

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Agroekologie

Katedra: Kvality zemědělských produktů

Vedoucí katedry: Ing. Pavel Smetana, Ph.D.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Porovnání kvalitativních ukazatelů odrůd chmele otáčivého
(*Humulus lupulus*) z různých typů chmelnic

Vedoucí diplomové práce: Ing. Hana Ficová

Konzultant diplomové práce: Ing. Pavel Smetana, Ph.D.

Autor diplomové práce: Bc. Žaneta Korcová

České Budějovice, 2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Žaneta KORCOVÁ**
Osobní číslo: **Z14330**
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Agroekologie - Ekologické zemědělství**
Název tématu: **Porovnání kvalitativních ukazatelů odrůd chmele otáčivého (Humulus lupulus) z různých typů chmelnic**
Zadávající katedra: **Katedra kvality zemědělských produktů**

Zásady pro vypracování:

Významnými kvalitativními parametry chmele je obsah hořkých látek (α - a β -hořkých kyselin). Množství těchto složek je ovlivněno celou řadou parametrů - druhem chmele, klimatickými podmínkami při růstu a zrání, zahájením sklizně a dalšími. Jejich obsah je důležitý z pohledu využití daného druhu chmele při výrobě různých typů pív a rovněž při jeho ekonomickém zhodnocení (prodeji) do zpracovatelského průmyslu.

Cílem této práce je stanovit obsah α - a β -hořkých kyselin ve vzorcích chmele získaných z různých typů chmelnic (konvenční popřípadě bioprodukce) a pěstitelských oblastí, z různé nadmořské výšky, z rozdílných termínů zahájení sklizně popřípadě odlišného způsobu posklizňového zpracování. Získané výsledky graficky, tabulkově a statisticky zpracovat. Formulovat závěry a případná doporučení.

Diplomová práce je součástí řešení projektu OP VK CZ.1.07/2.4.00/17.0128 a bude vypracována na základě pokynů uvedených na http://www.zf.jcu.cz/copy_of_students/informace-pro-studijici podle následující rámcové osnovy:

Úvod - charakteristika a význam řešené problematiky

Literární přehled - současný stav poznání dané problematiky získaný studiem soudobé vědecké a odborné literatury

Cíl

Materiál a metodika - popis použitých analytických metod včetně metod statistických

Výsledky a diskuse - tabulkové a grafické zpracování získaných dat navazující na cíl práce, jejich statistické vyhodnocení a porovnání s dostupnými literárními údaji

Závěr - stručné shrnutí výsledků vlastní práce, návrhy a doporučení vyplývající z řešené problematiky

Summary - přehled a nejdůležitější výsledky včetně klíčových slov (v anglickém jazyce)

Seznam literatury - jednotný, podle platných citačních zásad

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **35-50 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

- Basařová, G.: Pivovarství: teorie a praxe výroby piva. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2010, 863s. ISBN 978-80-7080-734-7.
- Kadlec, P., Melzoch, K., Voldřich, M.: *Procesy a zařízení v potravinářství a biotechnologiích*. Vyd. 1. Ostrava: Key Publishing, 2013, 496s. ISBN 978-80-7418-163-4.
- Kadlec, P., Melzoch, K., Voldřich, M.: *Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin*. Vyd. 1. Ostrava: Key Publishing, 2012, 569s. ISBN 978-80-7418-145-0.
- Oszust, K., Frac, M., Gryta, A., Bilinska, N.: The Influence of Ecological and Conventional Plant Production Systems on Soil Microbial Quality under Hops (*Humulus lupulus*). *INTERNATIONAL JOURNAL OF MOLECULAR SCIENCES*, 2014, 15(6), p. 9907-9923. DOI: 10.3390/ijms15069907
- Prugar, J.: *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 2008, 327s., [13] s. obr. příl. ISBN 978-80-86576-28-2.
- Odborné databáze, knihy a periodika (např. WOS, Česká zemědělská bibliografie, CAB Abstracts, PROQUEST) dostupné na: <http://www.lib.jcu.cz/cs/databaze>
- případně další zdroje.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Hana Ficová**
Katedra kvality zemědělských produktů
Konzultant diplomové práce: **Ing. Pavel Smetana, Ph.D.**
Katedra zootechnických věd

Datum zadání diplomové práce: **30. března 2015**
Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2016**


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

L.S.


Ing. Pavel Smetana, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 18. března 2015

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu své kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum: 22. 4. 2016

Podpis

Poděkování

Touto cestou bych ráda poděkovala Ing. Pavlu Smetanovi Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, ochotu a trpělivost. Dále bych chtěla poděkovat Chmelařskému institutu s. r. o. a Chmelařskému družstvu Žatec, za poskytnutí vzorků chmele a Českému hydrometeorologickému ústavu v Plzni, především RNDr. Jiřímu Hostýnkovi, za zaslání klimatických dat. Zvláštní poděkování patří mému příteli za podporu při průběhu studia i zpracování této závěrečné práce.

Abstrakt

Cílem diplomové práce bylo stanovit obsah α - a β -hořkých kyselin ve vzorcích chmele získaných z různých typů chmelnic a pěstitelských oblastí. Předmětem hodnocení byly odrůdy Žatecký poloraný červeňák, Sládek a Premiant sklizené ve třech pěstitelských oblastech (Žatecko, Ústěcko, Tršicko) roku 2015. Bylo zkoumáno 9 vzorků chmele z konvenčního pěstování a 1 z ekologického způsobu pěstování. U všech oblastí pěstování, ze kterých byly odebrány chmelové hlávky, byla zjištěna nadmořská výška, množství srážek a průměrné teploty za vegetaci. Množství hořkých kyselin bylo měřeno metodou HPLC. Z našeho vypočítaného korelačního koeficientu vyplynulo, že u všech odrůd obsah α - a β -hořkých kyselin s větším množstvím srážek stoupá, s rostoucí nadmořskou a s vyššími teplotami za vegetaci klesá.

Klíčová slova: Chmel, α - a β -hořké kyseliny, nadmořská výška, klimatické podmínky

Abstract

The aim of this thesis was to determine content of α - and β -bitter acids in samples of hop obtained from different types of growing regions. Object of research were cultivars of Saaz late, Sládek and Premiant cultivated in three growing regions (Žatecko, Ústěcko, Tršicko) in year 2015. Nine hop samples from conventional agriculture and one from bio production were examined. For all growing areas, from which hop cones were obtained, was determined altitude, rainfall and average temperatures during vegetation period. Quantity of bitter acids were measured by HPLC. Our calculated correlation coefficients showed that the higher altitude and average temperature the lower content of bitter acids was measured and more precipitation has positive impact on content of bitter acids.

Key words: hop, α - and β -bitter acids, altitude, climatic conditions

Obsah

1. Úvod.....	8
2. Literární rešerše	8
2.1 Optimální podmínky pro pěstování chmele	8
1.2 Chmelařské oblasti	9
1.3 Složení chmelových hlávek	11
1.3.1 Voda.....	12
1.3.2 Chmelové pryskyřice (označované též jako hořké látky).....	12
1.3.3 Chmelové polyfenoly -trísloviny.....	15
1.3.4 Chmelové silice	15
1.3.5 Ostatní látky chmele	17
1.4 Odrůdy	17
1.4.1 Jemné aromatické	17
1.4.2 Aromatické.....	18
1.4.3 Jemné hořké	19
1.4.4 Hořké	20
1.4.5 Vysokoobsažné.....	22
3. Cíl práce	23
4. Metodika	24
5. Výsledky a diskuse	27
5.1 Obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin.....	27
5.1.1 Obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin odrůdy Žatecký poloraný červeňák.....	27

5.1.2	Obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin odrůdy Sládek	28
5.1.3	Obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin odrůdy Premiant	29
5.2	Vliv nadmořské výšky na obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin	31
5.2.1	Vliv nadmořské výšky na obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin Žateckého poloraného červeňáku	31
5.2.2	Vliv nadmořské výšky na obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin odrůdy Sládek.	31
5.2.3	Vliv nadmořské výšky na obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin odrůdy Premiant.....	32
5.3	Vliv množství srážek na obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin	34
5.3.1	Vliv množství srážek na obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin Žateckého poloraného červeňáku	34
5.3.2	Vliv množství srážek na obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin odrůdy Sládek.....	35
5.3.3	Vliv množství srážek na obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin odrůdy Premiant.....	36
5.4	Vliv teploty za vegetační období na obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin.....	37
5.4.1	Vliv teploty za vegetační období na obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin odrůdy Žatecký poloraný červeňák	37
5.4.2	Vliv teploty za vegetační období na obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin odrůdy Sládek.....	38
5.4.3	Vliv teploty za vegetační období na obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin odrůdy Premiant.....	38
6.	Závěr	40
7.	Seznam použité literatury.....	41

1. Úvod

Pěstování chmele v České republice má dlouholetou tradici. Již od starověku se chmel používal jako rostlina léčivá, ale jeho hlavní využití spočívalo ve výrobě piva, kterému dodává vůni, hořkost a prodlužuje jeho trvanlivost. Nejprve se chmel pěstoval roztroušeně po celém území, ale za vlády Karla IV. přišel velký rozvoj. Pěstování se začalo soustředit do území mezi řekami Ohří, Labem, Berounkou a Vltavou a na Moravě na Tršicku. V roce 1769 vydala Marie Terezie patent o známkování chmele. Od této doby byla přijata řada zákonných opatření. Poslední zákon byl přijat v roce 1997, zákon na ochranu chmele. V roce 2000 byl zákon na ochranu chmele novelizován a vyhláškou byly nově stanoveny chmelařské oblasti a chmelařské polohy. Nyní je tedy v žatecké oblasti začleněno 322 obcí, v ústěcké oblasti je 198 obcí a v tršické oblasti je to 83 obcí. Tyto oblasti mají stanovištní podmínky takové, které chmel vyžaduje. To znamená homogenních, středně těžké až těžké hnědé půdy.

Chmel není významný jen pro místní spotřebitele, ale i pro zahraniční odběratele.

Hlávky obsahují technologicky důležité hořké látky, které dávají pivu jeho charakteristickou chuť a aroma. Jsou to především α -hořké kyseliny, které jsou hlavním nositelem hořkosti piva. A β -hořké kyseliny mající antimikrobiální účinky proti řadě různých mikroorganismů, které se využívají v cukrovarnictví, lihovarství a chovu hospodářských zvířat.

2. Literární rešerše

2.1 Optimální podmínky pro pěstování chmele

2.1.1 Klima

Na severozápadní straně chmelařských oblastí leží Krušné hory a Doupovské vrchy, od severu toto území cloní Děčínské stěny a České středohoří. Tato pohoří vytváří známý dešťový stín (VRZALOVÁ *et al.*, 1994). Chmel je velice náročný na množství srážek a jejich správné rozložení během vegetační doby. Vodní deficit nejvíce ovlivňuje růst a při delším přetrvávání zapříčiňuje i malý výnos chmelových hlávek. Roční úhrn srážek by měl tedy být 450 – 600 mm (HNILÍČKOVÁ *et al.*,

2005). Nedostatek srážek na začátku vegetace nemá podstatný vliv na růst chmelových rév, avšak důležitý je červenec z hlediska utváření celkového habitu rostliny a ovlivnění tvorby květu. Deficit srážek se projevuje špičatými révami s kratšími postranními odnožemi ve vrchních částech rostliny. Rozhodující období pro vývoj chmelových rostlin je v srpnu (KOPECKÝ, 1991). Všeobecně platí, že nejdůležitější pro obsah hořkých látek jsou teploty, srážky a sluneční svit v období dozrávání tj. v období před technickou zralostí, resp. před sklizní (ZELENKA a PEJML, 1966).

Vrzalová *et. al.* (1994) uvádí, že průměrná teplotní roční konstanta by měla být od 7,5 °C do 8,5 °C. Na začátku vegetačního období chmel vyžaduje malé teplotní výkyvy. Nejvhodnější pro pěstování chmele jsou roky, kdy průměrná měsíční teplota v dubnu neklesá pod 7 °C a v květnu pod 11 °C. Při teplotě 5 °C zastavují nadzemní orgány svůj růst. V červnu a v červenci vyžaduje chmel průměrnou teplotu 15 °C až 18 °C. Červnové teploty rozhodují především o průběhu růstu a červencové a srpnové teploty s vlhkostními poměry o množení a kvalitě chmelových hlávek. Negativní vliv mají tropické dny.

1.1.1 Stanovištní podmínky

Chmel se pěstuje ve specifických chmelařských oblastech. Vyžaduje speciální stanovištní podmínky. Podle Štrance (2013) chmelovým porostům nejvíce prospívají homogenní, středně těžké až těžké hnědé půdy. Obecně tedy platí, že vhodné jsou hluboké a homogenní půdy v dobrém fyzikálním, agrochemickém a biologickém stavu (hnědozemě, rendziny a parandziny, černozemě ale i nezamokřené půdy nivní, event. lužní). Také uvádí, že naopak porostu nejméně prospívají otevřené, silně návětrné a tzv. polní polohy a vysychavější (lehčí) půdy. Na takovýchto půdách jsou nejen nižší výnosy, ale i malý obsah α -hořkých kyselin v hlávkách. Rostlina však díky svému mohutnému a hlubokému kořenovému systému může využívat zásoby vody ve spodních půdních horizontech.

1.2 Chmelařské oblasti

V Zákoně č. 97/1996 Sb., o ochraně chmele jsou vymezeny chmelařské oblasti a chmelařské polohy. Chmelařskými oblastmi jsou Žatecko, Úštěcko a Tršicko (viz. Obrázek č. 1). Chmelařské oblasti se mohou členit na chmelařské polohy, které jsou

součástmi chmelařských oblastí. Chmelařskými polohami jsou na Žatecku – Podlesí a Údolí Zlatého potoka a na Úštěcku - Polepská blata. Konkrétní seznam katastrálních území, která tvoří chmelařské oblasti a polohy je uveden v příloze 1 Vyhlášky č. 325/2004 Sb., k provedení zákona o ochraně chmele (Zákon č. 97/1996 Sb., o ochraně chmele).

Obr. č. 1: Chmelařské oblasti



zdroj: ROSA, 2009

1.2.1 Tršická oblast

V této oblasti jsou převážně hnědozemě. Na tomto území se vyskytují půdy hlinité středně těžké, s dobrým fyzikálním stavem a půdy těžší jílovitohlinité, převážně hnědozemního typu. Většina chmelnic se nachází v nadmořské výšce 260 – 300 m. n. m. Také klimatické podmínky zde hrají velikou roli. Roční úhrn srážek je 600 – 650 mm (ROSA, 2007).

1.2.2 Úštěcká oblast

Úštěcká oblast, která navazuje jihozápadním okrajem na oblast Žateckou, má nadmořskou výšku 150 – 200 m. n. m. a klima teplé, mírně suché. Samotné Úštěcko, s nadmořskou výškou 240 – 370 m. n. m. je však již výrazně chladnější a vlhčí (ŠTRANC *et al.*, 2007). Ve střední části zvané Polepská blata, jsou hlavním

půdotvorným substrátem nivní a lužní půdy (černice). Západní část leží převážně na černozemních půdách, východní na pararendzimách, severní na hnědozemích a černozemích a jižní na černozezi (ŠTRANC *et al.*, 2008).

1.2.3 Žatecká oblast

Centrum Žatecké oblasti leží na půdách permokarbonského geologického útvaru, které jsou označovány jako permské červenky. Tyto půdy vzniklé zvětráváním břidlic obsahují velké množství železa, jsou zrnitostně těžší až těžké, špatně propustné a chladné. Z hlediska půdního typu jsou to hnědozemě a kambizemě (ŠTRANC *et al.*, 2008).

1.3 Složení chmelových hlávek

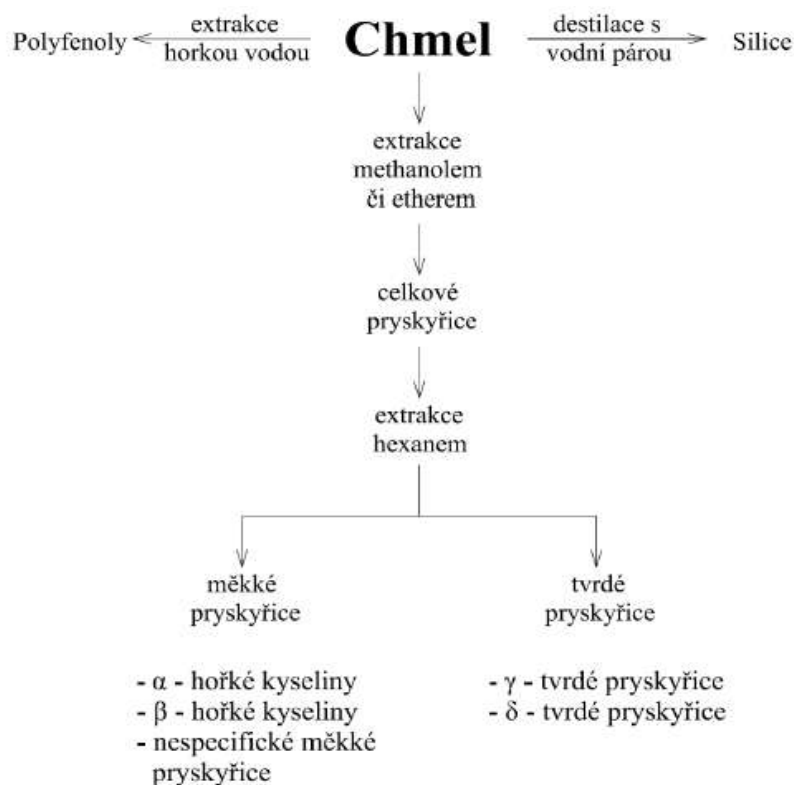
Chmel obsahuje pivovarsky důležité složky, kterými jsou chmelové pryskyřice, silice a polyfenoly a voda (BASAROVÁ, 2010). V tabulce č. 1 můžeme vidět průměrné složení sušených chmelových hlávek a na obrázku č. 2 je schéma, které znázorňuje, jak se dělí chmelové látky.

Tab. Č. 1: Průměrné složení sušených chmelových hlávek

Látka	Obsah (%)
Voda	8 – 12
Celkové pryskyřice	12 – 20
Polyfenolové látky (třísloviny)	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

zdroj: BASAROVÁ, 2010

Obr. č. 2: Schéma dělení účinných chmelových látek



Zdroj: KOSAŘ, 2000

1.3.1 Voda

Čerstvě sklizené hlávky obsahují 78 – 80 % vody. Hned po sklizni se chmel vysušuje na obsah vody 5 – 7 %. Po usušení se vlhkost hlávek zvýší přirozeným příjmem vlhkosti z ovzduší nebo klimatizací chmele na 11 – 12 %, aby byla možná další manipulace s hlávkami, protože při vlhkosti pod 10 % se hlávky snadno drolí (KOS, 2003).

1.3.2 Chmelové pryskyřice (označované též jako hořké látky)

Chmelové pryskyřice jsou hlavní látkou v hlávkách, jsou zdrojem hořkosti piva. Je to směs velmi těžko rozpustných látek. Člení se na měkké a tvrdé pryskyřice (KOS, 2003). Jejich transformační produkty také stabilizují pивní pěnu a díky antiseptickým účinkům zvyšují biologickou trvanlivost piva (MIKYŠKA a JURKOVÁ, 2014).

Měkké pryskyřice se skládají hlavně z α -hořkých kyselin, β -hořkých kyselin a nespecifických měkkých pryskyřic.

Tvrdé pryskyřice mají nepoměrně menší pivovarský význam, než měkké pryskyřice. V čerstvém šetrně sušeném chmelu je jejich obsah poměrně nízký. Zvyšuje se hlavně při skladování chmele za přístupu vzduchu a při vyšších teplotách (FRANČÁKOVÁ, 2005).

1.3.2.1 Alfa hořké kyseliny

Senzoricky jsou α -kyseliny v čistém stavu bez chuti a vůně. Při výrobě piva se ve fázi chmelovaru izomerují na tzv. iso- α -hořké kyseliny, které jsou hlavním nositelem hořkosti piva (KROFTA, 2008).

Jsou složeny ze tří hlavních složek

-humulonu

-adhumulonu

-kohumulonu

Poměry mezi těmito látkami jsou odlišné podle jednotlivých odrůd (KARABÍN at. al., 2009). Humulony se rozkládají na rozpustnější izohumulony, které se částečně mění na pryskyřice B a dále na kyselinu humulinovou (viz. dále). Nejvíce se α -hořké kyseliny vytrácejí na začátku chmelovaru a na konci je jich asi 60 % z celkového počtu a jsou v podobě izosloučenin (KAHLER, 1960).

1.3.2.2 Beta hořké kyseliny

Význam a využití β -kyselin chmele se odvíjí ve třech rovinách, pivovarské, antimikrobiální a fyziologické. V pivovarství je určující vlastností β -kyselin nízká rozpustnost ve vodných roztocích a schopnost oxidace na rozpustnější produkty. Oxidace probíhá při zpracování a skladování chmele a v malé míře při výrobě piva. Piva chmelená pre-oxidovanými β -kyselinami mají výraznou senzorickou hořkost, hořčící vydatnost oxidačních produktů β -kyselin chmele dosahuje přibližně 35–40 % hořkosti iso- α -kyselin. Byla shromážděna řada důkazů o biologických a farmakologických účincích chmelových hořkých kyselin a speciálně o účincích β -kyselin. Chmelové kyseliny jsou potenciálním zdrojem pro léčbu a/nebo prevenci

řady onemocnění včetně rakoviny, diabetu, osteoporózy, kardiovaskulárních chorob, zánětlivých procesů a metabolických poruch. Významné jsou antimikrobiální účinky proti řadě různých mikroorganismů, které již našly využití v cukrovarnictví, lihovarství a chovu hospodářských zvířat (KROFTA a MIKYŠKA, 2014).

1.3.2.3 Nespecifické měkké pryskyřice

Tyto látky se rozlišují na α -resupony a β -resupony podle toho, zda jsou odvozeny od α -hořkých nebo β -hořkých kyselin (MOŠTĚK a ČEPIČKA, 1969).

- **Alfa resupony**

Izohumulony – vznikají izomerací humulonů při chmelovaru piva, ale také při skladování chmele. Vzniklé izohumulony mají výrazně hořkou chuť.

Také tato skupina zahrnuje abeo-izohumulony označované I, II a III. Vznikají oxidací α -hořkých kyselin, izohumulonů a humulonů. Abeo-izohumulony nemají hořkou chuť, jsou dobře rozpustné ve vodě a mají pěnotvorné vlastnosti.

Pryskyřice B – vznikly jako degradační produkty, které vznikly odštěpením izobutylaldehydu z humulonů či izohumulonů.

Humulinové kyseliny – jsou konečným produktem hydrolyzy α -hořkých kyselin. Předpokládá se také, že vznikají z pryskyřice B. Chuť je trpce hořká.

Humuliony a izohumuliony – vznikají oxidací humulonů. Jejich význam je podobný jako u α -hořkých kyselin.

Oxyhumulinové kyseliny - tyto kyseliny zatím nebyly blíže prostudovány, avšak od kyselin se liší tím, že ve strukturním vzorci obsahují na šestém atomu uhlíku skupinu-OH místo – H (MOŠTĚK a ČEPIČKA, 1969).

- **Beta resupony**

Luputriony – jsou dalšími degradačními produkty β -hořkých kyselin.

Hulupony – vznikají degradací β -hořkých kyselin. Jde o středně silné kyseliny, málo rozpustné ve vodě a dobře rozpustné v organických rozpouštědlech. Chmel obsahuje huluponů 0,1 až 0,2 % (MOŠTĚK a ČEPIČKA, 1969).

Skladovaný chmel obsahuje 2 – 9 % α -hořkých kyselin, 6 – 8 % β -hořkých kyselin a 1 – 2 % γ -tvrdých pryskyřic. Čerstvé chmely obsahují 35 % α -hořkých kyselin, 46 – 48 % β -hořkých kyselin a 12 % γ -tvrdých pryskyřic z obsahu veškerých pryskyřic. Pokud chmel není čerstvý a/nebo byl poškozen sušením, obsahuje přes 15 % γ -tvrdých pryskyřic. Jestliže obsahuje nad 20 %, je chmel starý a/nebo byl špatně skladován. České chmely obsahují 12 – 14 % měkkých pryskyřic. U zahraničních to může být až 18 %. Obsah měkkých pryskyřic klesá stárnutím chmele na 8 – 10 % a současně stoupá zastoupení γ -tvrdých pryskyřic na 9 % (VLČEK a BÍLEK, 1962).

1.3.3 Chmelové polyfenoly -trísloviny

Zahrnují jednoduché fenolové kyseliny (gallovou, hydroxyskořicovou, kávovou, kumarovou) a jejich deriváty, dále polycyklické struktury nazývané flavonoidy (PRUGAR, 2008).

Jsou rozpustné ve vodě, a proto se dostávají až do konečného produktu. Obsah činí 0,4 – 2,0 % (KOS, 2003). Také mají přirozené antioxidační schopnosti (PRUGAR, 2008).

Zvláštní skupinu chmelových polyfenolů tvoří prenylované flavonoidy. Ty se stejně jako chmelové pryskyřice a silice při biosyntéze vylučují do lupulinových žláz. Mají bioaktivní účinky, a proto se používají pro lékařský a farmaceutický výzkum (PRUGAR, 2008).

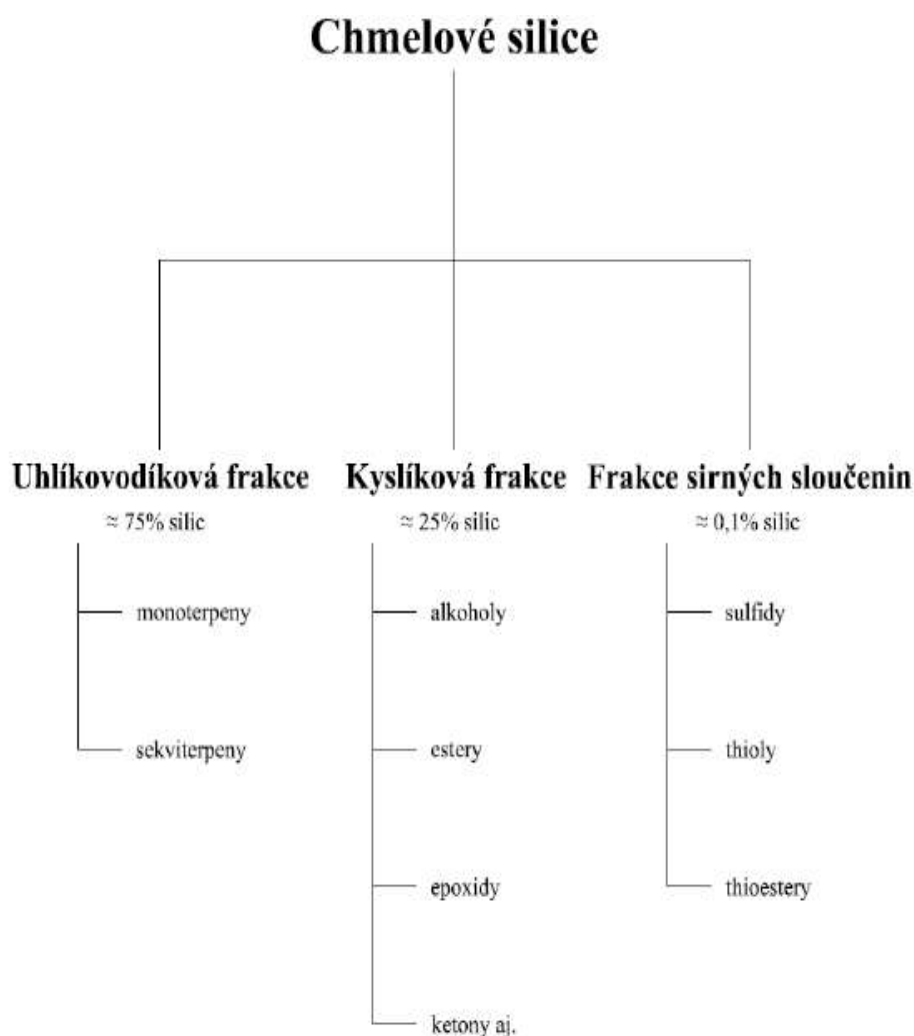
Chmel také obsahuje xanthohumol. To je látka, která je biologicky aktivní a nachází se výhradně ve chmelu a částečně přechází i do piva. Byly prokázány i protirakovinné, protizánětlivé, estrogenní a antimikrobiální účinky. Xanthohumol tvoří přechod mezi chmelovými pryskyřicemi a polyfenoly (JELÍNEK *et al.*, 2013).

1.3.4 Chmelové silice

Dávají chmelu typickou vůni. Při vaření piva se neuplatňují, protože jsou ve vodě nerozpustné a více jak 90 % při chmelovaru vytěká (KOS, 2003). Chmel

obsahuje 0,3 - 0,5 % chmelových silic, které jsou ukryty v lupulinových žlázách chmelové hlávky. Jsou součástí směsi několika set přírodních látek různého chemického složení, těkavosti a polariry. Chmelové silice se rozdělují do tří skupin látek. Nejvíce je zastoupená uhlovodíková frakce, která tvoří 70 až 80 % celkové hmotnosti silic. Zbývající podíl tvoří kyslíkaté a sirné látky. I přesto, že sirná frakce chmelových silic představuje pouze 1 % celkové hmotnosti, hraje důležitou roli ve vytváření celkového aroma chmele. Z kyslíkatých látek obsahují chmelové silice terpenické alkoholy linalool, geraniol a nerol, dále mezhyktony v homologické řadě od 2-heptanonu po 2-heptadekanon. Ve chmelových šišticích se nachází ještě řada dalších ketonů s větveným řetězcem, a to jak nasyceným, tak nenasyceným (KROFTA, 2008). Hlavní složení chmelových silic znázorňuje obrázek č. 3.

Obr. č. 3: Hlavní složky chmelových silic



Zdroj: KOSAŘ, 2000

1.3.5 Ostatní látky chmele

Tato skupina obsahuje látky, které jsou součástí chmele, ale nejsou významné. Jako například celulóza, která je součástí podpůrných rostlinných pletiv, nebo pektin. Z rozpustných sacharidů chmel obsahuje průměrně 3,5 % glukózy a fruktózy. V menším množství sacharózu a rafinózu (MOŠTĚK a ČEPIČKA, 1969).

Chmel také obsahuje problémové látky jako například dusičnany. Nejvyšší obsah je v hlávkovém chmelu 0,5 – 1 %, zatímco ve chmelových výrobcích je jejich obsah podle způsobu zpracování obvykle snížen - granulovaný chmel a/nebo úplně odstraněn - extrakty na bázi oxidu uhličitého (PRUGAR, 2008).

1.4 Odrůdy

Odrůdy chmele se zařazují do 5 skupin podle obsahu hořkých kyselin:

1.4.1 Jemné aromatické

K jemně aromatickým odrůdám chmele patří genetický okruh žateckého chmele. Zaručuje světový standart jakosti se skvělou chutí a vůní vyrobeného piva (HAJŠL, 2005).

1.4.1.1 Žatecký poloraný červeňák

Tato odrůda byla získána výběrem klonů v původních porostech v žatecké a ústěcké oblasti (NESVADBA *et al.*, 2012) Žatecký poloraný červeňák je známý svou jemnou chmelovou vůní, jemným věténkem a vyrovnaným obsahem alfa a beta kyselin (HÁJEK, 2007). Na základě Nařízení Komise č. 503/2007 ze dne 8. května 2007 bylo označení Žatecký chmel (PDO) zapsáno do Rejstříku chráněných označení původu a chráněných zeměpisných označení. V rámci Evropské unie se jedná o první udělené označení týkající se chmele a o jedno z prvních označení udělené českému zemědělskému nebo potravinářskému výrobku (HÁJEK, 2007). Obsah hlavních látek chmelových šištic odrůdy Žatecký poloraný červeňák je uveden v tabulce č. 2.

Tab. č. 2: Obsah vybraných látek chmelových šištic odrůdy Žatecký poloraný červeňák

Celkové pryskyřice (% hm.)	13,0 - 20,0
Alfa kyseliny (% hm.)	2,5 – 4,5
Beta kyseliny (% hm.)	4,0 – 6,0
Celkové polyfenoly (% hm.)	5,5 – 7,0
Xanthohumol (% hm.)	0,3 – 0,1
Obsah silic (g/100g)	0,4 – 0,8

zdroj: NESVADBA *et al.*, 2012

1.4.2 Aromatické

1.4.2.1 Sládek

Odrůda Sládek vznikla křížením a je pro ni charakteristický vysoký podíl beta hořkých kyselin a vysoký výnosový potenciál. Ve svém původu má Žatecký poloraný červeňák, který má za příčinu vysoký obsah beta hořkých kyselin, které zjemňují hořkost piva. Právě díky tomu, že dává pivu vyváženou hořkost a příjemné chmelové aroma, je registrován pod názvem Sládek (NESVADBA *et al.*, 2012). Obsah hlavních látek chmelových šištic odrůdy Sládek je uveden v tabulce č. 3.

Tab. č. 3: Obsah vybraných látek chmelových šištic odrůdy Sládek

Celkové pryskyřice (% hm.)	17 - 24
Alfa kyseliny (% hm.)	4,5 – 8,0
Beta kyseliny (% hm.)	4,0 – 7,0
Celkové polyfenoly (% hm.)	3,5 – 5,0
Xanthohumol (% hm.)	0,50 – 0,75
Celkový obsah silic (g/100g)	1,0 – 2,0

zdroj: NESVADBA *et al.*, 2012

1.4.2.2 Harmonie

Odrůda Harmonie vznikla křížením a stejně jako Sládek má vysoký obsah beta hořkých kyselin, ale oproti němu má vyšší obsah chmelových pryskyřic. Harmonie byla registrována v roce 2004. Pivovarské testy, kterými prošla odrůda Harmonie, prokazují, že vůně piva má vysokou kvalitu a intenzitu. Aroma je kořenité, chmelové (HAJŠL, 2005). Název je odvozen od harmonického složení chmelových pryskyřic (NESVADBA *et al.*, 2012). Obsah hlavních látek chmelových šištic odrůdy Harmonie je uveden v tabulce č. 4.

Tab. č. 4: Obsah vybraných látek chmelových šištic odrůdy Harmonie

Celkové pryskyřice (% hm.)	22 - 26
Alfa kyseliny (% hm.)	5,0 – 8,0
Beta kyseliny (% hm.)	5,0 – 8,0
Celkové polyfenoly (% hm.)	3,5 – 4,5
Xanthohumol (% hm.)	0,4 – 0,7
Celkový obsah silic (g/100g)	3,5 – 4,5

zdroj: NESVADBA *et al.*, 2012

1.4.3 Jemné hořké

Odrůdy, které patří do této skupiny, se šlechtí s cílem dosáhnout vyššího obsahu alfa kyselin kolem 6 – 7 % a zvýšení výnosů na 1,5 – 2,0 t*ha⁻¹. Tyto odrůdy byly získány teprve nedávno křížením hořkých odrůd s místními aromatickými odrůdami (HAJŠL, 2005).

1.4.3.1 Kazbek

Odrůda Kazbek byla vyvinuta selekcí z potomstva hybridního materiálu, který měl v původu ruský planý chmel. Aroma Kazbeku není typicky chmelové, ale kořenité – citrónové. Svůj název získal kvůli své robustnosti a stabilitě. Protože Kazbek je nejvyšší horou středního Kavkazu, a jsou pro ni charakteristické tyto vlastnosti (HAJŠL, 2005). Obsah hlavních látek chmelových šištic odrůdy Kazbek je uveden v tabulce č. 5.

Tab. č. 5: Obsah vybraných látek chmelových šištic odrůdy Kazbek

Celkové pryskyřice (% hm.)	17 - 22
Alfa kyseliny (% hm.)	5,0 – 8,0
Beta kyseliny (% hm.)	4,0 – 6,0
Celkové polyfenoly (% hm.)	3,5 – 4,5
Xanthohumol (% hm.)	0,30 – 0,45
Celkový obsah silic (g/100g)	0,9 – 1,8

zdroj: NESVADBA *et al.*, 2012

1.4.4 Hořké

Tato skupina se skládá z odrůd se zvýšeným obsahem alfa kyselin na 6 – 10 %, které postrádají přijatelné chmelové aroma. Avšak dávají velmi dobrou sklizeň od 1,3 do 2,0 t*ha⁻¹ (HAJŠL, 2005).

1.4.4.1 Premiant

Pro tuto odrůdu je charakteristické, že má vyšší podíl alfa hořkých kyselin a vysoký výnosový potenciál. Vznikla křížením a v původu má 50 % Žateckého poloraného červeňáku. Má nízký obsah kohumulonu a pozitivně ovlivňuje jemnost hořkosti piva (HAJŠL, 2005). Své jméno dostal podle tradičního českého dvanáctistupňového piva „Prémium“, které má vysokou plnost chuti, silný říz a výraznou chmelovou hořkost (NESVADBA *et al.*, 2012). Obsah hlavních látek chmelových šištic odrůdy Premiant je uveden v tabulce č. 6.

Tab. č. 6: Obsah vybraných látek chmelových šištic odrůdy Premiant

Celkové pryskyřice (% hm.)	19 - 25
Alfa kyseliny (% hm.)	7,0 – 10,0
Beta kyseliny (% hm.)	3,5 – 5,5
Celkové polyfenoly (% hm.)	4,0 – 5,0
Xanthohumol (% hm.)	0,3 – 0,5
Celkový obsah silic (g/100g)	1,0 – 2,0

zdroj: NESVADBA *et al.*, 2012

1.4.4.2 Agnus

Tato odrůda má v genetickém původu Sládek, proto má také vyšší obsah beta kyselin. Pivovarská kvalita je srovnatelná se zahraničními odrůdami a podle pivovarských výsledků má největší vliv na stabilitu piva (NESVADBA, 2007). Odrůda Agnus získala své jméno na počest významného šlechtitele chmele Beránka, které je přeloženo do latiny „Agnus“ (NESVADBA *et al.*, 2012). Obsah hlavních látek chmelových šištic odrůdy Agnus je uveden v tabulce č. 7.

Tab. č. 7: Obsah vybraných látek chmelových šištic odrůdy Agnus

Celkové pryskyřice (% hm.)	26 - 32
Alfa kyseliny (% hm.)	9,0 – 12,0
Beta kyseliny (% hm.)	4,0 – 6,5
Celkové polyfenoly (% hm.)	4,0 – 5,5
Xanthohumol (% hm.)	0,7 – 1,1
Celkový obsah silic (g/100g)	2,0 – 3,0

zdroj: NESVADBA *et al.*, 2012

1.4.4.3 Rubín

Rubín je odrůda, která byla vyšlechtěna z odrůdy Bor (byl nahrazen odrůdou Premiant) a samčí rostliny několikrát křížené (Žatecký poloraný červeňák a Northern Brewer (HAJŠL, 2005). Své pojmenování „Rubín“ získal podle barvy révy (NESVADBA *et al.*, 2012). Obsah hlavních látek chmelových šištic odrůdy Rubín je uveden v tabulce č. 8.

Tab. č. 8: Obsah vybraných látek chmelových šištic odrůdy Rubín

Celkové pryskyřice (% hm.)	22 - 27
Alfa kyseliny (% hm.)	9,0 – 12,0
Beta kyseliny (% hm.)	3,5 – 5,0
Celkové polyfenoly (% hm.)	3,0 – 4,5
Xanthohumol (% hm.)	0,45 – 0,75
Celkový obsah silic (g/100g)	1,0 – 2,0

zdroj: NESVADBA *et al.*, 2012

1.4.5 Vysokoobsažné

Tato skupina obsahuje odrůdy, které mají obsah alfa kyselin od 12 -16 % a výnosy 2,0 – 4,0 t*ha⁻¹ (HAJŠL, 2005).

1.4.5.1 Vital

Odrůda Vital je vyšlechtěna z potomstva F1 generace matečné odrůdy Agnus. Díky vysokému obsahu xanthohumulu se Vital pěstuje i pro nepotravinářské využití např. pro farmacii nebo pro výrobu doplňků stravy. Proto také získal jméno Vital. Aroma má chmelové i kořenité (NESVADBA *et al.*, 2012). Obsah hlavních látek chmelových šištic odrůdy Vital je uveden v tabulce č. 9.

Tab. č. 9: Obsah vybraných látek chmelových šištic odrůdy Rubín

Celkové pryskyřice (% hm.)	25 - 30
Alfa kyseliny (% hm.)	12,0 – 16,0
Beta kyseliny (% hm.)	6,0 – 10,0
Celkové polyfenoly (% hm.)	3,5 – 4,5
Xanthohumol (% hm.)	0,7 – 1,0
Celkový obsah silic (g/100g)	1,5 – 2,5

zdroj: NESVADBA *et al.*, 2012

3. Cíl práce

Cílem této práce je stanovit obsah α - a β -hořkých kyselin ve vzorcích chmele získaných z různých typů chmelnic (konvenční popřípadě bioprodukce) a pěstitelských oblastí, z různé nadmořské výšky, z rozdílných termínů zahájení sklizně popřípadě odlišného způsobu posklizňového zpracování. Získané výsledky graficky, tabulkově a statisticky zpracovat. Formulovat závěry a případná doporučení.

4. Metodika

Pro diplomovou práci byly použity vzorky chmele odrůd Žatecký poloraný červeňák, Premiant a Sládek ze sklizně roku 2015. Chmelové hlávky byly poskytnuty od Chmelařského institutu s.r.o. a od Chmelařství, družstvo Žatec. Celkem bylo zkoumáno 10 vzorků chmele. Chmelařský institut věnoval vzorek z odrůdy Premiant z konvenčního i ekologického způsobu pěstování. Chmelařské družstvo darovalo 3 vzorky odrůdy Žatecký poloraný červeňák, 3 vzorky odrůdy Sládek a 2 vzorky odrůdy Premiant, všechny tento chmel byl pěstován konvenčním způsobem. Vzorky všech tří odrůd byly sebrány v hlavních pěstitelských oblastech (Žatecko, Úštěcko a Tršicko). Tabulka č. 10 znázorňuje přesné polohy, ze kterých byl chmel odebrán.

Tab. č. 10: Oblasti pěstování zkoumaných vzorků

Odrůda	Žatecký poloraný červeňák		
Oblast	Žatecko	Úštěk	Tršice
Obec	Soběchleby	Bukol	Senice na Hané
Odrůda	Sládek		
Oblast	Žatecko	Úštěk	Tršice
Obec	Kněžice	Račice u Štětí	Lipník nad Bečvou
Odrůda	Premiant		
Oblast	Žatecko	Úštěk	Tršice
Obec	Stekník	Sířejovice	Velký Týnec
Odrůda	Premiant BIO		
Oblast	Žatec		
Obec	Stekník		

V pěstebních oblastech zkoumaných vzorků byly zjišťovány nadmořské výšky, teploty a srážky. Nadmořská výška byla určena pomocí Mapového serveru a Mapy.cz. Teplotní údaje a množství srážek byly zaslány Českým hydrometeorologickým ústavem v Plzni. Nadmořské výšky, průměrné teploty a srážky za vegetační období chmele zobrazuje tabulka č. 11.

Tab. č. 11: Oblasti pěstování zkoumaných vzorků s nadmořskými výškami, s průměrnými teplotami a srážkami za vegetační období chmele

Odrůda	Žatecký poloraný červeňák		
Oblast	Žatecko	Ústěck	Tršice
Obec	Soběchleby	Bukol	Senice na Hané
Nadmořská výška (m.n.m.)	305	166	237
Množství srážek (mm)	290,7	219,6	187,7
Průměrné teploty (°C)	16,14	16,36	17,66
Odrůda	Sládek		
Oblast	Žatecko	Ústěck	Tršice
Obec	Kněžice	Račice u Štětí	Lipník nad Bečvou
Nadmořská výška (m.n.m.)	249	235	235
Množství srážek (mm)	290,7	254	241,5
Průměrné teploty (°C)	16,14	17,1	16,92
Odrůda	Premiant		
Oblast	Žatecko	Ústěck	Tršice
Obec	Stekník	Sířejovice	Velký Týnec
Nadmořská výška (m.n.m.)	198	182	262
Množství srážek (mm)	290,7	254	187,7
Průměrné teploty (°C)	16,14	17,1	17,66
Odrůda	Premiant BIO		
Oblast	Žatec		
Obec	Stekník		
Nadmořská výška (m.n.m.)	198		
Množství srážek (mm)	290,7		
Průměrné teploty (°C)	16,14		

Zdroj: ČHMÚ

Pozn.: Množství srážek a průměrné teploty jsou uvedeny pro vegetační období (duben – srpen).

Ve vzorcích chmele byly stanoveny α - a β -hořké kyseliny pomocí vysokotlaké kapalinové chromatografie (metoda EBC 7.7). Byla provedena tři opakování měření.

Směs hořkých kyselin byla získána z chmelových šišek (10 g), 120 ml methanolu a miethyletheru v poměru 1: 5. Roztok se míchal 30 minut. Následně bylo do směsi přidáno 40 ml 0,1 M kyseliny chlorovodíkové a směs se extrahovala 10 minut. Do odměrné baňky o obsahu 50 ml bylo převedeno 5 ml supernatantu a doplněno methanolem. Směs byla filtrována přes filtr Millipore (0,45 μ m PTFE). Vlastní HPLC analýza byla provedena za použití zařízení UltiMate 3000 (Thermo Scientific, USA) s UV detektorem a LC/MS (Agilent, Německo). Použitá kolona – Grom Bier Bitter, 7 μ m, 125 x 4 mm, od společnosti Alltech (Grace Davinson, USA). Mobilní fáze se skládala ze směsi rozpouštědel: A (methanol) a B (methanol: voda: orthofosforečné kyseliny, 775: 10: 9, v / v / v). Čas analýzy – 20 min, průtok – 1 ml*minuta⁻¹, dávkovaný objem – 10 μ l, teplota kolony – 40 ° C, vlnová délka použitá pro detekci všech vzorků – 314 nm.

Pro stanovení závislosti mezi obsahem hořkých kyselin a nadmořskou výškou, teplotou a srážkami za vegetaci byl použit Pearsonův korelační koeficient na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Data měla na základě provedení Shapiro-Wilkova testu normální rozdělení. Pro srovnání rozdílů v množství α - a β -hořkých kyselin mezi všemi oblastmi, ze kterých byly získány vzorky chmele, byla provedena jednofaktorová analýza rozptylu (ANOVA) s použitím post hoc Tukeyova HSD testu ($\alpha = 0,05$).

5. Výsledky a diskuse

5.1 Obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin

Naměřené hodnoty ve vzorcích chmele byly srovnány s Atlasem českých odrůd chmele (2012).

5.1.1 Obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin odrůdy Žatecký poloraný červeňák

V tabulce č. 12 jsou zobrazeny naměřené hodnoty α - a β -hořkých kyselin z odebraných vzorků odrůdy Žatecký poloraný červeňák. Z grafu č. 1 je patrné, že nejvyšší obsah α - a β -hořkých kyselin je v Ústěcké oblasti v obci Bukol, druhý nejvyšší na Žatecku v obci Soběchleby a nejmenší na Tršicku v obci Senice na Hané.

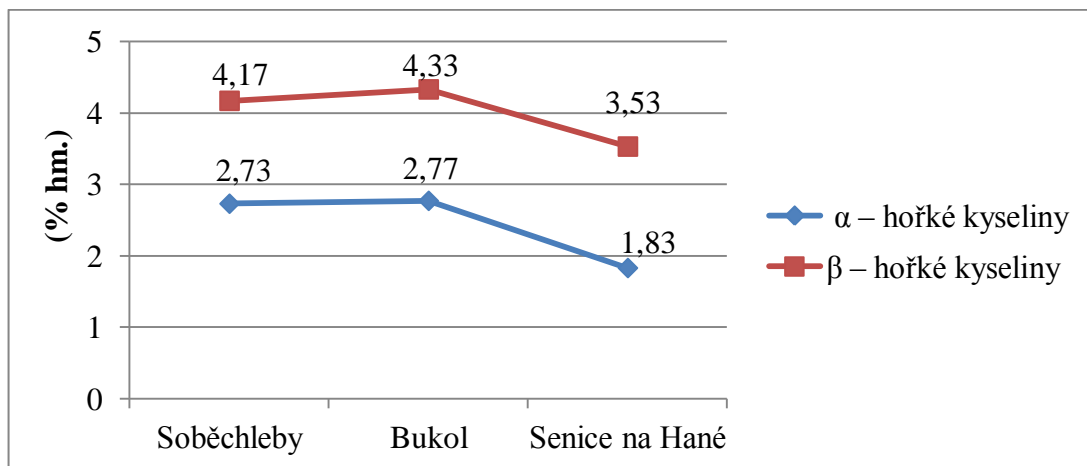
Tab. č. 12: Obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin odrůdy ŽPČ ve sledovaných oblastech

Odrůda	Žatecký poloraný červeňák		
Oblast	Žatecko	Ústěk	Tršice
Obec	Soběchleby	Bukol	Senice na Hané
α -kyseliny (% hm.)	2,7/2,7/2,8	2,8/2,8/2,7	1,9/1,8/1,8
β -kyseliny (% hm.)	4,2/4,1/4,2	4,3/4,3/4,4	3,6/3,5/3,5
Průměr α -kyselin (% hm.)	2,73±0,05	2,77±0,05	1,83±0,05
Průměr β -kyselin (% hm.)	4,17±0,05	4,33±0,05	3,53±0,05

Pozn.: průměr±směrodatná odchylka

Množství chmelových pryskyřic získané ze vzorků chmele z obcí Soběchleby a Bukol je v rozmezí 2,5 – 4,5 % hmotnosti α -hořkých kyselin a 4,0 – 6,0 % hmotnosti β -hořkých kyselin, které uvádí Atlas českých odrůd chmele (2012). Chmelové hlávky v obci Senice na Hané obsahují množství α - a β -hořkých kyselin pod hranicí minima.

Graf č. 1: Obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin zkoumaných vzorků Žateckého poloraného červeňáku ve sledovaných oblastech



5.1.2 Obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin odrůdy Sládek

Tabulka č. 13 znázorňuje množství α - a β -hořkých kyselin naměřené ve vzorcích odrůdy Sládek. Z grafu č. 2 je patrné, že největší zastoupení α - a β -hořkých kyselin je stejně jako u Žateckého poloraného červeňáku v Úštěcké oblasti, tentokrát v obci Račice u Štětí. Jako druhá v množství obsahu α - i β -hořkých kyselin ve chmelu je Žatecká oblast, obec Kněžice a jako třetí Tršická oblast, obec Lipník nad Bečvou.

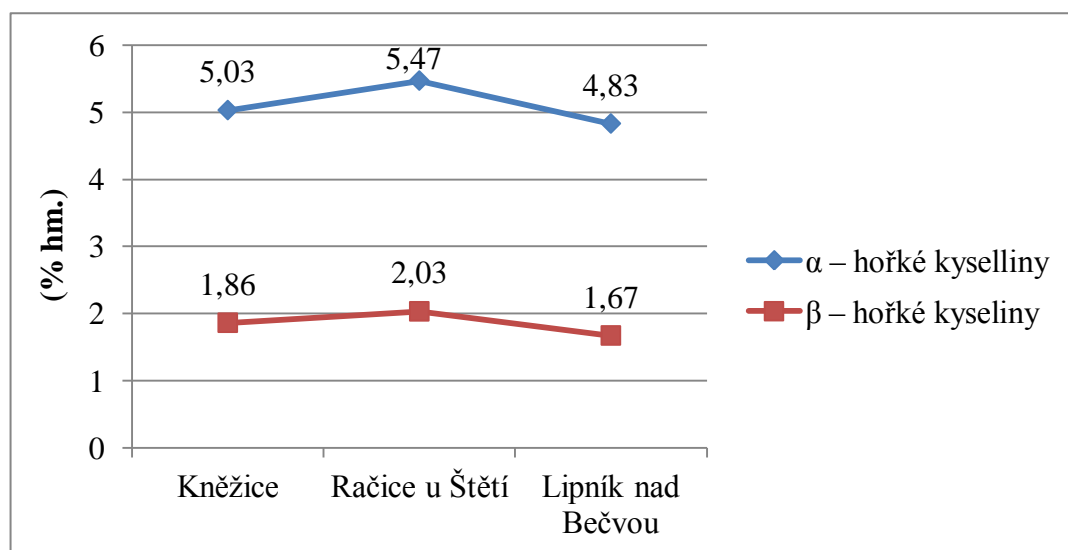
Tab. č. 13: Obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin odrůdy Sládek ve sledovaných oblastech

Odrůda	Sládek		
	Žatecko	Úštěk	Tršice
Oblast	Kněžice	Ráčice u Štětí	Lipník nad Bečvou
α -kyseliny (% hm.)	5,0/5,1/5,0	5,5/5,4/5,5	4,9/4,8/4,8
β -kyseliny (% hm.)	1,9/1,8/1,9	2,0/1,9/2,2	1,7/1,6/1,7
Průměr α -kyselin (% hm.)	5,03±0,05	5,47±0,05	4,83±0,05
Průměr β -kyselin (% hm.)	1,86±0,05	2,03±0,15	1,67±0,05

Pozn.: průměr±směrodatná odchylka

Hodnoty α -hořkých kyselin naměřené ve chmelu všech tří pěstebních oblastí se vešly do rozmezí 4,5 – 8,0 % hmotnosti, které uvádí Atlas českých odrůd chmele (2012). Oproti tomu u β -hořkých kyselin, které mají dané rozmezí 4,0 – 7,0 % hmotnosti, nesplňoval ani jeden vzorek hranici minima.

Graf č. 2: Obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin zkoumaných vzorků odrůdy Sládek ve sledovaných oblastech



5.1.3 Obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin odrůdy Premiant

Tabulka č. 14 popisuje množství α - a β -hořkých kyselin v měřených vzorcích odrůdy Premiant. Největší zastoupení α - i β -hořkých kyselin má chmel odrůdy Premiant pěstovaný v Žatecké oblasti v obci Stekník. Množství α -hořkých kyselin je stejné jak u chmele pěstovaného konvenčním způsobem, tak ekologickým, kdežto u β -hořkých kyselin se množství liší. V odebraných vzorcích bylo více β -hořkých kyselin ve chmelu pěstovaném ekologickým způsobem. Druhé největší množství α - i β -hořkých kyselin bylo naměřeno v Tršické oblasti v obci Velký Týnec a nejméně chmelových pryskyřic obsahoval chmel pěstovaný v Ústěcké oblasti v obci Sirejovice (graf č. 3).

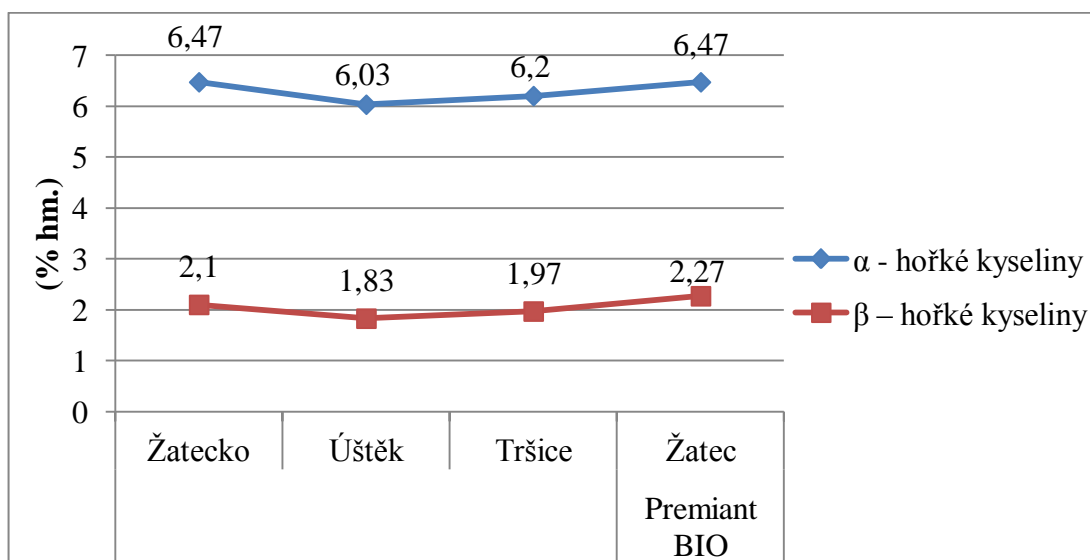
Tab. č. 14: Obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin odrůdy Premiant ve sledovaných oblastech

Odrůda	Premiant			Premiant BIO
Oblast	Žatecko	Úštěk	Tršice	Žatec
Obec	Stekník	Sířejovice	Velký Týnec	Stekník
α -kyseliny (% hm.)	6,5/6,5/6,4	6,0/6,1/6,0	6,3/6,2/6,1	6,4/6,5/6,5
β -kyseliny (% hm.)	2,1/2,0/2,2	1,9/1,8/1,8	1,9/2,1/1,9	2,2/2,3/2,3
Průměr α -kyselin (% hm.)	6,47±0,05	6,03±0,05	6,2±0,1	6,47±0,05
Průměr β -kyselin (% hm.)	2,1±0,1	1,83±0,05	1,97±0,12	2,27±0,05

Pozn.: průměr±směrodatná odchylka

Žádná z naměřených hodnot pryskyřic odrůdy Premiant není v rozmezí 7,0 – 10,0 % hmotnosti α -hořkých kyselin ani 3,5 – 5,5 % hmotnosti β -hořkých kyselin, které udává Atlas českých odrůd chmele (2012).

Graf č. 3: Obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin zkoumaných vzorků odrůdy Premiant ve sledovaných oblastech



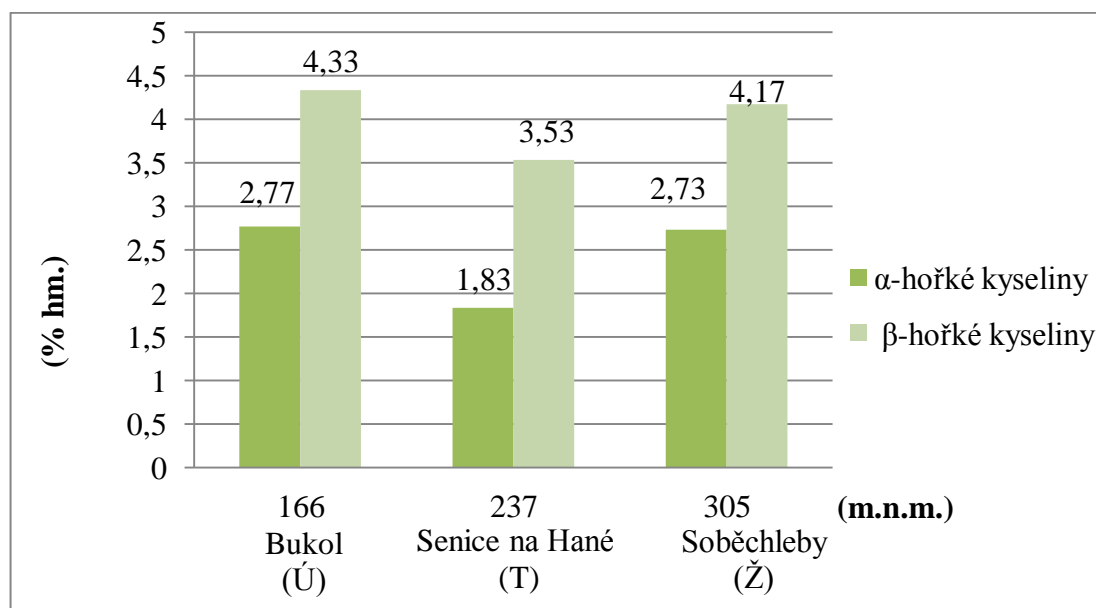
Rozdíl mezi jednotlivými oblastmi z hlediska množství α - a β -hořkých kyselin je statisticky nevýznamný ($p > 0.05$).

5.2 Vliv nadmořské výšky na obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin

5.2.1 Vliv nadmořské výšky na obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin Žateckého poloraného červeňáku

Z grafu č. 4 je zjevné, že nejvíce α - i β -hořkých kyselin bylo naměřeno ve chmelu v obci Bukol ve výšce 166 m. n. m. a nejméně v obci Senice na Hané ve výšce 237 m. n. m. Mezi tímto množstvím chmelových pryskyřic se nachází obec Soběchleby s nadmořskou výškou 305 m. n. m. Nadmořská výška v tomto rozmezí nemá téměř žádný vliv ($r = -0,05$; $p < 0,05$) na obsah α -hořkých kyselin. U β -hořkých kyselin je rozdíl vlivem nadmořské výšky mezi těmito oblastmi o něco větší ($r = -0,20$; $p < 0,05$). Vzhledem k tomu, že korelační koeficient nabývá záporných hodnot, můžeme konstatovat, že v našem případě s přibývajícím nadmořskou výškou klesá obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin.

Graf č. 4: Obsah α - a β -hořkých kyselin ŽPČ ve vztahu k nadmořské výšce



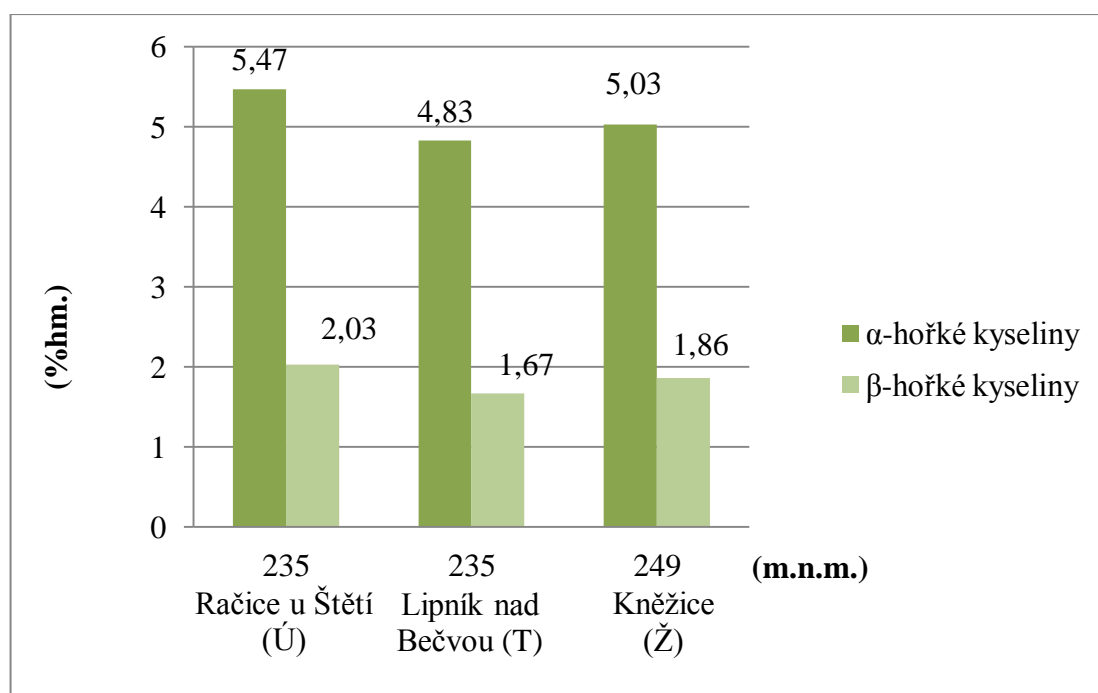
Pozn.: Ú=Úštěcko, T=Tršicko, Ž=Žatecko

5.2.2 Vliv nadmořské výšky na obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin odrůdy Sládek

Obsah α - i β -hořkých kyselin ve chmelových hlávkách u odrůdy Sládek je nejvyšší v Račicích u Štětí s nadmořskou výškou 235 m. n. m. A i přesto, že Lipník

nad Bečvou je ve stejné nadmořské výšce, obsahuje chmelových pryskyřic nejméně. Nejnižše položené Kněžice v nadmořské výšce 249 m. n. m. mají zastoupení, s obsahem α - i β -hořkých kyselin ve chmelu, mezi těmito dvěma obcemi (graf č. 5). Podle korelačního koeficientu z měřených vzorků chmele je odrůda Sládek méně citlivá na nadmořskou výšku než odrůda Žatecký poloraný červeňák. U množství α -hořkých kyselin je vazba na nadmořskou výšku malá ($r = -0,21$; $p < 0,05$) a u β -hořkých kyselin je ještě menší ($r = -0,03$; $p < 0,05$). Díky záporným hodnotám korelačního koeficientu můžeme tvrdit, že u našich vzorků s přibývajícím nadmořskou výškou množství α -hořkých i β -hořkých kyselin klesá.

Graf č. 5: Obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin odrůdy Sládek ve vztahu k nadmořské výšce



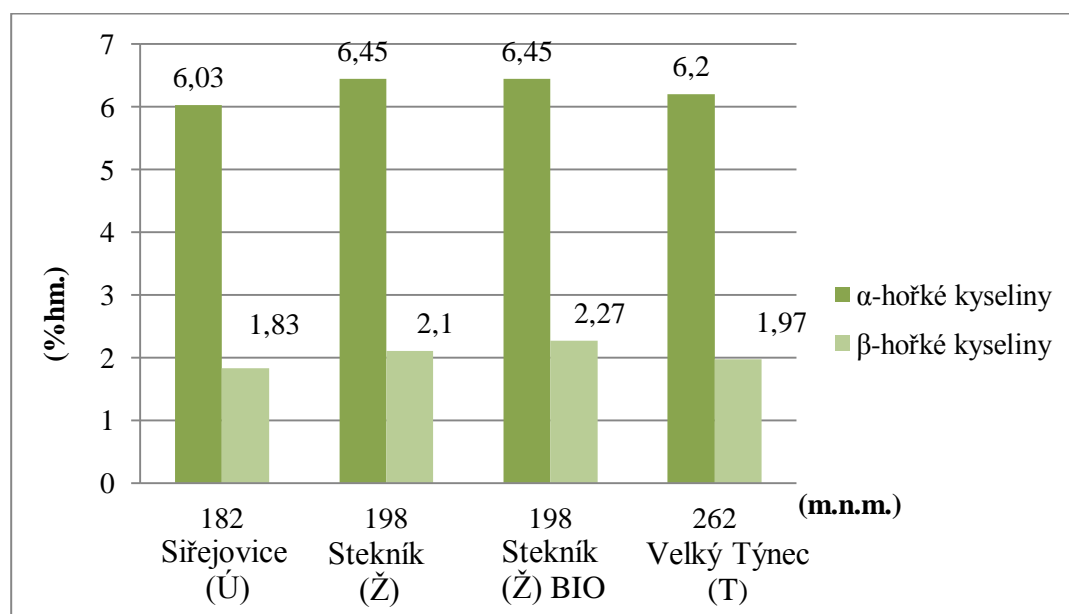
Pozn.: Ú=Úštěcko, T=Tršicko, Ž=Žatecko

5.2.3 Vliv nadmořské výšky na obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin odrůdy Premiant

Z grafu č. 6 je patrné, že nejvyšší obsah α - i β -hořkých kyselin má chmel pěstovaný v obci Stekník v nadmořské výšce 198 m. n. m. Jak už bylo výše uvedeno, chmel pěstovaný konvenčním i ekologickým způsobem má stejné množství α -hořkých kyselin, ale rozdílné množství β -hořkých kyselin. Z pěstebních oblastí, ze

kterých byl odebrán chmel odrůdy Premiant, má nejvyšší nadmořskou výškou obec Velký Týnec a nejnižší obec Sirejovice. Podle korelačního koeficientu, vypočítaného z hodnot zkoumaných vzorků chmele, nemá nadmořská výška téměř žádný vliv ani na α -hořké kyseliny ($r = -0,06$; $p < 0,05$), ani na β -hořké kyseliny ($r = -0,06$; $p < 0,05$). Stejně tak jako u odrůd Žatecký poloraný červeňák a Sládek má korelační koeficient zápornou hodnotu. To v našem případě znamená, že s přibývajícím nadmořskou výškou obsah α - i β -hořkých kyselin klesá.

Graf č. 6: Obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin odrůdy Premiant ve vztahu k nadmořské výšce



Pozn.: Ú=Úštěcko, T=Tršicko, Ž=Žatecko

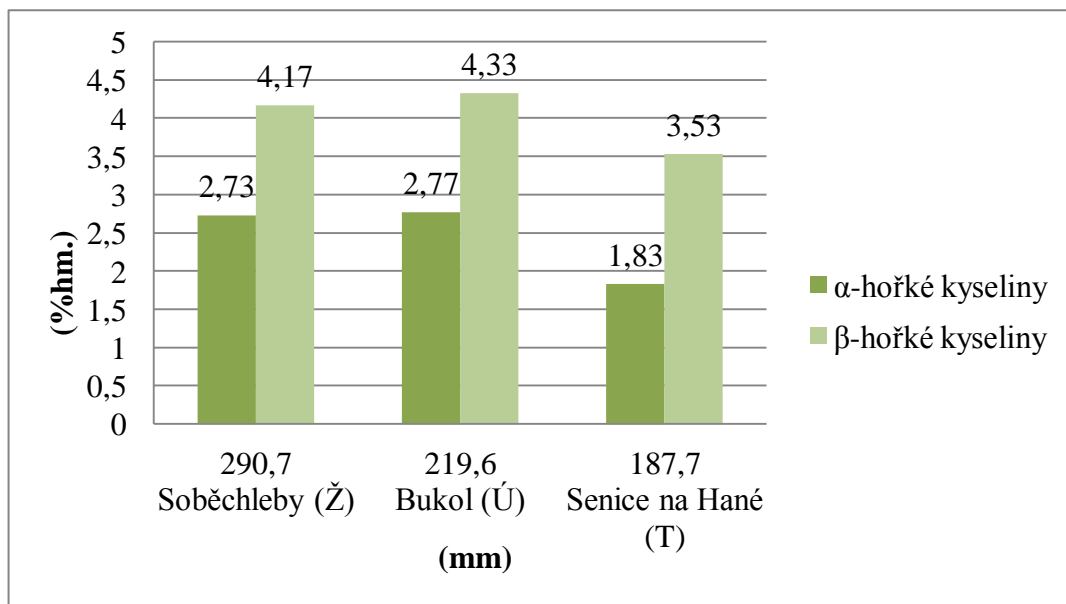
Ze zjištěných korelačních koeficientů je zřejmé, že nadmořská výška na obsah α - ani β -hořkých kyselin nemá téměř žádný vliv. Tento výsledek mohl být dán i tím, že všechny vzorky byly odebrány z lokalit, ve kterých se pěstování chmele daří (v nadmořské výšce od 166 do 305 m. n. m.). Větší vliv na obsah chmelových pryskyřic z hlediska polohy chmelnic může mít půdní druh a typ nebo povětrnostní podmínky.

5.3 Vliv množství srážek na obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin

5.3.1 Vliv množství srážek na obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin Žateckého poloraného červeňáku

Nejvíce srážek z měřených lokalit pěstování ŽPČ v období vegetace spadlo v obci Soběchleby, která má druhé největší množství α - i β -hořkých kyselin. O něco méně srážek spadlo v obci Bukol, jejíž množství α - a β -hořkých kyselin ve chmelu je největší. Nejméně srážek bylo v obci Senice na Hané. Zde chmelové hlávky obsahují α - i β -hořkých kyselin nejméně (graf č. 7). Z korelačního koeficientu vyplývá, že množství srážek za vegetační období má značný vliv na obsah α -hořkých kyselin ($r = 0,71$; $p < 0,05$) i β -hořkých kyselin ($r = 0,6$; $p < 0,05$). Z toho je zřejmé, že u našich vzorků platí, čím větší množství srážek, tím má Žatecký poloraný červeňák více α - i β -hořkých kyselin.

Graf č. 7: α -hořké a β -hořké kyseliny odrůdy ŽPČ ve srovnání s množstvím srážek za vegetační období 2015

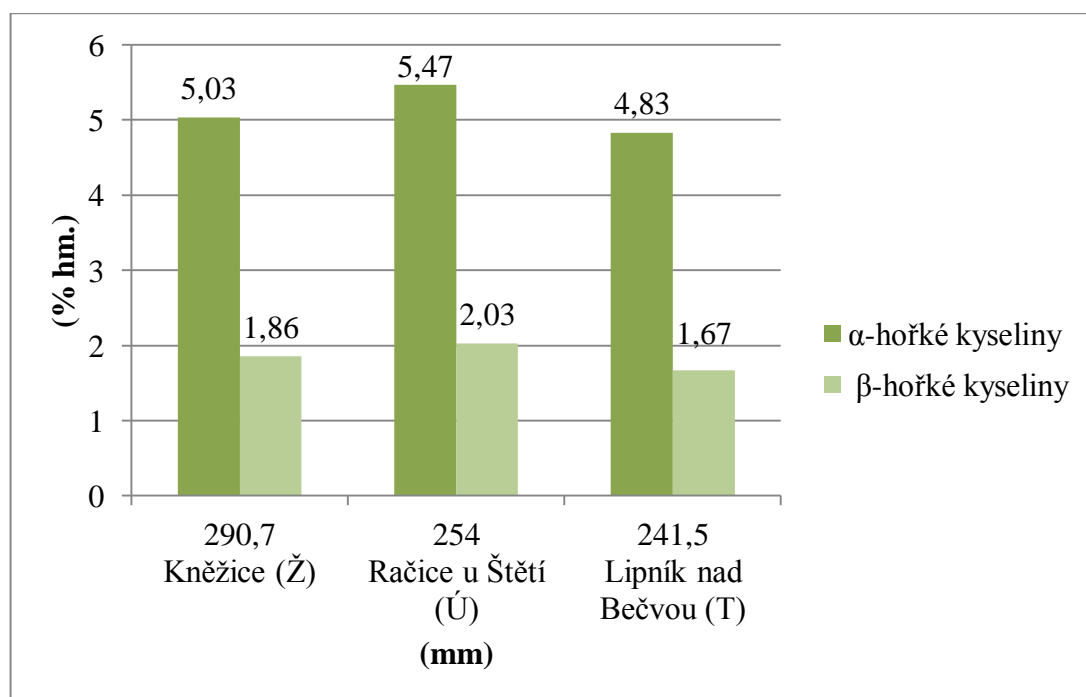


Pozn.: Ú=Úštěcko, T=Tršicko, Ž=Žatecko

5.3.2 Vliv množství srážek na obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin odrůdy Sládek

Z grafu č. 8 je patrné, že největší množství srážek za vegetační období z měřených lokalit, kde byla pěstována odrůda Sládek, bylo v obci Kněžice. Tento chmel měl α - a β -hořkých kyselin o něco méně, než chmel pěstovaný v Račicích u Štětí, kde měl chmelových pryskyřic nejvíce. Srážek zde spadlo ovšem méně. A nejméně α - a β -hořkých kyselin ve chmelu i srážek bylo naměřeno v obci Lipník nad Bečvou. Podle korelačního koeficientu nemá u odrůdy Sládek množství srážek příliš velký vliv na obsah α -hořkých kyselin ($r = 0,03$; $p < 0,05$) ani β -hořkých kyselin ($r = 0,28$; $p < 0,05$). I přesto ale můžeme říci, že u našich vzorků s přibývajícím množstvím srážek množství chmelových pryskyřic stoupá.

Graf č. 8: α -hořké a β -hořké kyseliny odrůdy Sládek ve srovnání s množstvím srážek za vegetační období 2015

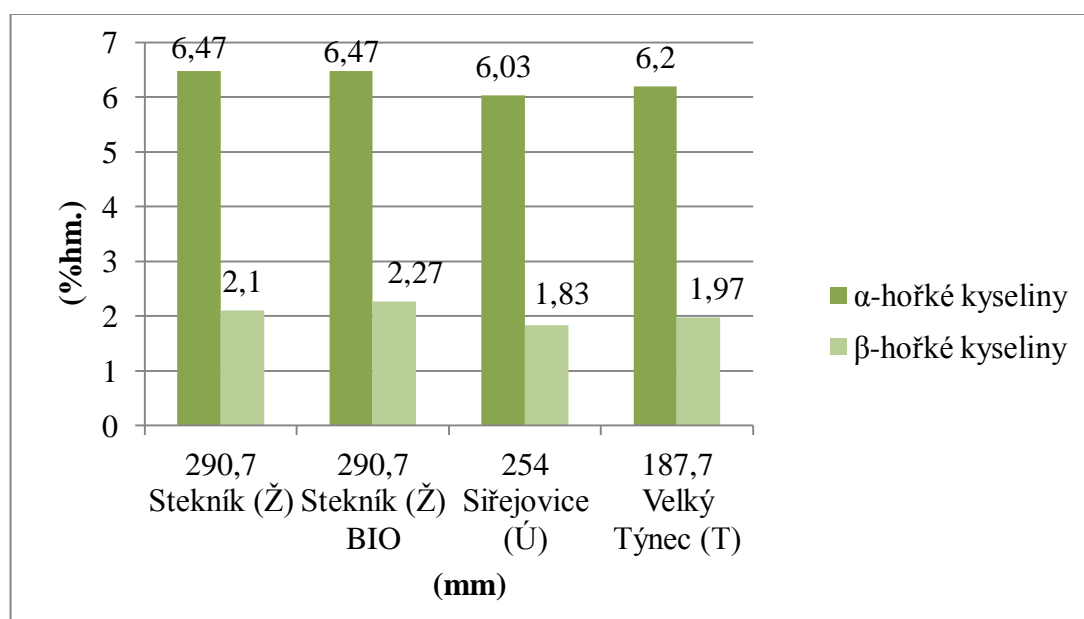


Pozn.: Ú=Úštěcko, T=Tršicko, Ž=Žatecko

5.3.3 Vliv množství srážek na obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin odrůdy Premiant

Nejvíce srážek z měřených lokalit odrůdy Premiant i nejvíce α - a β -hořkých kyselin ve chmelu bylo naměřeno v obci Stekník. O něco méně srážek spadlo v obci Sirejovice, ve které má chmel nejméně chmelových pryskyřic. Nejmenší množství srážek spadlo v obci Velký Týnec, avšak tento chmel obsahuje α - a β -hořkých kyselin více než v Sirejovicích (graf č. 9). Z korelačního koeficientu vyplývá, že vliv množství srážek za vegetační období na α -hořké kyseliny ($r = 0,6$; $p < 0,05$) a β -hořké kyseliny ($r = 0,56$; $p < 0,05$) je vyšší, a že u našich vzorků chmele odrůdy Premiant těž s přibývajícím množstvím srážek obsah chmelových pryskyřic stoupá.

Graf č. 9: α -hořké a β -hořké kyseliny odrůdy Premiant ve srovnání s množstvím srážek za vegetační období roku 2015



Pozn.: Ú=Úštěcko, T=Tršicko, Ž=Žatecko

Množství srážek ve vegetačním období chmele v roce 2015 nebylo příznivé pro jeho pěstování. Především malé úhrny srážek v červnu a červenci způsobily nižší výnosy i nižší obsahy α -hořkých kyselin. I přesto je u odrůd ŽPČ a Premiant korelační koeficient α -hořkých kyselin přibližně stejný (ŽPČ $r = 0,71$; $p < 0,05$, Premiant $r = 0,6$; $p < 0,05$) jako hodnota $r = 0,59$, kterou uvádí Pavlovic (2012). Odrůda Sládek se v korelaci liší ($r = 0,03$; $p < 0,05$). To by znamenalo, že srážky na množství α -hořkých kyselin nemají téměř žádný vliv. Ale malý korelační koeficient

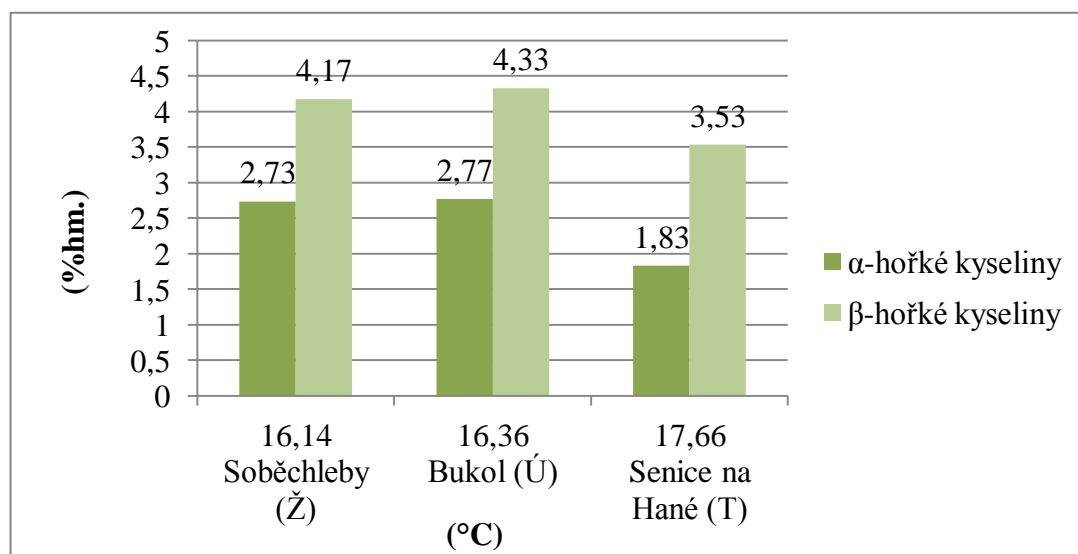
mohlo zapříčinit více faktorů. Například v obci Kněžice, ve které spadlo srážek nejvíce, mohla být použita špatná agrotechnika a díky tomu měl chmel méně α -hořkých kyselin. Tím mohl být korelační koeficient nepřesný.

5.4 Vliv teploty za vegetační období na obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin

5.4.1 Vliv teploty za vegetační období na obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin odrůdy Žatecký poloraný červeňák

Z grafu č. 10 je zřejmé, že nejvyšší průměrná teplota s nejnižším množstvím α - a β -hořkých kyselin byla naměřena v obci Senice na Hané. Dále v obci Bukol, ve které má však chmel α - a β -hořkých kyselin nejvíce. Nejnižší průměrná teplota byla naměřena v obci Soběchleby, v jejíchž chmelových hlávkách bylo množství chmelových pryskyřic o něco menší než v obci Bukol. Z korelačního koeficientu vyplývá, že u odrůdy ŽPČ teplota za vegetační období má značný vliv na obsah α -hořkých kyselin ($r = -0,98$; $p < 0,05$) i β -hořkých kyselin ($r = -0,95$; $p < 0,05$), a to tak, že čím větší teploty, tím je méně chmelových pryskyřic.

Graf č. 10: α -hořké a β -hořké kyseliny odrůdy ŽPČ v porovnání s teplotními průměry za vegetační období

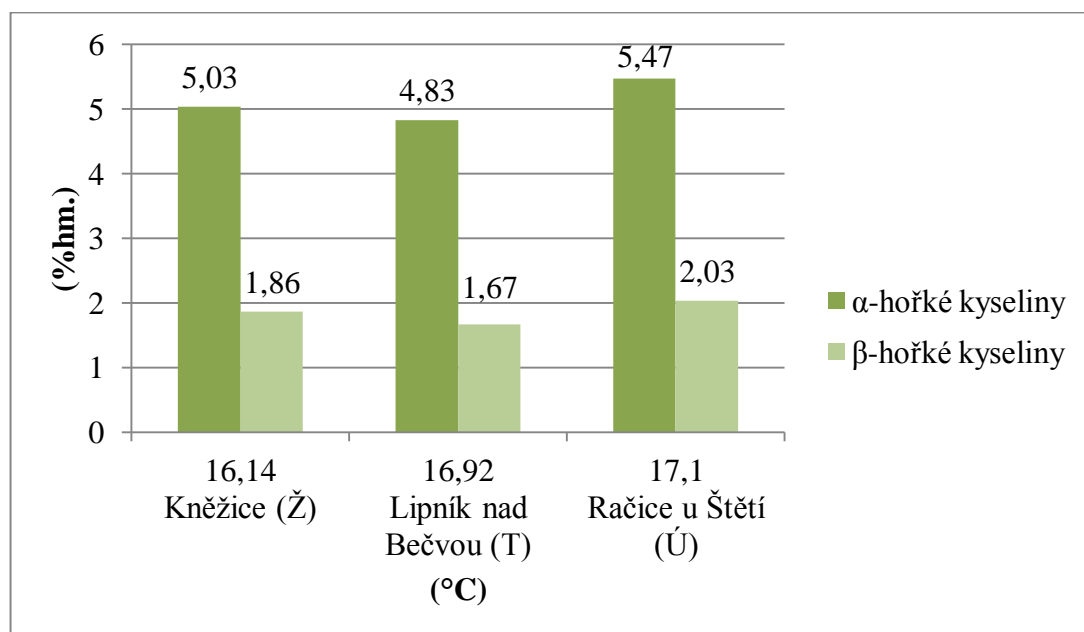


Pozn.: Ú=Úštěcko, T=Tršicko, Ž=Žatecko

5.4.2 Vliv teploty za vegetační období na obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin odrůdy Sládek

Jak uvádí graf č. 11, nejvyšší průměrné teploty za vegetační období byly naměřeny v obci Račice u Štětí, ve které měly chmelové hlávky nejvíce α - i β -hořkých kyselin. Druhá nejvyšší průměrná teplota s nejnižším množstvím chmelových pryskyřic byla naměřena v obci Lipník nad Bečvou. Nejchladněji za vegetační období bylo v obci Kněžice, avšak α - i β -hořkých kyselin ve chmelu měla více než obec Lipník nad Bečvou. U odrůdy Sládek podle korelačního koeficientu nemá teplota za vegetační období příliš velký vliv na obsah α -hořkých kyselin ($r = -0,38$; $p < 0,05$) ani β -hořkých kyselin ($r = -0,14$; $p < 0,05$), přičemž by měl u našich vzorků chmele obsah chmelových pryskyřic růst s přibývajícím teplotou.

Graf č. 11: α -hořké a β -hořké kyseliny odrůdy Sládek v porovnání s teplotními průměry za vegetační období



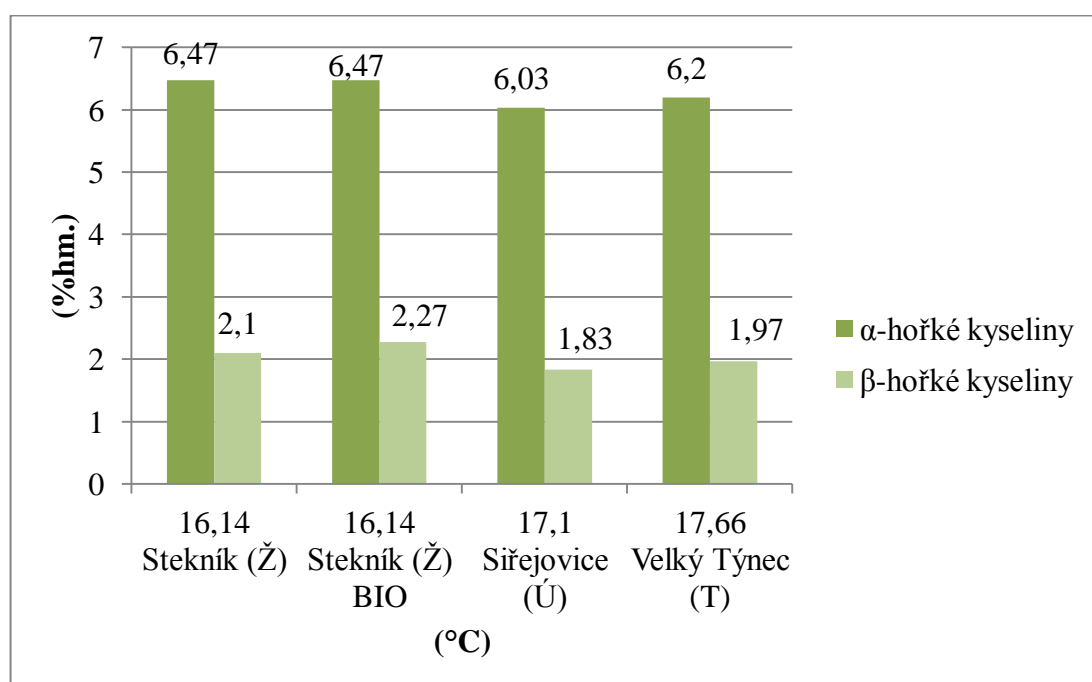
Pozn.: Ú=Úštěcko, T=Tršicko, Ž=Žatecko

5.4.3 Vliv teploty za vegetační období na obsah α -hořkých a β -hořkých kyselin odrůdy Premiant

Nejvyšší průměrné teploty za vegetační období z oblastí, ze kterých byly odebrány vzorky chmele odrůdy Premiant, byly naměřeny v obci Velký Týnec. Zde měly chmelové hlávky druhé nejnižší množství α - i β -hořkých kyselin. Druhá

nejvyšší teplota s nejmenším obsahem chmelových pryskyřic byla získána v obci Sirejovice. Nejméně teplo bylo v obci Stekník, ve které bylo množství chmelových pryskyřic ve chmelu největší (graf č. 12). Z korelačního koeficientu je zjevné, že u našich vzorků chmele odrůdy Premiant má teplota značný vliv na obsah α -hořkých kyselin ($r = -0,8$; $p < 0,05$) i β -hořkých kyselin ($r = -0,74$; $p < 0,05$) a to tak, že čím je vyšší teplota, tím je méně chmelových pryskyřic.

Graf č. 12: α -hořké a β -hořké kyseliny odrůdy Premiant v porovnání s teplotními průměry za vegetační období



Pozn.: Ú=Úštěcko, T=Tršicko, Ž=Žatecko

Průměrné teploty za vegetační období v roce 2015 byly vyšší než v předchozích letech. To souvisí s velkým suchem, které zapříčiňuje malé množství chmelových pryskyřic. A to může být jeden z důvodů, proč korelační koeficient α -hořkých kyselin u odrůd ŽPČ ($r = -0,98$) a Premiant ($r = -0,8$) je o něco vyšší než $r = 0,6$ nebo $r = 0,61$, který uvádí Srečec (2004) a Pavlovic (2012). U odrůdy Sládek byl naopak korelační koeficient α -hořkých kyselin nižší. Jak již bylo uvedeno výše, mohlo to ovlivnit více faktorů.

6. Závěr

Z naměřených dat vyplývá, že rok 2015 nebyl pro pěstování chmele příliš příznivý. V době kvetení a tvorby hlávek bylo velké sucho a tropické dny. To mělo za příčinu nejen nižší výnos chmele, ale i horší kvalitativní parametry, zejména méně chmelových pryskyřic.

V této diplomové práci byl posuzován vliv nadmořské výšky, množství srážek a průměrných teplot za vegetaci na obsah α - a β -hořkých kyselin, a to u odrůd Žatecký poloraný červeňák, Sládek a Premiant. Z měření vyplynulo, že Žatecký poloraný červeňák měl nejvyšší množství α - i β -hořkých kyselin v obci Bukol, Sládek v Račicích u Štětí a Premiant ve Velkém Týnci.

Na základě dosažených výsledků můžeme říct, že u Žateckého poloraného červeňáku a u Premiantu mají nadmořská výška, množství srážek a průměrné teploty za vegetaci poměrně značný vliv na obsah α - i β -hořkých kyselin. A to tím způsobem, že obsah hořkých kyselin ve chmelových hlávkách s rostoucí nadmořskou výškou klesá, s větším množstvím srážek stoupá a s vyššími teplotami klesá. Toho tvrzení se shoduje i s jinými zdroji.

U odrůdy Sládek byly zjištěné hodnoty jiné, než udávají ostatní zdroje z předchozích let. Z našich výsledků vyplynulo, že množství srážek a průměrné teploty za vegetaci nemají na obsah α - a β -hořkých kyselin téměř žádný vliv. I přesto korelační koeficient u vlivu množství srážek za vegetaci na obsah chmelových pryskyřic vyšel v kladné hodnotě, u vlivu nadmořské výšky a průměrných teplot za vegetaci na obsah chmelových pryskyřic v záporné hodnotě. To znamená, že stejně jako u ŽPČ a Premiantu obsah hořkých kyselin ve chmelu s větším množstvím srážek stoupá, s rostoucí nadmořskou výškou a s vyššími teplotami za vegetaci klesá.

Rozdíl v kvalitě chmele mezi jednotlivými oblastmi, ze kterých byly získány vzorky chmele, je z hlediska množství α a β -hořkých kyselin statisticky nevýznamný ($p > 0.05$).

7. Seznam použité literatury

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

FRANČÁKOVÁ, H. a Z. TÓTH. *Sladovníctvo a pivovarníctvo*. Nitra, 2005. ISBN 80-8069-544.

HNILIČKOVÁ, H., F. HNILIČKA, V. HEJNÁK a J. KOŘEN. *Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin: Vliv vodního deficitu na rychlost fotosyntézy a transpirace chmele*. Praha, 2005.

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

KAHLER, M. *Chmelové pryskyřice. Kvasný průmysl*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 6(3), 1960.

KARABÍN, M., T. BRÁNYIK, R. KRULIŠ, M. DVOŘÁKOVÁ a P. DOSTÁLEK. *Chemické listy*. Ústav kvasné chemie a bioinženýrství, VŠCHT Praha, 2009.

KOPECKÝ, J. *Rostlinná výroba: Vliv kapkové závlahy na výnos a kvalitu chmelových hlávek*. 1991.

KORAŘ, K. a S. PROCHÁZKA. *Technologie výroby sladu a piva*. Praha: VÚPS, 2000. ISBN 80-902658-6-3.

KROFTA, K. a A. MIKYŠKA. *Beta kyseliny chmele, význam a využití. Kvasný průmysl*. Praha: Chmelařský institut, s.r.o., 60(4), 2014.

KROFTA, K. *Hodnocení kvality chmele*. 4. Žatec: Chmelařský institut s. r. o., 2008. ISBN 978-80-86836-12-6.

MIKYŠKA, A. a M. JURKOVÁ. *Hodnocení obsahu hořkých kyselin a polyfenolů ve sklizni českých chmelů v roce 2013 – I: Obsah α - a β - hořkých kyselin. Kvasný*

průmysl. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a. s, 2014, 60(4). ISSN 0023-5830.

MOŠTEK, J. a A. ČEPIČKA. *Chemie nespecifických měkkých pryskyřic (resuponů) chmele a jejich pivovarský význam*. *Kvasný průmysl*. Praha: katedra kvasné chemie a technologie VŠCHT, 15(6), 1969.

NESVADBA, V., POLONČÍKOVÁ, Z., HENYCHOVÁ, A., KROFTA, K., PATZAK, J. *Atlas odrůd*. Žatec: Chmelařský institut s. r. o., 2012. ISBN 978-80-87357-11-8.

PAVLOVIC, V., M. PAVLOVIC., A. CERENAK, I. J. KOSIR, B. CEH, C. ROZMAN, J. TURK, K. PAZEK, K. KROFTA, G. GREGORIC, *Environment and weather influence on quality and market value of hops*. Plant, Soil and Environment-UZEI, 2012

PRUGAR, J. *Rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 2008. ISBN 978-80-86576-28-2.

ROSA, Z. *Český chmel*. Ministerstvo zemědělství, 2009. ISBN 978-80-7084-853-1

ROSA, Z. *Svaz pěstitelů chmele České republiky: Sklizeň chmele 2007*. Žatec, 2007.

SREČEC, S., I. KVATERNJAK, D. KAUČIČ, A. ŠPOLJAR, R. ERHATIČ, *Influence of Climatic Conditions on Accumulation of α -acids in Hop Clone*. Agriculturae Conspectus Scientificus (ACS), 2008.

ŠTRANC, J. a P. ŠTRANC. *Zásady správné agrotechniky chmele a analýza příčin velkého úhynu chmele na jaře roku 2012*; . Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2013.

ŠTRANC, J., ŠTRANC, P., ŠTRANC, D., JURČÁK, J., PÁZEL, B., *Výsadba chmele*; Katedra rostlinné výroby ČZU v Praze: Praha, 2007.

ŠTRANC, P., J. ŠTRANC, D. ŠTRANC a R. LEDVINA. *Zpracování půdy ve chmelnicích*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2008. ISBN 978-80-87111-1-6.

VLČEK, V. a V. BÍLEK. *Kvasný průmysl: Výroba sladu a piva v otázkách a odpovědích*. Praha, 1962.

VRZALOVÁ J.; FRIC, V. *Rostlinná výroba IV*, 1st ed.; AF VŠZ: Praha, 1994

ZELENKA, V. a K. PREJML. *Závěrečná zpráva výzkumného úkolu VÚCH Žatec: Studium vlivu rozličných klimatických a půdních podmínek na jakost a výnos chmele*. Žatec, 1966.

Zákon č. 97/1996 Sb., o ochraně chmele § 3: Chmelařské oblasti a chmelařské polohy. Sbirka zákonů 2008.

.

HÁJEK, L. *Žatecký chmel*. Žatecký chmel [online]. 2007 [cit. 2014-03-05]. Dostupné z: http://www.zateckychmel.eu/index_cz.html.

HAJŠL, J., *Historie chmele na území České republiky*. In: Chmelové stránky [online]. 2005 [cit. 2013-12-10]. Dostupné z: <http://chmelar.hajsl.cz/historie.php>

KOS, P. *Systém multimediální elektronické publikace: Skripta ČZU* [online]. Praha: copyright, 2003 [cit. 2014-03-04]. 3.1. Dostupné z: [http://etext.czu.cz/php/skripta/kapitola.php?titul_key=17&idkapitola=66%20\(accessed%20Dec%2013,%202014\)](http://etext.czu.cz/php/skripta/kapitola.php?titul_key=17&idkapitola=66%20(accessed%20Dec%2013,%202014)).

NESVADBA, V. *Uplatnění českých odrůd chmele v pivovarnictví. Svět piva* [online]. 2007 [cit. 2016-01-06]. Dostupné z: <http://www.homebrewing.cz/clanek/3090-Uplatneni-ceskych-odrud-chmele-v-pivovarnictvi/index.htm>.