

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BRNO 2017

KATEŘINA TICHÁ



**Chmelové produkty a možnosti jejich použití při výrobě
piva a dalších nápojů**
Bakalářská práce

Vedoucí práce:
Ing. Tomáš Gregor, Ph.D.

Vypracovala:
Kateřina Tichá

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Chmelové produkty a jejich možnosti použití při výrobě piva a jiných nápojů 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 a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon 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

Mé poděkování bych ráda věnovala vedoucímu této bakalářské práce Ing. Tomášovi Gregorovi Ph.D. za jeho odborné vedení, věnovaný čas, cenné rady a připomínky a lidský přístup při vypracovávání mé závěrečné práce. Dále bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům za podporu během celého mého studia.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá především tématem chmelových produktů dostupných na tuzemském trhu. V první části se práce se zaměřuje na chemické složení chmele, kde nejdůležitější je izomerace hořkých látek. Dále je zmíněna jeho odrůdová skladba, pěstování i technologie zpracování po sklizni. Ve druhé části je popsána technologie výroby tuzemských chmelových preparátů a jejich možnosti použití v pivovarském průmyslu. Zároveň je srovnána tato technologie se zahraniční. Na závěr se práce zaměřuje i na využití chmelových výrobků obecně v nápojovém průmyslu.

KLÍČOVÁ SLOVA: chmel, *Humulus lupulus* L., chmelové odrůdy, chmelové výrobky, chmelovar

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with the theme of hop products which are available on domestic market. The first part of the work is focused on the chemical composition of hops, where the most important part is isomerization of bitter acids. There are also mentioned hop varieties, cultivation and processing technology after harvest. The second part describes the technology of domestic production of hop products and their use in the brewing industry. There is also a comparison to technology abroad. In conclusion the work focuses on the utilization of hop products generally in the beverage industry.

KEYWORDS: hops, *Humulus lupulus* L., hop varieties, hop products, wort boiling

OBSAH

ÚVOD	10
1 CÍL PRÁCE	11
2 LITERÁRNÍ PŘEHLED	12
2.1 Botanické zařazení chmele	12
2.2 Morfologie chmele	12
2.2.1 Podzemní část	12
2.2.2 Nadzemní část	12
2.2.3 Chmelové hlávky	13
2.3 Chemické složení chmele	13
2.3.1 Voda	14
2.3.2 Chmelové pryskyřice	14
2.3.2.1 α -Hořké kyseliny	15
2.3.2.2 Izomerace α -hořkých kyselin	15
2.3.2.3 β -Hořké kyseliny	16
2.3.2.4 Izomerace β -hořkých kyselin	17
2.3.2.5 Nespecifické měkké pryskyřice	17
2.3.2.6 Tvrdé pryskyřice	18
2.3.3 Chmelové silice	18
2.3.4 Polyfenolické látky	19
2.3.5 Ostatní složky chmele	19
2.4 Odrůdy chmele v ČR	20
2.4.1 Jemné aromatické odrůdy	20
2.4.2 Aromatické odrůdy	21
2.4.3 Hořké vysokoobsažné odrůdy	22
2.4.4 Odrůdy se specifickým aroma	23
2.5 Odrůdy chmele v zahraničí	23

2.5.1	Odrůdy USA.....	23
2.5.2	Německé odrůdy	24
2.5.3	Britské odrůdy	24
2.6	Chmelařské oblasti v ČR.....	24
2.7	Pěstování chmele	25
2.8	Sklizeň a sušení chmele.....	28
2.9	Technologie výroby chmelových produktů v ČR	30
2.9.1	Chmelové produkty vyrobené mechanickou úpravou.....	31
2.9.1.1	Chmelové prášky a pelety	31
2.9.2	Chmelové produkty vyrobené extrakcí chmelové hlávky.....	33
2.9.2.1	Ethanolový chmelový extrakt.....	34
2.9.2.2	Extrakt chmele oxidem uhličitým	34
2.9.2.3	Přípravky z chmelových silic	35
2.9.3	Chmelové produkty vyrobené chemickými úpravami	35
2.9.3.1	Chmelové izoextrakty.....	35
2.9.3.2	Chmelové izopelety	36
2.9.3.3	Redukované (hydrogenované) iso- α -hořké kyseliny.....	37
2.9.3.4	Huluponové extrakty	38
2.9.4	Syntetické chmelové preparáty	39
2.9.5	Speciální chmelové výrobky	39
2.9.6	Paskalizovaný homogenát zeleného chmele	40
2.10	Technologie výroby chmelových produktů v zahraničí	40
2.10.1	Izomerované chmelové produkty	41
2.10.2	Další chmelové produkty.....	41
2.11	Využití chmelových produktů při výrobě piva	42
2.12	Využití chmelových produktů při výrobě jiných nápojů	45
3	ZÁVĚR	46

4	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	48
5	PŘÍLOHY	57

ÚVOD

Chmel se řadí mezi staré kulturní rostliny a jeho pěstování je známo již od počátku našeho letopočtu, především pro své léčivé účinky. Od konce starověku se však největšího využití chmele dostává při výrobě piva a i dodnes je pro tento nápoj nenahraditelnou surovinou (Basařová et al., 2011). Ne nadarmo se chmel označuje jako „koření“ piva. Technologicky nejdůležitějšími složkami chmelových hlávek jsou chmelové pryskyřice, které dodávají pivu hořkou chuť. Dále jsou to chmelové silice ovlivňující pozitivně výsledné aroma a polyfenolické látky, jež mají antioxidační účinky, čímž posilují stabilitu chuti.

Území České republiky má velmi příznivé podmínky pro pěstování chmele. I to je jeden z důvodů, proč patří mezi jeho největší světové producenty. Je tedy jasné, že zde má bohatou historii i tradici. Hlavní pěstovanou odrůdou je Žatecký poloraný červeňák, který je považován za světový jakostní standard a řadí se do skupiny jemných aromatických odrůd. České chmele jsou charakteristické nižším obsahem α -hořkých kyselin a příjemnou skladbou chmelových silic, což má za následek jemnější hořkost a ušlechtilé aroma v porovnání se zahraničními odrůdami.

Ještě v první polovině 20. století se chmele využívaly ve své původní podobě. Chmelové hlávky se pouze slisovaly do žoků a takto putovaly přímo do pivovarů. Skladováním ale docházelo ke zvětvávání a degradaci cenných látek, což mělo za následek nesrovnalosti v chuti i kvalitě piva. Negativně přispívala i nízká výtěžnost pivovarsky cenných látek, která činila pouhých 30 %. Za účelem snížení nákladů, snadnější manipulace, konzistentního dávkování a řady dalších důvodů, začala roku 1960 výroba chmelových produktů (Schönberger, 2006). V této době vznikaly první extrakty za pomoci rozpouštědel ethanolu a petrolétheru. Požadavky na chmelové produkty začaly postupně narůstat a vzniklo mnoho výrobků a zároveň způsobů, jak dodat konečnému spotřebiteli chutné pivo. V současné době jsou chmelové produkty nejpoužívanější formou chmele. Tradiční formu volí pouze pár pivovarů, a to především z důvodu zachování originality a prestiže (Kovařík et al., 2011b).

Tato bakalářská práce se věnuje především výčtu tuzemských chmelových produktů, které lze při dnešních moderních technologiích uplatnit při výrobě piva, jejich srovnání se zahraničním trhem a zmiňuje se také o jejich netradiční aplikaci při výrobě jiných nápojů.

1 CÍL PRÁCE

Cílem mé bakalářské práce je:

- Zmínit základní popis chmele, jeho chemické složení a dostupné tuzemské i zahraniční odrůdy
- Zaměřit se především na téma chmelových produktů dostupných na trhu
- Popsat uplatnění chmelových produktů jak tuzemské, tak i zahraniční
- Popsat technologii zpracování chmele a technologii výroby chmelových produktů
- Zabývat se využitím chmelových produktů i obecně v nápojovém průmyslu

2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 Botanické zařazení chmele

Rod chmele (*Humulus*) spolu s konopím (*Cannabis*) patří mezi jediné dva zástupce čeledě konopovitých (*Cannabienaceae*). Mezi těmito rody existují značné chemické podobnosti. Dle genetických znaků se chmel dělí na 3 druhy – **chmel otáčivý** (*Humulus lupulus*); **chmel japonský** (*Humulus japonicus*) a **chmel oplétavý** (*Humulus yunnanensis*) (Neve, 1991). Pro pivovarské účely je využíván pouze chmel otáčivý (*Humulus lupulus*), poddruhem **chmel evropský**, který je pěstován v různých odrůdách po celém světě (Basařová et al., 2010).

2.2 Morfologie chmele

Chmel otáčivý je vytrvalá, dvoudomá, pravotočivá rostlina. Na jedné rostlině nalezneme tedy pouze samčí nebo samičí květy. K výrobě piva se používají pouze neoplovněné samčí květenství. Jeho plodnost může být až 25 let, s dalšími roky tato plodnost klesá, avšak chmel může neustále kvést až několik desítek let. Morfologicky můžeme chmel rozdělit na několik částí – **kořenovou soustavu**, **révu** s pazochy a **listy** s květenstvím, které ve finále vyzrají v chmelové hlávky (Chládek, 2007).

2.2.1 Podzemní část

Základ kořenové soustavy chmele tvoří **zdřevnatělá babka**. Ta má životnost až několik desítek let. Hlavní kořeny jsou schopny dosahovat až do hloubky 6 metrů, oproti postranním kořenům, které se vyskytují jen těsně pod povrchem. Ze zdřevnatělé babky vyrůstají každý rok postranní oddenky, tzv. „vlky“, které zbytečně odebírají rezervní látky z půdy, a proto se odřezávají. Odstraněné oddenky se mohou využít při zakládání chmelnice (Basařová et al., 2010).

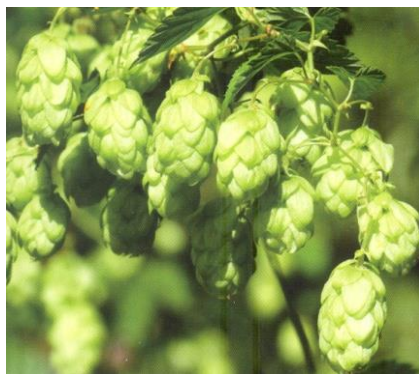
2.2.2 Nadzemní část

Nadzemní část se skládá z **lodyhy**, která se rozděluje dále na hlavní révu a postranní větve – pazochy (Zýbrt, 2005). Réva vyrůstá z babky do výšky až 50 cm, pak se začíná

pravotočivě stáčet kolem vodícího drátku. Při průřezu je réva šestihránná. (Basařová et al., 2010). Právě dle zbarvení podélných pruhů při průřezu révy rozdělujeme chmele na tzv. červeňáky a zeleňáky. Na postranních větvích se vyvíjejí samičí květenství. Ty se skládají z květonosných větveček. Na jedné větévce nalezneme 20 až 60 kvítků s vysunutými bliznami. Bez ohledu na to, zda jsou blizny opylené, časem vyzrají v chmelové hlávky (Faragó, Ůrgeová, 2013).

2.2.3 Chmelové hlávky

Chmelové hlávky (šišťice) se skládají ze **stopky**, **vřeténka**, pravých a krycích **listenů**. Při oplození nalezneme uvnitř hlávky i semeno (pecku). Na vnitřní straně listenů se vylučují pryskyřičná zrna, která obsahují pro pivovarství cenné složky – chmelové pryskyřice a chmelové silice (Chládek, 2007). Dle tvaru chmelových hlávek rozdělujeme hlávky na: vejcovité, kuželovité, válcovité, kulaté a přechodné. Tvar hlávky je jedním z identifikačních znaků jednotlivých odrůd chmele. Velikost těchto hlávek je v rozmezí 15 – 35 mm. Při dozrávání jsou zeleně zbarvené, později ztrácí obsažený chlorofyl a při přezrálosti se jejich barva mění na světle až tmavě hnědou (Faragó, Ůrgeová, 2013).



Obr. 1 Chmelové hlávky (Basařová et al., 2011)

2.3 Chemické složení chmele

Chmel má tu vlastnost, že uděluje pivu jeho charakteristickou hořkost. Často je označován také jako koření piva. Hořkost chmele je primárně zprostředkována α -hořkými kyseliny, které podporují tvorbu a stálost pěny a mají antimikrobiální účinky (Lewis, 2004).

Chemické složení chmele závisí na mnoha aspektech – odrůdě, ročníku, pěstitelské oblasti, ale i posklizňové úpravě. Mezi cenné složky chmele se řadí **chmelové pryskyřice**, **polyfenoly** a **silice**. Chmel však neobsahuje pouze látky prospěšné, ale i takové, které negativně ovlivňují proces výroby piva. Tzv. problematické složky jsou zejména dusičnany, těžké kovy, rezidua pesticidů a výjimečně i rezidua chemických katalyzátorů (Kosař, Procházka, 2000).

Tab. 1 Průměrné chemické složení chmele (Kosař, Procházka, 2000)

Látka	Obsah [%]
Voda	8 – 12
Celkové pryskyřice	15 – 20
Polyfenolické látky	2 – 6
Silice	0,2 – 2,5
Vosky a lipidy	1 – 3
Dusíkaté látky	12 – 15
Sacharidické látky (celulosa)	40 – 50
Minerální látky	6 – 8

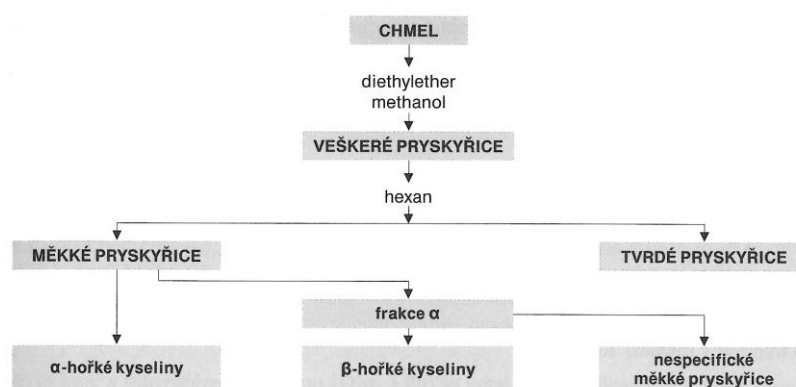
2.3.1 Voda

Čerstvě sklizený chmel obsahuje až 75 % vody. Po usušení obsahuje zhruba 10 %. Konečná sušina chmele je z pivovarského hlediska velmi významná – příliš vysušené hlávky jsou křehké a dochází tak ke ztrátám. Naopak příliš vlhké chmelové hlávky (nad 14%) se špatně skladují, jsou náchylné k plesnivění a zapařují se (Bílek, 1953).

2.3.2 Chmelové pryskyřice

Nejdůležitější složkou chmele jsou chmelové pryskyřice, které dodávají pivu chuť. Ve studené vodě jsou pryskyřice nerozpustné, při varu však částečně přechází do roztoku. S delší dobou vaření se při chmelovaru hořké látky lépe rozpouštějí a přechází do sladiny. Při opětovném ochlazení se ale část těchto látek vysráží. Množství vyloučených látek závisí na délce chmelovaru – čím je doba varu delší, tím více hořkých látek zůstane v roztoku (Albl, 1990).

Hořké látky chmele jsou frakcionovány methanolem či diethyletherem. Po odpaření rozpouštědla se veškeré pryskyřice extrahují hexanem, který rozpouští pouze **měkké pryskyřice**. **Tvrdé pryskyřice** zůstávají však kompaktní. Frakce měkké pryskyřice obsahuje α -hořké kyseliny, β -hořké kyseliny a nespecifické měkké pryskyřice. Na rozdíl od cenných složek měkkých pryskyřic, tvrdé pryskyřice a nespecifické měkké pryskyřice mají zřetelný vliv při výrobě piva. Oxidací se během skladování podíl tvrdých pryskyřic zvyšuje, naopak obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin se snižuje (Lewis, 2004).



Obr. 2 Frakcionace hořkých látek chmele (Basařová et al., 2010)

2.3.2.1 α -Hořké kyseliny

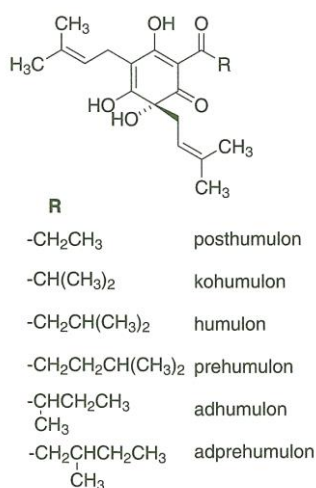
α -Hořké kyseliny se skládají z humulonu, kohumulonu, adhumulonu, prehumulonu, posthumulonu a z dalších dosud nepojmenovaných analogů (Basařová, 2010). Všechny se od sebe liší pouze postranním acetalovým řetězcem na druhém uhlíku cyklického jádra. V přirozeném stavu převládají ve směsích α -hořkých kyselin humulon a kohumulon. Tato směs má žluté zbarvení (Basařová, Čepička, 1985).

2.3.2.2 Izomerace α -hořkých kyselin

Aby se α -hořké kyseliny podílely na chuti piva, musí dojít k jejich izomeraci. Jedná se o nejdůležitější chemický proces při procesu chmelovaru. Obtížně rozpustné α -hořké kyseliny se transformují ve své deriváty – **iso- α -hořké kyseliny**, které jsou již rozpustné a stávají se součástí roztoku (Peragine, 2011). V čistém stavu jsou totiž α -hořké kyseliny sensoricky bez chuti či vůně, ale izomerací získají silně nahořklou chuť. Probíhá-li

izomerace za správných podmínek, vzniká 92 % iso- α -hořkých kyselin a 8 % allo-iso- α -hořkých kyselin, které nevykazují takovou hořkost (Basařová, Čepička, 1985).

Dále při izomeraci vznikají z α -hořkých kyselin také *cis*- a *trans*- stereoizomery iso- α -hořkých kyselin. Tyto analogy vykazují odlišné fyzikální vlastnosti (Basařová et al., 2010). Spolu s některými frakcemi bílkovin a kationty dvojmocných kovů se podílejí i na stabilitě povrchu blanky při tvorbě pěny. Taková pěna je stálejší, pružnější a zpomaluje se její opadávání (Kosař, Procházka, 2000).



Obr. 3 α -Hořké kyseliny a jejich analogy (Basařová et al., 2010)

2.3.2.3 β -Hořké kyseliny

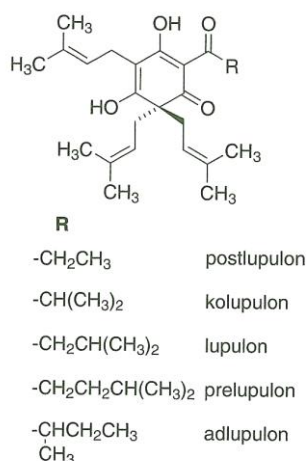
Jedná se o směs přirozených analogů bílé barvy nazývaných lupulon, kolupulon, adlupulon, prelupulon, postlupulon a dalších dosud nepojmenovaných. Opět převládá zastoupení lupulonu a kolupulonu (Basařová, Čepička, 1985). β -Hořké kyseliny jsou z pivovarského hlediska méně významné. Hydrofobní postranní řetězec v jejich struktuře způsobuje zhoršení rozpustnosti ve vodném roztoku. V průběhu chmelovaru jsou jen z velmi malé míry izomerovány na tzv. hulupony, které již rozpustné jsou (Kosař, Procházka, 2000). Hulupony vznikají také především při zpracování a skladování chmele, ale vzhledem k neustálému zlepšování ochrany chmele před oxidací v průběhu posklizňové úpravy, se jejich význam pro hořkost piva výrazně snížil. I přesto lze za použití aromatického chmele s vyrovnaným poměrem α - a β -hořkých kyselin očekávat příspěvek huluponů k hořkosti piva (Krofta, Mykyška, 2014).

2.3.2.4 Izomerace β -hořkých kyselin

β -hořké kyseliny nemají příliš velký vliv na chuti výsledného produktu. Jsou však zodpovědné za hořké bylinné aroma. Chmel, který obsahuje vyšší množství β -hořkých látek, je často označován jako aromatický chmel a přidává se až při posledních minutách chmelovaru, aby se zabránilo vypařování aromatických látek chmele (Peragine, 2011).

Nejdůležitějším produktem izomerace β -hořkých kyselin jsou tedy **hulupony**. Jsou schopné hořkosti až 75 % iso- α -hořkých kyselin. Lehce však podléhají dalším změnám. V přirozeném chmelu jsou obsaženy v menším množství, ale oxidačními procesy při skladování může jejich obsah stoupat. Oxidací vznikají i lupdehy, lupoxy a lupdoly. Ty nemají značný pivovarský význam, z důvodu jejich menšího zastoupení a nízkého stupně hořkosti (Basařová et al., 2010).

Hořkost piva je tedy ovlivněna nejen obsahem iso- α -hořkých kyselin, ale i dalšími složkami. Piva vařená z chmelů s vyšším obsahem β -hořkých kyselin jsou zpravidla jemnější chuti. Dále výslednou chuť ovlivňuje procentuální zastoupení kohumulonu v α -hořkých kyselinách. Piva s nižším množstvím kohumulonu mají příjemnější chuť než-li piva s vysokým obsahem příslušného analogu (Kosař, Procházka, 2000).



Obr. 4 β -Hořké kyseliny a jejich analogy (Basařová et al., 2010)

2.3.2.5 Nespecifické měkké pryskyřice

Pro tyto látky byl zaveden souhrnný název **resupony**, ten se však moc neujal. Některé složky nespecifických měkkých pryskyřic jsou přítomny již ve zralém chmelu, jiné vznikají při oxidaci sušením a skladováním, další až při chmelovaru či výrobě chmelo-

vých produktů. Jedná se o směs oxidačních a transformačních produktů původních α -hořkých a β -hořkých kyselin (Basařová, Čepička, 1985).

2.3.2.6 *Tvrde pryskyřice*

Tvrde pryskyřice jsou látky, které se při extrakci hexanem nerozpouští. Jedná se o oxidační produkty α -hořkých kyselin – **δ -pryskyřice**, nehořká hulupinová kyselina a abeoisohumulon, který podporuje pěnivost, a produkty β -hořkých kyselin – **ϵ -pryskyřice**, které jsou ve vodě nerozpustné. Z pivovarského hlediska nejsou tvrdé pryskyřice příliš významné, jejich množství v chmelové hlávce je nízké a neovlivňuje tedy celkový výrobní proces (Basařová et al., 2010).

2.3.3 Chmelové silice

Chmel obsahuje 0,5 až 1,2 % chmelových silic. Jedná se o 200 až 250 různých éterických látek, které jsou při varu velmi těkavé. Chmelové silice udělují chmelu jeho charakteristickou chuť a celkové aroma. Odlišné složení chmelových silic je totiž specifické pro danou odrůdu, z tohoto důvodu se podílejí a hodnocení kvality chmele. Klasifikace jednotlivých složek chmelových silic je možná pouze pomocí plynové chromatografie (Kunze, 2014). U chmelových silic je nejdůležitější vlastností jejich lahodnost. Proto se chmel s jemnou vůní považuje za ušlechtilou a více cennou. Jak již bylo zmíněno, při varu jsou velmi reaktivní, proto se nejjemnější chmele dávkuje až posledních 15 minut před ukončením chmelení (Albl, 1990), i přesto velký podíl silic vytěká (Krofta, 2013).

Složky chmelových silic se člení na 3 skupiny:

- ***Uhlovodíková frakce*** – tvoří 70 – 80 % všech chmelových silic a je složena z alifatických uhlovodíků (např. pentan), monoterpenů (např. myrcen) a seskviterpenů (např. farnesen). Nejdůležitějšími složkami jsou monoterpeny a seskviterpeny, neboť jejich vzájemné poměry jsou dány genetickou vlastností jednotlivých klonů chmele. Vhodný poměr vytváří jemné aroma.
- ***Oxidovaná frakce*** – její složení závisí na odrůdě, způsobu posklizňové úpravy a skladování a tvoří celkem 20 – 30 % chmelových silic. Jedná se o spletitou směs

alkoholů, aldehydů, ketonů, epoxidů, kyselin a esterů (Basařová, Čepička, 1985). Za nejvýznamnější kyslíkatou látku je považován linalool, jakožto klíčový nosič chmelového aroma. Jedině při koncentraci linaloolu nad 20 µg/l je totiž požadované chmelové aroma možné vnímat. (Hanke, 2009).

- **Frakce sirných sloučenin** – přestože jsou zastoupeny v chmelových silicích pouze z 0,1 %, jsou nosiči silně aromatického a chuťového vjemu. Například thioestery mohou dávat pivu až nepříjemně svíravou chuť (Basařová, Čepička, 1985).

2.3.4 Polyfenolické látky

Chmel obsahuje 2 – 5 % polyfenolických látek a plní důležitou úlohu při výrobě piva. Polyfenoly mají antioxidační účinky, čímž pozitivně ovlivňují stabilitu chuti. Skládají se především z taninů, flavonolů, katechinů a anthokyanidinů, které tvoří převážnou část (Kunze, 2014).

Vyšší obsah nízkomolekulárních polyfenolických látek mají zejména jemné aromatické odrůdy. Vysokomolekulární polyfenoly, které nalezneme hlavně u hořkých odrůd, se podílejí na barvě piva. To se projeví při delší době chmelovaru, přičemž způsobují i intenzivní hořkost. (Krottenhaler, 2009). Při výrobě piva polyfenoly reagují s bílkoviny za vzniku nerozpustných komplexů, což se využívá při tvorbě lomu a vylučování hořkých kalů. Mají podobné složení jako polyfenolické látky sladu (Kosař, Procházka, 2000). Společně tedy polyfenoly chmele a sladu zpomalují při dlouhodobém skladování piva chemické změny v chuti a jeho zvětrávání (Mikyška, 2002).

2.3.5 Ostatní složky chmele

Chmelové pryskyřice, polyfenolické látky a silice jsou v chmelové hlávce zastoupeny pouze z ¼ celkové hmoty. Zbytek tvoří sacharidy (45 % sušiny), dusíkaté látky (15 – 20 %), vosky, lipidy, organické a minerální látky, které z pivovarského hlediska nejsou příliš významné (Basařová, Čepička, 1985).

2.4 Odrůdy chmele v ČR

Odrůdy pěstované na českém území vynikají svými výbornými pivovarskými vlastnostmi a jsou celosvětově uznávané. Tou nejkvalitnější odrůdou a zároveň světovým standardem je Žatecký poloraný červeňák (Saaz) (Kovařík et al., 2010).

Ve Státní odrůdové knize je ke dni 15. června 2016 zapsáno celkem 12 odrůd chmele. Jedná se o odrůdy – Agnus, Bohemie, Bor, Harmonie, Kazbek, Premiant, Rubin, Saaz Late, Saaz Special, Sládek, Vital a Žatecký poloraný červeňák, který je i zároveň nejstarší registrovanou odrůdou v České republice (UKZÚZ, 2016). Odrůdy chmele můžeme dle jejich aroma rozdělit do následujících kategorií:

- *Jemné aromatické odrůdy* s obsahem α -hořkých kyselin do 4,5 %
- *Aromatické odrůdy* s obsahem α -hořkých kyselin více než 4,5 %
- *Hořké vysokoobsažné odrůdy* (Frantík, 2016)
- *Chmele se specifickým aroma*

Poměrně novou kategorií jsou chmele se specifickým aromatem, které dávají pivu velmi netradiční a výrazné aroma. Tyto odrůdy se nedají klasifikovat dle tradičního rozdělení, protože jejich obsah α -hořkých kyselin je v příliš širokém rozpětí. Tento název má své kořeny v USA, díky požadavkům menších pivovarů, jejichž cílem byla originalita a odklon od běžné výroby a brzy se dostaly do Evropy, Asie či Austrálie (Krofta, 2013). Název pochází s anglického „flavour hops“ a v současné době mají nejvyšší nárůst v rámci registrace po celém světě. V České republice bylo šlechtění zaměřeno na odrůdu Kazbek, o kterou je zájem nejen u nás, ale i v zahraničí (Kovařík et al., 2016a).

Cenové ohodnocení jednotlivých odrůd závisí především na poměru chmelových pryskyřic ku chmelovým silicím. Odrůdy s vyšší hodnotou chmelových silic jsou oproti ostatním odrůdám dražší a jsou známé jako aromatické odrůdy dodávající hořkost a zároveň i aroma. Tzv. hořké odrůdy, které vykazují vyšší poměr chmelových pryskyřic, jsou cenově přijatelnější a poskytují primárně hořkost. Ty se dávají zpravidla již na začátku chmelovaru (Bamforth, 2006b).

2.4.1 Jemné aromatické odrůdy

- *Žatecký poloraný červeňák* – je původem ze žatecké a úštěcké oblasti, kde byl získán klonovou selekcí v původních porostech. Nyní je tato odrůda pěstována v 9 klonech, z nichž nejstarším je Lučnan, který byl registrován již v roce 1941

(Nesvadba et al., 2012). Rostlina je mohutného vzrůstu s charakteristickou zeleno-červenou barvou révy. Jeho vegetační doba je středně raná: 122 – 128 dní. Svou jemnou chmelovou vůní je považován za standart jakosti. Obsah α -hořkých kyselin v této odrůdě bývá 2,5 – 4,5 % a podíl β -hořkých kyselin 4,0 – 6,0 % (Kovařík et al., 2015a).

- **Saaz Late** – tato odrůda je registrována od roku 2010 a je velmi cenná pro svou vysokou kvalitu i odolnost. Jako první se porovnává s kvalitou Žateckého poloraného červeňáku. Saaz Late má totiž stejný obsah chmelových pryskyřic i chmelových silic. Má však delší vegetační dobu (128 – 134 dní) a vyšší výnos. Vykazuje pravé chmelové aroma (Altová, 2011). Obsah α -hořkých kyselin se pohybuje v rozmezí 3,5 – 6 % a obsah β -hořkých kyselin je zpravidla 4,0 – 6,5 % (Kovařík et al., 2015a).

2.4.2 Aromatické odrůdy

- **Bohemie** – stejně jako odrůda Saaz Late byla připsána do Státní odrůdové knihy v roce 2010 a jedná se o žateckou odrůdu. Po svém šlechtitelském materiálu – odrůdě Sládek – má podobné pivovarské vlastnosti. Obsah α -hořkých kyselin je kolem 5 – 8,5 %. Na rozdíl od odrůdy Sládek má odrůda Bohemie kratší vegetační dobu, červenou barvu révy a nepravidelný válcovitý tvar (Kovařík et al., 2011a).
- **Sládek** – odrůda vznikla z dvou původních odrůd – Northern Brewer a Žateckého poloraného červeňáku. Vyniká velmi vyrovnanou hořkostí a příjemným aroma-tem. Sládek má révy zelené barvy a má pozdní vegetační dobu 133 – 140 dní. V důsledku nestejněměrného dorůstání chmelových hlávek je náročný na sušení. Vůně chmelových hlávek je jemná a typicky chmelová. Obsah α -hořkých kyselin je 4,5 – 8,0 % a podíl β -hořkých kyselin je 4,0 – 7,0 % (Kovařík et al., 2015a).
- **Harmonie** – jedná se o křížence odrůd Premiant s Žateckou populací a Northern Brewer. Aroma této odrůdy je kořenité, typicky chmelové. Má poměrně dlouhou vegetační dobu 128 – 132 dní. Zajímavý je také stejný poměr α - a β -hořkých ky-

selin v rozmezí 5,0 – 8,0 % hm. (Rosa, 2007). Je charakteristická velmi krátkou technologickou zralostí, což činí značné problémy při sklizni, kdy dochází k velkým ztrátám rozpadem chmelových hlávek (Kovařík et al., 2015a).

- **Bor** – je původem z odrůdy Northern Brewer. Jeho vegetační doba je 130 – 135 dní. Réva má charakteristickou tmavě červenou až červenofialovou barvu (Altová, 2011). Chmelová hlávka obsahuje 6,0 – 9,0 % α -hořkých kyselin a 3,0 – 3,5 % β -hořkých kyselin. I přesto, že má příjemné chmelové aroma (Nesvadba, 2012), byla tato odrůda nahrazena odrůdou Premiant (Kovařík et al., 2010).
- **Premiant** – byl získán výběrem z potomstva Žateckého poloraného červeňáku a dalšího šlechtitelského materiálu. Jeho výjimečnost je dána vyšším obsahem chmelových pryskyřic než u ostatních českých odrůd. Réva je zelené barvy, aroma chmelových hlávek je chmelové a příjemné. Jedná se o polopozdní odrůdu s vegetační dobou 128 – 134 dní (Altová, 2011). Podíl α -hořkých kyselin se pohybuje v rozmezí 7,0 – 10 % a β -hořkých kyselin 3,5 – 5,5 % (Kovařík et al., 2010).

2.4.3 Hořké vysokoobsažné odrůdy

- **Rubín** – je směsí 3 původních odrůd – Boru, Žateckého poloraného červeňáku a Northern Breweru. Název Rubín je inspirovaný od charakteristického zbarvení révy. Jedná se o pozdní odrůdu, jehož vegetační doba je 134 – 140 dní. Typické je také silné, kořenité až hrubé aroma, při překročení technické zralosti může být dokonce až sirné. Má vysoký obsah α -hořkých kyselin okolo 9,0 – 12,0 % a obsah β -hořkých kyselin je kolem 3,5 – 5,0 % (Kovařík et al., 2015a).
- **Agnus** – byl získán výběrem z původních odrůd Sládek, Bor, Žatecký poloraný červeňák, Northern Brewer, Fuggle a dalších. Název je podle významného šlechtitele chmele Beránka, který latinsky znamená „Agnus“ (Nesvadba et al., 2012). Má silně kořenité, chmelové aroma. Obsahuje 9 – 12 % α -hořkých kyselin a 4 – 6,5 % β -hořkých kyselin. Má také velký obsah xanthohumolu (Kovařík et al., 2016b).

- **Vital** – vychází původně z odrůdy Agnus. Specifický název Vital je odvozen od vysokého obsahu biologicky aktivních látek, které působí pozitivně na lidské zdraví. Vegetační doba je 135 – 143 dní. Má vysoký obsah α -hořkých kyselin 12 – 16 %, podíl β -hořkých kyselin je v rozmezí 6 – 10 %. Aroma chmelových hlávek, je chmelové až silně kořenité (Krofta et al., 2011).

2.4.4 Odrůdy se specifickým aroma

- **Kazbek** – vznikl z materiálu původem z ruského planého chmele. Název je odvozen od nejvyšší hory středního Kavkazu, čímž jednoznačně podtrhuje stabilitu a mohutnost této odrůdy. Má kořenovité až citrónové aroma, čehož se využívá hlavně při studeném způsobu chmelení, které dodá pivu charakteristické aroma (Nesvadba et al., 2012). Vegetační doba je v rozmezí 134 – 141 dní. Podíl α hořkých kyselin je 5,0 – 8,0 % a β -hořkých kyselin 4,0 – 6,0 %. Jedná se o nejvýnosnější českou odrůdu (Kovařík et al., 2010).

2.5 Odrůdy chmele v zahraničí

2.5.1 Odrůdy USA

- **Cascade** – je původem z anglické odrůdy Fuggle a z ruské odrůdy Serebrianka. Je známa svou květinovým, citrusovým až grepfriutovým aromatem. Obsahuje 5,6 – 8,8 % α -hořkých kyselin a 6,4 – 7,3 % β -hořkých kyselin. Je poměrně odolná. (Yakima Chief. 2013). Jedná se o aromatickou odrůdu (Frantík, 2016).
- **Willamette** – jméno získala odrůda po řece Willamette, která protéká chmelařskou oblastí v Oregonu. Vznikla z anglické odrůdy Fuggle, která je charakterizována nízkým obsahem α -hořkých kyselin (Hop growers of America, 2011). Vzhledem ke svému jemnému a ušlechtilému aroma, je odrůda Willamette považována za jednu z nejlepších a nejvíce pěstovaných amerických odrůd. Obsah α -hořkých kyselin je v rozmezí 4,5 – 7,0 %, obsah β -hořkých kyselin 3,0 – 4,7 %. Zároveň je poměrně odolná vůči plísním (Lemmens, 1998).

2.5.2 Německé odrůdy

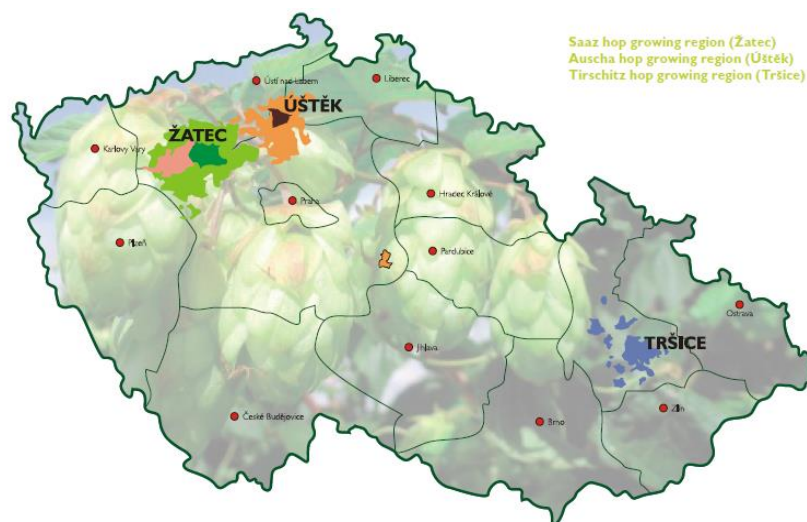
- **Hallertauer Mittelfrüh** – pochází původem z německé oblasti Hallertauer. V pivu je výrazná svou intenzivní, ale příjemnou a harmonickou hořkostí, aroma je výrazné a zároveň jemné. Díky své dostupnosti a odolnosti vůči virům je v současné době velmi oblíbenou odrůdou (Garrett, 2011). Podíl α -hořkých kyselin kolísá mezi 3,0 – 5,5 % a podíl β -hořkých kyselin je 3,0 – 5,0 % (Hopunion LLC, 2011).
- **Magnum** – je považována za velmi odolnou a univerzální odrůdu, která dodává pivu příjemnou hořkost a harmonické chmelové aroma střední intenzity, převážně květinové až ovocné vůně. Má poměrně vysoký obsah α -hořkých kyselin od 11 do 16 %, obsah β -hořkých kyselin je 5 – 7 %. Zároveň má vysokou výtěžnost a dobře se sklízí (Garrett, 2011).

2.5.3 Britské odrůdy

- **Fuggle** – jedná se o aromatický chmel, který je považován za nejznámější a kdysi také nejpoužívanější v celé Británii Jeho šlechtěním se zvýšil původní obsah α -hořkých kyselin, to však mělo dopad i na zvýšení ceny. Dnes se použití této odrůdy již příliš nevyplatí (Forbes, 2011).
- **Admiral** – vyniká svou vysokou hořkostí a je zastupitel typického britského chmelového aroma. Původně vznikl z odrůd Challenger a Nortdown jako náhrada za odrůdu Target. Obsah α -hořkých kyselin se pohybuje v rozmezí 13 – 16 %. Je i odolnější než výše zmíněná odrůda Fuggle (Garrett, 2011).

2.6 Chmelařské oblasti v ČR

Chmel je pěstován ve třech hlavních pěstitelských oblastech. Ty jsou vymezeny zákonem č. 68/2000 Sb., kterým se mění zákon č. 97/1996 Sb., o ochraně chmele, a Vyhláškou Ministerstva Zemědělství ČR č. 318/2000, kterou se provádí zákon o ochraně chmele. Jedná se o oblast **Žatecko**, **Ústěcko** a **Tršicko**. Největší oblastí je Žatecko, které zaujímá až 72 % celkové výměry, ústecká oblast představuje 17 % celkové výměry a zbylá tršická oblast 10 % (Kolejtka, 2013).



Obr. 5 Chmelařské oblasti (Kovařík et al., 2011a)

Tab. 2 Přehled ploch, sklizně a výnosů dle chmelařské oblasti (Frantík, 2016)

Chmelařská oblast	Sklizňová plocha ha	Sklizně 2014 t	Výnos t/ha
Žatecko	3 451	4 685,76	1,36
Ústěcko	474	669,38	1,41
Tršicko	535	843,83	1,58
Celkem ČR	4 460	6 201,97	1,39

2.7 Pěstování chmele

Při pěstování chmele je základním faktorem výběr stanoviště a pozemku. Obecně lze říci, že se odrůdám s delší vegetační dobou lépe daří v nižší nadmořské výšce, na rozdíl od odrůd s kratší vegetační dobou, které je možné pěstovat v nadmořské výšce vyšší. Na pěstování má také pozitivní vliv půda se středně těžkými až těžkými částicemi (Kopecký et al., 2008a). Pozemky musí být rovné a poblíž závlahové vody. (Dolan, 2016).

Na území, kde se chmel předtím nepěstoval, je zapotřebí zlepšit půdu odstraněním plevelů a škůdců v několikaletém osevním postupu. Při obnovování chmelového porostu je nutné starý porost odstranit. Důležitou součástí přípravy půdy je použití organických hnojiv a hluboké převrstvení půdy (Krofta et al., 2013).

Podle vyhlášky č. 332/2006 Sb., o množitelských porostech a rozmnožovacím materiálu chmele, révy, ovocných rodů a druhů a okrasných druhů a jeho uvádění do oběhu,

je k výsadbě nových chmelnic možné použít pouze uznanou sadbu, která je definována takto:

- **Kořenáč chmele** – rostlina vypěstovaná z vegetativních částí chmelové rostliny v kořenáčové školce
- **Balíčková sadba** – sadba chmele vypěstovaná z vegetativních částí chmelové rostliny a zakořeněna v živném substrátu balíčku, hrnku, kontejneru apod.
- **Množitelská chmelnice** – porost matečných rostlin chmele vysázený z uznané sadby stejné odrůdy a popřípadě klonu, kategorie, generace, zdravotní třídy a stáří ve chmelové konstrukci

Výsadba chmele se nejčastěji provádí na podzim. Při jarním termínu výsadby se provádí co nejdříve smykování, vláčení, kypření a je-li třeba, hnojení minerálními hnojivy. Podzimní termín výsadby se považuje za ekonomicky výhodnější. Chmel se zakořňuje mnohem lépe a tím je i vyšší výnos při konečné sklizni. Zde se provádí podmítka a poté orba střední hloubky. Tím se zaručí zapracování minerálních a organických hnojiv (Štranc et al., 2007). Zároveň je nutné mít před výsadbou postavenou chmelovou konstrukci. Do předem připravených jamek, které jsou již vyplněné vhodným substrátem, se za přesně stanovených podmínek vkládá daná sadba. Při letní kultivaci je poté důležité půdu kypřit, aby zadržovala dostatečné množství vody. Dalšími významnými operacemi jsou priorávka, závlaha a dodání hnojiv. V prvním roce se porost slabšího vzrůstu nesklízí, aby se živiny stáhly do podzemní části chmele. Se zbytkem, který sklídit lze, se zachází běžným způsobem. Zbytky rév se odstříhají a provádí se dosadba rostlin, které nevzešly. Dále se na podzim provádí orba půdy tak, aby nedošlo k poškození kořenového systému chmele (Kopecký et al., 2008a).



Obr. 6 Pohled na chmelnici (Kovařík et al., 2015)

Jarní ošetření v dalším roce zahrnuje urovnávání povrchu, kypření povrchové vrstvy a mechanizovaný řez (Dolan, 2016). **Řez chmele** se řadí mezi nejdůležitější operace jarního ošetření. Udržuje rostliny v kulturní formě, reguluje dobu rašení i fáze růstu tak, aby probíhaly v určitých časových termínech. Z tohoto důvodu je nutné dodržet obecné zásady při přípravě povrchu k řezu, době řezu i hloubce řezu. (Kopecký et al., 2008b). Hustota porostu závisí na počtu zavedených rév na **chmelovodiče**. Obvykle se používá systém čtyř rév na dva vodiče. Výběr zavěšených rév je dán vyspělostí, zdravotním stavem a jejich vitalitou. Během letní práce se dále provádí dle stupně zaplevelení dostatečný počet kypření meziřádků, priorávky, chemických postřiků a případně závlaha (Dolan, 2016). Z důvodu letních bouřek je nutné znovuzavádění na chmelovodiče (Kocourková et al., 2014).

Od roku 2008 se v České republice využívá nová technologie při pěstování chmele. Jedná se o pěstování na nízkých konstrukcích s délkou pouze 3 metry, které výrazně snižuje náklady na lidskou práci a ošetření proti škůdcům a chorobám. Doposud se jevil tento způsob pěstování v Evropě neekonomický, přestože v Anglii je využíván již přes 20 let. Právě zde se zaměřují i na šlechtění nových tzv. trpasličích odrůd. První česká odrůda by měla být dle předpovědí získána až v roce 2017. To by mohlo zaručit postupný přechod pěstování chmele z vysoké konstrukce na nízkou (Kovařík et al., 2016b).

Kromě konvenčního zemědělství se čím dál více farem začíná přiklánět k organickému pěstování. V roce 2011 se mu věnovalo 55 farem v 10 zemích světa. Pěstování biochmele přináší nové pohledy a zkušenosti, které by mohly v budoucnu přispět i k inovaci konvenčního zemědělství (Ježek et al., 2012).

Tab. 3 Přehled ploch, sklizně a výnosů dle chmelařské oblasti (Frantík, 2016)

Země	Pěstební plocha ha 2014
Německo	17 308
USA	15 383
Česká republika	4 460
Polsko	1 414
Slovinsko	1 296
Velká Británie	929
Ostatní země	6 976
Svět celkem	47 766

2.8 Sklizeň a sušení chmele

Sklizeň chmele je zásadní operací, která může ovlivnit výsledné aroma piva. Například takové květinové, ovocné či citrusové aroma se výrazně zvyšuje při volbě pozdějšího data sklizně. (Inui et al., 2016). Obvykle dochází ke sklizni od druhé poloviny srpna do poloviny září (Oran, 2011). Vlastní sklizeň se provádí při dosažení tzv. technické zralosti (ta zaručuje nejvyšší pivovarnickou hodnotu). Každá odrůda má svoji specifickou, geneticky podmíněnou optimální dobu sklizně. Ta se mění podle počasí, umístění chmelnice, doby řezu a dalších mnoha faktorů (Sirrinc, 2015) a určuje se podle chemického rozboru chmelových hlávek. Jednotlivé operace sklizně na sebe kontinuálně navazují:

- *Strhávání chmelových rév*
- *Česání chmele*
- *Sušení chmele*
- *Klimatizace usušeného chmele*
- *Lisování chmele do hranolů* (Ježek et al., 2015).

Sklizeň chmele probíhá mechanizovaně, pouze u nově založených chmelnic se provádí ručně. Při přímé mechanizované sklizni se révy očesávají přímo na chmelnici a oddělené chmelové hlávky putují na sušící linku. Více se však využívá dělené sklizně, kdy se celé révy strhávají a vedou se na strojní česačku i sušičku. **Strhávání** může probíhat ručně či mechanizovaně. Ruční strhávání obnáší odstřihávání chmelovodičů ve spodní

části a poté chmelnicí projíždí traktor se speciálním strhávacím zařízením, které révy strhává a ty volně padají na přívěs za traktorem (Dolan, 2016).

Dalším krokem je velice rychlý **odvoz na česací linku**, aby nedocházelo k zavadání chmelových rév. Proto se i před vstupem do česačky chmel kropí. Po vstupu do stacionárního stroje se díky několika bubnům s česacími lištami oddělí chmelové hlávky od révy. Očesané rostliny jsou dále dočesávány pro maximální výtěžnost celého procesu. Je zde i čistící a třídící zařízení, které nevyužitelné zbytky unáší k odpadovému dopravníku. Při přepravě rév k česacím strojům by ztráty nebyly přesahovat 1 %. Celkové ztráty by měly být maximálně do 7 % (Krofta et al., 2013). Čerstvě oddělené hlávky mají vlhkost 76 – 80 % vlhkosti. Intenzivně však dýchají a zvyšují tak svou teplotu, což může vést až k zapaření a velkým ztrátám. Aby se tomuto riziku zamezilo, probíhá po česání operace sušení (Kretek, 2009).

Při sušení chmele se využívá horký vzduch, což je nejvíce nákladná část celého procesu zisku. Sušení probíhá v pásových sušárnách. Vlhkost sušených hlávek lze regulovat vlastním nastavením rychlosti proudění a teploty vzduchu. Po celou dobu sušicího cyklu je nutný monitoring, jehož pomocí se zjistí například hodnota rosného bodu, která je podstatná pro zajištění stálosti a nedocházelo tak naopak ke zvlhčení suroviny. Výslednou křivku sušení ovlivňuje i rozdílná stavba chmelových hlávek dle typu odrůdy (Kořen et al., 2008). Sušení probíhá při teplotě 55 – 60 °C v časovém rozmezí 6 – 9 h (Kocourková, 2014). Při vyšší teplotě se citrónově žluté zbarvení vytrácí a lupulin hnědne (Fric, 1994). Sušení probíhá tzv. na vřetenko, což znamená, že vřetenko je křehké a snadno se oddělují listeny od vřetenka. Konečná vlhkost je 5 – 7 %.

S takovýmto materiálem by však byla velice obtížná manipulace, proto se volí klimatizace chmelových hlávek na vlhkost 10,5 – 12 %. Tento postup má svou příčinu, neboť sušení hlávek přímo na příslušnou vlhkost by vedlo k nedokonalému vysušení vřetenka. (Kocourková, 2014).



Obr. 7 Zpracování chmele v Žatci (Kovařík, 2013)

Klimatizace probíhá v klimatizačních komorách, které přímo navazují na sušící stroje. Volí se zde odpadní vzduch ze sušárny o relativní vlhkosti 40 % a teplotě 42 – 45 °C, která se upraví na 25 – 28 °C. Dochází tak k vyrovnání vlhkosti chmelových hlávek na požadovanou úroveň (Dolan, 2016).

Takto zpracované hlávky **se lisují do kvádrů (tzv. žoků)** o rozměrech 0,6 x 0,6 x 1,2 m. Každý žok musí být opatřen štítkem s údaji. Sem patří: název republiky, ročník sklizně, název chmelařské oblasti, katastrální území, číslo obalu a název odrůdy. Dále musí být každý žok zapsán do výkazu označeného chmele. Jedná se o tzv. známkování, díky němuž je zajištěna pravost původu chmele. To má na starosti Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ). V této fázi je již chmel připraven k odvážení do skladu odběratele (Kocourková, 2014).

2.9 Technologie výroby chmelových produktů v ČR

Dříve byly chmelové hlávky po sklizni a sušení pouze slisovány do žoků a takto putovaly přímo do pivovarů. Skladováním však docházelo k jejich zvětrávání a degradaci důležitých aromatických látek zajišťující hořkost piva, což vedlo k nesrovnalostem v chuti i kvality hotového výrobku. Zároveň byla výtěžnost pivovarsky cenných látek chmele při chmelovaru pouhých 30 %. I z dalších mnoha důvodů začala roku 1960 průmyslová výroba chmelových výrobků. Účelem bylo snížení přepravních a skladovacích nákladů, snadnější manipulace a konzistentní dávkování. V současné době se většina vypěstovaného chmele zpracovává do chmelových pelet nebo chmelových extraktů (Schönberger, 2006). Tradiční formu chmele používá při výrobě již jen několik pivovarů. Napří-

klad v České republice se jedná o Budějovický Budvar v Českých Budějovicích. (Kovařík et al., 2011b). Podle způsobu výroby lze chmelové produkty rozdělit na:

- *Chmelové produkty vyrobené mechanickou úpravou chmelové hlávky*
- *Chmelové produkty vyrobené extrakcí chmelové hlávky*
- *Chmelové produkty vyrobené chemickými úpravami*
- *Kombinované chemické přípravky*
- *Syntetické chmelové preparáty* (Basařová et al., 2010).

2.9.1 Chmelové produkty vyrobené mechanickou úpravou

Do skupiny produktů vyrobených mechanickou úpravou chmelové hlávky patří **mleté (práškové)** a **granulované chmele**. Nejčastěji se vyrábí výrobky granulované (tzv. chmelové pelety) různého typu. Svým charakterem a chemickým složením se nejvíce podobají chmelu v přírodní podobě, ale samy o sobě nepřispívají ke snížení obsahu dusičnanů. Proto se v současné době využívá kombinace těchto produktů s chmelovým extraktem, především v případě vyššího obsahu dusičnanů ve varní vodě. Výsledné pivo má sníženou či naprosto potlačenou hladinu dusičnanů (Kosař, Procházka, 2000).

2.9.1.1 Chmelové prášky a pelety

Při výrobě chmelových prášků a pelet se provádí nejdříve dosušení chmele na 4 – 5 % vlhkost a odstranění všech nežádoucích příměsí a nečistot. (Biendl, 1996). Dále se chmel pomele na kladivovém mlýnku a homogenizuje, což umožňuje šetrný proces granulace. Aby se co nejméně ovlivnila jakost výrobku, stlačuje se prášek v granulátoru při nízkých teplotách do tzv. **pelet**. Tyto pelety se rychle zchladí na pokojovou teplotu a plní za podtlaku v přítomnosti oxidu uhličitého nebo dusíku do plechovek, případně aluminiových nebo plastových pytlů (Šauer, 1994). V současnosti je rozšířená produkce pelet s různou koncentrací hořkých látek. Vyrábí se lisováním v děrované matici, kdy se pod tlakem a zároveň třením zvýší teplota až na 65 °C, přičemž může dojít k chemickým změnám některých složek chmele. Chmele s vyšším obsahem chmelových pryskyřic se zahřívají na nižší teplotu než chmele s jejich nižší hodnotou (Basařová et al., 2010). Většina chmelových pelet se přidává při výrobě piva během chmelovaru. Některé aromatické pelety se mohou přidat až po fermentaci (Curtis, 2012).

- ***Granulovaný chmel (pelety) typu 100***

Chmelové granule se připravují z přírodních sušených chmelových hlávek bez předchozí úpravy. Jedná se pouze o proces slisování do velkých granulí. Uplatnění nacházejí zejména v zahraničí při výrobě svrchně kvašených piv za účelem dosažení typického chmelového aroma (Kosař, Procházka, 2000).

- ***Granulovaný chmel (pelety) typu 90***

Chmelové granule jsou vyráběny obdobným způsobem jako pelety typu 100, je zde pouze přidán proces čištění, což má za následek ztráty během zpracování. Ze 100 kg chmele se získá přibližně 90 kg granulí (Schönberger, 2006). Často bývá tento produkt standardizován na obsah α -hořkých kyselin (Kosař, Procházka, 2000).

- ***Obohacený granulovaný chmel (pelety) typu 45***

Chmelové pelety jsou připravovány rozemletím předsušeného chmele po odstranění hrubších nečistot, homogenizaci a následném zkoncentrování lupulinu flotací v plynné atmosféře při teplotách -30 až -35 °C (Basařová et al., 2010). Ze 100 kg původního chmele se získá přibližně 45 kg granulí. Při zkoncentrování však tento produkt získá až dvojnásobný obsah hořkých kyselin. Jinak se chemickým složením podobá původnímu chmelu (Schönberger, 2006).

- ***Obohacený granulovaný chmel (pelety) typu 30***

Příprava je obdobná jako u pelet typu 45. Rozdíl je v tom, že při flotaci se zvýší koncentrace hořkých kyselin až trojnásobně. Ze 100 kg chmele se získá tedy zhruba 30 kg granulí. Technologie je nastavena tak, aby došlo k co nejmenším chemickým změnám při granulaci. Stabilita pelet je znovu zajištěna balením v interní atmosféře (Kosař, Procházka, 2000).

- ***Bentonitové pelety***

Jsou to speciálně vyráběné pelety smícháním chmelového prášku s 20 % bentonitu a následné granulace. Jejich výhodou je lepší rozpustnost při chmelovaru a zajišťují tak rychlejší izomeraci α -hořkých kyselin na iso- α -hořké kyseliny (Basařová et al., 2010).

K výrobě granulovaného chmele se využívá centrální zpracovatelské linky, kde se schází chmel ze všech pěstitelských oblastí (Rybka, 2016). Výrobci mohou nabídnout tedy produkty s konstantním složením, což snižuje výši nákladů při výrobě piva a nachází tak uplatnění v pivovarech po celém světě (Rybáček, 1991). Běžná skladovací teplota pelet je 0 ± 5 °C (Schönberger, 2006). Všechny pelety jsou baleny v inertní atmosféře, čímž je zajištěna maximální stabilita pelet (Kosař, Procházka, 2000).



Obr. 8 Granulovaný chmel (pelety) (Zdroj: <http://www.pivojakokren.cz/wp-content/uploads/2010/03/82a-chmelov%C3%A9-peletky.JPG>)

2.9.2 Chmelové produkty vyrobené extrakcí chmelové hlávky

Mezi chmelové produkty vyrobené extrakcí chmelové hlávky patří velmi rozšířené **chmelové extrakty** a méně známé **izoláty chmelových silic**, které se využívají pro zlepšení aroma (Basařová et al. 2010).

Chmelové extrakty mají nižší objem i hmotnost než chmel přírodní či chmelové pelety, což z nich dělá velmi ekonomicky výhodné produkty. K extrakci lze využít mnoho rozpouštědel (methanol, dichlormethan nebo hexan). Současné standardy v oblasti bezpečnosti, vlivu na životní prostředí, přírodnímu výskytu a nákladů na výrobu však splňují pouze oxid uhličitý a ethanol. V obou případech se získá chmelový extrakt různého složení (Schönberger, 2006).

2.9.2.1 *Ethanolový chmelový extrakt*

Chmelové hlávky jsou dopravovány do extrakční stanice, kde se po odloučení v cyklonu extrahují za použití rozpouštědla. Jedná se o přirozený fermentační alkohol, který se získává zkvašením rostlinných surovin a následným zředěním s 10 % vody.

Extrakce probíhá v rotoru, který se pomalu otáčí a tím posunuje chmelové hlávky dál. Zároveň je protiprouděně vháněno rozpouštědlo, čímž se získá roztok s důležitými chmelovými látkami. Tento roztok se dále postupně odpařuje ve čtyřstupňové vakuové odparce, dokud nedojde k úplnému odstranění ethanolu až na zbytkový podíl pod 0,3 %.

Výsledný extrakt lze rozdělit na polární a nepolární část. Polární část, často označována jako „**tříslovinný extrakt**“, je složena převážně vodou, zbytek tvoří hydrofilní složky – minerální látky, bílkoviny a třísloviny. (Biendl, 1996). Nepolární část, tzv. „**čistý pryskyřičný extrakt**“, obsahuje lipofilní látky chmele, hořké kyseliny a silice.

Na přání zákazníka mohou být tedy ethanolové pryskyřičné extrakty získávány a baleny odděleně nebo se mohou namíchat standardizované extrakty o určitém podílu α -hořkých kyselin (Basařová et al., 2010). Výhodou těchto produktů jsou nižší náklady na výrobu, jelikož extrakce se provádí s přírodním chmelem, na rozdíl od extrakce oxidem uhličitým, která vyžaduje jako výchozí produkt chmelové pelety (Schönberger, 2006). Další výhodou je vysoce homogenní výrobek s možným dlouhodobým skladováním při teplotách do 10 °C (Kosař, Procházka, 2000).

2.9.2.2 *Extrakt chmele oxidem uhličitým*

Při extrakci oxidem uhličitým se používají jako výchozí produkt chmelové pelety. Ty se umístí do vysokotlakých nádob (Biendl, 1996). Buďto probíhá **extrakce tekutým oxidem uhličitým**, což zahrnuje extrakci pod kritickým bodem oxidu uhličitého. Ten nastává při tlaku 7,38 MPa a teplotě 34 °C. Extrakce se připravuje tedy v „podkritickém“ stavu při teplotě 7 – 20 °C a tlaku 5,5 – 7 MPa v časovém rozmezí 150 – 330 minut, kdy je CO₂ v kapalném stavu (Basařová et al., 2010). Takový produkt obsahuje pouze nepolární složky původního chmele, tedy hořké kyseliny a silice, a zároveň má nižší výtěžnost než **superkritický CO₂ extrakt** (Kosař, Procházka, 2000) Ten se provádí při teplotě 25 – 60 °C a tlaku 30 – 35 MPa. Působením vyšší teploty a tlaku mohou nastat větší změny extrahovaných chmelových látek a zároveň mohou výsledné produkty obsahovat vyšší podíl tvrdých pryskyřic (Basařová et al., 2010). Superkritický CO₂

extrakt neobsahuje žádné polární složky chmele, jako polyfenoly či dusičnany (Kosař, Procházka, 2000).

Výhodou je, že se u obou typů extrakce oxid uhličitý po uvolnění tlaku v extrakčních nádobách sám odpaří (Curtis, 2012).

2.9.2.3 Přípravky z chmelových silic

Jedná se o **extrahované chmelové silice oxidem uhličitým**, které lze použít po fermentaci k úpravě výsledného aroma piva. Distribuují se ve formě alkoholových roztoků, emulzí či prášků, ve kterých jsou všechny chmelové silice nebo jen vybrané frakce s různým aroma adsorbovány na silikagel (Kosař, Procházka, 2000).

2.9.3 Chmelové produkty vyrobené chemickými úpravami

Vznik chmelových produktů vyrobených chemickou úpravou byl založen na poznatku, že izomerované iso- α -hořké kyseliny a iso- β -hořké kyseliny jsou mnohem rozpustnější a tím je i vyšší jejich účinnost během chmelovaru (Priest, Stewart, 2006). Při chmelení tradičním chmelem dochází až k 50% ztrátám iso- α -hořkých kyselin během varu. Proto byly vyvinuty **izomerované produkty**, které dosahují efektivnějšího využití a snižují tak náklady na výrobu (Biendl, 2002). Zároveň ale chemickou úpravou dojde k redukci řady dalších cenných složek, jako jsou měkké pryskyřice, polyfenoly, silice nebo bílkoviny, které podporují charakter hořkosti piva. Tím také ztrácí antioxidační účinek a stabilitu pěny. To je jeden z důvodů, proč se často používají až na konci výrobního procesu, pouze k úpravě hořkosti piva (Basařová et al., 2010).

2.9.3.1 Chmelové izoextrakty

Na výrobu izoextraktů se využívají nejčastěji pryskyřičné extrakty. Za kontrolovaných podmínek probíhá izomerace α -hořkých kyselin v alkalickém prostředí za působení katalyzátoru (Clarke, 1986). Přesněji se extrakt zahřeje na požadovanou teplotu, emulguje odplyněnou vodou a následně se po izomeraci oddělí nevyužitelné vosky a nespecifické měkké pryskyřice. Vzniklý roztok se ochladí a poté se zvýšením pH na hodnotu 7 – 8 oddělí β -hořké kyseliny. Dále je třeba vysrážet α -hořké kyseliny, u kterých izomerace neproběhla. To se provádí naopak odstředěním při snížené pH 5 – 6. Okyselením pH až

na hodnotu 2 je možné vysrážet i volné iso- α -hořké kyseliny. Při balení se extrakt může převést na draselnou či hořečnatou sůl (Basařová et al., 2010). Při tradičním procesu vaření sušeným chmelem je izomerováno pouze 25 – 35 % α -hořkých kyselin, zatímco použitím izoextraktů dochází až k 85 % využití těchto látek. V průmyslovém měřítku jsou tedy izoextrakty čím dál více populární (Kostrzewa et al., 2016). To způsobilo dynamický rozvoj různých způsobů přípravy izomerovaných produktů:

- **vodné koncentráty draselných solí iso- α -hořkých kyselin** (obsahující 15 – 30 % iso- α -hořkých kyselin)
- **koncentráty hořečnatých solí iso- α -hořkých kyselin** (obsahující 40 – 45 % iso- α -hořkých kyselin)
- **tekutý koncentrát draselných solí iso- α -hořkých kyselin v propylenglykolu** (obsahující 20 % iso- α -hořkých kyselin) (Basařová et al., 2010).



Obr. 9 Chmelové izoextrakty (Zdroj: http://www.vasepivo.cz/img_zbozi/000213-000044.jpg)

2.9.3.2 Chmelové izopelety

Při výrobě izopelet je využíván granulovaný chmel. Technologie zpracování zahrnuje **přidání oxidu hořečnatého** jako katalyzátoru za působení řízené teploty v rozmezí 45 – 55 °C. Po izomeraci α -hořkých kyselin se zchlazené pelety balí při inertní atmosféře (Schönberger, 2006). Tímto procesem může ale dojít k poklesu obsahu chmelových silic (Biendl, 2002). Použití izopelet je v některých zemích zcela zakázáno (Kosař, Procházková, 2000).

2.9.3.3 Redukované (hydrogenované) iso- α -hořké kyseliny

Ačkoliv je velmi výhodné použití izomerovaných výrobků (především z ekonomického hlediska), redukované extrakty přináší dva významné kvalitativní aspekty navíc: lepší stabilitu piva a vylepšení pěny (Priest, Stewart, 2006). Proto také pivovary stále častěji přistupují k náhradě granulovaného chmele chmelovými extrakty a v poslední době přistupují právě i výrobkům obsahující hydrogenované iso- α -hořké kyseliny (Karabín et al., 2009).

Příprava je založena na katalytické redukci karbonylových skupin buďto surových nebo předem přečištěných iso- α -hořkých kyselin. Dle stupně hydrogenace dvojných vazeb postranních řetězců se připravují dihydro- až hexahydro-iso- α -hořké kyseliny. Ty mají hydrogenovány všechny nestabilní části molekuly (Basařová et al., 2010). Podle stupně redukce dvojných vazeb nebo karbonylových skupin na postranních řetězcích iso- α -hořkých kyselin existují 3 skupiny těchto látek:

- **dihydro-iso- α -hořké kyseliny** (rho-iso- α -hořké kyseliny)
- **tetrahydro-iso- α -hořké kyseliny**
- **hexahydro-iso- α -hořké kyseliny** (Priest, Stewart, 2006).

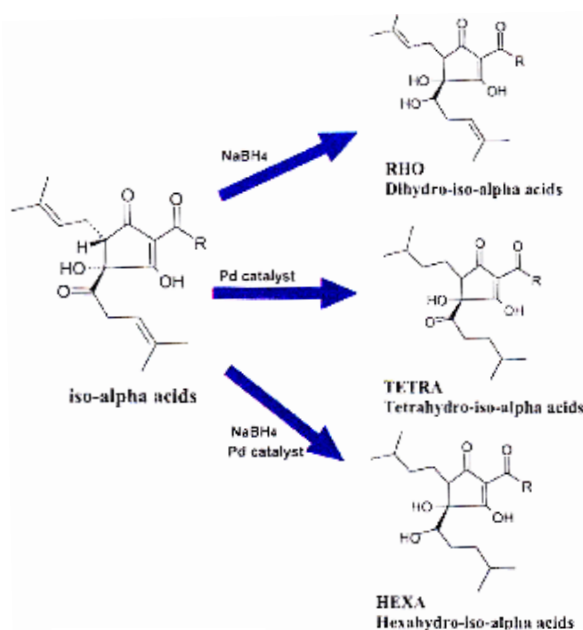
Výroba **rho-iso- α -hořkých kyselin** může být buďto redukcí vyčištěných iso- α -hořkých kyselin za přítomnosti borohydridu sodného nebo za současné izomerace a redukce α -hořkých kyselin za přítomnosti stejného redukčního činidla. Koncentrace hydrogenovaných iso- α -hořkých kyselin je v hotových výrobcích upravena na hodnotu 10 – 35 % (Kovařík et al., 2011b).

Tetrahydro-iso- α -hořké kyseliny se vyrábějí mnoha způsoby, rozdíl je i v počáteční surovině, která může být α - nebo β -hořké kyseliny. β -hořké kyseliny nemají specifické využití. Důvody použití β -hořkých kyselin k výrobě těchto analogů jsou čistě ekonomické, jelikož se jedná o „vedlejší“ produkty výroby iso- α -hořkých kyselin a nemají specifické využití. Na rozdíl od výroby rho- jsou tetra-iso- α -hořké kyseliny redukovány v kapalném fázi plynným vodíkem za použití palladio-uhlíkového katalyzátoru. Při výrobě z β -hořkých kyselin je celý postup poměrně složitější. Využívá se hydrogenace na palladio-uhlíkovém katalyzátoru za následné oxidace a nakonec izomerace vzniklých tetrahydro- α -hořkých kyselin. **Hexahydro-iso- α -hořké kyseliny** se vyrábějí z předchozích redukčních kyselin, přičemž se využívá doplňkový hydrogenační krok.

Rho-iso- α -hořké kyseliny se redukují vodíkem a tetrahydro-iso- α -hořké kyseliny zase borohydridem sodným (Karabín et al., 2009).

Výhodou těchto produktů je například jejich možnost přidavku do piva až po proběhnutí hlavního kvašení, vyšší sensorická hořkost (kromě rho- kyselin), na světle déle vydrží a zlepšují stabilitu pěny. **Mezi nevýhody** patří měnící se sensorický charakter hořkosti, jsou to syntetické produkty a tudíž jejich použití nepodporuje tradiční výrobu piva (Kovařík et al., 2011b).

Rho- produkty mají tedy nižší hořkost, na druhou stranu vykazují hořkost „jemnější“ (30 % α -hořkých kyselin), což může být pro konečného spotřebitele mnohem atraktivnější. Co se týče výrazně hořkých tetrahydro- produktů, ty poskytují sice intenzivní hořkost (70 % α -hořkých kyselin), naproti tomu je tato hořkost často vnímána jako „drsnější“ až nepříjemná (Karabín et al., 2009).



Obr. 10 Struktura redukovaných iso- α -hořkých kyselin (Kovařík et al., 2011b)

2.9.3.4 Huluponové extrakty

Chmel a chmelové produkty obsahují menší podíl oxidovaných β -hořkých kyselin – **humulinony** (0,25 – 0,5 %) a **hulupony** (méně než 0,1%). Hulupony vykazují z velké části hořkost jako iso- α -hořké kyseliny, jsou také polárnější a díky tomu i rozpustnější

v pivu (Maye et al., 2016). Oxidací je tedy možné modifikovat strukturu β -hořkých kyselin, což se technologicky provádí například v alkalickém prostředí za použití fotosenzitivních barviv. Tímto procesem se β -hořké kyseliny promění na hulupony přibližně z 50 % procent. (Krofta, Mykyška, 2014).

2.9.4 Syntetické chmelové preparáty

Chmelové produkty připravené laboratorně acetylací floroglucinu a následnou přeměnou za vzniku **deoxy- α -kyseliny**, jsou syntetickou možností **vzniku iso- α -hořkých kyselin**, které se podobají strukturou hořkým látkám přírodního chmele. Acetylací se rozumí chemická reakce, při níž se zavádí acetylová skupina do organické sloučeniny. Deoxy- α -kyseliny jsou oxidovány na α -kyseliny a následně izomerovány na iso- α -hořké kyseliny (Basařová et al., 2010). Širšímu rozšíření však i nadále zabraňuje vysoká cena, senzoričké odchylky, legislativní omezení a s tím související i limitované možnosti použití (Kosař, Procházka, 2000).

2.9.5 Speciální chmelové výrobky

Speciální chmelové produkty jsou například **výrobky obohacené o xanthohumol**, který je známý díky svým prospěšným účinkům na zdraví. Pro jejich výrobu se používá alkoholový pryskyřičný extrakt nebo chmelový prášek po extrakci oxidem uhličitým. Pro zvýraznění chmelového aroma se jsou určeny preparáty **chmelových silic**, které se získávají destilací chmele s vodní parou nebo vakuovou destilací pryskyřičných chmelových extraktů. Případnou separací lze získat esence s převažujícím zastoupením vybraných složek (terpeny, estery apod.) Další možností jsou i například CO₂ extrakty obohacené o chmelové silice. Při alkoholové extrakci chmele vzniká ve vodě rozpustná frakce chmelových polyfenolů – **tříslovinný extrakt**. Pod názvem „Beta Bio 45“ je možné nalézt **extrakt β -hořkých kyselin**, který obsahuje 45% těchto analogů rozpuštěných v propylenglykolu. Uplatnění nalezne při zvyšování antioxidační aktivity piva.

Speciální výrobky zahrnují i takové produkty, které lze využít mimo pivovarský průmysl. Uplatnění nalezne např. ve farmacii, při výrobě potravinářských doplňků nebo funkčních potravin (Kovařík et al., 2011b).

2.9.6 Paskalizovaný homogenát zeleného chmele

Pasterizace vysokým tlakem je proces sice znám již dlouhou dobu, ale její využití průmyslově bylo vyvinuto až na konci dvacátého století. Technologie je známá také pod zkratkou HPP (High Pressure Processing) a jedná se o aplikaci vysokého tlaku v řádu tisíců barů prostřednictvím vodního média na základě Pascalova zákona (Frantík, 2016).

Při výrobě chmelových produktů se i při šetrném sušení část tepelně labilních látek ztrácí. Jde především o chmelové silice a další látky citlivé k oxidativním změnám (Kovařík et al., 2015b). Z toho důvodu proběhl tříletý výzkum alternativního způsobu posklizňového zpracování chmele, který byl cílen na využití rozdílů ve složení homogenátu oproti sušenému chmelu a zaměřil se především na obsah zdravotně prospěšných látek (Frantík, 2016).

Princip výroby je homogenizace směsi chmele, vody a antioxidačního činidla. Připravený homogenát se po naplnění pod vakuem do polyethylenových sáčků zataví a uloží do chladného prostředí a je následně vystaven vysokému tlaku (Kovařík et al., 2015b).

Výsledky prokázaly, že zelený homogenát měl o 18 % vyšší obsah β -hořkých kyselin a v průběhu ročního skladování neprokázal žádné zásadní rozdíly v obsahu hořkých látek i přes 80 % obsah vody. Homogenát dále obsahoval vyšší množství chmelových silic, celkových polyfenolů, xanthohumolu, ale méně anthokyanogenů. Také antioxidační aktivita byla až o $\frac{1}{4}$ vyšší než u sušeného chmele (Frantík, 2016). Aplikace homogenátu v pozdních fázích chmelovaru zvyšuje obsah prenylflavonoidů v pivu. V budoucnu by měl mít slibné využití při studeném chmelení, což je ale stále součástí dalšího výzkumu (Kovařík et al., 2015b).

2.10 Technologie výroby chmelových produktů v zahraničí

Česká republika se řadí mezi ostatními zeměmi na třetím místě (za Německem a USA) co se týče pěstování chmele a v produkci aromatického chmele je dokonce na místě prvním. Z toho jasně vyplývá, že v České republice je využívána celá řada moderních technologií pro výrobu chmelových produktů. Proto je tato kapitola věnována spíše srovnání zahraniční výroby s tuzemskou. Technologie všech chmelových výrobků je popsána v předchozí kapitole.

2.10.1 Izomerované chmelové produkty

Pro srovnání se v zahraniční literatuře setkáme s pojmy „**IKE**“ a „**PIKE**“. IKE (Isomerised kettle extract) je zkratka pro zmiňované izoextrakty v podobě koncentrátů hořčnatých solí iso- α -hořkých kyselin. Zkratka PIKE (Potassium-form isomerised kettle extract) označuje koncentráty draselných solí. Oba produkty jsou díky této formě ve sladice rozpustnější a používají se zejména ke konci chmelovaru (Biendl, 2002). Jejich výroba a využití jsou již popsány v kapitole 2.9.3.1.

Do kategorie izomerovaných chmelových produktů se však řadí i směs rho-iso- α -hořkých kyselin, β -hořkých kyselin a chmelových silic. V tomto případě se používá zkratka „**LIKE**“ (Light stable kettle extract) (Karabín et al., 2009). Jedná se o produkt přidávaný do pív určených k balení do lahví, u kterých se vyžaduje stabilita proti slunečnímu záření. Uplatnění nalezne však i ke konci chmelovaru pro jeho antimikrobiální vlastnosti a stabilitu pěny (Bamforth, 2006a).

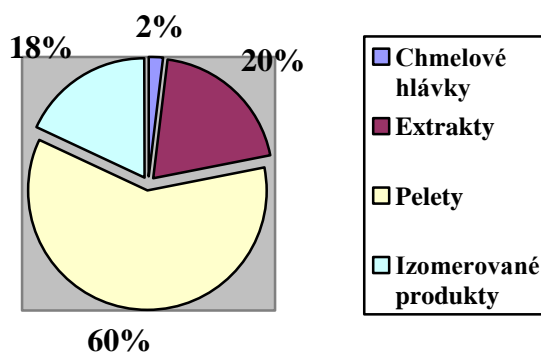
2.10.2 Další chmelové produkty

Ve **Velké Británii** jsou rozšířené již zmíněné pelety typu T100. Nejde ale o pelety v pravém slova smyslu. Jsou to lisované chmelové hlávky o hmotnosti 14 nebo 28 g. Uplatnění nachází u ležáckých tanků za účelem zvýraznění chmelového aroma piva především v menších a restauračních pivovarech (Kovařík et al., 2011b).

Novinkou v **USA**, která byla představena světově uznávanou společností Yakima Chief, je tzv. „**kryo-chmel**“. Jedná se o inovativní technologii na zpracování chmele. Využívá se kryogenního separačního procesu, který dokáže zachovat všechny důležité látky chmele, které jsou v původní chmelové hlávce. K dispozici jsou dva produkty pod obchodními názvy LupuLN2 a Debittered Leaf.

LupuLN2 i Debittered Leaf se vyrábí ve formě prášku či pelet z celých chmelových hlávek. Aplikace LupuLN2 je ideální při nebo po fermentaci piva, kdy uděluje pivu intenzivnější chmelovou chuť i aroma. Vyniká také dlouhou dobou skladovatelnosti – až 3 roky při dodržení teplot v rozmezí -1 – 5 °C. Debittered Leaf je vysoce kvalitní produkt poskytující ušlechtilý charakter piva za nízké náklady. Díky zachování všech cenných látek chmele, má skvělé antioxidační a stabilizující účinky. Aplikace těchto pelet může být takřka kdykoli, nejlépe však na konci chmelovaru, kdy dodává jemné a hořké aroma (Yakima Chief, 2017). Díky svým přednostem by se v budoucnu mohl rozšířit do dalších zemí.

Celosvětově je výroba chmelových produktů i přes různé inovace zaměřena na jednu z jednodušších a zároveň klasických forem výroby – granulovaný chmel ve formě pelet. Na druhém místě jsou využívány chmelové extrakty a hned za nimi izomerované chmelové produkty. Procentuální zastoupení je k náhledu v Obr. 11 (Kovařík et al, 2011b).



Obr. 11 Poměr chmelových produktů na celkové spotřebě chmele ve světě (Kovařík et al., 2011b)

2.11 Využití chmelových produktů při výrobě piva

Chmelovar patří v pivovarské technologii mezi nejdůležitější a zároveň energeticky nejnákladnější operace celého výrobního procesu. Zahrnuje totiž mnoho podstatných chemických, biochemických a fyzikálních dějů (Basařová, Čepička, 1993). Tím plní několik funkcí:

- Sterilizace mladiny
- Denaturace enzymů a zástava všech enzymových reakcí ve sladině
- Přejed α- a β-hořkých látek chmele do roztoku a jejich izomerace
- Přejed chmelových silic vytvářející aroma piva do roztoku
- Tvorba dalších chuťových a aromatických látek
- Odpar některých těkavých látek negativně ovlivňující výsledné pivo
- Koagulace bílkovin a vytváření nerozpustných komplexů s polyfenoly způsobující lom piva
- Zakoncentrování mladiny na konečnou stupňovitost (Kovanda, Sekora, Šemík, 2003).

Vlastnosti chmelových produktů a jejich dávkování ovlivňují značně charakter a kvalitu výsledné mladiny i hotového piva. Mladině dávají hořkou chuť, charakteristické

aroma a podporují vylučování bílkovin. Jednotlivé chmelové produkty se liší jak obsahem hořkých kyselin, tak chmelových polyfenolů i silic. Jejich využitelnost je poměrně ovlivněna podmínkami chmelovaru. Důležitá je izomerace hořkých látek chmele. Rozsah izomerace je závislý na mnoha parametrech jako pH, doba a teplota varu (Cvengroschová, Šmogrovičová, 2007).

Obecně celý proces chmelení trvá podle běžných technologických postupů zhruba 90 minut a chmel se obvykle dodává ve třech dávkách. V časech 0 a 30 min se přidává chmel přírodní nebo chmelový produkt, který dodá výslednému pivu primární hořkost. 10 – 15 minut před koncem chmelovaru se přidávají již zmiňované aromatické odrůdy, které přináší pivu příjemné chmelové aroma (Jelínek et al, 2013).

Chmelové výrobky vyrobené **mechanickou** nebo **fyzikální úpravou** hlávkového chmele se tedy prakticky bez výjimky omezují pouze na varní část pivovarské technologie. Co se týče **chemicky modifikovaných preparátů**, ty se mohou aplikovat i při pozdější fázích celého procesu. Například **rho-iso- α -hořké kyseliny** se přidávají v podobě 35 % roztoku draselných solí buďto během chmelovaru nebo po naředění (10 % roztoku) přímo do hotového piva po ukončení fermentace nebo dokonce až při stáčení piva. S tím však souvisí nevýhodné ekonomické náklady kvůli speciálnímu dávkovacímu zařízení při stáčení (Karabín, et al. 2009). **Izomerované chmelové pelety** se dnes používají jako náhrada za granulovaný chmel typu 90, jelikož vykazují mnoho výhod za příznivou cenu (Cvengroschová, Šmogrovičová, 2007).

V průmyslovém měřítku se stávají populární i **izoextrakty**, jelikož při chmelovaru dochází až k 85 % využití α -hořkých kyselin, zatímco při tradičním procesu vaření sušeným chmelem se izomeruje pouze 25 – 35 % těchto kyselin. (Kostrzewa et al., 2016). Izomerované produkty ale mohou ovlivnit výsledné pivo i negativně. Velkým problémem je výskyt tzv. gushingu (samovolné přepěňování piva), který je zaznamenáván především u piv vyrobených z izomerovaných chmelových extraktů.

K problémovým látkám, které se dostávají do sladiny během chmelovaru patří **dusičnany**. Ty mohou být následně v organismu redukovány na dusitany, které se podílejí na tvorbě karcinogenních N-nitrosaminů. Proto je důležité kontrolovat jejich obsah jak u přírodního chmele, tak chmelových produktů. Dále je nutné sledovat množství **těžkých kovů** a **reziduí postřikových látek** (Basařová et al., 2010). CO₂ extrakty mají tu přednost, že jejich použitím lze snížit hladinu všech zmíněných negativních látek v hotovém pivu (Basařová, Čepička, 1993).

Načasování dávky chmelových preparátů v průběhu chmelovaru je důležité hlavně kvůli sensorickému vjemu a zároveň i z pohledu izomerace. Jestliže má mladina obsahovat méně chmelových silic, je vhodné dávkovat chmel na začátku, případně použít chmelový extrakt. Pokud je požadován naopak vyšší obsah aromatických látek, je vhodné dávkovat chmel v pozdějších časech. Při výrobě piva o vyšší hořkosti se doporučují dvě dávky – na začátku větší a 30 min. před koncem menší. V případě tří dávkového chmelení je první dávka 50 %, druhá 35 % (60 min. před koncem) a poslední (15 %) 15 minut před koncem chmelovaru. Vždy platí zásada, že nejdřív se dávkuje vysokoobsažné chmele a až na konci jemné aromatické chmele (Cvengroschová, Šmogrovičová, 2007).



Obr. 12 Chmelovar (Zdroj: <http://varimepivo.lounskyzejdlík.cz/files/35.png>)

Pokud bychom se zaměřili obecně přímo na **české odrůdy chmele**, pak jsou Žatecký poloraný červeňák a Saaz Late vhodné k použití ve formě lisovaných hlávek nebo pelet pro druhé i třetí chmelení. Odrůda Sládek se využívá v českých i zahraničních pivovarech zejména pro druhé chmelení ve formě pelet. Nejvýnosnější odrůdou se specifickým aromatem Kazbek se chmelí při druhé dávce ve formě pelet (Kovařík et al., 2016a), při výrobě speciálních druhů piv se dávkuje až po fermentaci při studeném chmelení (Nesvadba et al., 2012). Aromatické odrůdy Bohemie a Harmonie jsou doporučovány díky svému kořenitému, chmelovému aroma vhodné pro druhé chmelení ve formě pelet. Ačkoliv je odrůda Bor nahrazována odrůdou Premiant, obě jsou vhodné ke druhému chmelení peletovou formou. Rubín je hořký chmel, který se doporučuje pro druhé chmelení také ve formě pelet. Jako jedna z mála odrůd, se Agnus využívá díky svému silně hořkému, kořenitému aroma uplatňuje ve formě pelet, alkoholovém extrak-

tu i CO₂ extraktu. Uplatnění odrůdy Vital začíná narůstat ve formě pelet či CO₂ extraktů při prvním chmelení (Kovařík et al., 2016a).

2.12 Využití chmelových produktů při výrobě jiných nápojů

Uplatnění chmelových výrobků má širší rozpětí než jen při výrobě piva. Velmi oblíbenými nápoji se v posledních letech staly **pivní limonády** s ovocnou příchutí. Nejvíce používaný název této kategorie je **Radler**, který je v České republice pod ochrannou známkou pivovaru Krušovice. Jedná se o výrobek z piva s obsahem alkoholu kolem 2 %. Zde naleznou uplatnění i chmelové produkty, které zvýrazňují jejich jemnou hořkost (Bendlová., 2013).

Nealkoholickou alternativou je sycená **limonáda Grena**, vyráběná pivovarem Černá hora, která má ovocnou příchut', je obohacena o chmelový produkt a díky sladidlu stévii má sníženou energetickou hodnotu o 50 % (Pivotéka, 2017). Grenu v současné době **nahradila limonáda Limo**. Na výběr je z příchutí Citronáda, Malináda a Koala. Všechny jsou s přídavkem chmele a neobsahují žádný alkohol (Pivovar Černá Hora, 2017). Velmi známou je i firma **Birell**, která se zaměřuje také na výrobu nealkoholických piv a limonád, v tomto případě obohacené o chmelovou odrůdu Poloraný žatecký červeňák (Birell, 2016). Ani u jednoho z výše uvedených výrobků není bohužel upřesněn zvolený chmelový produkt. Dá se však předpokládat, že ekonomicky nejvýhodněji by se mohl uplatnit chmelový extrakt.

V oblasti západních Čech býval chmel typickou přísadou přidávanou do medoviny. Chmelem se totiž zeslabí medová chuť a medovina tak získá slabě, ale příjemně nahořklou chuť. Dnes se k tomuto zvyku znovu vrací a využívá se často moderního chmelení chmelovým extraktem (Muzeum medoviny, 2016).

Novější formou, která využívá i produkty, které jsou při běžné výrobě piva považovány za odpad, jsou tzv. **chmelové destiláty** (Hop spirits). Příkladem je společnost Magic Rock Brewing z Velké Británie, která vyvinula 50 % chmelovou pálenku, jež se nejvíce chuťově přibližuje alkoholickému nápoji ginu. Myšlenka vznikla pod záměrem využití celého piva bez filtrace, včetně kvasinek, chmelového odpadu vzniklém při studeném chmelení a zejména obohacení chmelového aroma, které by celému konečnému produktu dalo specifické vlastnosti (Magic Rock Brewing, 2015). Na zahraničním i tuzemském trhu již nalezneme mnoho firem, které tento zajímavý nápoj nabízí v různých podobách výroby.

3 ZÁVĚR

První část bakalářské práce je věnovaná základnímu popisu chmele a jeho chemickému složení, které je velmi důležité při technologickém procesu výroby piva. Charakteristickou chuť výsledného produktu dodávají především α -hořké kyseliny chmelových pryskyřic. Aby však došlo k jejich uplatnění, musí proběhnout chemická reakce – tzv. izomerace. Ta nastává pouze za vyšších teplot kolem bodu varu, čehož se využívá při procesu chmelovaru a původně nerozpustné hořké látky přechází do sladiny. Aroma piva ovlivňují chmelové silice, jejichž složení je specifické vždy pro danou odrůdu chmele. Při varu jsou však velmi reaktivní, a proto je vhodné je aplikovat až v posledních minutách chmelovaru. Další podstatnou složkou chmele jsou polyfenoly, které kromě svých antioxidačních účinků reagují při chmelovaru s bílkovinami za vzniku nerozpustných komplexů, čehož se využívá při tvorbě lomu a vylučování hořkých kalů. Poměr a skladba těchto cenných látek se odráží v mnoha odrůdových variacích chmele. V České republice je v současné době zapsáno 12 odrůd chmele a podle jejich aroma a obsahu α -hořkých kyselin je lze rozdělit do různých kategorií.

Pěstování chmele je rozděleno do 3 pěstitelských oblastí – Žatecko, Ústecko a Tršicko. Dobré klimatické i půdní podmínky přispívají k výjimečnému aromatickému charakteru českých chmelů. Od roku 2008 se rozšiřuje technologie pěstování chmele na nízké konstrukci, která výrazně snižuje náklady na lidskou práci a ošetření proti škůdcům i chorobám.

Velmi důležité operace, které mohou ovlivnit výsledné aroma piva, jsou sklizeň a sušení chmele. Každá odrůda má specifickou optimální dobu sklizně. Ta je ovlivněna mnoha faktory. Jednotlivé operace sklizně na sebe musí kontinuálně navazovat, aby docházelo k co nejmenším ztrátám v průběhu zpracování. Sušení chmele zahrnuje i klimatizaci, díky které dochází k vyrovnání vlhkosti chmelových hlávek na požadovanou úroveň. Konečně vlhkost takto upraveného chmele je 10,5 – 12 %. Ten se lisuje do tzv. žoků, které dále putují do skladu odběratele pro výrobu chmelových produktů.

Ve druhé části této práce jsou tedy zhodnoceny současné možnosti technologických postupů při výrobě chmelových preparátů na tuzemském trhu. Ty jsou přehledně srovnány do kategorií dle jejich způsobu přípravy. V současnosti se svým chemickým složením přibližují přírodnímu chmelu. Důležitým faktorem při volbě těchto preparátů jsou cenová dostupnost a splnění očekávaných požadavků. To zahrnuje především standardi-

zovaný obsah hořkých i aromatických látek, dlouhodobá stabilita, homogenita a dobrá manipulace. Správné výrobky poskytují především vylepšení hořkosti, sensorické stability či pěivosti. Zároveň jsou tyto postupy srovnány se zahraniční literaturou. Celosvětově jsou nejvíce využívány chmelové pelety, dále chmelové extrakty a do popředí se čím dál více dostávají i izomerované produkty. Za zmínku také stojí českými vědci nově zkoušený paskalizovaný homogenát zeleného chmele či americká inovativní technologie využívající kryogenního separačního procesu, jenž dokáže zachovat všechny důležité látky chmele.

Každý chmelový preparát má svůj specifický doporučený způsob dávkování. Nejpodstatnější je její načasování zejména z důvodu správného sensorického vjemu a zároveň i z pohledu izomerace. Jestliže má výsledné pivo obsahovat méně chmelových silic a více hořkých látek, je vhodné dávkovat chmel na začátku chmelovaru. Pokud je požadován především vyšší obsah aromatických látek, je vhodné využít pozdějších časů chmelovaru. Některé produkty se mohou aplikovat přímo do hotového piva po ukončení fermentace nebo dokonce až při stáčení piva.

Chmelové produkty mohou nalézt uplatnění i při výrobě dalších nápojů, jako například u pivních či nealkoholických limonád nebo při přípravě tradiční medoviny, ke které se v současnosti znovu přiklání. Zajímavé jsou i chmelové destiláty, které se čím dál více rozšiřují jak na zahraničním, tak i tuzemském trhu.

Používání chmelových výrobků tedy v současné době dosahuje vysoké úrovně a jejich vývoj je v posledních letech velmi progresivní. V budoucnu můžeme očekávat nabídku dalších produktů s ještě lepšími parametry.

4 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ALBL V., et al., 1990: *Výroba piva a sladu pro učební obor biochemik-biochemička se zaměřením pro výrobu piva a sladu*, Praha: Institut výchovy a vzdělávání MZVŽ ČR, 368 s. ISBN 80-7105-003-2.

ALTOVÁ M., 2011: *Situační a výhledová zpráva chmel, pivo* [online], Praha: Ministerstvo zemědělství, 67 s. ISBN 978-80-7084-983-5 [cit. 2017-01-30]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/129275/CHMEL_8__2011.pdf.

BAMFORTH C., 2006a: *Brewing: New Technologies*, New York: Woodhead Publishing, 500 s. ISBN 978-1-84569-003-8.

BAMFORTH C., 2006b: *Scientific Principles of Malting and Brewing*, Minnesota: American Society of Brewing Chemists, 246 s. ISBN 978-1-881696-08-7.

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

BASAŘOVÁ G., ČEPIČKA J., 1993: Strategie moderního chmelení, *Kvasný Průmysl*, vol 39 (3), s. 66 – 69. ISSN 0023-5830.

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

BASAŘOVÁ G., ŠAVEL J., BASAŘ P., LEJSEK T., 2010: *Pivovarství: Teorie a praxe výroby piva*, Praha: Vydavatelství VŠCHT, 863 s. ISBN 978-80-7080-734-7.

BIENDL M., 1996: *Aktuální vlastnosti ethanolových extraktů chmele ve srovnání s CO₂-extrakty*, *Kvasný Průmysl*, vol. 42 (10), s. 310 – 314. ISSN 0023-5830.

BIENDL M., 2002: *Pre-isomerised hop products – potential and practical use*, *Brauwelt International*, vol. 4, s. 20 – 24. ISSN 0724-696X.

BÍLEK V., et al., 1953: *Technologie sladu a piva I.*, Praha: Státní nakladatelství technické, 255 s.

CVENGROŠOVÁ M., MORGOVIČOVÁ D., 2007: Chmel'ové preparáty a faktory ovplyvňujúce priebeh chmel'ovaru, *Chemické listy*, vol 101, s. 287 – 291.

CLARKE B. J., 1986: Hop products, *Journal of the Institute of Brewing* [online], Melbourne: Carlton and United Breweries Limited, s. 123 – 130 [cit. 2017-01-10].

Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/j.2050-0416.1986.tb04385.x/epdf>.

CURTIS S., 2012: *Hops – the spice of beer*, Brewer and Distiller International, s. 27 – 33.

DOBRZYŃSKA-INGER A., GRZEŃDA K., KOSTRZEWA D., KOZŁOWSKI K., 2016: Isomerization of hop extract α -acids, *Journal of the Institute of Brewing* [online], Poland: The Institute of Brewing and Distilling, s. 493 – 499 [cit. 2017-03-15]. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jib.349/pdf>.

DOLAN A., 2016: *Stroje pro okopaniny, technické plodiny a zeleninu*, České Budějovice: Zemědělská fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, 105 s.

FORBES K., 2011: *Home brewing: Producing your own beer, wine and cider*, London: Arcturus Publishing Limited, 160 s. ISBN 978-1-84858-442-6.

FARAGÓ J., ÜRGEOVÁ E., 2013: *Chmel' obyčajný: nové pohľady na tradičnú plodinu*, Trnava: Univerzita sv. Cyrila a Metoda v Trnave, Fakulta prírodných vied, 180 s. ISBN 978-80-8105-518-8.

FRANTÍK F., 2016: *Pivovarský kalendář 2016*, Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 413 s. ISBN 978-80-86576-68-X.

FRIC V., 1994: *Pěstování chmele v soudobých ekonomických podmínkách*, Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 74 s. ISSN 0231-9470.

GARRETT O., 2011: *The Oxford Companion to Beer*, USA: Oxford University Press, 920 s. ISBN 978-0-19-539713-3.

HANKE S., 2009: Linalool – A Key Contributor to Hop Aroma, Munich: Institute of Brewing and Beverage Technology, s. 1 – 4.

HOP GROWERS OF AMERICA, 2011: *Variety manual: Quality Variety Tradition*, Washington: Hop Growers of America.

HOPUNION LLC, 2011: *Hop Variety Handbook*, Washington: Yakima.

CHLÁDEK L., 2007: *Pivovarnictví*, Praha: Grada, 207 s. ISBN 978-80-247-1616-9.

INUI T., MATSUI H., HOSOYA T., KUMAZAWA S., FUKUI N., OKA K., 2016: Effect of Harvest Time and Pruning Date on Aroma Characteristics of Hop Teas and Related Compounds of Saaz Hops, In: *The Science of Beer* [online], s. 231 – 241. ISSN: 0361-0470 [cit. 2017-02-08]. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1094/ASBCJ-2016-4628-01>.

JELÍNEK L., KARABÍN M., KINČL T., HUDCOVÁ T., KOTLÍKOVÁ B., DOSTÁLEK P., 2013: Xanthohumol: možnosti izolace a obohacování piva, *Chemické listy*, vol. 107., s. 209 – 213.

JEŽEK J., et al., 2015: *Chmel 2015: příručka pro pěstitele chmele* [online], Žatec: Chmelařský institut s. r. o., 152 s. ISBN 978-80-96936-98-0 [cit. 2017-02-03]. Dostupné z: <http://www.chizatec.cz/download/page15685.pdf>.

JEŽEK J., VOSTŘEL J., KROFTA J., KLAPAL J., 2012: Ekologické pěstování chmele v České republice a ve světě, *Kvasný Průmysl*, vol. 58 (10), s. 294 – 302. ISSN 0023-5830.

KARABÍN M., BRÁNYIK T., KRULIŠ R., DVOŘÁKOVÁ M., DOSTÁLEK P., 2009: Využití chemicky modifikovaných hořkých látek v pivovarství, *Chemické listy*, vol. 103, s. 721 – 728.

KOCOURKOVÁ B., PLUHÁČKOVÁ H., RŮŽIČKOVÁ G., 2014: *Pěstování speciálních plodin*, Brno: Mendelova univerzita v Brně, 100 s. ISBN 978-80-7509-020-1.

KOLEJKA T., 2013: *Možnosti využití moderních odrůd chmele při výrobě piva*, Brno, Bakalářská práce (nepubl.), Mendelova univerzita v Brně: Agronomická fakulta, Ústav technologie potravin, vedoucí práce Ing. Tomáš Gregor, Ph.D.

KOPECKÝ J., et al., 2008a: *Zakládání chmelnic hybridními odrůdami* [online], Žatec: Chmelařský institut s. r. o., 33 s. ISBN 978-80-86836-30-0 [cit. 2017-01-09]. Dostupné z: https://invenio.nusl.cz/record/170474/files/nusl-170474_1.pdf.

KOPECKÝ J., et al., 2008b: *Pěstování hybridních odrůd chmele v podmínkách chmelařských oblastí ČR* [online], Žatec: Chmelařský institut s. r. o., 50 s. ISBN 978-80-86836-24-9 [cit. 2017-02-03]. Dostupné z: http://invenio.nusl.cz/record/170475/files/nusl-170475_1.pdf.

KOŘEN J., et al., 2008: *Sušení chmele na pásových sušárnách* [online], Žatec: Chmelařský institut s. r. o., 93 s. ISBN 978-80-86836-54-6 [cit. 2017-02-12]. Dostupné z: https://invenio.nusl.cz/record/170481/files/nusl-170481_1.pdf.

KOSAŘ K., PROCHÁZKA S., 2000: *Technologie výroby sladu a piva*, Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 398 s. ISBN 80-902658-6-3.

KOVANDA Š., SEKORA M., ŠEMÍK P., 2003: *Možnosti ovlivnění kvalitativních parametrů mladiny připravené rozdílným způsobem chmelovaru*, *Kvasný průmysl*, vol. 49 (10), s. 296 – 302. ISSN 0023-5830.

KOVAŘÍK M., et al., 2010: *Český chmel* [online], Praha: Ministerstvo zemědělství, 31 s. ISBN 978-80-7084-933-0 [cit. 2017-01-12]. Dostupné z:
http://eagri.cz/public/web/file/87426/final_CESKY_CHMEL_2010.pdf.

KOVAŘÍK M., et al., 2011a: *Český chmel* [online], Praha: Ministerstvo zemědělství, 36 s. ISBN 978-80-7434-003-1 [cit. 2017-01-12]. Dostupné z:
http://eagri.cz/public/web/file/135892/Cesky_chmel_2011_print.pdf.

KOVAŘÍK M., et al., 2011b: *Chmelařská ročenka 2011*, Praha: Výzkumný ústav pivo-
varský a sladařský, 303 s. ISBN 978-80-86576-42-8.

KOVAŘÍK M., et al., 2013: *Český chmel*, Praha: Ministerstvo zemědělství, 52 s. ISBN
978-80-7434-051-2.

KOVAŘÍK M., et al., 2015a: *Český chmel* [online], Praha: Ministerstvo zemědělství, 56
s. ISBN 978-80-7434-246-2 [cit. 2017-03-15]. Dostupné z:
http://www.czhops.cz/images/stories/esk_chmel/Cesky_chmel2015_web.pdf.

KOVAŘÍK M., et al., 2015b: *Chmelařská ročenka 2015*, Praha: Výzkumný ústav pivo-
varský a sladařský, 387 s. ISBN 978-80-86576-66-3.

KOVAŘÍK M., et al., 2016a: *Český chmel* [online], Praha: Ministerstvo zemědělství, 68
s. ISBN 978-80-7434-325-4.

KOVAŘÍK M., et al., 2016b: *Chmelařská ročenka 2016*, Praha: Výzkumný ústav pivo-
varský a sladařský, 375 s. ISBN 978-80-86576-69-5.

KRETEK P., 2009: *Pěstování chmele na Moravě, historie a současnost*, Brno,
Bakalářská práce (nepubl.), Mendelova univerzita v Brně: Agronomická fakulta, Ústav
pěstování a šlechtění rostlin, vedoucí práce Ing. Blanka Kocourková, CSc.

KROFTA K., 2013: Uplatnění českých odrůd chmele v pivovarnictví, *Sborník předná-
šek a výsledky degustací piv ze semináře konaného dne 30.5.2013* [online], Žatec:
Chmelařský institut s. r. o., 58 s. [cit. 2017-01-09]. Dostupné z:

<http://www.chizatec.cz/download/page6056.pdf>.

KROFTA K., JEŽEK J., KŘIVÁNEK J., POKORNÝ J., VOSTŘEL J., 2013: *Pěstování odrůdy Vital* [online], Žatec: Chmelařský institut s.r.o., 57 s. ISBN 978-80-86836-02-7. [cit. 2017-02-03]. Dostupné z: http://invenio.nusl.cz/record/172806/files/nusl-172806_1.pdf.

KROFTA K., NESVADBA V., PATZAK J., 2011: Vital – New hop variety, In: Seigner E., *Proceedings of the Scientific Commission, International hop growers convention, 19 – 23 June, 2011*, Lublin: Scientific Commission, I.H.G.C., 19 s. ISSN 1814-2206.

KROFTA K., MYKYŠKA A., 2014: *Beta kyseliny chmele, význam a využití*, Kvasný Průmysl, vol. 60 (4), s. 96 – 104. ISSN 0023-5830.

KROTTENTHALER M., 2009: *Handbook of Brewing: Processes, Technology, Markets*, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 778 s. ISBN 978-3-527-31674-8.

KUNZE W., 2014: *Technology Brewing and Malting*, 5th ed., Berlin: VLB, 968 s. ISBN 978-3-921690-77-2.

LEMMENS G., 1998: *The Breeding and Parentage of Hop Varieties*, Brewer's Digest, 10 s.

LEWIS M. J., YOUNG T. W., 2004: *Brewing*, 2nd ed., New York: Springer, 398 s. ISBN 0-306-47274-0.

MAYE J. P., LEKER J., SMITH R. 2016: Preparation of Dicyclohexylamine Humulones and Dicyclohexylamine Hulupones, In: S. S. Steiner, American Society of Brewing Chemists [online], New York, s. 57 – 60 [cit. 2017-03-15]. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1094/ASBCJ-2016-1127-01>.

MIKYŠKA A., HRABÁK M., HAŠKOVÁ D., ŠROGL J., 2002: The Role of Malt and Hop Polyphenols in Beer Quality, Flavour and Haze Stability, In: *Russel I.*, Journal of

the Institute of Brewing [online], Wiley, s. 78 – 85 [cit. 2017-01-10].
Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/264714209_The_Role_of_Malt_and_Hop_Polyphenols_in_Beer_Quality_Flavour_and_Haze_Stability.

NESVADBA V., POLONČÍKOVÁ Z., HENYCHOVÁ A., KROFTA K., PATZAK J., 2012: *Atlas českých odrůd chmele* [online], Žatec: Chmelařský institut s. r. o., 28 s. ISBN 978-80-87357-11-8 [cit. 2017-01-30]. Dostupné z: <http://www.chizatec.cz/download/page5021.pdf>.

NEVE R. A., 1991: *Hops* [online], Southport: Chapman and Hall, 226 s. ISBN 978-94-011-3106-3 [cit. 2017-01-18]. Dostupné z: <http://link.springer.com/book/10.1007%2F978-94-011-3106-3>.

ORAN H., 2011: *How to grow hops*, The Canadian Organic Grower [online], 36 – 40 s. [cit. 2017-02-09]. Dostupné z: <https://www.cog.ca/uploads/TCOG%20Articles/How%20to%20Grow%20Hops.PDF>.

PERAGINE J., 2011: *The complete guide to growing your own hops, malts, and brewing herbs*, Ocala: Atlantic Publishing Group, 328 s. ISBN 978-1-60138-353-2.

PRIEST F. G., STEWART G. G., 2006: *Handbook of Brewing* [online], 2nd ed., New York: CRC Press, 872 s. ISBN 978-1-4200-1517-1 [cit. 2017-01-13]. Dostupné z: https://books.google.cz/books?id=Ut3LBQAAQBAJ&hl=cs&source=gbs_navlinks_s.

ROSA Z., et al., 2007: *Český chmel* [online], Praha: Ministerstvo zemědělství, 28 s., ISBN 978-807084-652-0 [cit. 2017-01-13]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/2730/Publikace_Cesky_chmel_2007.pdf.

RYBÁČEK V., 1991: *Hop production*, Amsterdam: Elsevier, 286 s. ISBN 0-444-98770-3.

RYBKA A., 2016: Výrobní technologie a mechanizace při pěstování a sklizni chmele, In: *Agro Journal* [online], Vydavatelství Vega [cit. 2017-03-25].

Dostupné z: <https://www.agrojournal.cz/clanky/vyrobni-technologie-a-mechanizace-pri-pestovani-a-sklizni-chmele-212>.

SCHÖNBERGER C., 2006: The processing of hops, In: C. W. Bamforth, *Brewing New technologies* [online], USA: Woodhead Publishing Limited, s. 126 – 148. ISBN 978-1-84569-173-8 [cit. 2017-02-15].

Dostupné z: <https://ttnngmai.files.wordpress.com/2013/10/brewingnewtechnology.pdf>.

SIRRINE R., 2015: Hops – Cost of Production, Michigan State University Extension [online] [cit. 2017-02-03]. Dostupné z: https://s3.amazonaws.com/assets.cce.cornell.edu/attachments/9648/Hops_COP_NY-_April_2015.pdf?1435762686.

ŠAUER Z., 1994: Zkušenosti s nově vybudovaným provozem granulace chmele družstva Chmelařství Žatec, *Kvasný Průmysl*, vol. 40 (9), s. 262 – 266. ISSN 0023-5830.

ŠTRANC P., ŠTRANC J., JURČÁK J., ŠTRANC S., PÁZLER B., 2007: *Výsadba chmele*, Praha: Kurent, s. r. o., 72 s. ISBN 978-80-87111-02-4.

ÚKZÚZ, 2016: Seznam odrůd zapsaných ve Státní odrůdové knize ke dni 15. června 2016, *Věstník Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského* [online], roč. 15, 80 s. [cit. 2017-02-03].

Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/file/408615/32016.pdf>.

YAKIMA CHIEF, 2013: *Hop Varietal Guide: High Quality Hops from the Pacific Northwest*, Yakima: Yakima Chief, Inc.

ZÝBRT V., 2005: *Velká kniha piva*, Olomouc: Rubico, 287 s. ISBN 80-7346-054-8.

Internetové zdroje:

BENDLOVÁ K., 2013: Testovali jsme pivní limonády, In: svet-potravin.cz [online], Granville s. r. o. [cit. 2017-04-01]. Dostupné z: <http://www.svet-potravin.cz/clanek.aspx?id=3572>.

BIRELL, 2016: O Birellu, In: birell.cz [online], Sab Miller [cit. 2017-04-01].

Dostupné z: <http://www.birell.cz/o-birellu>.

MAGIC ROCK BREWING, 2015: Sideshow Hop Spirit, In: magicrockbrewing.com [online], Magic Rock Brewing [cit. 2017-04-01]. Dostupné z: <https://www.magicrockbrewing.com/news/sideshow-hop-spirit/?age-verified=587059dd6c>.

MUZEUM MEDOVINY, 2016: Medovina s chmelem, In: muzeummedoviny.cz [online], Jiří Pouček [cit. 2017-04-01].

Dostupné z: <http://www.muzeummedoviny.cz/medovina/chmelova>.

PIVOTÉKA, 2017: Grena 0,33 l, In: pivoteka.cz [online], Pivotéka [cit. 2017-04-01]. Dostupné z: <https://www.pivoteka.cz/grena-0-33l-951530>.

PIVOVAR ČERNÁ HORA, 2017: Limonády, In: pivovarcernahora.cz [online], Pivovar Černá Hora [cit. 2017-04-01]. Dostupné z: <http://www.pivovarcernahora.cz/limonady>.

YAKIMA CHIEF, 2017, Cryo hops, In: ychhops.com [online], Yakima Chief, Inc. [cit. 2017-03-19]. Dostupné z: <https://ychhops.com/hop-products/cryo-hops>.

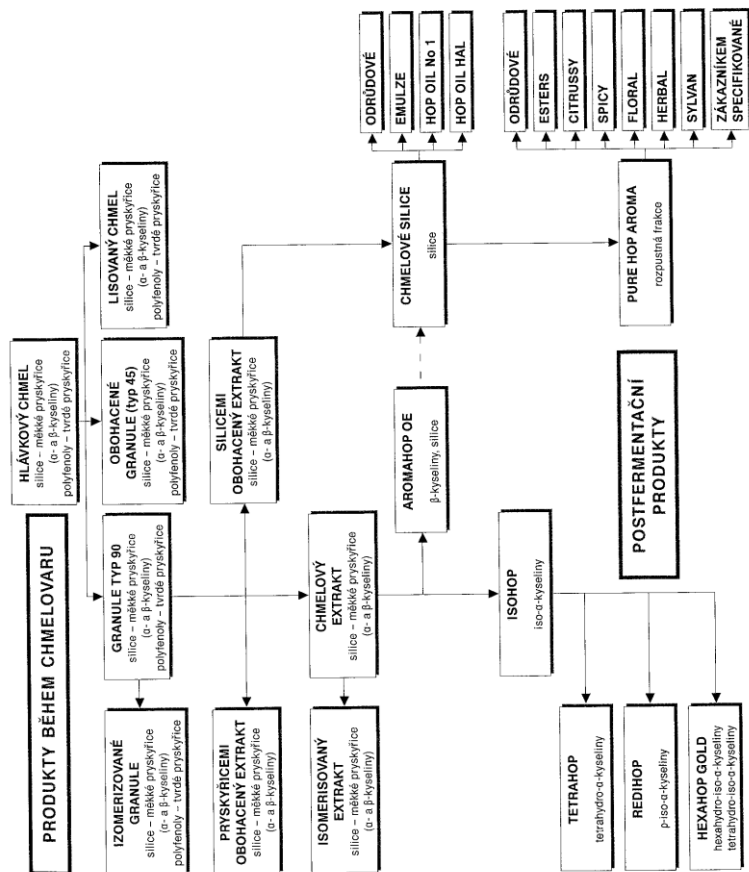
Právní předpisy:

Vyhláška č. 332/2006 Sb. ze dne 30. června 2006, o množitelských porostech a rozmnožovacím materiálu chmele, révy, ovocných rodů a druhů a okrasných druhů a jeho uvádění do oběhu a o změně a doplnění dalších zákonů.

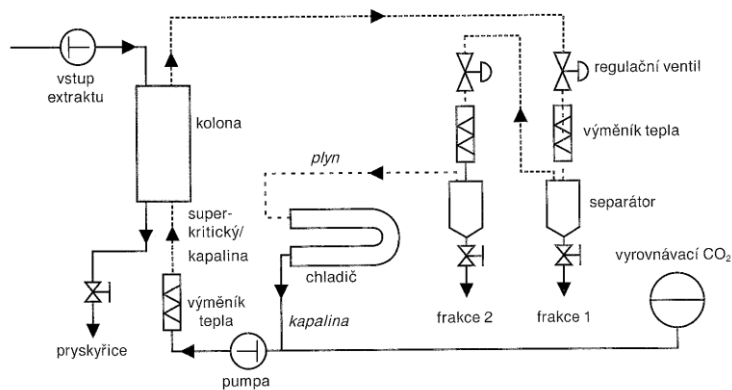
Zákon č. 68/2000 Sb. ze dne 25. února 2000, kterým se mění zákon č. 97/1996 Sb., o ochraně chmele ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška č. 318/2000 Sb., kterou se provádí zákon o ochraně chmele.

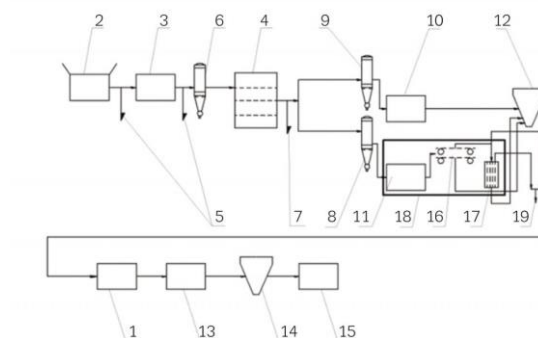
5 PŘÍLOHY



Obr. 13 Přehled chmelových produktů používaných při výrobě piva (Basařová et al., 2010)

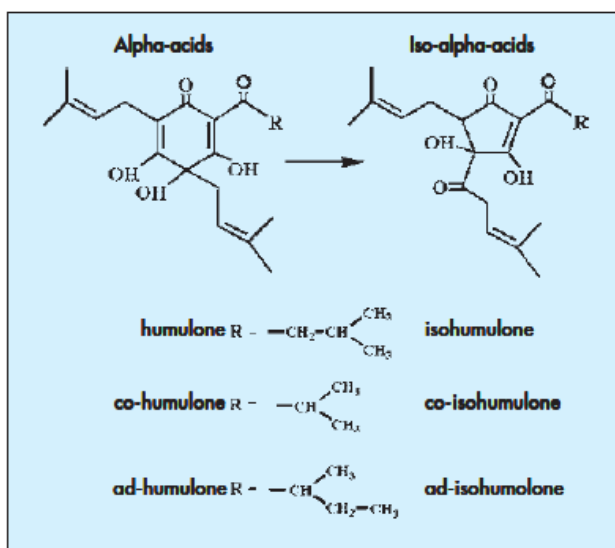


Obr. 14 Schéma výroby chmelového extraktu s extrakcí superkritickým CO_2 (Basařová et al. 2010)



Obr. 15 Centrální zpracovatelská linka při výrobě granulovaného chmele (Rybka, 2016)

1 – granulátor, 2 – vysypávací zařízení, 3 – homogenizátor, 4 – komorová sušárna, 5, 7 – odlučovací botka, 6, 8, 9 – cyklon, 10, 11 – kladívkový mlýn, 12 – silo, 13 – chladič, 14 – zásobník granulí, 15 – balicí linka, 16 – rotační síta, 17 – vibrační síta, 18 – mrazicí komora, 19 – odpad



Obr. 16 Izomerace α -hořkých kyselin (Beindl, 2002)

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Chmelové hlávky	13
Obr. 2 Frakcionace hořkých látek chmele.....	15
Obr. 3 α -Hořké kyseliny a jejich analogy	16
Obr. 4 β -Hořké kyseliny a jejich analogy	17
Obr. 5 Chmelařské oblasti.....	25
Obr. 6 Pohled na chmelnici	27
Obr. 7 Zpracování chmele v Žatci.....	30
Obr. 8 Granulovaný chmel (pelety)	33
Obr. 9 Chmelové izoextrakty	36
Obr. 10 Struktura redukovaných iso- α -hořkých kyselin.....	38
Obr. 11 Poměr chmelových produktů na celkové spotřebě chmele ve světě.....	42
Obr. 12 Chmelovar.....	44
Obr. 13 Přehled chmelových produktů používaných při výrobě piva	57
Obr. 14 Schéma výroby chmelového extraktu s extrakcí superkritickým CO ₂	57
Obr. 15 Centrální zpracovatelská linka při výrobě granulovaného chmele	58
Obr. 16 Izomerace α -hořkých kyselin.....	58