytvořil se tak velký mezinárodní obchod s touto komoditou (Small 2006).

2 CÍL PRÁCE

Cílem mé diplomové práce bylo zpracovat literární přehled o chmelových silicích a možnostech jejich dalšího využití. Stanovit obsah silice v chmelových šišticích a peletách. Získané údaje statisticky zpracovat a vyhodnotit.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Obecná charakteristika silic

Silice, někdy postaru nazývané etherické oleje či esenciální těkavé oleje jsou spletité směsi látek, které jsou obsaženy v přírodních rostlinných materiálech (Velíšek 2002). Jsou produktem sekundárního metabolismu rostlin (Vodrážka 1996). Během tohoto procesu dochází k degradaci látek primárního metabolismu, což jsou cukry, tuky a bílkoviny (Nováková, Šedivý 1996). Sekundární metabolity rostlin představují sloučeniny od alkaloidů po fenolické látky (Svoboda *et al.* 2000).

Silice jsou pestrou směsí silně těkavých organických látek, zpravidla příjemně a intenzivně vonících (Neubauer *et al.* 1986). Podle Kysilky (2012) působí na čichové a chuťové receptory člověka a vyvolávají dojem vůně nebo chuti. Známe asi 3000 rostlinných druhů obsahujících silice, z nichž k významnějším patří asi 150 druhů. Obsahují často více než 100 jednotlivých složek, z nichž jedna nebo několik hlavních složek dodávají silicím charakteristický zápach a chuť.

Mezi nejčastější složky těkavých olejů používaných ve farmacii a potravinářství patří terpeny a fenylypropany (Valíček 2006).

Jednotlivé složky silic vznikají dvěma biosyntetickými pochody (Vodrážka 1996). Podle Kroupy (2007) je hlavním pochodem tzv. mevalonátová cesta, kdy se tvoří terpeny. Dalším pochodem je tzv. šikimátová cesta, kdy vznikají např. kumariny, furokumariny a fenolické látky.

Ve vodě jsou téměř nerozpustné, s vodou se nemísí, ale rozpouštějí se v organických rozpouštědlech. Na vzduchu snadno oxidují a vytváří pryskyřice (Jirásek, Starý 1986). Silice mají zpravidla příjemnou chuť, někdy nepříjemně zapáchají (Riedl, Vondráček 1971).

Silice se při běžné teplotě vypařují, těkají s vodními parami a po silném ochlazení nebo po delším stání se z nich vylučují pevné krystalické látky (menthol, kafr) (Jaroš 1992).

Obsahují terpeny, nejčastěji $C_{10}H_{16}$ a jejich deriváty (Riedl, Vondráček 1971). Terpenové sloučeniny (monoterpeny a seskviterpeny) většinou nemají vliv na vůni a chuť silic, protože tyto vlastnosti mají převážně kyslíkaté sloučeniny (alkoholy, aldehydy, ketony, estery, atd.) (Čížková *et al.* 2011).

Isopren je hlavní stavební jednotkou terpenů. Do této skupiny se řadí několik tisíc přírodních látek, které se vyskytují ve všech formách živé hmoty, avšak biologické funkce známe jen u nevelkého množství. Terpeny lze považovat za „smyslové molekuly“ (Hay, Watermann 1993). Jejich užití je však omezené. Některé se dříve využívaly jako močopudná antiseptika, jiné slouží jako derivancia nebo korigencia. Většinou působí antisepticky, místně dráždí (Riedl, Vondráček 1971).

Člení se podle počtu isoprenoidních jednotek, z nichž jsou postaveny jejich molekuly (Hay, Watermann 1993).

Hay a Watermann (1993) uspořádali terpeny následovně:

- a) pravé monoterpeny (silice, oleoprskyřice)
- b) nepravé monoterpeny (pyrethriny)
- c) seskviterpeny (silice)
- d) diterpeny
- e) triterpeny a steroidy (saponiny, kardiotonické glykosidy, fytosteroly, modifikované triterpeny)
- f) karoteny
- g) polyisopreny

Monoterpeny jsou přítomny převážně v rostlinách. Jedná se o těkavé kapaliny, které jsou součástí silic a balzámů. Mají rozmanité struktury vycházející z prostorového uspořádání molekul pomocí asymetrických center. Například menthol má tři asymetrické uhlíky. To znamená, že může vytvářet různé stechiometrické konformace s odlišnými organoleptickými vlastnostmi (Hay, Watermann 1993).

Seskviterpeny patří mezi alifatické mono-, di- a tricyklické struktury. Mají o pět uhlíků více ve struktuře než monoterpeny (Hay, Watermann 1993). Tvoří významnou část některých silic, třeba že jsou méně těkavé než monoterpeny.

Náleží zde také např. fytohormony, feromony (farnesol), antibiotika (trichothecin) a vonné látky (santaloly, cedreny), dále mono a polycyklické uhlovodíky (β – bisabolen, β – karyofylen) (Bruneton 1999). Pozoruhodnou skupinu tvoří seskviterpenické laktony, které se zpravidla vyskytují u rostlin z čeledi *Asteraceae*, u které byla dokázána

biologická aktivita různého typu. Některé vyvolávají hořkou chuť rostlin, jiné odpuzují hmyz, další jsou jedovaté pro hospodářská zvířata.

Silice zahrnují složky různého původu pocházející z přeměn netěkavých složek. Zpravidla jsou zodpovědné za ovocné vůně. Mohou být přítomny v podobě konkrétní a absolutní, které působí rozdílně dle způsobu přípravy. Pokud jsou extrahované pomocí destilace vodní parou, mohou se v silicích vyskytovat:

- složky pocházející z degradace mastných kyselin
- složky pocházející z degradace terpenů
- ostatní složky (N, S složky) (Bruneton 1999)

Z fyziologického hlediska se silice řadí mezi exkrece. Sekrece je obecná vlastnost živých buněk, představující odtok látek mimo rostlinu nebo do specifických mezibuněčných prostor. Vylučovaný materiál může obsahovat různé soli, latex, tuky, vosky, flavonoidy, cukry, gumy, slizy, esenciální oleje a pryskyřice (Svoboda *et al.* 2000).

Silice se mohou koncentrovat v některém z rostlinných útvarů, především v květech, plodech, listech, kůře a kořenech. Nebo mohou pronikat celou rostlinou jako je tomu u jehličnanů (Sedláková 2003). Zpravidla se nacházejí ve speciálních sekrečních strukturách buď na povrchu rostliny, nebo v rostlinných tkáních. Typ sekreční struktury je specifický pro čeleď nebo druh (Svoboda *et al.* 2000). Nacházejí se ve žláznatých trichomech, papírách, v siličných buňkách, v kanálcích a anatomicky vhodně stavěných mezibuněčných prostorech. Jejich význam pro rostlinu je objasněn pouze částečně. Obsah silice v rostlině kolísá nejen během vegetace, ale i během dne, což ukazuje na jejich roli v metabolismu rostliny (Jirásek, Starý 1986).

V závislosti na genetických a zeměpisných faktorech je složení silic proměnlivé. Tento úkaz bývá označován jako chemický polymorfismus (Pengelly 2004). Mezi siličnatými rostlinami jsou chemotypy časté. Chemotyp je taxonomická jednotka, lišící se od zbytku populací složením sekundárních metabolitů (Felklová, Kocourková 2003, Barazani *et al.* 2002). Přírodním příkladem je tymián (*Thymus vulgaris* L.) ze západního Středomoří. Tento morfologicky stejnorodý druh má sedm odlišných chemotypů: šest v aridních oblastech nebo na jihu Francie (thymol, karvakrol, geraniol,

linalool, α -terpineol nebo trans-4-thujanol a cis-8-myrcenol) a jeden v Španělsku (cineol) (Bruneton 1999).

Další příklady byly zaznamenány u čeledi *Lamiaceae*, *Asteraceae*, *Papaveraceae* (Felklová, Kocourková 2003, Barazani *et al.* 2002). U chmele se podobnou problematikou nikdo nezabýval.

Vliv klimatických faktorů na obsah účinných látek je především nepřímý. U siličnatých rostlin je nejčastěji sledován vliv světla a sucha (Felklová, Kocourková 2003). Výzkum potvrdil, že podporují produkci silice. Nedostatečné množství kyslíku a uzavření průduchů totiž podporuje tvorbu terpenů.

Vliv prostředí na silice sledoval také Valíček (2006). Tvrdí, že díky vlivu světla, tepla a vlhkosti nastávají v silici chemické reakce, které mění jejich vzhled a kvalitu. Patří mezi ně především nenasycené uhlovodíky, které podléhají oxidaci, a proto se ze silice odstraňují, aby se tak zvýšila jejich stabilita a jakost.

U siličnatých rostlin je otázkou potřeba vody. Klesne-li v poledních hodinách silně atmosférická vlhkost, prodělávají rostliny tzv. stav dočasného zavadání. Pokud se tento jev opakuje u siličnatých rostlin, vede to v určitých oblastech k asimilaci metabolismu, kdy se vytvoří podstatné množství látek nutných pro tvorbu terpenů.

Některé záznamy dosvědčují, že se produkce silic stimuluje na teplých sušších stanovištích. Avšak neplatí to obecně. Existují případy, kdy závlahy měly pozitivní vliv na produkci silic na slunných lokalitách mezofytních typů rostlin (Felklová, Kocourková 2003). Mezofytnímu typu rostlin vyhovuje mezofilní prostředí, což znamená mírně vlhké prostředí, ne příliš vlhko, ne příliš sucho. Podle Felklové, Kocourkové (2003) zde patří *Menta x piperin*, *Carum carvi*.

Pro určité druhy je poměr dílčích složek v silici během vývinu velmi proměnlivý. Tyto změny je možno sledovat u máty peprné, dále také u dalších druhů, jako je fenykl, mrkev a koriandr (hladina linaloolu je o 50 % vyšší ve zralých plodech než v nezralých). Teplota, relativní vlhkost, součet světelných dní a dlouhodobé povětrnostní podmínky uplatňují přímý vliv, hlavně u druhů, u kterých ovládají akumulární struktury v povrchových tkáních (např. žlaznaté trichomy u *Lamiaceae*). Jsou-li tyto struktury uloženy hluboko v pletivu, kvalita silice je více konstantní. Například u máty peprné dlouhé dny a vyrovnané noci směřují ke zvýšení výnosu silice

a k zintenzivnění tvorby menthofuranu v silici. Naopak chladné noci podmiňují tvorbu mentholu. Kultivační zásahy mají také účinek na výnos a kvalitu finálního produktu (hnojení, množství dusíku, fosforu a draslíku, závlahový režim). Praxe ukazuje, že neexistují obecná pravidla pro všechny případy (Bruneton 1999).

Bylo dokázáno, že chemická diverzita na úrovni druhů (infrascifická variabilita) je více pravidlem než výjimkou. Znalost infrascifické variability může být prospěšná při identifikaci odlišných odrůd podle hlavních složek silice. Vhodným příkladem je kořen petržele. Odrůdy s hladkými celokrajnými listy obsahují mimosyristicin a apiol v listech a plodech, kdežto kadeřavé typy odrůd obsahují jen myristicin (Hay, Watermann 1993)

Ve chmelových šišticích se silice vyskytují jen v malých množstvích. Podle Kroupy (2007) pokusy o identifikaci jednotlivých složek silic u chmele se setkávaly s problémy díky tomu, že se jedná o velmi spleť látek, které jsou si velmi podobné.

3.2 Chmelové silice

Chmelovým šišticím dávají silice typickou vůni. Jsou těkavé povahy, při chmelovaru jich část zůstane v pivu a dávají mu specifický typ chmelového aroma (Šnobl, Pulkrábek 2005).

Chmelové silice jsou směsí několika set látek různého chemického složení, těkavosti a polarit. Některé z nich jsou přítomny přibližně v desítkách procent (myrcen, α -humulen), ostatní jsou zastoupeny v malém až stopovém množství, jiné nebyly dosud identifikovány. Všechny se společně podílí na vzniku charakteristického chmelového aroma (Krofta 2008).

Dlouholetá šlechtitelská činnost se orientovala na selekci jemných aromatických chmelů. V posledních letech vzrůstá zájem některých pivovarů o odrůdy se specifickou vůní. Jedná se o nechmelové vůně, které mají výrazné citrusové, ovocné, česnekové, nebo i květinové aroma. Složení a množství jednotlivých složek silic udává chmelovou vůni (Nesvadba *et al.* 2014). Chmelové silice jsou důležitou složkou chmele, která odpovídá za vůni chmele a její transformaci do piva (Krofta *et al.* 2010). Chmel obsahuje 0,5 až 3,0 % hmotnosti silic, které jsou obsaženy v lupulinových žlázách chmelové šišťice (Kroupa 2007, Nesvadba *et al.* 2014).

Silice se tvoří v posledních fázích zrání rostliny (Cowles 1990, Vent 1963), také podle Basařové (2010) se silice tvoří v konečných fázích zrání rostliny. Jejich obsah i složení se během dozrávání výrazně mění, což závisí na době zralosti, podmínkách stanoviště a na odrůdě. Dochází k nárůstu obsahu, zvyšuje se podíl myrcenu a dalších složek terpenické frakce na úkor frakce kyslíkaté. (Krofta *et al.* 2010). Ve zralém stavu je poměr obsahu terpenické a kyslíkaté frakce přibližně v poměru 3:1 (Krofta *et al.* 2011). Jejich obsah a zastoupení jednotlivých složek závisí hlavně na genetických vlastnostech odrůdy, na podmínkách pěstování, sklizně i skladování (Basařová 2010).

Chmelové silice se sestávají asi ze 40 látek různé struktury a různých fyzikálních vlastností. Při sušení jich část vyprchá (Vent 1963). Krofta (2008) tvrdí, že chmel obsahuje 0,5 až 3,0 % hmotnostních silic. Na tomto tvrzení se shoduje i Kroupa (2007) a Nesvadba *et al.* (2014). U velmi jemných aromatických chmelů se celkový obsah silice v lupulinových zrnech pohybuje ve velmi nízkých hodnotách, 0,2 – 0,3 % (Vrzalová, Fric 1994). Prugar (2008) rozděluje složky chmelových silic do tří skupin, a to frakce uhlovodíková, frakce kyslíkatá a frakce sirných sloučenin. Frakce kyslíkatá vzniká oxidací původních uhlovodíků během zrání, zpracování a skladování chmele. Frakce sirných sloučenin je přítomná jen v nepatrném množství (Čepička, Kubíček 2000). Kromě toho se ve chmelových silicích nachází mnoho dalších ketonů s větveným řetězcem, a to jak nasyceným, tak nenasyceným. Mezi nejdůležitější zástupce látek ze skupiny epoxidů patří epoxidy, které vznikají oxidací terpenických uhlovodíků v průběhu stárnutí chmele (karyofylepoxid a humulenepoxidy). Jejich obsah ve chmelu postupem času výrazně stoupá. Estery, které jsou přítomné ve chmelových silicích, patří mezi jedny z nejdůležitějších složek z pohledu formování charakteru aroma. Dosud bylo identifikováno více než 70 různých esterů. Homologická řada methylesterů nasycených alifatických kyselin od hexonoátu po dodekanoát se řadí k nejvíce zastoupeným (Krofta 2008).

Majoritní část připadá na uhlovodíkovou frakci, která u čerstvě sklizeného chmele tvoří 70-80 % celkové hmotnosti silic. Mezi nejdůležitější složky uhlovodíkové frakce chmelových silic patří terpenické uhlovodíky, zejména myrcen, karyofylen, humulen a farnesen (Prugar 2008). Nejvýznamnější jsou monoterpeny a seskviterpeny, jejichž vzájemné poměry jsou genetickou vlastností jednotlivých klonů chmele. Například pro jemné odrůdy žateckých aromatických chmelů je charakteristický nízký obsah myrcenu,

který je nositelem drsného štiplavého aroma a původcem nevyrovnané a méně příjemné hořkosti piva. Ušlechtilé aroma těchto odrůd je vytvářeno vhodným poměrem seskviterpenových složek, zejména α -humulenu (8 až 33 %), β -karyofyllenu (4 až 22 %) a farnesenu (0 až 19 %), (Basařová, Čepička 1985).

Chemické složení kyslíkaté frakce je mnohem rozmanitější (Prugar 2008). Vzniká během zrání, zpracování a skladování chmele. Tvoří asi 30 % z celkového množství silic. Složení této frakce závisí nejen na odrůdě chmele, ale hlavně na způsobu posklizňové úpravy a na podmínkách skladování, kdy jejich obsah chmelu stoupá (Basařová 2010). Z kyslíkatých látek jsou ve chmelových silicích obsaženy terpenické alkoholy linalool, geraniol a nerol, dále methylketony v homologické řadě od 2-heptanonu po 2-heptadekanon (Krofta 2008). K dalším důležitým složkám patří epoxidy a estery mastných kyselin (Prugar 2008).

Frakce sirných sloučenin chmelových silic představuje velice malé množství, přibližně 1,0 % celkové hmotnosti. Vzhledem k tomu, že se jedná o látky sensoricky velice aktivní, jejich působení na celkové aroma chmele není zanedbatelné (Krofta 2008). Projevují se negativně už při nízkých koncentracích jako chuťové a vonné látky. Zvýšený obsah sirných sloučenin mají v první řadě chmele ošetřené během vegetace sirnými preparáty proti houbovým chorobám a chmele konzervované sířením v posklizňových úpravách (Basařová 2010).

Kvůli podstatnému rozdílu obsahu jednotlivých silic v různých odrůdách chmele byly vypracovány klíče pro rozpoznávání odrůd podle mezních hodnot vybraných silic (Kroupa 2007).

Přítomnost či absence některých složek silic, jejich obsahy a vzájemné poměry jsou silně odrůdově podmíněny. Ve srovnání s chmelovými pryskyřicemi se složení silic mění rychleji vzhledem k těkavosti některých složek. Například při sušení a zpracování na chmelové výrobky, ale ne natolik, aby to znemožnilo určit odrůdu i po zpracování chmele na chmelové výrobky. Ne všechny, ale jen určité silice poskytují vhodnou informaci o identitě odrůdy. Složky přítomné v největším množství nemusejí mít nejdůležitější roli (Krofta, Patzak 2012). V několika studiích se autorům podařilo na základě složení chmelových silic a pryskyřic vzájemně rozlišit několik desítek různých odrůd chmele (Kroupa 2007).

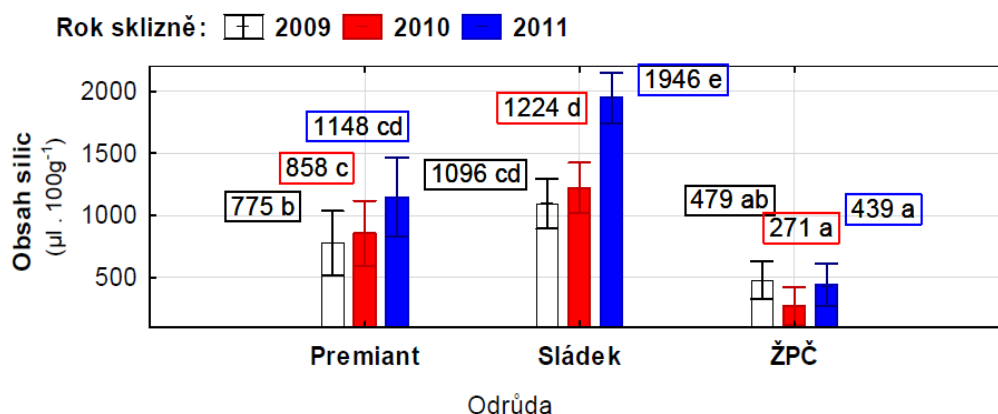
V časopise Chmelařství byly průběžně do roku 2011 publikovány obsahy silic v různých odrůdách. V tabulce 1 je uveden průměrný obsah silic ve vybraných odrůdách.

Tab. 1 *Obsah chmelových silic v českých chmelech ze sklizně 2011*

silice (% hm.)	ŽPČ	Premiant	Sládek	Vital	Agnus	Kazbek	Saaz Late
Průměr	0,59	1,4	1,78	1,97	1,96	1,56	0,85
Medián	0,61	1,34	1,7	2,04	1,93	1,56	0,68

Zdroj: Altová 2012

Obsahem silic se také zabývala Pluháčková, Ehrenbergerová (2013). Rozdíly u vybraných odrůd jsou zřejmé z grafu č. 1.



Zdroj: Pluháčková, Ehrenbergerová 2013

Graf 1 *Průměrný obsah silic chmele u odrůd PREMIANT, SLÁDEK, ŽPČ ve sklizňových letech 2009-2011*

Tab. 2 *Obsah vybraných silic v českých chmelových odrůdách (% rel.)*

Silice	Agnus	Bor	Harmonie	Premiant	Rubín	Sládek	Vital	ŽPČ
β-myrcen	24,79	15,11	25,21	17,35	15,7	14,73	10,59	15,61
Karyofylen	17,96	16,49	9,89	15,09	12,35	18,83	18,19	10,43
Humulen	27,71	47,42	27,55	46,51	33,39	46,82	3,79	32,45
β-farnesen	N.S.	0,36	N.S.	2,59	0,07	0,06	2,36	20,64
α-limonen								
epoxid	0,44	0,21	0,12	0,06	0,15	0,19	0,59	0,22
Celkové silice	1,68	0,77	1,15	1,11	0,88	0,99	0,77	0,39

N.S. – nebylo stanoveno

Zdroj: Jelínek et al. 2011

Chmelové silice udělují pivu charakteristickou vůni v závislosti na jejich složení, značně ovlivněném odrůdou chmele (Basařová 2010).

3.3 Sušení chmelových hlávek

Chmel patří mezi rostliny náročné na světlo, vláhu a teplotu, ale i na půdní podmínky a výživu. Obsah vody v chmelových šišticích po sklizni bývá 72-82 %. Sušením se musí snížit až na 8 % (Kadlec 2002). Basařová (2010) udává hodnoty pro čerstvě sklizený chmel v rozmezí 70-80 % a pro bezpečné skladování 10-11 %. Sušení chmele je nejjednodušší způsob konzervace a úpravy pro skladování.

Očesání šišťice neukončí její životní procesy, je stále živým organismem (Fric 1994). Chmelové šišťice reagují na oddělení od rostliny specifickým způsobem, především zvýšenou intenzitou dýchání.

Při zvýšené intenzitě dýchání přichází šišťice o důležité látky a tím dochází k poklesu její kvality, a tím pádem k poklesu kvality výsledného produktu (Vent, Rybka 2013). Následkem je uvolňování vlhkosti a energie, takže relativně rychle stoupá teplota a povrchová vlhkost hlávek (Vent, Rybka 2013). Podle Rybáčka (1980) se tento stav označuje jako zapařování chmele. Vlhkost je v chmelové hlávce rozložena nerovnoměrně, nižší obsah vody mají povrchové listeny, vyšší naopak vřetenko uprostřed šišťice, což je pro sušení nevýhodné. U nedostatečně vysušeného chmele s vlhkostí nad 14 % může při skladování dojít k zapaření, mohou ho napadnout plísňe a kvalita se může velice zhoršit. Obsah vody pod 10 % je také nežádoucí. Šišťice jsou velmi křehké a snadno se rozpadají a jsou nevhodné pro další zpracování (Basařová 2010).

Pro sušení chmelových šišťic se nejčastěji využívá komorových žaluziových sušáren, které jsou obdobou tělískových hvozdů ve sladovnách. Sušení probíhá ve dvaceti centimetrových vrstvách po dobu 5-8 hodin. Suší se teplým vzduchem, ovšem teplota pod spodní žaluzií nemá přesáhnout 50 °C. Moderní pásové sušárny mají vyšší výkon, pracují kontinuálně. Některé mohou být dokonce zapojeny do linky přímo k česacímu stroji. Po dokončení sušícího procesu je chmel skladován na půdách, kde přijímá vzdušnou vlhkost. Tím se zvýší obsah vody asi na 11 %. Poté probíhá třídění, lisování

do žoků. Dále se sušený chmel odesílá buď k dalšímu zpracování, nebo rovnou do pivovarů (Kadlec 2002).

Při skladování dochází díky oxidačním procesům mimo jiné k hořknutí beta kyselin. Tyto kyseliny za standardních podmínek nejsou hořké na rozdíl od α -kyselin, které hořknou v průběhu vaření při procesu izomerace (Vent, Rybka 2013).

Podle výzkumu Venta a Rybky (2013) je z naměřených výsledků zřejmé, že ze všech ověřených technologií skladování načesaného chmele nejlépe dopadla varianta s pasivní cirkulací vzduchu a to ve všech kritériích. Teplota chmelových hlávek v zásobníku nepřesáhla teplotu 22,48 °C a průměrná teplota během 24 hodin skladování byla 19,28 °C (průměrná teplota vzduchu během měření byla 18,81 °C). Z výsledků laboratorních testů lze konstatovat, že mezi ověřovanými variantami není ze statistického hlediska významný rozdíl. I přes tyto drobné rozdíly dosáhla varianta s pasivní cirkulací vzduchu nejlepších výsledků. Nejvyšší konduktometrická hodnota 3,54 %, nejvyšší spektrofotometricky stanovený obsah α -hořkých (3,79 %) a β -hořkých (3,83 %) kyselin a společně s původním vzorkem nejnižší hodnota indexu skladování 0,27. Kontrolní varianta bez cirkulace vzduchu dosáhla nejvyšší průměrné teploty 37,78 °C (maximální teplota 41,33 °C) a potvrdila tak autory naměřené výsledky z roku 2011 (Vent, Rybka 2013).

Tab. 3 Porovnávané kvalitativní parametry chmele

Varianta	Konduktometrická hodnota [%]	Obsah α -hořkých kyselin [%]	Obsah β -hořkých kyselin [%]	Index stárnutí
Pasivní větrání	3,54	3,79	3,83	0,27
Aktivní větrání	3,35	3,59	3,67	0,28
Kontrola	3,26	3,53	3,62	0,29
Start	3,33	3,5	3,57	0,27

Zdroj: Vent, Rybka 2013

3.4 Vnější prostředí

Kvalitativní parametry chmelových šištic včetně obsahu silic jsou ovlivňovány vnějším prostředím.

3.4.1 Vliv doby uskladnění

Pro další použití nebo zpracování chmele jsou podmínky skladování chmele prvořadě. Nevhodné skladovací podmínky způsobí znehodnocení chmele. Nedostatečné a pozdní usušení, nebo skladování v prostředí s vysokou relativní vlhkostí způsobují zhnědnutí barvy a poškození lesku chmele, či dokonce jeho zapaření a následující zplsnivění. Příliš vysoká sušící teplota poškozuje hořké kyseliny a silice. Měkké pryskyřice se přeměňují na pryskyřice tvrdé, s významně nižší pivovarskou hodnotou (Čepička, Kubíček 2000).

Je nezbytné chmel skladovat v chladných a suchých místnostech, bez přístupu světla, nejlépe na dobře izolovaných dřevěných podlahách. Zelená hmota chmele má vysokou adsorpční schopnost, proto by měl být skladován samostatně, aby neabsorboval cizí pachy od jiných materiálů (Čepička, Kubíček 2000). Podle výzkumu Krofity *et al.* (2003) dochází v průběhu skladování u všech odrůd k poklesu α -hořkých kyselin. Chmelové pelety měly nižší ztráty α -hořkých kyselin než lisovaný hlávkový chmel u kterého byly zaznamenány rozdíly i v odrůdách. Agnus měl nejvyšší ztráty, Premiant naopak nejnižší. Podle Čepičky, Kubíčka (2000) musí být skladovací místnosti co nejchladnější, ideálně do 5 °C, což zaručí malé úbytky obsahu α -hořkých kyselin. Lisovaný hlávkový chmel by se měl skladovat dokonce jen kolem 0 °C a neměl by být v žádném případě skladován delší období než jeden rok.

3.4.2 Vliv pěstitelských oblastí

Chmel se u nás pěstuje ve třech povolených chmelařských oblastech, kterými jsou Žatecko, Ústěcko a Tršicko. Tyto chmelařské oblasti jsou vymezeny zákonem o ochraně chmele č. 68/2000 Sb. a Vyhláškou Ministerstva zemědělství ČR 318/2000. Prugar (2008) považuje za charakteristický rys chmelařských oblastí geologicko-pedologické podmínky. Vhodné půdy pro pěstování chmele jsou takové, které mají značnou mocnost ornice, odpovídající podíl humusu, dobrou vodní i vzdušnou kapacitu, nízkou hladinu podzemní vody a vhodné mechanické a chemické složení. Nejčastější typ půdy, na které se v naší zemi pěstuje chmel, je hnědozem.

Je rozšířena v permském útvaru Žatecké oblasti, v okrajové části Úštěcké oblasti a částečně na Tršicku, kde převládají černozemě a jim blízké typy. V údolích vodních toků narazíme na naplaveniny i nivní půdy (Prugar 2008). Pro centrální Žateckou oblast je charakteristická varianta hnědozemní půdy tzv. červenka permského původu (Šnobl 2004).

3.4.3 Vůně chmelových hlávek

Chmelová vůně je dána množstvím a složením jednotlivých složek chmelových silic. Obsah silic se získá destilační metodou jako podíl, který vytěká s vodní parou ze 100 g chmele při varu. Složení chmelových silic se stanovuje plynovou chromatografií. Tímto způsobem bylo stanoveno více než 50 látek různého chemického složení (monoterpeny, seskviterpeny, alkoholy, estery, ketony a další). Vybrané složky silic byly podle sensorického charakteru rozříděny do 5 skupin s dominantním charakterem aroma následovně (Tab. 4) (Nesvadba *et al.* 2014).

Tab. 4 Složky silic dle sensorického charakteru

Ovocné/fruity	Květinové/floral	Citrusové/citrusy	Bylinné	Kořenité/spicy
isobutylisobutyrate	linalool	limonen	β -pinen	myrcen
2+3 methylbutylisobutyrate	geraniol		β -phelandren	alfa kopaen
2-nonanon	farnesol		β -selinen	karyofylen
S-methylthiohexanoát	2-dekanon		α -selinen	farnesen
methylnonanoát			γ -kadien	humulen
2-undekanon			δ -kadinen	karyofylenepoxid
methyldekadienoát			humulenepoxid I	
			humulenepoxid II	

Zdroj: Nesvadba et al. 2014

Mnohaletá šlechtitelská činnost byla zaměřena v první řadě na výběr jemných aromatických chmelů. V posledních letech pivovary zvyšují zájem o odrůdy se specifickou vůní, tzv. flavour hops. Jedná se o nechmelové vůně, které mají zřetelné citrusové, ovocné, česnekové, květinové aroma. Proto je šlechtitelským plánem se zaměřit při výběru na chmele se specifickou vůní (Nesvadba 2012). České chmelové odrůdy jsou typické slabě kořenitým chmelovým aroma. Vůně tradiční české odrůdy chmele Žateckého poloraného červeňáku je považována za standard kvality pro ostatní odrůdy chmele. Toto jemné chmelové aroma má i nově registrovaná česká odrůda

Saaz Late. Další skupinou jsou odrůdy charakteristické svou bylinnou vůní. Zde je možno zařadit odrůdu Harmonie, která má nepatrně vyšší podíl bylinné vůně, avšak typickým zástupcem této skupiny je Rubín. Tyto odrůdy je nutno sklídit v technologické zralosti, jelikož při stárnutí hlávek dochází k přechodu chmelového aroma až na aroma nepříjemné. Při vyrovnaném poměru ostatních charakteristik vůní se ovocná vůně neprojevuje negativně. Vyšší procento této vůně má odrůda Premiant, ale výraznější je nová odrůda Vital. Z pohledu chmelového aroma jsou kořenité, bylinné i ovocné vůně považovány za chmelové, nesmí se však jednat o několikanásobně vyšší podíl jedné charakteristiky vůně. Velmi výraznou a zároveň specifickou vůní je vůně citrusová, která se výrazně liší od chmelové vůně. Toto aroma je u odrůdy Kazbek, která má původ v ruském planém chmelu. Tato pozdní odrůda je vhodná pro druhé chmelení, případně studené chmelení. Je testována v řadě českých i zahraničních pivovarů. V rámci rozpracovaného šlechtitelského materiálu se získala řada nadějných vůní chmele, jako jsou vůně citrusové, jahodové, mentolové, mýdlové. Jejich specifická vůně nejvíce vyniká při studeném chmelení v průběhu dokvašení (Nesvadba *et al.* 2014).

Studené chmelení je charakteristické přidávkem chmele ve studené fázi výroby, nejčastěji do ležáckých tanků. Takto chmelená piva získají výjimečnou chmelovou vůni díky tomu, že se sensoricky uplatní látky, které při klasickém chmelovaru bez užitku odchází z vroucí mladiny (Krofta *et al.* 2013).

Očekává se, že v budoucnu bude registrováno více odrůd se specifickými vůněmi (Nesvadba *et al.* 2014).

3.4.4 Stárnutí chmele

Úpravy chmele po sklizni, při skladování, transportu a v průběhu zpracování na chmelové přípravky vyvolávají změny ve složení chmelových silic, pryskyřic a polyfenolů chmele. Tyto změny jsou označovány jako stárnutí. Jejich rychlost závisí na řadě faktorů a to zejména na teplotě, době skladování, ale také na přístupu vzdušného kyslíku a světla. Mezi nejzávažnější změny při stárnutí patří pokles obsahu α - a β -hořkých kyselin (Krofta *et al.* 2003). Varní zkoušky prováděné se starším chmelem prokázaly, že pokles hořčicí schopnosti chmele klesá pomaleji než obsah α -hořkých kyselin (Peacock 1998). Pomocí HPLC chromatografie byla stanovena

skupina blíže nespecifikovaných látek nazvaných S-frakce (písmeno S má význam „suma“), jejichž zvýšený obsah v chmelu dává pivu silnou nepříjemnou hořkost. Podle Krofty (2002) byla vyvinuta řada metod pro sledování stárnutí chmele, ale žádná z nich neukazuje v praxi přijatelné výsledky. Doposud není stanoveno, jaký stupeň stárnutí, respektive jaká míra změn technologických složek má již průkazný negativní vliv na kvalitu piva (Forster 2003).

Mezi českými chmelovými odrůdami jsou markantní rozdíly v dynamice procesů stárnutí při srovnatelných podmínkách skladování. Nejstabilnější je odrůda Premiant, naopak nejrychleji stárne odrůda Agnus. Žatecký červeňák a odrůda Sládek stárnou zhruba stejně rychle. Granulace, eventuálně extrakce chmele a uchovávání produktů v inertní atmosféře je z hlediska konzervace pivovarsky cenných látek účinnější než skladování nezpracovaného chmele při teplotách klimatizovaného skladu (Krofta *et al.* 2003).

3.5 Metody izolace silic

K izolaci silic se používá několik postupů. V zásadě se získávají třemi různými způsoby – destilací, lisováním a extrakcí nepolárními rozpouštědly, nebo jejich různými kombinacemi (Velíšek 2002, Čížková *et al.* 2011).

a) destilace vodní parou prostá

Patří mezi nejméně šetrný způsob získávání silice, přesto je velmi často využívána díky nízkým nákladům. Destilací se naruší jemné složky silice. Izolace je prováděna v přístrojích na stanovení silic. Využívá se zde schopnosti silic tékat s vodními parami a zpětně po ochlazení kondenzovat. Silice se s vodou zachycuje v zásobní baňce přístroje a stáhnutím do kapiláry je možné po kalibraci odečíst její objem (Bruneton 1999).

b) destilace nasycenou vodní parou

Destilace vodní parou se řadí mezi nejrozšířenější metody při izolaci silic. Její výsledky jsou velmi dobré (Dostálová 2003). Droga se smísí s vodou, nechá se provlhčit. Poté se do směsi vhání horká pára, která s sebou strhává těkavé složky. V chladiči se oddělují silice od vody (Valíček 2006). Do styku s vodou nepřichází rostlinný materiál, ale pára, která je hnána přes perforovanou desku s materiálem. Po zrychlení operace a snížení

výdeje energie je možné použít vyšší tlak (1-3 bary). Limitujícím je zde typ silice a jejích složek, zvyšuje se teplota, kvalita silice se může snížit (Bruneton 1999).

c) hydrodifúze

Tato metoda je založena na pulzním propouštění vodní páry pod nízkým tlakem (0,02-0,15 bary) přes rostlinný materiál směrem se shora dolů. Takto získaný produkt má odlišné složení od silice, která byla získána klasickým destilačním způsobem. Hydrodifúzí je ušetřen čas a energie (Bruneton 1999).

d) lisování za studena

Je to metoda, která se velice často využívá u citrusových plodů (Valíček 2006). Nováková, Šedivý (1996) rovněž uvádí, že se tato metoda uplatňuje při výrobě silic z kůry citrusových plodů. Silice jsou zde ve velkém množství uloženy v povrchových částech. Vylisovaná tekutina však obsahuje směs silic, vody a jiných látek. Oddělení takto získané směsi je velice náročné (Dostálová 2003).

e) další destilační metody

Jedním ze způsobů je destilace vodní parou mikrovlnami ve vakuu (Bruneton 1999).

f) extrakce organickými rozpouštědly

Tato metoda je často využívána kosmetickým průmyslem (Dostálová 2003). Při získávání silice z květů se využívá extrakce rostlinného materiálu v organickém rozpouštědle jako je petrolether nebo benzín (Nováková, Šedivý 1996, Bruneton 1999). Tento způsob extrakce dosahuje vysoké výtěžnosti na úkor snižování terapeutického účinku (Dostálová 2003). Takto získaný produkt se nazývá konkret. Obsahuje vedle vonných látek i balastní látky, např. vosky, které se oddělují jejich rozpuštěním v teplém lihu a vymrazením (Nováková, Šedivý 1996). Silice zbavená balastních látek se nazývá absolue (Dostálová 2003).

g) enfleuráž (enfleurage)

Je to nejstarší metoda získávání silic. Jedná se o extrakci tukovým rozpouštědlem (Valíček 2006). Může být provedena za tepla macerací horkým tukem nebo za studena bezuchým tukem (Nováková, Šedivý 1996). Podle Brunetona (1999) i Velíška (2002) se zpravidla používá vepřové sádlo. Valíček (2006) uvádí, že se na vrstvu tuku pokládá surovina, která obsahuje silici. Překryje se plátnem napuštěným tukem. Silice přechází

do tuku a z tuku se extrahuje ethanolem. Metoda je pracná. Podle Brunetona (1999) i Novákové, Šedivého (1996) se tato metoda vyplatí jen u vzácných silic, například u jasmínu.

h) superkritická fluidní extrakce (CO₂, propan)

Někteří autoři uvádějí, že silice získaná superkritickou fluidní extrakcí se liší od složení silice, která byla získána destilací vodní parou. Silice je extrahována z drogy fluidním extraktorem a jímána do nádoby s n-hexanem (Bruneton 1999).

V poslední době se stále častěji pro účel destilace používají mikroextrakční techniky, mezi které náleží např. mikroextrakce jednou kapkou (SDME – single-drop microextraction). SDME je proces založený na ustavování rovnováhy mezi vzorkem a kapkou vhodného rozpouštědla. Rozpouštědlo se vzorkem nesmí mísit. Získaný extrakt obsahuje zachycené sloučeniny. Dále je pak zrovna nastříknut do nástřikového prostoru plynového chromatografu bez nutnosti zařízení desorpčního kroku (Čížková *et al.* 2011).

Metoda headspace SPME (solid phase microextraction) byla původně vyvinuta pro extrakci těkavých látek z odpadních vod. Při separaci nejsou aplikována žádná organická rozpouštědla. Metoda je založena na sorpci analytů na povrchu křemenného vlákna, které je pokryto aktivní vrstvou sorbentu nebo polymeru. Vláknko může být ponořeno do kapaliny nebo v provedení „head-space” exponováno v plynné fázi nad kapalným nebo pevným vzorkem. Látky, které jsou zachycené se z vlákna termicky desorbují na analytickou kolonu v nástřikovém prostoru plynového chromatografu (Krofta, Čepička 2000).

Pro kapalinovou chromatografii se k uvolnění zachycených látek používá speciální adaptér s desorpční komorou, ve které jsou látky vymývány proudem mobilní fáze a nanášeny na HPLC kolonu. SPME našla široké uplatnění v oblastech analytické chemie především při analýze těkavých látek a vůní v nápojích, ovoci, koření, jedlých olejích a dalších potravinách, i v analýze rostlinných silic. SPME je velmi dobrým alternativním postupem izolace chmelových silic z chmele. Je upotřebitelná nejen pro hlávkový chmel, ale i pro chmelové výrobky, pro pelety nebo extrakty z chmele. Jedná se o poměrně levnou, značně šetrnou a rychlou metodu, která nepoužívá žádné organické rozpouštědlo. Z hlediska opakovatelnosti stanovení se doporučuje chmel před

analýzou homogenizovat mletím. Pro orientační stanovení není mletí nutné. K provedení této analýzy chmelových hlávek stačí jediná chmelová šišťice, což je výhodou v případech, kdy není k dispozici dostačující množství vzorku pro provedení standardní izolace destilační metodou. Týká se to například novošlechtěnců, planých a samčích chmelů (Krofta, Čepička 2000). Podle Čulíka *et al.* (2006) lze tuto metodu úspěšně využít u kapalných vzorků pouze pro oblast velmi těkavých látek. Stanovením chmelových silic metodou SPME se zabývala práce Field, Nickerson z roku 1996. Složení silice hodnotili z pohledu poměru humulen/karyofylen pro jeden typ SPME vlákna při různorodých experimentálních podmínkách (Krofta, Čepička 2000).

Extrakce silic je vysoce složitý a nákladný proces. Většina se jich získává destilací vodní parou nebo adsorpcí vhodných látek do vazelíny (effleurage). Obě metody jsou časově náročné a vyžadují intenzivní práci a odborné užití složitých zařízení a špičkových materiálů. K získání malých množství oleje destilací je potřeba velkého množství suroviny (Bremness 2000).

Pro farmaceutické účely se silice obvykle získává destilací vodní parou. Ve šlechtění se používá ke stanovení silic metoda superkritické extrakce, kterou u kmínu použila Sedláková (2003). Superkritická fluidní extrakce (SFE) je extrakce látky ze vzorku (tuhého či kapalného) tekutinou v nadkritickém (superkritickém) stavu. Když je tlak a teplota tekutiny vyšší než kritické hodnoty, označujeme tento stav jako nadkritický. Nedokážeme rozpoznat, zda je tekutina kapalinou či plynem (Sedláková 2003).

SFE je nová užitečná metoda pro stanovení obsahu silic ze vzorků při izolaci těkavých látek ze složitých přírodních matric (Kallio *et al.* 1994). Může úspěšně konkurovat zavedeným metodám, mezi které patří destilace s vodní parou, extrakce rozpouštědlem, hydrodestilace. Výhodou této metody je urychlení extrakce silic ze vzorků, protože těkavým terpenům vyhovuje kritická teplota (jsou citlivé na teplo) a nepolární charakter extrakční tekutiny (Bounoshita *et al.* 1993).

SFE kapalin je vzhledem k šetrným extrakčním podmínkám a schopnosti extrahovat široké spektrum analytů uplatnitelný také v pivovarské analytice (Čulík 2006). Podle Krofta, Čepičky (2000) je nevýhodou extrakčních metod možnost kontaminace vzorků nebo ztráta analytů během zkoncentrování primárního extraktu.

V ČR se pro stanovení obsahu silic používá norma ČSN 58 0110 (Dostálová 2003).

Silice se získávají pomocí řady metod, na kterých většinou závisí i jejich konečná kvalita a tím i využití (Valíček 2006).

3.6 Formy zpracování chmelových šištic

Chmelové šišlice jsou v pivovarnictví využívány v různých úpravách. Tyto formy zpracování nejsou realizovány jen s ohledem na vlastní využití, ale především s ohledem na skladování a dlouhodobé uchovávání. Stručně lze zpracování chmele rozdělit na:

1) hlávkový chmel

a) lisovaný chmel

2) chmelové výrobky

a) chmelové extrakty

b) mleté a granulované chmele

c) chmelové koncentráty a směsné preparáty (Vrzalová, Fric 1994).

3.7 Chmelové výrobky

Chemická nestabilita, vysoké nároky na skladovací podmínky a obtížná manipulovatelnost s hlávkovým chmelem byly hlavní motivací postupného vývoje různých typů chmelových výrobků (Kadlec 2002). Dále podle Basařové (2010) napomohlo k vývoji chmelových přípravků mimo jiné také nízký obsah a využití pivovarsky cenných látek při chmelení sladiny hlávkovým chmelem (3-12 % α -hořkých kyselin, výtěžnost v průměru 30 %, 0,2-2,0 % silic), nehomogenita suroviny, přítomnost dusičnanů a reziduí postřikových látek. Uvedené nedostatky hlávkového chmele snižují právě výrobky z chmele. Avšak ani ty nemají jednoznačné přednosti. Podle Kadlece (2002) se více než dvě třetiny produkce chmele ve světě zpracovávají na chmelové výrobky. Podle Mikyšky *et al.* (2012) se většina chmele zpracovává na pelety (60 %) a chmelové extrakty (20 %). Minoritní část chmele se používá v původní hlávkové formě po slisování (2 %).

Chmelové výrobky jsou jakési koncentráty hořkých látek, proto je manipulace s nimi jednodušší. Vše však závisí na druhu výrobku a typu vyráběného piva. Mechanicky připravované chmelové výrobky podstatně méně ovlivňují kvalitativní a organoleptické

vlastnosti piva. Větší změny lze při vysoké či celkové náhradě chmele předpokládat u chmelových extraktů, obzvláště jednosložkových, které neobsahují polyfenolové sloučeniny. Kromě toho kvalita chmelových výrobků velice závisí na kvalitě zpracovávaného chmele, na dokonalosti balení, které chrání přípravek před oxidačními změnami. Svě zastoupení zde mají i legislativní předpisy v jednotlivých státech a samozřejmě také cena (Basařová 2010).

V současné době chmelové výrobky dostupné na trhu rozdělujeme do tří základních skupin (Čepička, Kubíček 2000, Kadlec 2002):

Výrobky připravené mechanickými úpravami hlávkového chmele – do této skupiny řadíme hlavně mleté a granulované chmele, buď bez, nebo se standardizovaným obsahem α -hořkých kyselin. Mezi nejrozšířenější výrobky této skupiny patří granulované chmele (chmelové pelety) různého typu, podle stupně zkoncentrování hořkých kyselin. Tyto produkty jsou nejvíce podobné svým charakterem původnímu zpracovávanému chmelu (Čepička, Kubíček 2000). Kadlec (2002) uvádí, že jsou v současné době velice rozšířené při výrobě konzumních, ležáckých i speciálních piv spodně i svrchně kvašených.

Výrobky připravené fyzikálními úpravami přírodního hlávkového chmele – do této skupiny řadíme nemodifikované chmelové extrakty připravované prostřednictvím různých rozpouštědel. Jejich vývoj se ustálil na extraktech vyráběných ekologicky nezávadnými rozpouštědly, hlavně ethanolem a oxidem uhličitým (Čepička, Kubíček 2000).

Výrobky připravené chemickými úpravami – do této skupiny chmelových výrobků řadíme chemicky upravený celý hlávkový chmel nebo mnohem častěji jeho jednotlivé složky, zejména α -hořké kyseliny, předem separované obvykle ve formě extraktu nebo výluhu (Čepička, Kubíček 2000).

Nomenklatura dílčích chmelových výrobků není doposud konvenčně ustálena, proto je majoritní množství výrobků známo spíše pod tradičními či obchodními názvy (Čepička, Kubíček 2000).

Podle Cvangroschové, Šmogrovičové (2007) jsou jednotlivé výrobky odlišné svým složením, mírou využitelnosti, ale i chuťovými vlastnostmi. Právě proto je velice

důležité jejich správné nadávkování v závislosti na množství a čase. Touto problematikou se zabývala studie na Slovensku ve spolupráci Slovenské technické univerzity v Bratislavě.

3.7.1 Chmelové výrobky připravené mechanickými úpravami hlávkového chmele

Granulované chmele jsou skupinou chmelových výrobků, které se svým charakterem nejvíce podobají zpracovávaným chmelům. Liší se v koncentraci důležitých složek i chemickým složením. Vyhovují podmínkám německého zákona o čistotě piva, na druhé straně neumožňují výrazné snížení obsahu dusičnanů. V dnešní době jsou velmi často používány při výrobě výčepních, ležáckých i speciálních piv spodně i svrchně kvašených (Čepička, Kubíček 2000). Tyto přípravky jsou často používány v kombinaci s vhodným chmelovým extraktem, hlavně v případě varních vod s vyšším obsahem dusičnanů, aby se snížila jejich hladina v hotovém výrobku a dal se tak korigovat jejich obsah v hotovém pivu (Basařová 2010).

3.7.1.1 Granulovaný chmel (pelety)

Je to lisovaný chmel, který je následně při zpracování rozemlet a pod tlakem přes matrici zpracován na pelety. Poté jsou pelety zabaleny do inertního prostředí o hmotnosti dle požadavku zákazníka (Rosa 2014). Jednotlivé balení jsou uloženy do kartónů a ty ukládány na palety (Šnobl 2004). Takto zpracovaný chmel je také skladován v klimatizovaném skladu. Většina pivovarů v dnešní době používá pelety. V průběhu tohoto zpracování nejsou přidávána žádná aditiva ani jiné příměsi (Rosa 2014).

3.7.1.2 Granulovaný chmel (pelety) typu 100

Chmelové granule, někdy nazývané chmelové slisky, jsou připravovány ze sušeného hlávkového chmele bez jakékoliv úpravy, jsou pouze slisovány do granulí. Rozměr granulí je upraven tak, aby bylo možné jejich vložení do plnicího otvoru přepravního sudu (Čepička, Kubíček 2000). Šnobl (2004) uvádí, že granule mají průměr 6 mm. Podle Basařové (2010) se používají v zahraničí pro dosažení požadovaného chmelového aroma hlavně u svrchně kvašených piv.

3.7.1.3 Granulovaný chmel (pelety) typu 90

Chmelové granule (pelety) připravené z předsušeného a rozemletého hlávkového chmele po odstranění hrubých nečistot (Čepička, Kubíček 2000). Podle Šnobla (2004) se ze 100 kg zpracovaného chmele vyrobí mletím a granulací přibližně 90 kg granulí, proto typ 90. Až na nepatrné změny odpovídá tento typ chmelových výrobků původnímu chmelu. Malé změny jsou vyvolány zvýšením teploty při tlakové granulaci. Výrobek bývá standardizován na obsah α -hořkých kyselin a dodáván v inertním obalu, tím se docílí dlouhodobé chemické stability (Čepička, Kubíček 2000).

3.7.1.4 Granulovaný chmel (pelety) typu 45

Chmelové granule (pelety) se vyrábějí rozemletím z předsušeného a rozemletého hlávkového chmele po odstranění hrubších nečistot a zkoncentrování důležitých složek flotací v plynné fázi při silném podmrzení na teplotu kolem $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Basařová 2010). Pojmenování pelet typ 45 proto, že ze 100 kg zpracovaného chmele se vyrobí přibližně 45 kg granulí, což výrazně ušetří prostor při dopravě a skladování (Schramm 2011). Díky dokonalejšímu oddělení balastních látek z šišťice se získá produkt přibližně s dvojnásobným obsahem hořkých látek (Šnobl 2004). Dojde k nepatrným změnám, které jsou vyvolány zvýšenou teplotou při tlakové granulaci, avšak chemickým složením i charakterem odpovídá původnímu chmelu s dvojnásobně zkoncentrovanými hořkými látkami. Stejně jako typ 90 bývá i typ 45 standardizován na obsah α -hořkých kyselin a dodáván v inertním obalu, čímž se docílí dlouhodobé chemické stability (Čepička, Kubíček 2000).

3.7.1.5 Granulovaný chmel (pelety) typu 30

Chmelové granule (pelety) připravované analogickou technologií jako typ 45, ale s intenzivnějším stupněm zkoncentrování při flotaci (Čepička, Kubíček 2000). Podle Basařové (2010) se flotací zvyšuje koncentrace lupulinu, neboli hořkých kyselin až na trojnásobek ve srovnání s výchozím chmelem. Při této technologii granulace jsou vyvolány nepatrné změny díky zvýšení teploty. Stejně jako typy 90 a 45 bývá typ 30 standardizován na obsah α -hořkých kyselin a dodáván v inertním obalu, tím je docíleno dlouhodobé chemické stability (Čepička, Kubíček 2000).

3.7.2 Chmelové výrobky připravené fyzikálními úpravami hlávkového chmele

Chmelové extrakty jsou v současné době velice rozšířené pro výrobu prakticky všech druhů pív. Původně se vyráběly extrakty pomocí neekologických rozpouštědel (Čepička, Kubíček 2000). Dnes se již prakticky nevyrábějí a veškerá produkce je založena pouze na extrakci ethanolem či oxidem uhličitým a to z hlediska ekologického a hygienického (Basařová 2010). V porovnání s přírodním chmelem představují extrakty surovinu s vyšší koncentrací pivovarsky významných složek, především α -hořkých kyselin. Dalším typickým znakem je velmi nízký až nulový obsah polárních složek, který usměrňuje obsah dusičnanů v hotovém pivu. V úplném shrnutí všech chemických složek se nicméně chmelové extrakty diferencují od přírodního chmele (Čepička, Kubíček 2000).

3.7.2.1 Ethanolové extrakty

Podle Basařové (2010) je ethanol vznikající v průběhu kvašení přirozenou součástí piva. To je důvodem proč ethanolové chmelové extrakty nezpůsobují hygienický a zdravotní problém z hlediska reziduí rozpouštědla. Ethanolový chmelový extrakt se vyrábí extrakcí hlávkového chmele mírně polárním 90 % ethanolem. Výsledkem extrakce je nepolární podíl obsahující pryskyřice, měkké a tvrdé pryskyřice a částečně další složky chmele. Například silice, proteiny, cukry a polární vodný podíl obsahující polyfenoly (Basařová 2010). Hotový extrakt je vysoce homogenní. Při skladování při teplotě pod 10 °C má dlouhodobou trvanlivost (Čepička, Kubíček 2000).

3.7.2.2 CO₂-extrakty

Chmelové extrakty vyrobené pomocí extrakce granulovaného chmele za užití vysoce nepolárního rozpouštědla v podobě oxidu uhličitého v podkritickém nebo nadkritickém stavu za zvýšené teploty a vysokého tlaku. Z charakteru rozpouštědla je zřejmé, že extrakt obsahuje výhradně nepolární složky výchozího chmele (Čepička, Kubíček 2000). Jsou to převážně hořké kyseliny a silice, dále obsahuje v minimálním množství nepolární rezidua postřikových látek (Kadlec 2002). CO₂-extrakty téměř neobsahují polární složky chmele, jako polyfenolové látky a dusičnany. Podkritický extrakt je vyráběn za mírnějších podmínek, ale zato s menší výtěžností. Superkritický extrakt se vyrábí při vyšší teplotě, ale s větším výtěžkem. Oba extrakty jsou skoro čisté pryskyřičné extrakty, vysoce homogenní s dlouhodobou stabilitou chemického složení (Čepička, Kubíček 2000). Podle Basařové (2010) oxid

uhličitý stejně jako ethanol vzniká přirozenou cestou při kvašení, a proto jím získané extrakty jsou z hlediska hygienicko-toxikologického žádoucí pro chmelení piva.

3.7.3 Chmelové výrobky připravené chemickými úpravami hlávkového chmele

3.7.3.1 Izopelety

Výchozí surovinou pro výrobu izopelet je granulovaný chmel, který se smíchá s relativně vysokým podílem oxidu hořečnatého působícího jako katalyzátor. Tato směs zraje při zvýšené teplotě po dobu několika dní (Basařová 2010). Během tohoto procesu se část α -hořkých kyselin změní na iso- α -hořké kyseliny. Po ochlazení se hotové pelety balí do obdobných obalů jako granulovaný chmel. Izopelety jsou určeny pro chmelení ve varně, ale dosud nejsou příliš rozšířeny, neboť mají ještě omezenější využití než izoextrakty (Čepička, Kubíček 2000). Podle Ketterera *et al.* (2003) se tento výrobek nehodí pro každý druh piva, protože mění jeho složení, chuť i vůni.

3.7.3.2 Redukované (hydrogenované) iso- α -hořké kyseliny

Připravují se katalytickou chemickou redukcí surových nebo přečištěných iso- α -hořkých kyselin, v nichž se redukuje karbonylová skupina. Nazývají se též ρ -iso- α -hořké kyseliny nebo dihydro-iso- α -hořké kyseliny (Čepička, Kubíček 2000). Podle Basařové (2010) jsou podle stupně hydrogenace dvojných vazeb postranních řetězců připravovány dihydro- až hexahydro-iso- α -hořké kyseliny, v nichž jsou hydrogenovány všechny výše uvedené nestabilní části molekuly. Všechny tyto preparáty zahrnují chemicky modifikované iso- α -hořké kyseliny, a to v různém stupni čistoty (Čepička, Kubíček 2000). Použitím těchto výrobků se má vylepšit pěnivost a fyzikálně-chemická stabilita. V řadě států je jejich aplikace zakázána a limitována legislativními předpisy (Basařová 2010).

3.7.3.3 Syntetické hořké látky

Byly odzkoušeny dokonce i nějaké syntetické hořké látky, a to jak na molekulárním principu přírodních chmelových hořkých látek, tak i na naprosto odlišných strukturách (Čepička, Kubíček 2000). V praxi jejich rozšiřování zabraňuje nejen vysoká cena preparátů, ale i odlišný sensorický charakter v porovnání s chmelem hlávkovým a jinými obvyklými chmelovými přípravky (Basařová 2010).

3.8 Léčivé účinky chmele

Občas narazíme v přírodě na planý chmel. Mnozí bylinkáři se rozcházejí v názoru, zda je účinný či nikoliv. Někteří ho dokonce považují za zcela neúčinný, ale pravdou je, že planý chmel účinkuje stejně spolehlivě jako chmel šlechtěný, jenom mnohem jemněji (dTest 2005).

Může se zdát podivné, že chmel může být i léčivá rostlina. Většina z nás ho zná především jako látku, která je součástí piva. Před sto lety bylo všechno patrně jinak. Téměř každý člověk znal léčivé účinky chmele a jeho rozmanité využívání (Schramm 2011).

První záznamy o chmelu jako léčivém prostředku sahají až do 11. století. Pochází od arabského lékaře Mesue, který popsal protizánětlivé vlastnosti chmele. Staré herbáře dokazují použití chmelové rostliny v medicíně při léčení infekcí a zažívacích problémů. Hieronymus Bock v roce 1539 uvedl, že byl chmel poprvé použit v gynekologii. Dlouholetá historie chmele dokládá jeho léčivé účinky při problémech s nespavostí, zažíváním, křečemi, záněty, bolestmi uší a zubů. Nebylo tedy překvapením, že v roce 2007 byl chmel vyhlášen za léčivou rostlinu roku (Krofta, Mikyška 2014).

Za léčivými účinky chmele stojí jedinečné struktury a složení nejdůležitějších sekundárních metabolitů, chmelových pryskyřic, silic a polyfenolů (Krofta, Mikyška 2014).

Chmel obsahuje mnoho látek se zdravotním významem. Jedná se především o skupinu dimerů a trimerů, antioxidantů odvozených od katechinu a epikatechinu, tzv. oligomerní proanthokyanogeny (OPC), a skupinu prenylovaných flavonoidů, z nichž je nejvíce zastoupen xanthohumol (tvoří 0,25-1,1 % hm.). Obě skupiny látek mohou léčivě působit na lidské zdraví nebo omezit vznik chorob (Jurková *et al.* 2011). Američtí vědci před deseti lety také prověřili léčivé schopnosti látky xanthohumolu. Jde o rostlinný hormon, který pomáhá stejně tak dobře mužům jako ženám při léčbě jejich typických problémů (dTest 2010).

Skupina antioxidantů OPC s nižšími potenciály potřebnými pro proběhnutí jejich oxidace chrání především buněčnou DNA před její oxidací. Z toho vyplývá, že tímto je organismus chráněn před vznikem civilizačních chorob, zejména nádorových onemocnění. Skupina prenylflavonoidů má estrogení účinky. Lidskými receptory

je vnímána jako hormon estrogen. Tohoto je využíváno ke zmírnění zdravotních potíží žen v období klimakteria, vrací organismus do normálního stavu, dále tyto látky působí při léčbě osteoporózy (Jurková *et al.* 2011).

Podle Olas *et al.* (2011) se o antioxidační aktivitě chmelových hlávek zatím mnoho neví.

Xanthohumol působí jako inhibitor různých typů rakovinových nádorů (Stevens *et al.* 1999). O tomto se zmiňuje i Deeb *et al.* (2010) ve své studii, ze které jsou zřejmé účelné podklady pro klinické hodnocení xanthohumolu pro léčbu metastáze rakoviny prostaty. O tom, že xanthohumol zabraňuje odvápnování kostí při osteoporóze žen v přechodu a zastavuje zhoubné bujení při rakovině prostaty se zmiňuje i Krofta, Mikyška (2014) a také Olšovská *et al.* (2014). Má také antimikrobiální, protizánětlivé a antioxidační účinky (Stevens *et al.* 1999, Olšovská *et al.* 2014). Přestože je xanthohumol dominantní prenylflavonoid ve chmelu, jeho koncentrace v pivu je podstatně nižší, což je způsobeno termickou izomerizací na isoxanthohumol (Stevens *et al.* 1999). Českým vědcům z Chmelařského institutu v Žatci se nedávno podařilo vyšlechtit novou odrůdu chmele, ve které je obsaženo třikrát více léčivého xanthohumolu než v jiných chmelových odrůdách. Díky vysokému obsahu léčivých látek dostala tato nová odrůda název Vital (dTest 2010).

Dále je diskutována možnost využití xanthohumolu jako potravinářské přídatné látky s ohledem na jeho mnoho pozitivních účinků (Liu *et al.* 2015).

Některé způsoby využití léčivých látek chmele našly význam v dnešní fytoterapii. Fytoterapie je léčení chorob prostřednictvím rostlinných léčivých prostředků. Tento název se prosadil na úkor dříve běžně používaného „léčení bylinkami“. Definici fytoterapie chápeme jako „nauku o využívání rostlinných léčivých prostředků k léčbě nemocného člověka“. Bohužel je stále zařazována mezi alternativní medicínu (Schramm 2011).

Mezi dlouho známé fytoestrogeny přítomné ve chmelu patří isoflavonoidy daidzein a genistein a jejich prekurzory formononetin a biochanin A (Mikyška *et al.* 2007). Tyto látky inhibují růst a proliferaci specifických typů nádorů (Olšovská *et al.* 2014).

Chmel působí jako konzervant a zvyšuje tak jeho trvanlivost. Tato vlastnost je v posledních letech v centru zájmu farmaceutického průmyslu. Proto je chmel zkoumán jako potencionální zdroj nových fytoterapeutik (Tomčíková 1999).

Chmelové šišťice se už dlouho používají v medicíně. Zejména se přípravky z chmele doporučují při léčbě poruch spánku (Olas *et al.* 2011). Účinek proti nespavosti potvrdil ve své studii i Brattström (2009). Tvrdí také, že je chmel používán jako mírné sedativum proti úzkosti a nervozitě, avšak tato tvrzení potřebují rozsáhlé výzkumy do budoucna.

V případě potíží se spánkem je dobré experimentovat, není třeba zdůrazňovat přednosti bylinných čajů před syntetickými farmakologickými produkty. Rostliny mající sedativní účinky jsou nebezpečné na předávkování. Denní dávka chmele by měla být nanejvýš 15 gramů. Na jeden šálek čaje před spánkem by mělo použít množství 3-5 gramů. V případě, že kromě pití čajových směsí změníme i nezdravé návyky, měly by potíže se spánkem během tří měsíců odeznít. Pokud by přetrvávaly, je lepší zaměnit byliny za léčiva, nejlépe po poradě s lékařem (dTest 2005).

Schiller *et al.* (2006) zkoumali sedativní účinky chmelových extraktů na laboratorních myších. Preparáty lipofilních chmelových extraktů snižovaly spontánní lokomoční aktivitu, prodlužovaly dobu spánku a snižovaly tělesnou teplotu. Autoři přisuzují tyto sedativní účinky nejen α - a β -kyselinám, ale i chmelovým silicím (Schiller *et al.* 2006).

Shishehgar *et al.* (2012) se zabírali výzkumem zklidňujících a protistresových vlivů chmelových silic v porovnání s diazepamem na krysách. Z výsledků je zřejmé, že chmelová silice má lepší zklidňující a protistresové účinky než diazepam. Vědci uvedli, že tento výrok musí být podložen dalšími studiemi jednotlivých složek silic pro hlubší porozumění těchto účinků chmelových silic.

Komise E Spolkového institutu pro léčiva a lékařské produkty uvedla na trh publikaci o chmelu, ve které je zaznamenáno, jak a proč chmel působí, při jakých chorobách pomáhá (Schramm 2011).

U žen při menstruačních obtížích lupulin přispívá ke stabilizaci hormonů. Další látky chmele zklidňují v tomto období depresivní nálady a napomáhají s koncentrací. Proto se doporučuje užívat sušené chmelové šišťice formou čaje.

Firma Fytopharma vyrábí kapsle, které obsahují chmel, kozlík, meduňku. Česká firma Leros uvedla na trh čajovou směs Spánek a nervy, obsahuje mimo jiné 5 % chmelové šišťice (nať meduňky (55 %), heřmánkový květ (30 %), chmelová hlávka (5 %), kořen kozlíku (5 %), levandulový květ (5 %)).

Chmelové silice mají antibakteriální účinky, této vlastnosti by se dalo využít při stabilizaci nápojů z hlediska mikrobiální čistoty. Tohoto využívá pivovar Černá hora, a.s. při výrobě limo nápojů.

Hlavní tradice v používání chmele je stále v pivovarnictví, což způsobuje rozsáhlé diskuze o tom, zda má pivo pozitivní účinky na zdraví, i když obsahuje alkohol. V Německu existuje podle „červeného seznamu“ 48 léků, jejichž součástí je chmel, ovšem téměř vždy je kombinován s léčivými rostlinami, např. s badyánem, třezalkou či meduňkou. V porovnání s množstvím syntetických uklidňovacích prostředků je to zanedbatelně málo. Syntetické látky vytváří nebezpečí ve formě závislosti, kterou vyvolávají chemické složky léků, což vede ke hledání přírodních alternativ. Léčivé rostliny nesmějí být upřednostňovány před návštěvou lékaře. Mají spolu s jinými předepsanými léky posilující a podpurný účinek, avšak jejich množství a dávkování musí určit odborník. Dávkování určuje, zda je léčivá rostlina lékem nebo jedem. Přírodní lékárna přispívá ke zdraví různými způsoby, které však musí být zčásti znovu prozkoumány (Schramm 2011).

Na téma „Pivo a zdraví“ byla sepsána řada vědeckých článků, existuje také řada odborných publikací (Bamforth 2004). Podle Kellnera *et al.* (2002) stále přibývá mnoho nových studií dokazujících, že pravidelné, ale střídmé pití piva má příznivý vliv na zdraví konzumenta. Alkohol v malém množství brání vzniku ischemické choroby srdeční, redukuje úmrtnost na infarkt myokardu a cévní mozkové příhody.

Pivo obsahuje širokou škálu polyfenolů a fenolických kyselin, které jsou obsaženy ve chmelu a sladu (Kellner *et al.* 2002). Z chmele pocházejí flavonoidy, které dělíme na flavonoly, flavanoidy a chalkony (Rehm *et al.* 1999).

Některé z těchto sekundárních metabolitů jsou farmakologicky aktivní, např. flavonoidy. Vyskytují se však v odlišných koncentracích a v různých odrůdách (Gatica-Arias *et al.* 2012).

Flavonoidy jsou zdravotně významné látky. Některé z nich patří mezi tzv. fytoestrogeny, které přecházejí do piva z chmele a sladu. Patří mezi přírodní antioxidanty s antikarcinogeními a antimikrobiálními účinky. Význam těchto látek je v poslední době velice diskutován. Antikarcinogenní potenciál mají α - a β -hořké kyseliny, např. kolupulon a humulen. Humulen se zdá být vhodným kandidátem pro terapii leukémie. Pokud se kombinuje s aktivní formou vitamínu D, má vyšší účinek než samotný vitamin D. Humulen je vhodnou prevencí proti osteoporóze (Kellner *et al.* 2002).

V moderní bylinkové medicíně se chmel i nadále používá jako sedativum a mírné hypnotikum. Dále také pro své protinádorové účinky a pro záchyt volných radikálů (Shishehgar *et al.* 2012).

V posledních letech se po celém světě objevuje nový pohled na rostliny a jejich využití. Tímto se zabývá řada výzkumníků z různých směrů medicíny. Antibakteriální účinky u chmele mají v Íránu důležité zastoupení v tradiční medicíně. Byly prozkoumány i z bakteriálního hlediska, konkrétně antibakteriální účinky extraktů v ethanolu na *Staphylococcus aerus*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* a *Pseudomonas aeruginosa*. Extrakt vykazoval antimikrobiální aktivitu proti *Staphylococcus aureus* a *Bacillus subtilis*. Tato fakta potvrzují možnosti použití chmele na léčení infekcí (Kermanshahi *et al.* 2009).

Bakterie *Listeria monocytogenes* se často vyskytuje v potravinách, především u sýrů, balených masných výrobků, zeleninových salátů aj. Vědci Larson *et al.* (1996) zkoumali vliv směsných chmelových extraktů na růst těchto bakterií na různých médiích a v potravinách. Na modelových médiích byla zjištěna nejvýznamnější inhibice růstu *Listeria monocytogenes* u extraktů, které obsahovaly velký podíl β -kyselin. Inhibice byla efektivní v dávkách 0,1-3 g/kg u tvarohu. U plnotučného mléka byla zjištěna hodnota 1 mg/ml. V potravinách byla zjištěna větší účinnost s kyselou reakcí (u tvarohu) než u potravin s vyšší hodnotou pH.

Cleemput *et al.* (2009) se zabývali výzkumem chmelových látek. Jejich studie obsahuje současné znalosti o účincích chmelových kyselin. Mají údajně celou řadu účinků jak *in vitro*, tak *in vivo*. Vykazují protirakovinovou aktivitu, jsou účinné proti zánětům a metabolickým poruchám, čímž se stávají vhodnými uchazeči na léčbu cukrovky, kardiovaskulárních chorob a metabolických příznaků.

Chmel pomáhá vnitřně i při poruchách trávicího traktu – dyspepsii. Má dokonce i mírné diuretické účinky. Využívá se při tlumení sexuální předrážděnosti. Zevně bývá doporučován jako kloktadlo díky mírným antiseptickým účinkům. Chmelové lázně jsou velice vhodné při problémy s padáním vlasů, avšak genetický problém zastavit nedokáže (dTest 2005).

Součástí chmelových šištic je látka resin, která zabraňuje růstu zejména Gram pozitivně se barvících bakterií. Tuto vlastnost je možno v současné medicíně využít při léčbě podrážděné kůže a boláků na kůži nebo také k léčbě bakteriálních infekcí jakou je například tuberkulóza. Dříve byl obsah resinu v pivovarnictví velice významný. V moderním pivovarnictví ztratily bakteriostatické účinky resinu význam. V Japonsku a Číně se sušené chmelové šišlice používají jako tonikum k léčení žaludečních potíží, nebo se používají jako sedativum pro zvýšení vylučování moči (Small 2006).

Podle Novákové, Šedivého (1996) chmelová silice obsahuje látky podobné morfinu, a proto by se měla užívat jen velmi úsporně.

Čerstvé šišlice mohou někdy vyvolat podráždění kůže, kožní vyrážky, puchýře a oční záněty (např. u sběračů chmele). Při práci s nimi se často nastává ospalost vyvolaná především látkou lupulon (Korbelář, Endris 1981).

Small (2006) udává, že u jednoho ze třiceti pracovníků na chmelnici chmel způsobuje podráždění kůže. Chloupky uvolňující se z listů mohou dráždit oči. Avšak mnohem častěji jsou oči poškozeny resinovými žlázkami, které byly zaneseny do očí neopatrným zacházením při sklizni.

Bylo zjištěno, že chmel v kompozici s kyselinou hyaluronovou a alkanolu je vhodný pro léčení a prevenci stárnutí pokožky, proti tvorbě vrásek. Tento prostředek obsahuje extrakt z chmele, až 2 hmotnostní procenta kyseliny hyaluronové a alkanol. Podle autorů zlepšuje pružnost pokožky bez jakýchkoli významných vedlejších účinků, mezi které patří například jizvy a trvalé změny barvy kůže. Regeneruje tkáň, hydratuje pokožku a chrání jí před oxidací (Scarci 2015).

4 MATERIÁL A METODIKA

Pro tuto práci byly použity vzorky chmele ve formě pelet typu 45 a 90 a dále sušené chmelové šišťice ze sklizně z let 2013 a 2014. Vzorky byly získány ze tří nejmenovaných pivovarů. Mezi těmito vzorky byly sledovány rozdíly v obsahu silic a vybraných složek.

4.1 Charakteristika použitých odrůd chmelů

4.1.1 Kazbek

Tato pozdní odrůda byla získána z potomstva hybridního materiálu, kde je v původu planý chmel z Ruska (Chmelařský institut s.r.o. 2012). Byla registrovaná v roce 2008 pro stabilní výkonnost (Altová 2011). Z pivovarského hlediska ji řadíme mezi hořké typy. Aroma je až hrubě kořenité (Altová 2011). Podle Chmelařského institutu s.r.o. (2012) je aroma kořenité-citronové. Obsahuje střední množství chmelových silic, polyfenolů a pryskyřic. Podle Chmelařského institutu s.r.o. (2012) obsahuje 0,9-1,8 g.100 g⁻¹ silic, 40-55 % rel. myrcenu, 10-15 % rel. karyofylenu, méně než 1 % farnesenu a 20-35 % humulenu. Tato odrůda se hodí pro druhé chmelení, ale i pro studené chmelení.

4.1.2 Premiant

Aroma hlávek je příjemné, chmelové (Altová 2011). Tato polopozdní odrůda dosahuje podobných výnosů jako odrůda Sládek. Z dlouholetých pozorování zřejmé, že právě Premiant má největší chmelové šišťice (Prugar 2008). Podle Altové (2011) obsahuje střední obsah chmelových pryskyřic, polyfenolů i silic. Prugar (2008) uvádí rozmezí chmelových silic 1,0 až 2,0 g.100 g⁻¹, které potvrzuje i Chmelařský institut s.r.o. (2012). Obsah myrcenu je 30-45 % rel., karyofylenu 9-13 % rel., farnesenu 1-3 % rel. a humulenu 25-40 % rel. Používá se pro druhé chmelení. Název tato odrůda získala podle tradičního českého dvanáctistupňového piva Premium pro které je charakteristická výrazná chmelová hořkost (Chmelařský institut s.r.o. 2012).

4.1.3 ŽPČ

Tato odrůda je nejrozšířenější odrůdou chmele v České Republice (Prugar 2008). Svou kvalitou se řadí mezi světovou špičku chmelů (Nesvadba 2006). Mezi výrazný znak

ŽPČ patří jemná, ušlechtilá chmelová vůně, která je daná skladbou chmelových silic (Prugar 2008). Obsah celkových silic obvykle nepřesahuje 1 %. Skladba složek chmelových silic je ve všech klonech i ozdravených formách identická. ŽPČ obsahuje nízké zastoupení myrcenu. Naopak obsahuje vysoký obsah farnesenu (15 až 20 % rel.) (Prugar 2008). Altová (2011) uvádí, že jako jediná česká chmelová odrůda obsahuje farnesen. Chmelařský institut s.r.o. (2012) uvádí, že obsah silic se pohybuje v rozmezí 0,4-0,8 g.100 g⁻¹. Obsah myrcenu má být 25-40 % rel., u farnesenu 14-20 % rel., u humulenu 15-30 % rel. a u karyofyleny 6-9 % rel. (Chmelařský institut s.r.o. 2012). Významným mezníkem v historii pěstování ŽPČ se stalo v 90. letech minulého století ozdravení od hospodářsky škodlivých virů a viroidů. Pěstované klony byly infikované virem, které snižovaly velmi výrazně jejich výkonnost. Díky získání ozdravené sadby se navrátila výkonnost ŽPČ na původní parametry.

4.1.4 Citra

Chmelová odrůda Citra je relativně nová, speciální aromatická odrůda původem z USA. Byla certifikována v roce 2007. Podle Krofity *et al.* (2013) je řazena mezi tzv. flavour hops. Je typická silným citrusovým aroma s nádechem tropického ovoce (USA hops 2008). K dostání je ve formě pelet typu 90. Hodí se pro typ piva Ale. Vykazuje vysoký obsah α -kyselin. Obsahuje 2,2-2,8 ml.100 g⁻¹ celkových silic (Brelex 2015). Myrcen 50-65 % celkových silic, Karyofylen 6-8 %, humulen 11-15 %, farnesenu méně než 1 % celkových silic. USA hops (2008) uvádí dokonce 0,0 % farnesenenu.

4.1.5 Halertal

Tato odrůda pochází z Německa. Nedá se zařadit do tradiční kategorie chmelových odrůd, je řazena mezi tzv. flavour hops hlavně díky rozpětí obsahu alfa-kyselin (Krofta *et al.* 2013). Aroma je velice jemné. Celkový obsah silic je v rozmezí 0,7-1,2 ml.100 g⁻¹. Myrcen je obsažen v rozmezí 17-32 % celkových silic, karyofylen 10-15 %, humulen 35-50 % a farnesen 0 % celkových silic. Je vhodná pro druhé a třetí chmelení, pro piva typu ležák (Brelex 2015).

4.1.6 Harmonie

Název této odrůdy je odvozen od slova harmonie, což v tomto případě poukazuje na harmonické složení chmelových pryskyřic (Chmelařský institut s.r.o. 2012). Byla registrovaná v roce 2004, je to polopozdní odrůda a řadíme ji mezi skupinu aromatických chmelů (Altová 2011). Hmotnost chmelových silic je podobná jako u ostatních českých chmelových odrůd a to 1-2 % rel. (Prugar 2008). Chmelařský institut s.r.o. (2012) udává množství myrcenu 30-45 % rel., karyofylenu 6-11 % rel., farnesenu nižší než 1 % rel. a humulenu 15-25 % rel. Harmonie se používá pro druhé chmelení.

4.1.7 Sládek

Chmelová odrůda Sládek je charakteristická jemnou, chmelovou vůní. Dosahuje vysokých výnosů až 3 t.ha⁻¹ (Prugar 2008). Je to pozdní odrůda, která obsahuje střední obsah chmelových silic a pryskyřic a vyrovnaný poměr alfa a beta hořkých kyselin (Altová 2011). Chmelařský institut s.r.o. (2012) uvádí hodnoty pro obsah silic v rozmezí 1,0-2,0 g.100 g⁻¹. Prugar (2008) také uvádí hodnoty 1,0-2,0 % rel., což podle něj poukazuje na příjemnou vůni. Obsah myrcenu 35-50 % rel., karyofylenu 9-14 % rel., farnesenu pod 1 % rel. a humulenu 20-40 % rel. (Chmelařský institut s.r.o. 2012). Používá se pro druhé chmelení při výrobě piva (Chmelařský institut s.r.o. 2012). Sládek byl pivovarsky testován s mnoha odrůdami stejného typu ze zahraničí (Hal. Tradition, Cascade, atd.) a pokaždé nad nimi zvítězil. V původu má ŽPČ po kterém má zjemňující charakter hořkosti (Nesvadba 2006).

4.2 Postup stanovení obsahu silic

Izolace chmelových silic byla provedena na destilační aparatuře. Do zábrusové varné baňky o objemu 4 litry, usazené v topném hnízdě byly přidány 2 litry destilované vody, varné kuličky (aby nedošlo k utajenému varu) a 100 g rozemletého chmele. Chmel je nutno rozemlet těsně před analýzou, aby nedošlo ke změně složení silic díky úniku těkavých složek. Na baňku byla nasazena redukce a následně kolimátor se zpětným vodním chladičem. Obsah baňky byl přiveden k varu. Za začátek destilace silice byl považován okamžik, kdy zkondenzovaná voda začala separační trubicí přetékat zpět do varné baňky. Doba varu byla 90 minut. Po skončení varu bylo vypnulo

topné hnízdo a po ochlazení baňky byla z kolimátoru nejprve odpuštěna destilovaná voda. Vydestilovaná silice, která se udržovala na hladině vodního sloupce, se odpustila do označených vialek. Takto získané vzorky silice se skladují v mrazničce, aby nedošlo k oxidaci či jiným fyzikálně-chemickým změnám. Později byla silice injikována na kolonu plynového chromatografu (Krofta 2008, Basařová 1993).

K provedení experimentálních prací byly použity tyto odrůdy chmele: Kazbek, Premiant, ŽPČ, Citra, Halertal, Harmonie, Sládek. Chmele byly sklizeny v optimálním stadiu zralosti a sušeny 12 hodin při teplotě 55 °C. Po usušení byly chmele zabaleny a až do stanovení nebo zpracování na pelety uchovávány v temnu při teplotě + 4 °C. Vzorky byly stanovovány paralelně, z každého vzorku chmele se připravily dvě navážky.

4.3 Složení silic

Rozbor silic byl stanoven ve Výzkumném ústavu pivovarsko sladařském metodou plynové chromatografie s následnou detekcí (GC/FID). Pro identifikaci a stanovení poměrů zkoumaných látek byl použit plynový chromatograf HP-4890D s plamenově ionizačním detektorem. Separace probíhala na koloně HP-INNOW ax (30 m x 250 μ m x 0,5 μ m filmu polyetylenglykolu). Na kolonu byl dávkován 1 μ l silice naředěné hexanem se splitem 50:1. Průtok helia byl 1 ml.min⁻¹, teplot a nástřiku 240 °C a teplota detektoru 250 °C. Teplotní program pro chmelovou silici byl T₁ = 60 °C, t₁ = 0,01 s, 1,5 °C za min., T₂ = 80 °C, t₂ = 0,01 s, 40 °C za min., T₃ = 240 °C, t₃ = 8 min. Celkový čas 25,33 min. Ze složek silice jsme vyhodnotili: myrcen, karyofylen, humulen farnesen.

4.4 Statistické zpracování výsledků

Pro vyhodnocení výsledků byl použit statistický program StatSoft, Inc. (2011) STATISTICA (data analysis software system), version 10. www.statsoft.com. Výsledky byly vyhodnoceny jedno a vícefaktorovou analýzou variance s následným testováním rozdílů průměrných hodnot LSD testem (Fisherův LSD test).

Hodnoty jednotlivých složek silice byly vyjádřeny v procentech. Tyto pak byly před hodnocení analýzou variance transformovány úhlovou transformací ($x' = \arcsin \sqrt{x}$) (Chloupek 1996).

5 VÝSLEDKY

5.1 Vyhodnocení obsahu silic a vybraných složek silice

Tab. 5 Analýza variance sledovaných vzorků chmele ve formě pelet typu 90 pro obsah silic a jejich vybraných složek v roce 2013 (Pivovar 1)

Zdroj proměnlivosti	Stupně volnosti	Obsah silic	myrcen	karyofylen	humulen	farnesen
		PČ				
Odrůda	2	70039***	53,64	103,037***	59,91**	289,533***
Chyba	15	4294	21,01	1,458	9,59	2,7569

Pozn.: * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$; *** - $p \leq 0,001$

Z tabulky 5 analýzy variance vyplývá, že odrůda měla statisticky velmi vysoce významný vliv na obsah silic. Na obsah myrcenu ve sledovaných vzorcích nebyl vliv odrůdy statisticky průkazný, avšak na ostatní sledované složky byl tento vliv zjištěn. Obsah karyofylenu a farnesenu byl odrůdou ovlivněn statisticky velmi vysoce významným vlivem. Složka silice humulen byla odrůdou ovlivněna vysoce významně.

Tab. 6 Průměrný obsah silic a sledovaných složek silice u vybraných odrůd (Premiant, Sládek, ŽPČ) v roce 2013

Odrůda	Obsah silic	myrcen	karyofylen	humulen	farnesen
Premiant	390,00 b	46,58 ab	12,16 b	37,87 b	0,81 a
Sládek	351,67 b	50,59 b	16,12 c	32,02 a	0,14 a
ŽPČ	186,67 a	44,74 a	7,84 a	32,86 a	12,49 b

Pozn.: Průměrné hodnoty označené odlišnými písmeny ve sloupcích se od sebe statisticky významně liší při $P=0,05$; obsah silic v $\mu\text{l.}100\text{g}^{-1}$, jednotlivé složky silice jsou v procentickém zastoupení

Nejvyšší obsah silic ve sledovaných vzorcích byl zjištěn u odrůdy Premiant ($390 \mu\text{l.}100 \text{g}^{-1}$), tyto vzorky se však statisticky významně nelišily od vzorků odrůdy Sládek ($351,67 \mu\text{l.}100 \text{g}^{-1}$). Významně nižší obsah silice byl zjištěn u odrůdy ŽPČ ($186,67 \mu\text{l.}100 \text{g}^{-1}$). Odrůda ŽPČ je však významná vysokým obsahem složky silice farnesen, což je pro tuto odrůdu typické. Ve sledovaných vzorcích této odrůdy byl zjištěn obsah farnesenu 12,49 %, oproti ostatním sledovaným odrůdám, kde byl obsah farnesenu několikanásobně nižší (Premiant 0,81 %; Sládek 0,14 %). Obsah složky silice myrcen byl zjištěn nejvyšší ve vzorcích odrůdy Sládek (50,59 %). Nejnižší obsah myrcenu byl zjištěn ve vzorcích odrůdy ŽPČ (44,74 %). Tyto vzorky se však statisticky významně nelišily od vzorků odrůdy Premiant (46,58 %). V obsahu karyofylenu byl

podobně jako u složky silice myrcen zjištěn statisticky nejvyšší obsah ve vzorcích odrůdy Sládek (16,12 %). Oproti tomu nejnižší obsah karyofyleny byl zjištěn ve vzorcích odrůdy ŽPČ (7,84 %). Odrůda Sládek a ŽPČ se od sebe statisticky průkazně nelišily v obsahu složky silice humulen, kde byl zjištěn obsah humulenu 32,02 % a 32,86 %. Odrůda Premiant měla obsah humulenu 37,87 %.

Tab. 7 *Analýza variance pro obsah silic a jeho složek ve vzorcích vybraných odrůd chmele (Kazbek, Premiant, ŽPČ, Citra, Halertal, Harmonie) z roku 2013 (způsob zpracování na pelety typu 90 a 45), (Pivovar 2)*

Zdroj proměnlivosti	Stupně volnosti	Obsah silic	myrcen	karyofylen	humulen	farnesen
		PČ				
Odrůda	5	207295***	397,71***	26,730***	259,66***	122,0519***
Chyba	6	892	0,64	0,087	0,51	0,7800

Pozn.: * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$; *** - $p \leq 0,001$

Z tabulky 7 vyplývá, že odrůda ovlivňovala velmi vysoce významným způsobem jak celkový obsah silic, tak i jednotlivé složky silice.

Tab. 8 *Průměrný obsah silic a vybraných složek silice ve sledovaných odrůdách (Kazbek, Premiant, ŽPČ, Citra, Halertal, Harmonie) z roku 2013 (způsob zpracování na pelety typu 90 a 45).*

Odrůda	Obsah silic	myrcen	karyofylen	humulen	farnesen
Kazbek typ 90	1150,00 c	53,91 d	13,61 e	30,83 c	1,66 a
Premiant typ 90	390,00 b	39,29 b	11,80 d	46,88 d	2,04 a
ŽPČ typ 45	415,00 b	43,68 c	8,62 b	27,80 b	19,91 b
Citra typ 90	305,00 a	64,96 e	7,29 a	27,76 b	0,00 a
Halertal typ 90	345,00 ab	32,25 a	17,16 f	50,60 e	0,00 a
Harmonie typ 90	380,00 b	66,90 e	9,40 c	22,97 a	0,73 a

Pozn.: Průměrné hodnoty označené odlišnými písmeny ve sloupcích se od sebe statisticky významně liší při $P=0,05$; obsah silic v $\mu\text{l} \cdot 100\text{g}^{-1}$, jednotlivé složky silice jsou v procentickém zastoupení

Nejvyšší obsah silic byl zjištěn ve vzorcích odrůdy Kazbek v peletách typu 90 ($1150 \mu\text{l} \cdot 100 \text{g}^{-1}$). Oproti tomu nejnižší obsah silice vykazovaly vzorky odrůdy Citra stejného typu peletizace ($305 \mu\text{l} \cdot 100 \text{g}^{-1}$), tyto vzorky se však statisticky průkazně nelišily od vzorků Halertal typu 90 ($345 \mu\text{l} \cdot 100 \text{g}^{-1}$). Obsah myrcenu byl zjištěn nejvyšší ve vzorcích s nejnižším obsahem silic (Citra 64,96 %), ty se však statisticky průkazně nelišily od vzorků odrůdy Harmonie (66,90 %). Nejnižší obsah myrcenu byl zjištěn

v peletách typu 90 odrůdy Halertal (32,25 %). Tato odrůda však měla nejvyšší obsah karyofylenu ve sledovaných vzorcích (17,16 %). Obsah humulenu byl také nejvyšší ve vzorcích odrůdy Halertal (50,60 %), oproti tomu nejnižší obsah humulenu byl zjištěn ve vzorcích odrůdy Harmonie typu 90 (22,97 %). Obsah farnesenu jako významné složky chmelové silice nebyl zjištěn ve vzorcích odrůd Citra a Halertal. Minimální množství 0,73 % farnesenu bylo zjištěno ve vzorcích odrůdy Harmonie typu 90. Odrůdy Kazbek a Premiant typu 90 vykazovaly obsah farnesenu 1,66 a 2,04 %. Odrůda ŽPČ opět vykazovala statisticky průkazně nejvyšší obsah této složky a to v průměru 19,91 %.

Tab. 9 *Analýza variance sledovaných vzorků chmele ve formě sušených lisovaných hlávek pro obsah silic a jejich vybraných složek v roce 2013(Pivovar 3)*

Zdroj proměnlivosti	Stupně volnosti	Obsah silic	myrcen	karyofylen	humulen	farnesen
		PČ				
Odrůda	2	11316,7***	96,24***	39,547***	33,379***	172,834***
Chyba	3	83,3	0,13	0,132	0,104	0,0165

Pozn.: * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$; *** - $p \leq 0,001$

Velmi vysoce významný vliv měla odrůda na celkový obsah silic i jednotlivé složky silice (myrcen, karyofylen, humulen a farnesen).

Tab. 10 *Průměrný obsah silic a sledovaných složek silice u sledovaných odrůd (Premiant, Sládek, ŽPČ) ze sušených chmelových hlávek v roce 2013*

Odrůda	Obsah silic	myrcen	karyofylen	humulen	farnesen
Premiant 2013	370,00 b	45,68 b	17,14 b	35,26 c	1,93 b
Sládek 2013	235,00 a	55,73 c	16,59 b	27,09 a	0,60 a
ŽPČ 2013	360,00 b	42,42 a	9,18 a	31,09 b	17,33 c

Pozn.: Průměrné hodnoty označené odlišnými písmeny ve sloupcích se od sebe statisticky významně liší při $P=0,05$; obsah silic v $\mu\text{l.}100\text{g}^{-1}$, jednotlivé složky silice jsou v procentickém zastoupení

Z tabulky 10 vyplývá, že obsah silic se pohyboval v rozmezí od 235 do 370 $\mu\text{l.}100\text{g}^{-1}$. Nejvyšší podíl složky myrcen byl zjištěn ve vzorcích odrůdy Sládek 55, 73 %. Nejnižší obsah myrcenu byl zjištěn ve vzorcích odrůdy ŽPČ (42,42 %). Odrůda ŽPČ měla nejnižší obsah složky silice karyofylen (9,18 %). Odrůda Premiant a Sládek se v obsahu karyofylenu statisticky průkazně nelišila. Obsah humulenu byl zjištěn statisticky nejnižší u odrůdy Sládek (27,09 %) a nejvyšší obsah humulenu byl zjištěn ve vzorcích odrůdy Premiant (35,26 %). Nejnižší obsah farnesenu byl zjištěn ve vzorcích odrůdy

Sládek (0,60 %), odrůda Premiant vykazovala 1,93 % farnesenu. Obsah farnesenu byl potvrzen nejvyšší koncentrací u tradičně české odrůdy ŽPČ (17,33 %).

Tab. 11 *Analýza variance sledovaných vzorků chmele ve formě sušených lisovaných hlávek pro obsah silic a jejich vybraných složek v roce 2014 (Pivovar 3)*

Zdroj proměnlivosti	Stupně volnosti	Obsah silic	myrcen	karyofylen	humulen	farnesen
		PČ				
Odrůda	3	381679***	8,52**	58,751***	88,017***	242,838***
Chyba	4	338	0,42	0,341	0,030	0,0058

Pozn.: * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$; *** - $p \leq 0,001$

V roce 2014 odrůda statisticky velmi vysoce významně ovlivňovala obsah silic. Obsah myrcenu byl odrůdou ovlivněn vysoce významně. Další sledované složky silice byly velmi vysoce významně ovlivněny odrůdou.

Tab. 12 *Průměrný obsah silic a sledovaných složek silice u sledovaných odrůd (Premiant, Sládek, ŽPČ ozdravený, ŽPČ neozdravený) ze sušených chmelových hlávek v roce 2014*

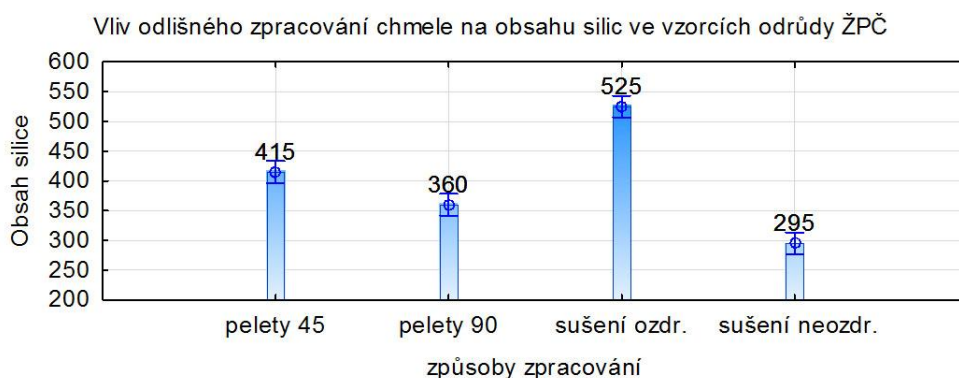
Odrůda	Obsah silic	myrcen	karyofylen	humulen	farnesen
ŽPČ ozdravený	525,00 b	43,92 a	8,44 a	26,61 b	21,04 d
Sládek	720,00 c	46,59 b	14,30 b	39,09 d	0,03 a
ŽPČ neozdravený	295,00 a	48,25 b	7,50 a	25,00 a	19,26 c
Premiant	1315,00 d	44,18 a	19,09 c	34,42 c	2,32 b

Pozn.: Průměrné hodnoty označené odlišnými písmeny ve sloupcích se od sebe statisticky významně liší při $P=0,05$; obsah silic v $\mu\text{l} \cdot 100\text{g}^{-1}$, jednotlivé složky silice jsou v procentickém zastoupení

Obsah silic byl zjištěn nejvyšší ve vzorcích odrůdy Premiant ($1315 \mu\text{l} \cdot 100 \text{g}^{-1}$), odrůda Sládek měla průměrný obsah silic $720 \mu\text{l} \cdot 100 \text{g}^{-1}$. Statisticky průkazné rozdíly byly zjištěny i mezi vzorky odrůdy ŽPČ v ozdravené a neozdravené formě ($525 \mu\text{l} \cdot 100 \text{g}^{-1}$, $295 \mu\text{l} \cdot 100 \text{g}^{-1}$). Odrůdy Premiant a ŽPČ ozdravený (44,18 a 43,92 %) měly nejnižší obsah složky silice myrcen, oproti tomu odrůda Sládek a ŽPČ neozdravený měli statisticky průkazně vyšší obsah složky silice myrcen (46,59 % a 48,25 %). Nejnižší obsah karyofylenu byl zjištěn ve vzorcích odrůdy ŽPČ v ozdravené i neozdravené formě (8,44 % a 7,50 %). Nejvyšší obsah karyofylenu měla odrůda Premiant 19,09 %. Složka silice humulen byla statisticky průkazně nejvyšší ve vzorcích odrůdy Sládek 19,09 %. V obsahu farnesenu bylo zjištěno, že vzorky odrůdy ŽPČ ozdravené formy

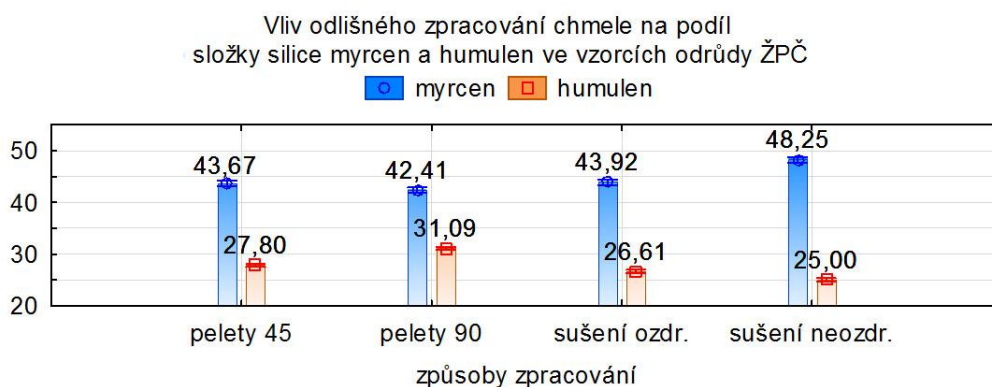
(21,04%) měly vyšší obsah této složky než vzorky odrůdy ŽPČ neozdravené formy (19,26 %).

5.2 Porovnání různých způsobu zpracování chmele



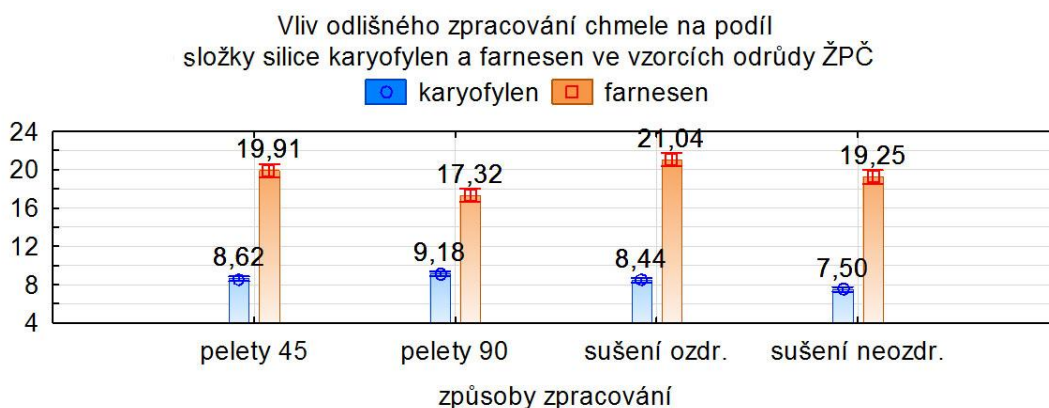
Graf 2 Vliv odlišného zpracování chmele na obsah silic ve vzorcích odrůdy ŽPČ

Z grafu 2 vyplývá, že ve sledovaných vzorcích byl zjištěn vyšší obsah silic v chmelových peletách typu 45 ($415 \mu\text{l} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), tyto pelety se však již téměř nevyužívají. Nejvyšší obsah silic byl zjištěn ve vzorcích sušených chmelových hlávek odrůdy ŽPČ ozdravené formy ($525 \mu\text{l} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$). Sušené chmelové šišťice se ale obtížně dávkují a hůře skladují. Proto jsou nejčastěji využívány pelety, které se dobře dávkují a lépe skladují. Nejnižší obsah silic byl zjištěn ve vzorcích sušených chmelových hlávek neozdravené formy odrůdy ŽPČ ($295 \mu\text{l} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$).



Graf 3 Vliv odlišného zpracování chmele na podíl složky silice myrcen a humulen ve vzorcích odrůdy ŽPČ

Nejvyšší obsah myrcenu byl zjištěn ve vzorcích sušených chmelových hlávek neozdravené formy ŽPČ (48,25 %), avšak o to byl nižší obsah složky silice humulenu (25,00 %). Mezi ostatními sledovanými vzorky nebyly zjištěny významné rozdíly. Nejvyšší obsah humulenu byl zjištěn v peletách typu 90 (31,09 %), obsah v peletách typu 45 byl 27,80 %, sušené chmelové šišťice ozdravené formy vykazovaly obsah humulenu 26,61 %.



Graf 4 Vliv odlišného zpracování chmele na podíl složky silice karyofylen a farnesen ve vzorcích odrůdy ŽPČ

Významná složka silice farnesen typická pro odrůdu ŽPČ byla zjištěna v nejvyšší koncentraci ve vzorcích sušených chmelových hlávek ozdravené formy (21,04 %), v peletách typu 45 byl obsah farnesenu 19,91 %. V sušených chmelových šišťicích neozdravené formy byl obsah farnesenu 19,25 % a v peletách typu 90 byl podíl farnesenu 17,32 %. Nejvyšší obsah složky silice karyofylen byl zjištěn ve vzorcích pelet typu 90 9,18 %, v peletách typu 45 byl obsah karyofylenu 8,62 %; 8,44 % karyofylenu byl zjištěn v sušených chmelových šišťicích ozdravené formy. Nejnižší obsah karyofylenu byl zjištěn v sušených chmelových šišťicích neozdravené formy (7,50 %).

6 DISKUZE

Silice jsou složité směsi organických látek, nejčastěji terpenů a jejich sloučenin. Jsou těkavé. Chmelové silice jsou velice důležitými sekundárními metabolity chmele z hlediska pivovarského i chemotaxonomického. Jsou nositeli typického chmelového aroma (Krofta, Čepička 2000).

Problematikou obsahu a složení chmelových silic se zabývala řada autorů. Uvádějí, že chemické složení chmele je závislé na odrůdě, podmínkách počasí v průběhu celého roku, ale i na klimatických podmínkách pěstitelské oblasti (Pluháčková *et al.* 2011). Velmi mnoho autorů se shoduje, že obsah silic se pohybuje v rozmezí 0,1-2,0 % hmotnosti (Rybáček 1980, Basařová 2010, Pluháčková 2011).

V této práci jsme stanovovali u všech sledovaných vzorků chmele tyto složky silice: myrcen, karyofylen, humulen a farnesen.

U myrcenu jsme ve všech sledovaných vzorcích zjistili, že nejnížší množství silice je u odrůdy ŽPČ. Prugar (2008) tvrdí, že odrůda ŽPČ je charakteristická nízkým obsahem myrcenu, v rozmezí 25-40 % rel. Naše výsledky se pohybují 42,42-48,25 %. Naopak nejvyšší množství myrcenu (64,96 %) bylo stanoveno u americké odrůdy Citra, u které byl zároveň zjištěn nejnížší obsah silice. USA hops (2008) uvádí hodnotu 50-65 % myrcenu, což potvrdily naše výsledky.

U karyofylenu bylo zjištěno nejvyšší množství u odrůdy Premiant z roku 2014 ve formě sušených hlávek (19,09 %). Naopak nejnížší hodnota byla zjištěna u odrůdy Citra ve formě pelet typu 90 (7,29 %). USA hops (2008) uvádí hodnotu 6-8 %.

U humulenu byla zjištěna nejvyšší hodnota u německé odrůdy Halertal (50,60 %).

Z českých odrůd dominuje odrůda Premiant jak ve formě sušených šištic (37,87 a 35,26 %) tak v peletách typu 90 (46,88 %). Podle Chmelařského institutu s.r.o. (2012) se hodnoty u Premiantu mají přibližovat 25-40 % rel. Nejnížší hodnota byla zjištěna u vzorku pelet Harmonie typu 90 (22,97 %). Chmelařský institut s.r.o. (2012) uvádí 15-25 % rel. pro Harmonii.

U farnesenu Basařová (2010) uvádí hodnoty pro odrůdu ŽPČ 13-20 % hmotn., což potvrdily i naše výsledky (12,49-21,04 %). Jelínek *et al.* (2011) uvádí, že vysoký obsah farnesenu je typický pro odrůdu ŽPČ a díky tomu je snadno identifikovatelná od ostatních odrůd. Naše stanovované vzorky mimo ŽPČ se pohybovaly v rozmezí

0,0-2,32 %. Basařová (2011) tvrdí, že jsou české chmele typické obsahem farnesenu, který se nevyskytuje u zahraničních odrůd chmele. Naše výsledky to potvrzují, u odrůdy Citra i Halertal jsme zjistili množství farnesenu 0,00 %.

Odrůda Kazbek obsahuje střední množství silic (Chmelařský institut s.r.o. 2012). Stanovili jsme u peletového vzorku Kazbeku typu 90 z roku 2013 množství 1150 $\mu\text{l} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, což bylo celkově nejvyšší množství ze všech peletových vzorků, které jsme stanovovali. Nesvadba *et al.* (2012) uvádí hodnoty pro tuto odrůdu u karyofylenu 10-15 % a u humulenu 20-35 %. Naše hodnoty jeho tvrzení potvrdily (karyofylen 13,61 %, humulen 30,83 %). Dále Nesvadba *et al.* (2012) udává hodnoty pro obsah myrcenu 40-50 %. Chmelařský institut s.r.o. (2012) udává 40-55 %, toto potvrdily i naše výsledky (53,91 %). Obsah farnesenu jsme naměřili vyšší (1,66 %) než uvádějí ostatní autoři (<1 %).

Odrůda Premiant je řazena mezi hořké odrůdy. Sledovali jsme formu pelet typu 90 z roku 2013 a formu sušených šištic z let 2013 a 2014. Nejvyšší obsah silic byl stanoven v obou sledovaných letech ve formě sušených šištic. V roce 2013 to bylo 390 $\mu\text{l} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ a 370 $\mu\text{l} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. V roce 2014 1350 $\mu\text{l} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. Chmelařský institut s.r.o. (2012) uvádí hodnoty pro tuto odrůdu následovně: myrcen 30-45 % rel., karyofylen 9-13 % rel., farnesen 1-3 % rel. a humulen 25-40 % rel. Naše naměřené hodnoty u farnesenu (2,32 % a 2,04 %) se přibližují k hodnotám naměřeným autory Jelínek *et al.* (2011) (2,59 %). S těmito autory se shodovaly i naše výsledky u humulenu (46,88 %). Jelínek *et al.* (2011) uvádí hodnotu 46,51 %.

Odrůda ŽPČ je tradiční česká odrůda používaná na celém světě díky své jedinečnosti. Podle Svazu pěstitelů chmele České republiky (2015) dává odrůda ŽPČ pivu jemné chmelové aroma které je v souladu s ostatními chuťovými složkami a je zárukou jeho vysoké kvality. Podle požadavků pivovarů je poptávka po chmelech s nízkým obsahem myrcenu a vyšším obsahem humulenu, karyofylenu a farnesenu. Toto plně poskytuje ŽPČ. Je typický svým vysokým obsahem farnesenu, což tuto odrůdu snadno odlišuje od ostatních českých odrůd. Jelínek *et al.* (2011) uvádí, že tyto hodnoty bývají obvykle vyšší než 10 %. Krofta, Patzak (2012) uvedli hodnotu 13,41 %, Prugar (2008) 15-20 % rel. a Chmelařský institut s.r.o. (2012) 14-20 % rel. Naše hodnoty se pohybovaly v rozmezí 12,49-21,04 %.

Sledovali jsme také odrůdu ŽPČ ve dvou formách, a to v ozdravené a neozdravené. Vyhodnotili jsme statisticky průkazné rozdíly, kdy ozdravený ŽPČ obsahoval 525 $\mu\text{l} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ a neozdravený 295 $\mu\text{l} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. Byl zde také zaznamenán nejnižší obsah karyofylenu (neozdravený 8,44 %, ozdravený 7,50 %) ze všech sledovaných vzorků. Z pohledu zastoupení farnesenu měla vyšší obsah ozdravená forma (21,04 %) než neozdravená (19,26 %).

Odrůda Citra je původem z USA, charakteristická silným citrusovým aroma s nádechem tropického ovoce. Na našem trhu není tak dostupná a oblíbená jako české odrůdy. K dispozici jsme měli vzorek pelet typu 90 z roku 2013. Hodnoty myrcenu jsme naměřili 64,96 %, což se shodovalo s hodnotami, které uvedl Brelex (2015), (50-65 %). Hodnoty farnesenu jsme nenaměřili žádné, USA hops také ne, jen Brelex (2015) uvádí hodnoty pod 1 %. Karyofylen by měl být 6-8 %, my naměřili 7,29 % a humulen 11-15 %, naše výsledky uvádí 27,26 %.

Odrůda Halertal je původem z Německa, charakteristická velice jemným aroma. Myrcen jsme stanovili v množství 32,25 %, což mírně přesahuje hodnotu uváděnou Brelexem (2015), (17-32 %). Naopak se absolutně shodují naše výsledky s hodnotou farnesenu (0,0 %). Dále jsme stanovili obsah karyofylenu 17,16 % a humulenu 50,60 %. Brelex (2015) uvádí hodnoty u karyofylenu 10-15 %, u humulenu 35-50 %.

Odrůda Harmonie patří mezi aromatické odrůdy chmele. Složení silic této odrůdy je typické díky absenci β -farnesenu a naopak přítomností velkého množství α - a β -selinenů (Krofta *et al.* 2009). Chmelařský institut s.r.o. (2012) uvádí hodnotu pod 1 % u farnesenu. Naše výsledky stanovily u Harmonie typu 90 z roku 2013 hodnotu 0,73 %. Chmelařský institut s.r.o. (2012) uvádí hodnoty pro myrcen 30-45 %, karyofylen 6-11 %, humulen 15,25 %. Naše výsledky uvádí pro karyofylen hodnotu 9,40 % což se výrazně neliší ani od výsledků Jelínka *et al.* (2011) (9,89 %). Jelínek *et al.* (2011) uvádí odlišnou hodnotu pro humulen (27,55 %), k čemuž se více přibližují naše výsledky (22,97 %) na rozdíl od Chmelařského institutu (2012). Myrcen se odlišoval velice od ostatních naměřených hodnot (66,90 %).

Odrůda Sládek se vyznačuje jemným chmelovým aroma. Tuto odrůdu jsme stanovovali ve formě sušených chmelových šištic ze sklizně roku 2013 a 2014 a z pelet z roku 2013. Hodnoty farnesenu jsme u všech sledovaných vzorků vyhodnotili pod 1 %, což uvádí i Chmelařský institut s.r.o. (2012) a Jelínek *et al.* (2011). Hodnoty myrcenu se ve

sledovaných vzorcích velice nelišily (50,59 %, 55,73 %, 48,25 %), Chmelařský institut s.r.o. (2012) uvádí rozmezí 35-50 %.

Chmel ve formě pelet je v současné době nejrozšířenější forma úpravy chmelových šištic. Usušené šišlice o vlhkosti 6,5-7,0 % jsou jemně rozemlety, slisovány do pelet o průměru 6 mm a dále zabaleny do bariérové fólie a inertní atmosféry (CO₂, N₂). Takto upravený chmel lze skladovat delší dobu. Zmenšený objem je vhodný pro dopravu i skladování. Výhodou je i větší využitelnost hořkých látek z pelet v průběhu chmelovaru. Hlávkový chmel je nejjednodušší a nejstarší forma balení. Lisováním se sníží objem a dojde k omezení přístupu vzduchu, i přesto však dochází k oxidaci a snižování obsahu hořkých látek. Velký objem přináší komplikace při skladování a přepravě (Šnobl 2004).

7 ZÁVĚR

V současném pivovarství dosahuje používání chmelových výrobků vysoké úrovně. (Čepička, Kubíček 2000). Většina tuzemských pivovarů používá chmel ve formě pelet. Výjimkou je například Budějovický Budvar, který stále používá lisovaný chmel. Pelety jsou čistě přírodní produkty, jsou to rozemleté chmelové šišťice bez cizích příměsí. Důvodem jejich používání místo šišťic je snadnější manipulace a delší trvanlivost. Sušený lisovaný chmel vydrží pouze do nadcházející sezóny, kdežto pelety balené ve vakuu nebo v ochranné atmosféře se mohou skladovat po dobu několika let (Večerková, Kiss 2007).

Obyčejně se používají chmelové produkty, které jsou svým chemickým složením a celkovým charakterem co nejvíce podobné přírodnímu chmelu (Čepička, Kubíček 2000). Chemickou cestou se připravují chmelové extrakty, které se získávají vyluhováním specifických látek obsažených v chmelových šišťicích. Jako extrakční činidlo se používá tekutý oxid uhličitý, alkohol, eventuálně jiná chemická rozpouštědla. V Česku se chmelové extrakty nevyrábějí, jsou dováženy převážně z Německa. Jsou levné a tak je pivovary používají z ekonomických důvodů (Večerková, Kiss 2007).

Mezi důležitý faktor používání chmelových výrobků patří také cenové relace a splnění požadavků pivovarských technologií. Mezi ně patří v první řadě standardní a pokud možno vysoký obsah hořkých látek ve formě α -hořkých kyselin, obsah aromatických látek, dlouhodobá stabilita chemického složení, nízké znečištění cizorodými látkami, homogenita a manipulovatelnost a samozřejmě zmíněné cenové relace. Vývoj nových výrobků je v poslední době velmi pokrokový a v budoucnosti lze předpokládat nabídku nových produktů se zlepšenými kvalitativními parametry (Čepička, Kubíček 2000).

Chmelové pelety typu 90 jsou v pivovarech nejpoužívanějšími chmelovými výrobky. Je to také nejčastější způsob zpracování Českého chmele. Jejich výhoda spočívá v delší skladovatelnosti, menšímu požadavku na prostory během uskladnění a transportu. Dále lepší dávkování, v pivovarech snadnější manipulace. Sušené chmelové šišťice se obtížně dávkují a skladují. Proto jsou častěji využívány pelety, které se dobře dávkují a lépe skladují.

Chmel je vegetativně množená rostlina, pěstovaná relativně dlouhou dobu na jednom stanovišti. Díky tomu je vystaven škodlivým infekcím, které mají za následek snížení

výnosu a obsahu pivovarnicky účinných látek v šišticích. Tento vážný problém byl řešen pomocí ozdravovacího procesu českého chmele. Pěstují se ozdravené odrůdy, ale i neozdravené, které jsou málo produktivní. Česká odrůda ŽPČ prošla dlouhodobým vývojem. Ve skupině aromatických chmelů je považována za jeden z nejlepších chmelů na světě. Dodává pivu jemné chmelové aroma bez vedlejších nepříjemných vůní a pachů. Za nejcennější složky ŽPČ jsou považovány chmelové pryskyřice a silice (Svaz pěstitelů chmele České republiky 2015). Z dosažených výsledků je zřejmé, že ozdravená odrůda ŽPČ ($525 \mu\text{l} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) má daleko vyšší obsah silic než forma neozdravená ($415 \mu\text{l} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$). Významnou složkou silice charakteristickou pro odrůdu ŽPČ je farnesen. Z našich výsledků byla zjištěna jeho nejvyšší koncentrace ve vzorcích sušených chmelových hlávek ozdravené formy (21,04 %), v sušených chmelových šišticích neozdravené formě byl obsah farnesenu 19,25 % a v peletách typu 90 byl podíl farnesenu 17,32 %. Nejvyšší obsah složky silice karyofylen byl zjištěn ve vzorcích pelet typu 90 (9,18 %). Obsah složky silice myrcen byl zjištěn ve vzorcích sušených chmelových hlávek neozdravené formy ŽPČ (48,25 %), avšak o to byl nižší obsah složky silice humulen (25,00 %). Mezi ostatními sledovanými vzorky nebyly zjištěny významné rozdíly.

Chmel obsahuje řadu látek se zdravotním významem. Tyto látky mají schopnost léčivě působit na lidské zdraví a bránit vzniku nejrůznějších chorob (Jurková *et al.* 2011). Neustále nové poznatky z dlouholetých výzkumů toto tvrzení potvrzují a chmel se tak stává zdrojem pro řadu farmaceutických výrobků.

Chmelnice jsou velmi specializovanou zemědělskou kulturou, která vyžaduje vysoké investice, pracovní nasazení a v dnešní době i stále více podnikavosti při zpracování a distribuci (Small 2006).

8 POUŽITÁ LITERATURA

ALTOVÁ, M., 2011: *Situační a výhledová zpráva chmel, pivo*. Ministerstvo zemědělství, Praha, 63 s. ISBN 978-80-7084-983-5.

ALTOVÁ, M., 2012: *Situační a výhledová zpráva chmel, pivo*. Ministerstvo zemědělství, Praha, 63 s. ISBN 978-80-7434-047-5.

BAMFORTH CH. W., 2004: *Beer, Health and Nutrition*. Blackwell Science Ltd. And Blackwell Publishing company 184 s. ISBN: 0-632-06446-3.

BARAZANI O., COHENY., FAIT A., DIMINSHTEIN S., DUDAIN N., RAVID U., PUTIEVSKY E., FRIEDMAN J., 2002: *Chemotypic differentiation in indigenous populations of *Foeniculum vulgare* var. *vulgare* in Israel*. Biochem. Syst. Ecol., 30: 721-731. ISBN: 0305-1978.

BASAŘOVÁ, G. A ČEPIČKA, J., 1985: *Sladařství a pivovarství*. Praha, SNTL, 256 s.

BASAŘOVÁ, G., 1993: *Pivovarsko-sladařská analytika 2*. Praha: Merkanta, 1993, S.399-632.

BASAŘOVÁ, G., 2010: *Pivovarství: teorie a praxe výroby piva*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2010, 863 s. ISBN 978-80-7080-734-7.

BASAŘOVÁ, G., 2011: *České pivo*. 3., dopl. vyd. Praha: Havlíček Brain Team, 309 s. ISBN 978-80-87109-25-0.

BOUNOSHITA, M., HIBI, K. a NAKAMURA, H., 1993: *Determination of enantiomer ratios of d,l-carvone in supercritical fluid extraction from caraway seeds and spearmint leaves by high-performance liquid chromatography with polarimetric and ultraviolet spectrometric detection*. Anal. Sci., 9, 425-428.

BRATTSTRÖM, A. 2009: *Humulus lupulus (Hops), Is There Any Evidence for Central Nervous Effects Related to Sleep?*. Proceedings of the second international humulus symposium, Acta Hort. (ISHS): 848 s 173-178. Online [cit. 2015-03-22]. Dostupné z: http://www.actahort.org/books/848/848_19.htm

BRELEX 2015: *Chmelové odrůdy*. Specializovaný obchod s chmelem. Online, [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://www.brelex.cz/odrudy.phpa>

BREMNESS, L., 1994: *Bylinář: zdraví, krása a radost*. 1. vyd. Překlad Václav Větvíčka. Ilustrace Jill Dow, Lorraine Harrison. Praha: Fortuna Print, 286 s. ISBN 80-858-7300-1.

BRUNETON, J., 1999: *Pharmacognosy, Phytochemistry, Medicinbal Plants*. 2nd edition. Intercept Ltd, Andover. ISBN: 1-898298-63-7.

BRUNETON, J., 1999: *Toxic Plants, Dangerous to Humans and Animals*. Intercept, Ltd, Andover. ISBN: 1-898298-62-9.

CLEEMPUT, M.V., CATTOOR K., De BOSSCHER., K., HAEGEMAN G., De KEUKELEIRE D., HEYERICK. A., 2009: Hop (*Humulus lupulus*) - Derived bitter acids as multipotent bioactive compounds. *Journal of Natural Products* . 2009, roč. 72, č. 6, s. 1220–1230. ISSN 0163-3864. Online [cit. 2015-03-22]. Dostupné z: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/np800740m>

COWLES, J., et al., 1990: Separation and identification of hop bitter compounds in beer. In: ROUSEFF, Rusell L.: *Bitterness in food and beverages*. Amsterdam: Elsevier, 1990, 39-44. 356 s. ISBN: 0-444-88175-1.

CVENGROŠCHOVÁ, M., ŠMOGROVIČOVÁ D., 2007: Chmelové preparáty a faktory ovlivňující průběh chmelového varu. *Chem. Listy* 101, s. 287-291.

ČEPIČKA, J. a KUBÍČEK J., 2000: Chmel a chmelové výrobky, s. 127-133. In: KOSAŘ, K. (ed.), *Technologie výroby sladu a piva*. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 398 s. ISBN 80-902-6586-3.

ČÍŽKOVÁ, A., ADAM, M., PAVLÍKOVÁ P. A VENTURA K., 2011: Analýza složek silic v bylinných nápojích s využitím metody mikroextrakce jednou kapkou. *Chemické listy*, 105: 13-15s.

ČULÍK, J., HORÁK, T., ČEJKA, P., JURKOVÁ, M., KELLNER, V., KARÁSEK, P., VOŠTRÁ, E., 2006: Superkritická extrakce kapalin – nová progresivní metoda v pivovarské analytice. Část I. – Teoretické základy superkritické extrakce kapalin a příklady jejího využití. *Kvasný průmysl*, 52, č.4, s.106-110.

DEEB, D., GAO, X., JIANG, H., ARBAB, A., S., DULCHAVSKY, S., A., GAUTAM, S., C., 2010: Growth inhibitory and apoptosis-inducing effects of xanthohumol, aprenylated chalone present in hops, in human prostate cancer cells. *Anticancer Research*. Roč. 30, č. 9, 3333–3339. ISSN 0250-7005. Online [cit. 2015-03-22]. Dostupné z: <http://ar.iijournals.org/content/30/9/3333.long>

dTest, 2005: *Léčivá síla rostlin: Chmel otáčivý*. Online [cit. 2014-80-30]. Dostupné z: <http://www.dtest.cz/clanek-1319/leciva-sila-rostlin-chmel-otacivy-humulus-lupulus-1>

dTest, 2010: *Léčebný chmel*. Online [cit. 2014-80-30]. Dostupné z: <http://www.dtest.cz/clanek-1378/lecebny-chmel>

FELKLOVÁ, M. a KOCOURKOVÁ B., 2003: *Pěstování léčivých rostlin: (pro farmaceuty)*. Vyd. 1. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita, 100 s. ISBN 80-730-5458-2.

FORSTER, A., 2003: The quality chain from hops to hop products. Příspěvek 10, 156-164 s. In: *European Brewery: Proceedings of the 29th EBC congress, Dublin 2003: 17 - 22 May 2003*. [CD-ROOM]. Nürnberg: Fachverl. Carl, 2003. ISBN 90-701-4322-4.

FRIC, V., 1994: *Pěstování chmele v soudobých ekonomických podmínkách: (Metodika)*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 47 s.

GATICA-ARIAS, A., STANKE, M., WEBER, G., MATOUŠEK, J., FARAG, M.A., L.WESSJOHANN, L., 2012: Flavonoid production in transgenic hop (*Humulus lupulus* L.) altered by PAP1/MYB75 from *Arabidopsis thaliana* L. *Plant Cell Reports.*, roč. 31, č. 1, 111–119. ISSN 0721-7714. Online [cit. 2014-09-24]. Dostupné z: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00299-011-1144-5>

HAY, R. K. M., WATERMANN, P. G., 1993: *Volatile Oil Crops – their biology, biochemistry and production*. LongmanScientific&Technical, Harlow. ISBN 0-582-00557-4.

CHMELAŘSKÝ INSTITUT S.R.O., 2012: *Atlas Českých odrůd chmele / Czech hop varieties*. Žatec, 30s., ISBN 978-80-87357-11-8.

CHLOUPEK, O., 1996: *Zemědělský výzkum: učebnice Mendelovy zemědělské a lesnické university v Brně*. Vyd. 1. Praha: Academia, 1996, 188 s. ISBN 8020005765.

JAROŠ, Z., 1992: *Léčivé látky z rostlin*. 1.vyd. České Budějovice: DONA, 79 s. ISBN 80-85463-04-0.

JELÍNEK, L., DOLEČKOVÁ, M., HUDCOVÁ, T., KARABÍN, M. a DOSTÁLEK P., 2011: Profilování českých chmelových odrůd prostřednictvím analýz α - a β -hořkých kyselin, silic a polyfenolů. *Kvasný průmysl*, 57, č. 7-8, 272-276 s.

JIRÁSEK, V. a STARÝ, F., 1986: *Atlas léčivých rostlin*. 2. vyd. Praha: SPN. 112 s.

JURKOVÁ, M., KELLNER, V., HAŠKOVÁ, D., ČULÍK, J., ČEJKA P., HORÁK, T. a DVOŘÁK J., 2011: Chmel – bohatý zdroj antioxidantů. Metody k posouzení antioxidační aktivity chmelové matrice. *Kvasný průmysl*, 57, č. 10, 366-370 s.

KADLEC, P., 2002: *Technologie potravin II: technologie potravin*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, Monografie (Key Publishing). 236 s. ISBN 80-7080-510-2.

KALLIO, H., KERROLA, K. a ALHONMAKI, P., 1994: Carvone and Limonene in Caraway Fruits (*Carum carvi* L.) Analyzed by Supercritical Carbon Dioxide Extraction-Gas Chromatography. *J. Agric. Food Chem.*, 42, 2478-2485. Online [cit. 2015-03-24]. Dostupné z: <http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jf00047a021>

KELLNER V., ČEJKA P., ČULÍK J., HORÁK T. a JURKOVÁ M., 2002: Pozitivní přínosy piva ke zdraví spotřebitele. *Kvasný průmysl*, 48/2002 číslo 9, 244-248.

KERMANSHAHI, R.K, ESFAHANI, N.B., SERKANI, J.E., ASGHARI, G.R., BABAIE, A.A.P., 2009: The study of antibacterial effect of *Humulus lupulus* on some of Gram positive & Gram negative bacteria. *Journal of Medicinal Plants*. 2009, roč. 8, č. 30, s. 92–97. ISSN 1684-0240. Online [cit. 2015-03-24]. Dostupné z: <http://www.cabdirect.org/abstracts/20093286681.html;jsessionid=0F41CC0CE78BE0293D010D6D18264ABC>

KETTERER, M, FOSTER, A.,GAHR, A., BECK, B., MASSINGER, S., SCHMIDT, R., 2003: The influence of isomerised hop pellets on beer quality, příspěvek 23, 268-275 s. In: *European Brewery: Proceedings of the 29th EBC congress, Dublin 2003: 17 - 22 May 2003*. [CD-ROOM]. Nürnberg: Fachverl. Carl, 2003. ISBN 90-701-4322-4.

KORBELÁŘ, J. a ENDRIS, Z., 1981: *Naše rostliny v lékařství*. 5. přeprac. vyd. Praha: Avicenum, 501 s.

KOVAŘÍK, M., 2013: *Český chmel 2013.: Czech hops = Der Tschechische Hopfen*. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky ve spolupráci se Svazem pěstitelů chmele České republiky, 53 s. ISBN 978-80-7434-051-7.

KOVAŘÍK, M., 2014: *Sklizeň českého chmele v roce 2014*. Tisková zpráva 3. Zář 2014. Online [cit. 2015-04-17]. Dostupné z: http://www.czhops.cz/images/stories/download/TZ_chmel_2014__Praha_s_AK_CR.pdf

KROFTA, K. a ČEPIČKA, J., 2000: Stanovení chmelových silic metodou mikroextrakce na tuhou fázi (SPME). *Kvasný průmysl*, 46, č. 9, 235-241 s.

KROFTA K., 2002: Obsah a složení chmelových pryskyřic žateckých chmelů z pohledu jejich pivovarské hodnoty. *Disertační práce*, VŠCHT v Praze

KROFTA, K., NESVADBA, V., TICHÁ, J., URBAN, J. a ČEPIČKA, J., 2003: Kvalitativní a ekonomické aspekty stárnutí českých odrůd chmele. *Kvasný průmysl*, roč. 49/2003, č. 11-12, s. 326-335.

KROFTA, K., 2008: *Hodnocení kvality chmele*. Žatec: Chmelařský institut, Metodika pro praxi, 50 s. ISBN 978-80-254-4389-7.

KROFTA, K., NESVADBA, V., MIKYŠKA, A., HAŠKOVÁ, D., 2009: Harmonie – česká aromatická odrůda chmele. *Kvasný průmysl* 55, č. 7-8, s. 170-176.

KROFTA, K., KLAPAL, I. a JEŽEK, J., 2010: Hodnocení kvalitativních ukazatelů českých chmelů ze sklizně 2009. *Chmelařství*, 1-2/2010, 2-9.

KROFTA, K., KLAPAL, I. a TICHÁ, J., 2011: Hodnocení kvalitativních ukazatelů českých chmelů ze sklizně 2010. *Chmelařství*, 1-2/2011, 3-11.

KROFTA, K. a PATZAK, J., 2012: Zjišťování autenticity českých odrůd chmele pomocí chemických a molekulárně-genetických analýz, s. 12-20. In: KOVAŘÍK, M., *Český chmel 2012.: Czech hops = Der Tschechische Hopfen*. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky ve spolupráci se Svazem pěstitelů chmele České republiky, 56 s. ISBN 978-80-7434-072-7.

KROFTA, K., KOŘEN, J., KRIVÁNEK, J., 2013: Porovnání piv bez a se studeným chmelením u odrůd Bohemie a Saaz Late, s. 4-6. In: SVOBODA, P.: Uplatnění českých odrůd chmele v pivovarnictví. *Sborník přednášek a výsledek degustací ze semináře konaného dne 30.5.2013 ve Chmelařském Institutu s.r.o. v Žatci*. 57s. ISBN 978-80-86836-97-3.

KROFTA, K. a MIKYŠKA, A., 2014: Beta kyseliny chmele, význam a využití. *Kvasný průmysl* 60, č.4, 96-105 s.

KROUPA F., 2007: Objektivní charakteristika chmelového aroma českých chmelů a chmelových výrobků. *Doktorská disertační práce*, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 172 s.

KYSILKA, J., 2012: *Silice*. [online]. [cit. 2014-10-30]. Dostupné z: <http://www.biotox.cz/naturstoff/chemie/ch-silice.html>

LARSON, A. E., YU, R., LEE, O., PRICE, S., HAAS, G. A JOHNSON, E. A., 1996: Antimicrobial activity of hop extracts against *Listeria monocytogenes* in media and in food. *International journal of food microbiology: international journal of phytotherapy and phytopharmacology*, 33: 195-207 S. ISSN 0168-1605. Online [cit. 2015-03-25]. Dostupné

z: http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=UA&search_mode=GeneralSearch&qid=6&SID=N1avgdomBcqws8qS1ME&page=4&doc=31#

LIU, M., HANSEN, PE., WANG, GZ., QIU, L., DONG, JJ., YIN, H., QIAN, ZH., YANG, M., MIAO, JL., 2015: Pharmacological Profile of Xanthohumol, a Prenylated Flavonoid from Hops (*Humulus lupulus*). *Molecules*, volume 20, issue 1. ISSN: 1420-3049. 754-779 s. Online [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=UA&search_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=Z1UqXQrjrmk3498YeoW&page=2&doc=20

MIKYŠKA, A., MIKULÍKOVÁ, R. a ANTON, M., 2007: Influence of brewing raw materials and brewing technology on phytoestrogens content in beer. *Proceedings of the 31st EBC Congress*, Venice, Fachverlag Hans Carl, Nürnberg, 1199-1206 s.

NESVADBA, V., 2006: Uplatnění českých odrůd chmele v pivovarnictví, s. 2-10. In: ROSA, Z., *Český chmel 2006.: Czech hops = Der tschechische Hopfen*. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky ve spolupráci se Svazem pěstitelů chmele České republiky. ISBN 80-7084-558-9.

NESVADBA, V., 2012: Šlechtitelské programy a flavourhops v ČR, s. 25-27. In: KOVAŘÍK, M., *Český chmel 2012.: Czech hops = Der tschechische Hopfen*. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky ve spolupráci se Svazem pěstitelů chmele České republiky, 56 s. ISBN 978-80-7434-072-7.

NESVADBA, V., POLONČÍKOVÁ, Z., HENYCHOVÁ, A., 2012: Šlechtění chmele v České republice. *Kvasný průmysl* 58, č. 2, s. 36-39.

NESVADBA V., KROFTA K., POLONČÍKOVÁ, Z. a HENYCHOVÁ, A., 2014: Vůně chmelových hlávek u českých odrůd chmele. *Chmelařství*, 1-2/2014, 9-11.

NEUBAUER, Š., KLIMEŠ, K. a ČERNÁ, L., 1986: *Léčivé rostliny II: Sbíráme léčivé rostliny*. 1.vyd. Praha: Svěpomoc, 189 s.

NOVÁKOVÁ, B. a ŠEDIVÝ, Z., 1996: *Praktická aromaterapie*. Pragma, Praha, 399 s. ISBN 80-720-5371-X.

OLAS, B., KOLODZIEJCZYK J., WACHOWICZ B., JĘDREJEK D., STOCHMAL. A., OLESZEK. W., 2011: The extract from hop cones (*Humulus lupulus*) as a modul at orofoxidative stress in blood platelets. *Platelets*. 2011, roč. 22, č. 5, 345–352. ISSN 0953-7104. Online [cit. 2015-03-25]. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.3109/09537104.2010.549597>

OLŠOVSKÁ, J., MATOULKOVÁ D., ČEJKA, P. a JURKOVÁ, M., 2014: Pivo a zdraví. *Kvasný průmysl*. 60, 2014, č. 7-8, s. 174-181.

PEACOCK, V., 1998: *Fundamentals of hop Chemistry*. Tech. Q. Master. Brew. Assoc. Am. 35, 4s.

PENGELLY, A., 2004: *The Constituents of Medicinal Plants*. 2nd ed. CABI Publishing, UK.

PLUHÁČKOVÁ, H., EHRENBERGEROVÁ, J., KOCOURKOVÁ, B., 2011: Chmelové silice ve vybraných odrůdách z různě starých chmelnic. *Kvasný průmysl* 57, č. 7-8, s. 266-271.

PLUHÁČKOVÁ, H. a EHRENBERGEROVÁ J., 2013: Studium obsahových látek chmele: obsah a složení silic a vybraných antioxidantů v chmelových šišticích. *Disertační práce, MENDELU*

PRUGAR, J., 2008: *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 327 s. ISBN 978-808-6576-282.

REHM, J. et al., 1999: Assessment methods for alcohol consumption, prevalence of high risk drinking and harm: a sensitivity analysis. *Int. J. Epidemiol.*, 28, 219 s.

RIEDL, O. a VONDRÁČEK, V., 1971: *Klinická toxikologie – toxikologie léků, potravin, jedovatých živočichů a rostlin aj.* 4., přeprac. vyd. Praha: Avicenum, 679s.

ROSA, Z., 2014: Tisková zpráva. *Chmelařství*, 7-9/2014, 110-113.

RYBÁČEK, V., 1980: *Chmelařství*. 1. vyd. Praha: SZN, 426 s.

SCARCI, F., IOB, G., MAILLAND, F., 2015: Composition, useful for the treatment and preventiv of skin aging and(or wrinkles in a human, comprises an extract of *Humulus lupulus*, hyaluronic acid and alkanol. *Polichem SA*. Online [cit. 2015-03-29]. Dostupné

z: http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?colName=DIIDW&recordID=2015115148&page=2&qid=1&log_event=yes&viewType=fullRecord&SID=Z1UqXQrjrmk3498YeoW&product=UA&doc=15&search_mode=GeneralSearch

SEDLÁKOVÁ, J., 2003: Vliv vnějších faktorů na obsah silic v rostlinách. *Disertační práce* (in MS, dep. Knihovna MENDELU v Brně), MZLU v Brně.

SHISHEHGAR, R., REZAIE A., NAZERI, M., 2012: Study of sedation, pre-anesthetic and anti-anxiety effects of hop (*Humulus lupulus* L.) Extract compared with diazepam in rats. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 2012, roč. 11, č. 14, 2570–2575. ISSN 1680-5593. Online [cit. 2014-01-25]. Dostupné z: <http://www.medwelljournals.com/abstract/?doi=javaa.2012.2570.2575>

SCHILLER, H., FORSTER, A., VONHOFF, C., HEGGER, M., BILLER, A. a WINTERHOFF, H., 2006: Sedating effects of *Humulus lupulus* L. extracts. *Phytomedicine: international journal of phytotherapy and phyto pharmacology*, 13: 535-541 s. ISSN 0944-7113. Online [cit. 2014-011-26]. Dostupné z: http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=UA&search_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=N1avgdomBcqws8qS1ME&page=1&doc=1#

SCHRAMM, M., 2011: *Léčení chmelem*. Vyd. 1. Praha: Plot, 2011, 93 s. ISBN 978-80-7428-080-1.

SMALL, E., 2006: *Velká kniha koření, bylin a aromatických rostlin*. Vyd. 1. Praha: VolvoxGlobator, Verbena, 1021 s. ISBN 80-720-7462-8.

STEVENS, J.F., TAYLOR, A. W., CLAWSON, J. E. a DENIZER, M., 1999: Fate of xanthohumol and related prenylflavonoids from hops to beer. *J. Agric. Food. Chem.*, 47(6): 2421-2428 s.

SVAZ PĚSTITELŮ CHMELE ČESKÉ REPUBLIKY, 2015: *Jedinečnost Žateckého chmele*. Online [cit. 2015-04-22]. Dostupné z: http://www.czhops.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=56&Itemid=63&lang=cs

SVOBODA K. P., SVOBODA T. G., SYRED A. D., 2000: Secretory Structures of Aromatic and Medicinal Plants. *Microscopy Publications*, Knighton. ISBN: 0-9538461-0-5.

ŠNOBL, J., 2004: *Rostlinná výroba IV.: (chmel, len, konopí, využití biomasy k energetickým účelům)*. Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Agronomická fakulta, Katedra rostlinné výroby, 119 s. ISBN 80-213-1153-3.

ŠNOBL, J. a PULKRÁBEK, J., 2005: *Základy rostlinné produkce*. Vyd. 2., přeprac. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 172 s. ISBN 978-80-213-1340-8.

TOMČÍKOVÁ, L., 1999: *Vybrané krytosemenné rostliny*. Vyd. 1. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 396 s. ISBN 80-701-3284-1.

USA HOPS, 2008: *Variety Manual USA Hops*. usahops.org Hop Growers of America PO Box 1207 Moxee, WA USA. 36 s. Online [cit. 2015-04-20]. Dostupné z:

http://www.usahops.org/userfiles/image/1378498284_2013%20Hops%20Variety%20Manual.pdf

VALÍČEK, P., 2006: *Technické a siličnaté rostliny*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 95 s. ISBN 80-715-7936-X

VEČERKOVÁ, H. a KISS J., 2007: *Abeceda piva*. Vyd. 1. Praha: Česká televize, 204 s. ISBN 80-850-0586-7.

VELÍŠEK, J., 2002: *Chemie potravin 2*. Vyd. 2., upr. Tábor: OSSIS, 2002, xv, 303 s. ISBN 80-86659-01-1.

VENT, L., 1963: *Chmelařství: Organizace a technologie velkovýroby*. Vyd. 1. Praha: SZN, 413 s.

VENT, L. a RYBKA, A., 2013: *Kvalitativní změny načesaného chmele v závislosti na způsobu skladování*. Chmelařství 11-12, 134-137 s.

VENT, L. a RYBKA, A., 2013: *Physical characteristic of picked hops during storage*. Agronomy Research, roč. 11, č. 1, 125-130 s. ISSN: 1406-894X.

VODRÁŽKA, Z., 1996: *Biochemie*. 2. oprav. vyd. Praha: Academia, 191 s. ISBN 80-200-0600-1.

VRZALOVÁ, J. a FRIC, V., 1994: *Rostlinná výroba - IV: (přadné plodiny, chmel)*. Vyd. 1. V Praze: Agronomická fakulta VŠZ, 80 s. ISBN 80-213-0155-4.

9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Graf 1 *Průměrný obsah silic chmele odrůd Premiant, Sládek, ŽPČ ve sklizňových letech 2009-2011*

Graf 2 *Vliv odlišného zpracování chmele na obsah silic ve vzorcích odrůdy ŽPČ*

Graf 3 *Vliv odlišného zpracování chmele na podíl složky silice myrcen a humulen ve vzorcích odrůdy ŽPČ*

Graf 4 *Vliv odlišného zpracování chmele na podíl složky silice karyofylen a farnesen ve vzorcích odrůdy ŽPČ*

10 SEZNAM TABULEK

Tab. 1 *Obsah chmelových silic v českých chmelech ze sklizně 2011*

Tab. 2 *Obsah vybraných silic v českých chmelových odrůdách (% rel.)*

Tab. 3 *Porovnávané kvalitativní parametry chmele*

Tab. 4 *Složky silic dle sensorického charakteru*

Tab. 5 *Analýza variance sledovaných vzorků chmele ve formě pelet typu 90 pro obsah silic a jejich vybraných složek v roce 2013 (Pivovar 1)*

Tab. 6 *Průměrný obsah silic a sledovaných složek silice u vybraných odrůd (Premiant, Sládek, ŽPČ) v roce 2013*

Tab. 7 *Analýza variance pro obsah silic a jeho složek ve vzorcích vybraných odrůd chmele (Kazbek, Premiant, ŽPČ, Citra, Halertal, Harmonie) z roku 2013 (způsob zpracování na pelety typu 90 a 45)(Pivovar 2)*

Tab. 8 *Průměrný obsah silic a vybraných složek silice ve sledovaných odrůdách (Kazbek, Premiant, ŽPČ, Citra, Halertal, Harmonie) z roku 2013 (způsob zpracování na pelety typu 90 a 45).*

Tab. 9 *Analýza variance sledovaných vzorků chmele ve formě sušených lisovaných hlávek pro obsah silic a jejich vybraných složek v roce 2013(Pivovar 3)*

Tab. 10 *Průměrný obsah silic a sledovaných složek silice u sledovaných odrůd (Premiant, Sládek, ŽPČ) ze sušených chmelových hlávek v roce 2013*

Tab. 11 *Analýza variance sledovaných vzorků chmele ve formě sušených lisovaných hlávek pro obsah silic a jejich vybraných složek v roce 2014(Pivovar 3)*

Tab. 12 *Průměrný obsah silic a sledovaných složek silice u sledovaných odrůd (Premiant, Sládek, ŽPČ ozdravený, ŽPČ neozdravený) ze sušených chmelových hlávek v roce 2014*

11 SEZNAM ZKRATEK

μl	Mikrolitr
FID	Flame Ionization detector – plamenově-ionizační detektor
HPLC	Hight performance liquid chromatography – vysoko účinná kapalinová chromatografie
MENDELU	Mendelova univerzita v Brně
OPC	Oligomerní proanthokyanogeny
SDME	Single-drop microextraction – mikroextrakce jednou kapkou
SFE	Supercritical fluid extraction – superkritická fluidní extrakce
SPME	Solid phase microextraction – mikroextrakce na pevné fázi
ÚKZÚZ	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
ŽPČ	Žatecký poloraný červeňák

12 PŘÍLOHY

Příloha A: *Destilační aparatura v laboratoři na Ústavu pěstování, šlechtění rostlin a rostlinolékařství MENDELU v Brně*



13 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A: *Destilační aparatura v laboratoři na Ústavu pěstování, šlechtění rostlin a rostlinolékařství MENDELU v Brně*