



Středoškolská technika 2023

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Využití chmele otáčivého

Matěj Havránek

Gymnázium Zikmunda Wintra Rakovník
Žižkovo náměstí 186, Rakovník I, 269 01 Rakovník

Poděkování

Chtěl bych poděkovat své rodině, a především mému bratranci Ing. Jiřímu Drekslerovi, který mi byl oporou při tvorbě této práce a také zprostředkovatelem mé spolupráce s Chmelařským institutem v Žatci. Institutu bych chtěl také poděkovat, a to především panu Ing. Karlu Kroftovi Ph.D. a jeho týmu v laboratoři, kteří mi s provedením praktické části ochotně pomáhali jak teoretickým základem, tak i prakticky při vlastní laboratorní činnosti. V neposlední řadě bych rád poděkoval vedoucí mé práce, paní Mgr. Julii Andrové, za její trpělivost a profesionální přístup.

Anotace

Tato práce se zabývá využitími chmele otáčivého (*Humulus lupulus L.*). Informuje o využití chmele otáčivého v různých odvětvích jako například pivovarnictví, rekreace či pomoc s různými zdravotními problémy, jakými jsou nespavost či problémy se zažíváním. Práce také popisuje části rostliny a jejich význam pro různá odvětví průmyslu a zhodnocuje budoucí možnosti využití rostliny v jednotlivých odvětvích. V rámci praktické části byla pro stanovení obsahu α a β hořkých kyselin v chmelové pryskyřici a porovnání obsahu analogů humulonu zvolena metoda plynové chromatografie.

Klíčová slova

Chmel otáčivý; využití; pivo; chromatografie; hořké kyseliny

Annotation

This thesis deals with uses of hops (*Humulus lupulus L.*). It provides information on the use of hops in different branches such as brewery, recreation or help with different medical conditions like digestion issues or insomnia. The thesis also describes parts of the plant and the significance of their components in different branches of industry and rates their potential future uses in their respective branches. In order to prove the content of α and β bitter acids in hop resin and to compare the content of different analogues of humulone, the method of gas chromatography has been chosen.

Keywords

Hops; use; beer; chromatography; bitter acids

Obsah

1	ÚVOD.....	7
2	TEORETICKÁ ČÁST	8
2.1	Chmel otáčivý	8
2.1.1	Stavba a části chmelové rostliny.....	9
2.1.1.1	Podzemní části chmelové rostliny	9
2.1.1.2	Nadzemní části chmelové rostliny.....	10
2.1.2	Odrůdy chmele.....	11
2.1.2.1	Žatecký poloraný červeňák.....	12
2.1.2.2	Saaz late.....	12
2.1.2.3	Sládek	12
2.1.3	Chmelařské oblasti.....	12
2.1.3.1	Žatecká chmelařská oblast.....	13
2.1.3.2	Ústěcká chmelařská oblast	14
2.1.3.3	Tršická chmelařská oblast	14
2.2	Chmelová hlávka.....	14
2.2.1	Chmelové pryskyřice	15
2.2.1.1	Měkké pryskyřice	15
2.2.1.2	Tvrdé pryskyřice.....	15
2.2.2	Chmelové silice.....	16
2.2.3	Polyfenolové látky chmele.....	16
3	MOŽNOSTI VYUŽITÍ CHMELE OTÁČIVÉHO.....	17
3.1	Lidové léčitelství.....	17
3.1.1	Aromatické polštářky.....	17
3.1.2	Přípravek na pomoc se spánkem.....	18
3.1.3	Další užití v léčitelství	18
3.2	Pivo	19
3.2.1	Prospěšné účinky	19
3.2.2	Zdraví škodlivé látky	20
3.2.3	Výživové hodnoty.....	20
3.3	Péče o pleť.....	21
3.4	Možná rizika.....	22
4	PRAKTICKÁ ČÁST	23

4.1	Plynová chromatografie	24
4.2	Můj pokus.....	26
4.3	Výpočty ze získaných hodnot	30
4.4	Výsledky výpočtů.....	35
4.5	Shrnutí praktické části.....	36
5	ZÁVĚR	37
6	POUŽITÁ LITERATURA	38
7	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	40

1 ÚVOD

Pěstování chmele otáčivého (latinsky *Humulus lupulus L.*) má dávnou historii. Jako léčivý přípravek byl chmel využíván už ve starověku. Římský historik Plinius se v 1. století př. n. l. zmiňuje o chmelu jako o léčivé rostlině. Od 8. století byl chmel pěstován především v okolí klášterů [2]. Na území České republiky se první zmínky o pěstování chmele datují do 9. století. Systematicky se začal chmel pěstovat za vlády Karla IV. [4]

„V dnešní době je zhruba 95 % celosvětové produkce chmele určeno pro pivovarské účely, zbytek je využit pro výrobu fytomedikamentů a přírodních potravinových doplňků.“ [2]

Cílem práce je uvedení současných použití chmele otáčivého, a i budoucích možností v jednotlivých odvětvích.

Teoretická část práce bude věnována chmelu otáčivému jako rostlině. Popíše její biologickou i chemickou strukturu, odrůdy a jejich vlastnosti. Vzhledem ke skutečnosti, že chmel otáčivý má mnoho subvariant, budou v práci uvedeny ty nejrozšířenější. Práce bude zmiňovat i důležité faktory pro pěstování, jako jsou zeměpisná oblast, vliv typu půd nebo jejich mineralogický obsah.

Praktická část práce bude věnována nejdůležitější složce chmele – chmelovým silicím obsaženým v chmelové hlávce a chmelové pryskyřici. Ty mají výrazný dopad nejen na životnost a chuť piva, ale mají také další účinky, které mohou být žádoucí v jiných odvětvích.

Samostatná kapitola práce bude věnována látkám obsaženým v chmelových silicích, které mají např. schopnost bránit vzniku různých chorob. Budou popsány možnosti využití chmelových silic a současné poznatky o využití těchto látek.

2 TEORETICKÁ ČÁST

První kapitola (2.1) je věnována detailnějšímu přiblížení chmelové rostliny čtenáři, následuje hlavní část práce, kde je čtenář seznámen s látkami obsaženými v chmelové hlávce a jejich dopadem na vlastnosti chmele. (2.2)

2.1 Chmel otáčivý

Chmel otáčivý je dvoudomá vytrvalá pravotočivá liána z čeledi konopovité. Jedná se o bylinu, která má silný svislý oddenek a velké množství podzemních výhonů. Na jednom místě vydrží asi 20 až 25 let. Její latinský název je odvozen od zdvojnásobení latinských slov *humus* (= půda, zem) a *lupus* (= vlk). S trochou nadsázky bychom mohli chmel označit jako vlka plazícího se bez opory po zemi. [12]

[4] definuje chmel takto: „Chmel je vytrvalá a popínavá rostlina, které každoročně odumírají nadzemní části. Kořeny a chmelová babka zůstávají v půdě mnoho let. Potřebuje oporu, aby mohl růst.“

Vědecká klasifikace chmele otáčivého:

Rod: chmel – *Humulus*

Čeleď: konopovité – *Canabinaceae*

Druh: chmel otáčivý – *Humulus lupulus L.*

Poddruh: evropský – *Humulus lupulus L. ssp. europeus Ryb.*

Varieta: kulturní – *Humulus lupulus L. ssp. europeus Ryb., var. culta Ryb.*

Vedle chmele otáčivého existují ještě:

Chmel japonský – *Humulus japonicus*: jednoletý, rozmnožuje se semeny, pouze okrasné účely.

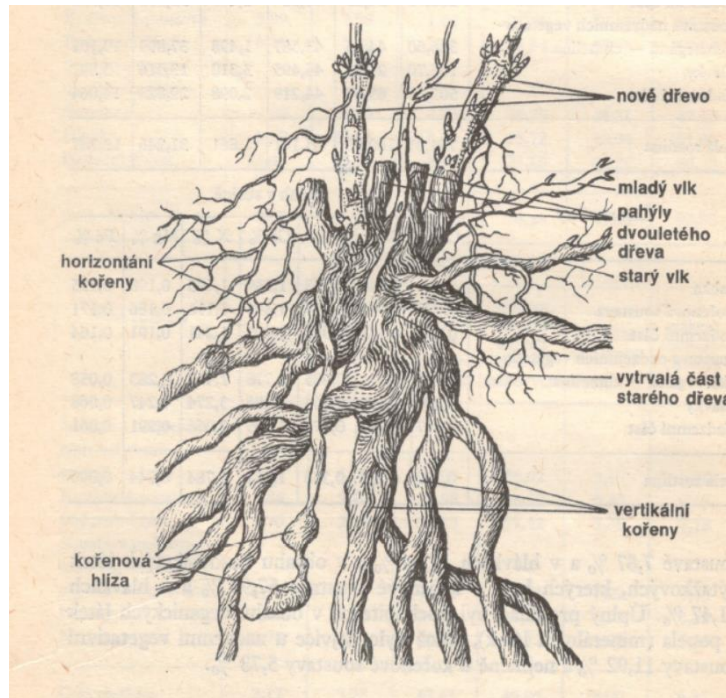
Chmel oplétavý – *Humulus scandens Lour et Merrill*: jednoletý, rozmnožuje se semeny, rozšířený hlavně ve střední Asii.

Dělení uvedeno dle [4].

2.1.1 Stavba a části chmelové rostliny

Chmelová rostlina se dělí na dvě hlavní části: podzemní a nadzemní část. Pro pivovarské použití se pěstují samičí rostliny, pro šlechtění odrůd rostliny samčí.

2.1.1.1 Podzemní části chmelové rostliny



Obr. 1: Podzemní část chmelové rostliny [3]

Podzemní část chmelové rostliny se skládá ze dvou orgánových soustav, které se odlišují svou stavbou a hlavními funkcemi. Tyto dvě orgánové soustavy se nazývají **babka** a **kořenový systém**. [4]

Babka: Babka chmelových rostlin je souhrnné označení pro všechny podzemní lodyžní orgány pod povrchem půdy. [7] Základem babky je staré dřevo, což je označení pro zdřevnatělou část nacházející se cca 10 až 30 cm pod povrchem. Na příčném řezu babkou můžeme zjistit stáří rostliny pomocí letokruhů, ze kterých vyrůstají očka. [4]

„Část lodyhy mezi horní částí babky a povrchem půdy v průběhu vegetace zesílí a vytváří nové dřevo, dochází zde k založení kruhů oček a nodů. Nové dřevo může být využito ke zhotovení sádě chmele.“ [4]

Kořenový systém: Kořenový systém je u chmele velmi rozvinutý. Spadají do něj následující druhy kořenů:

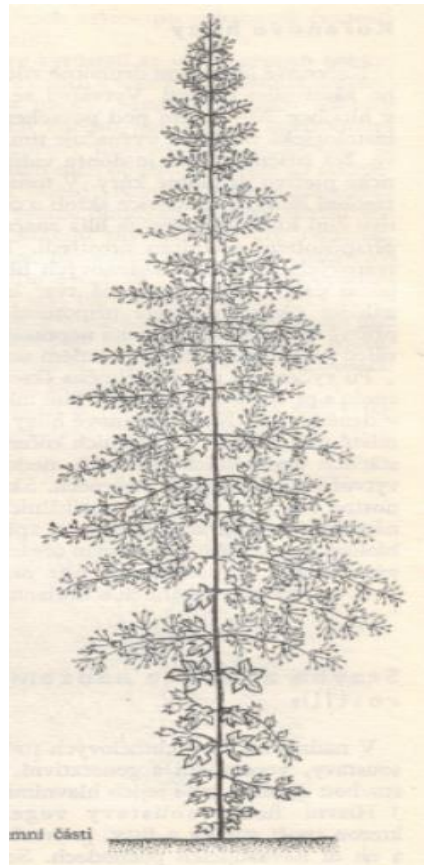
Kulové kořeny – vyrůstají ze spodní části starého dřeva a dále se větví na menší kořínky, zasahují do hloubky 2–3 m. Jsou základem kořenového systému, umožňují transport rostlinných šťáv a působí jako uložisko pro zásobní látky.

Postranní kořeny – podílí se na zásobování chmelové rostliny minerálními živinami. Vyrůstají z kulových kořenů.

Letní kořeny – vyrůstají z nového dřeva během vegetace, jsou krátké a jejich funkce je příjem vody z vrchních vrstev půdy.

Dělení a informace ke kořenům dle [8].

2.1.1.2 Nadzemní části chmelové rostliny



Obr. 2: Nadzemní části chmelové rostliny [3]

Réva: Vyrůstá z babky každý rok, vytrvává jedno vegetační období. Od výšky asi 50 cm se začíná pravotočivě vinout kolem vodícího drátku. Její růst je velmi intenzivní a v letních měsících může dosahovat až 30 cm za den. Dorůstá do výšky 7 až 8 m. [9]

Pazochy: Postranní větévky, které vyrůstají z révy. Vyvíjí se na nich květenství měnící se na chmelové hlávky. Listy chmelové révy mají velkou plochu. [9]

Květenství samičích rostlin: (tzv. osýpky) vyrůstají u paty révových a pazochoových listů kolem poloviny června. V této době má chmelová rostlina zhruba polovinu své finální výšky. Doba květu chmele, který započne po dosažení maximální výšky, je 15 až 30 dnů (záleží na odrůdě). Poté se květy mění v plody vejčitého tvaru, které se sklízí. [9]

„Na jedné větévce bývá až 30 i více jehnědovitých květenství a každé se skládá z 20 až 60 drobných kvítků.“ [9]

Chmelová hlávka: Chmelové hlávce je věnována celá kapitola (č 2.2), uvedena je zde pouze pro kompletní a smysluplný přehled stavby chmelové rostliny.

2.1.2 Odrůdy chmele

Díky mnoha staletím šlechtění chmele za úmyslem dosáhnout nejlepších vlastností a chuťových variací je na světě mnoho odrůd. Ty důležité pro mé účely budou odrůdy, které jsou pěstovány na území České republiky.

„Kulturní chmel vznikl přirozeným vývojem i umělým výběrem z divokého chmele. Člověk svou činností vytvářel takové podmínky, že v jednotlivých krajinách, kde se chmel pěstoval, dostala tato plodina charakter odrůdy.“ [3]

Odrůdy jsou dále děleny na populace, klony a odrůdy hybridního původu:

Populace / klony → všechny odrůdy, které byly vyšlechtěny výběrem a množeny vegetativně

Odrůdy hybridního původu → odrůdy získány křížením, či kombinací křížení s vegetativním množením

Dělení uvedeno dle [3].

V České republice zaujímá dominantní postavení Žatecký poloraný červeňák. Ještě na začátku 90. let 20. století byl výhradní odrůdou právě tento typ chmele, který byl pěstován na ploše přesahující 10 000 ha. Vlivem odbytové krize v druhé polovině 20. století dochází k celosvětovému pěstování hybridních odrůd. V této době vznikají i hybridní odrůdy českého chmelařství. [4]

„Každá chmelová odrůda má svoje typické složení chmelových silic. Tato skutečnost se využívá k identifikování odrůd chmele.“ [4]

Dále je uvedeno pár nejznámějších českých odrůd pro ilustraci rozdílů mezi variantami.

2.1.2.1 Žatecký poloraný červeňák

Žatecký poloraný červeňák vznikl šlechtěním a výběrem v porostech krajových odrůd chmele v 1. pol. 20. století. V textu dále jako ŽPČ.

Tato odrůda je současně pěstována v 9 klonech. Vůně chmelových hlávek této odrůdy je brána jako světový standard kvality kvůli pravému jemnému chmelovému aroma.

„Nevýhodou těchto odrůd byl nižší výnos a nižší obsah hořkých kyselin. Tato skutečnost byla způsobena napadením rostliny viry a viroidy.“ [4] V 90. letech byl započat ozdravující proces, což mělo za výsledek lepší zdravotní stav a lepší kvantitativní a kvalitativní vlastnosti sklizených hlávek.

Osvaldův klon 114 – Jeden z klonů ŽPČ, který je nejvýznamnější pro Rakovnicko a Džbánskou plošinu. Je totiž vhodný pro pěstování v tzv. polních polohách a výborně se osvědčuje v opukových půdách. [4]

Další dva příklady jsou hybridní odrůdy chmele, které byly vytvořeny jako reakce na požadavky pivovarů pro chmel s větším obsahem α -hořkých kyselin a zároveň s přijatelným aroma.

2.1.2.2 Saaz late

„Byl získán výběrem z potomstva po rodičovské generaci rozpracovaného šlechtitelského materiálu.“ [4] Svůj původ má v Žateckém poloraném červeňáku. Odrůda byla registrována v roce 2010. Aroma chmelových hlávek je jemná a chmelová.

2.1.2.3 Sládek

Pochází z odrůd Northern Brewer a Žateckého poloraného červeňáku, získán byl pomocí křížení jejich hybridního potomstva. Je to pozdní odrůda, která má nízký počet výhonů na jednu rostlinu. Tato odrůda má vysoké požadavky na dostatek vláhy během vegetace. [4]

2.1.3 Chmelařské oblasti

V České republice se nachází celkem 3 chmelařské oblasti (Tršická, Úštěcká a Žatecká). Tyto oblasti jsou vymezené zákonem. Každá z těchto oblastí se vyznačuje jiným druhem půdy, odlišnými úrovněmi srážek a průměrnou roční teplotou. Tyto faktory výrazně ovlivňují nejen výnos chmelové rostliny, ale i její chuť a tím také poměr látek obsažených v chmelových hlávkách. Tyto rozdíly jsou důležité především pro pivovarnický průmysl, ale také pro průmysl farmaceutický.

Na obrázku jsou znázorněny všechny regiony, kde se vyskytují registrovaní pěstitelé chmele v České republice. Počet těchto registrovaných pěstitelů je 121. [5]



Obr. 3: Regiony s registrovanými pěstiteli chmele v ČR [1]

2.1.3.1 Žatecká chmelařská oblast

Žatecká chmelařská oblast je největší v České republice, zahrnuje okresy Chomutov, Louny, Rakovník, Kladno a Rokycany. Jedná se zároveň o nejstarší chmelařskou oblast na našem území. [4]

Jedinečnost zdejšího chmele spočívá ve specifických přírodních podmínkách a zároveň charakteru substrátu neboli zeminy.

„Základem jedinečnosti chmele v Žatecké oblasti jsou specifické přírodní podmínky. Tato oblast je od severozápadu chráněna Krušnými horami, Doupovskými vrchy a Českým středohořím, které vytvářejí tzv. srážkový stín.“ [6]

Navzdory nízkému ročnímu úhrnu srážek (450 mm), je jejich rozložení pro vývoj chmele příznivé. [4] [6]

Zdejší půda má také typické charaktery. Setkáme se zde například s permskou červenkou, která dostává název díky jejímu typickému červenému zbarvení způsobenému nesilikátovými formami železa, které se nachází na severovýchodě, nebo i lehčími opukovými půdami, zejména ve Džbánské oblasti více na jihu. [4] [6]

2.1.3.2 Úštěcká chmelařská oblast

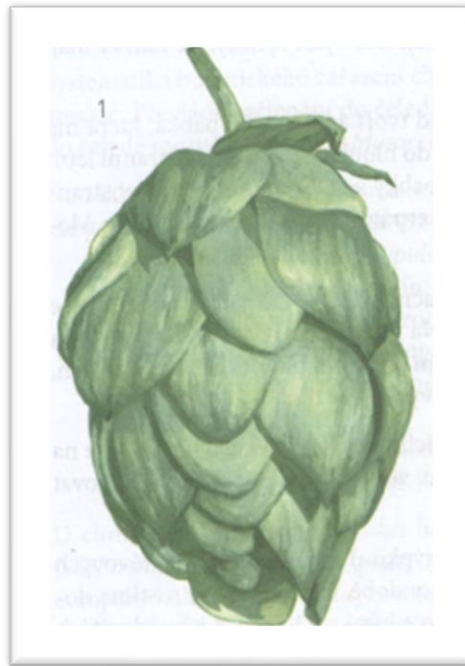
Jméno dostala podle města Úštěk. Náleží do ní okresy Litoměřice, Mělník a Česká Lípa. Nachází se zde také chmelařská poloha Polepská Blata, kde se produkuje ten nejlepší chmel s ohledem na výnos a kvalitu. Je to způsobeno odvodněním bývalých mokřin v 18. století, což zapříčinilo vznik ideální půdy pro pěstování chmelu. [6]

Roční srážky se pohybují v průměru okolo 489 mm, průměrná teplota je 15 °C. [6]

2.1.3.3 Tršická chmelařská oblast

Nejmladší ze tří oblastí. Spadá do mírně teplé klimatické oblasti a je vhodná pro intenzivní zemědělské obdělávání. Většina půd je čtvrtohorního a částečně třetihorního původu. Teplotní průměr se pohybuje okolo 15 °C, roční úhrn srážek je 650 mm. [6]

2.2 Chmelová hlávka



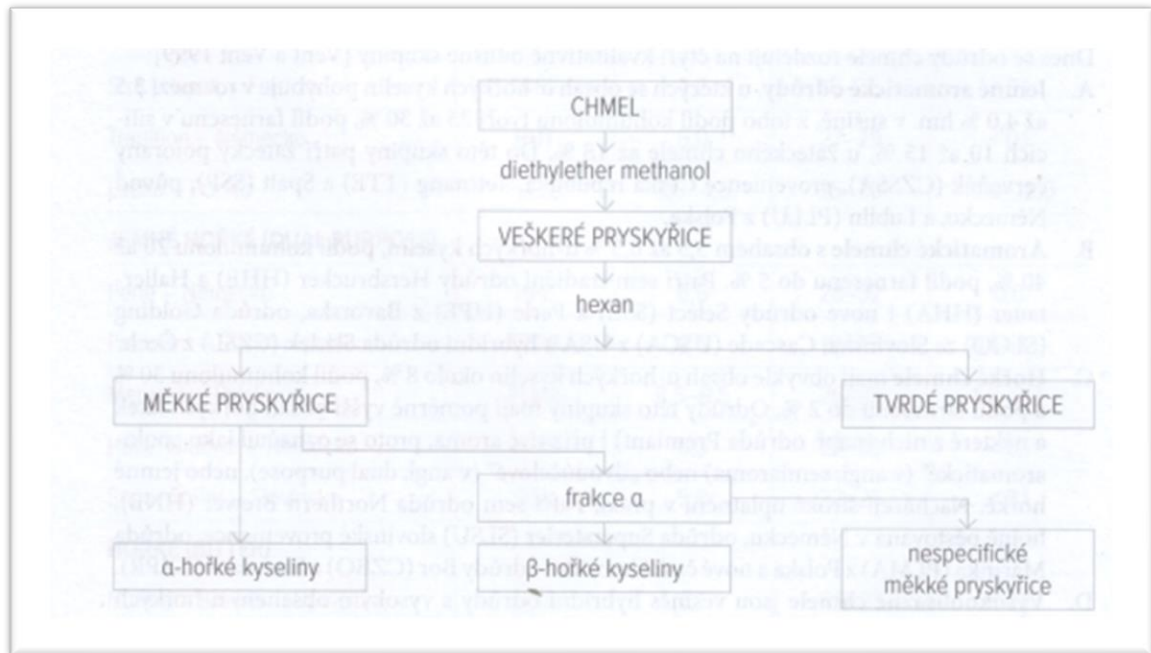
Obr. 4: Ilustrace chmelové hlávky [9]

„Suché chmelové hlávky obsahují technologicky a ekonomicky důležité sloučeniny, balastní látky ale i nežádoucí složky.“ [9]

Hlavní významné složky, které jsou technologicky významné jsou polyfenoly, silice a chmelové pryskyřice. Pryskyřice obsahují α a β hořké kyseliny, které mají vliv na hořkost.

Ve chmelu se samozřejmě vyskytuje také nežádoucí složka, což jsou mikroorganismy žijící na usušené hlávce.

2.2.1 Chmelové pryskyřice



Obr. 5: Schéma skladby chmelové pryskyřice [9]

Chmelové pryskyřice se řadí k nejdůležitějším složkám chmele (až 30 % hmotnosti). Jsou odpovědné za intenzitu hořkosti výrobku v závislosti na vydatnosti a dávce chmelení. [9]

Základními složkami pryskyřic jsou měkké chmelové pryskyřice, nespécifické měkké pryskyřice a tvrdé pryskyřice. [9]

2.2.1.1 Měkké pryskyřice

Měkké pryskyřice obsahují hlavní část významných α a β hořkých kyselin, a proto jsou pro pivovarnický průmysl nejvíce důležitou složkou chmelové rostliny. [9]

2.2.1.2 Tvrdé pryskyřice

Mají výrazně nižší význam než měkké pryskyřice, jejich složky jsou oxidační produkty odvozené od α a β hořkých kyselin. Vyskytují se v čerstvém chmelu v malém množství, jejich podíl se však zvyšuje v hlávkovém chmelu skladovaném za přístupu vzduchu. [9]

2.2.2 Chmelové silice

Silice zaujímají 0,5 až 30 % hmotnosti hlávek. Generují se v konečných fázích zrání a udělují produktům (především pivu) charakteristickou vůni v závislosti na jejich složení. Je to směs několika set látek, které nebyly doposud zcela všechny identifikovány. Zastoupení jednotlivých složek je závislé na genetických vlastnostech odrůdy. [9]

Rozdělení a identifikace je možná pouze díky moderním analytickým metodám jako např. plynová chromatografie (4.1). U chmelových silic rozlišujeme tři základní skupiny. [9]

- **Uhlovodíková frakce** – mají největší podíl na obsahu chmelových silic, jsou málo rozpustné, a proto se z větší části během procesu chmelovaru vytěkají
- **Kyslíkatá (oxidovaná) frakce** – vzniká během zrání, zpracování a skladování chmele, je rozpustná, a proto silně ovlivňuje aroma
- **Frakce sirných sloučenin** – obsažena v malém množství, má negativní účinek na chuť a vůni

Popis a dělení dle [9].

2.2.3 Polyfenolové látky chmele

Polyfenoly mají redukční schopnosti a díky tomu chrání chmelové pryskyřice před oxidací. Mají příznivý vliv na hořkost výrobků. Avšak mají také negativní význam. Podílejí se totiž na tvorbě nebiologických zákalů a tvorbě sloučenin odpovědných za starou chuť piva. [9]

3 MOŽNOSTI VYUŽITÍ CHMELE OTÁČIVÉHO

S chmelem otáčivým se v dnešní době drtivá většina lidí setkává v podobě piva, které je převážně vnímáno jako alkoholický nápoj (ve větším množství) škodící lidskému tělu. I když je předchozí tvrzení pravdivé, nelze opomenout také jeho příznivé účinky. Už méně je známo, že chmel lze podávat v podobě čajů a jiných horkých nápojů pro jeho uklidňující efekty a pro pomoc s trávicími problémy. Mezi další použití této rostliny je možno zařadit například výrobu kosmetických přípravků s extrakty chmele, které mají příznivé účinky na pleť.

„Některé zdroje uvádějí, že kouření chmele má podobné účinky jako kouření konopí. Obě rostliny patří do stejné čeledi.“ [13]

3.1 Lidové léčitelství

Chmel otáčivý se řadí mezi nejstarší léčivé rostliny. Již Římané jej používali jako krve čistící a močopudný prostředek. V dnešní době se využívá v podobě tinktur na pomoc se spánkem, nebo jako protizánětlivý prostředek. U všech výrobků z chmele platí, že nadměrná konzumace může způsobit spíše potíže, proto je doporučováno konzultovat užívání chmelových přípravků s lékařem. [13] U nás je v lidovém léčitelství chmel významnou bylinou již od dob začátku jeho systematického pěstování Karlem IV. [4]

3.1.1 Aromatické polštářky

Z chmelových hlávek se také vyrábějí různé polštářky, které v některých případech může napomáhat ke spánku. [13] Aroma chmele se často kombinuje s dalšími bylinami pro dosažení maximálně vonivého efektu.

Jako příklad dalšího takového využití lze uvést např. prodyšné sáčky/tašky naplněné chmelovými hlávkami, pomocí kterých je možno odpuzovat hmyz. Během sklizně chmele si každý rok (s povolením hospodáře) obstarávám několik taštiček chmelových hlávek, které následně umístuji na vyvýšená místa do svého pokoje i jinde po domě. Účinky lze dokázat dlouhodobým pozorováním. Mimo odpuzování hmyzu také produkují příjemné aroma.



Obr. 6: Taška s usušeným chmelem v mém pokoji – foto autor

3.1.2 Přípravek na pomoc se spánkem

Chmel ztrácí mnoho svých příznivých účinků již při vysoušení, a proto se z něj často vytvářejí tinktury pro zvýšení trvanlivosti žádoucích látek.

Častým užitím chmele bývají právě tinktury na pomoc se spánkem, kvůli uklidňujícím až sedativním účinkům rostliny. Použití je doporučeno konzultovat s profesionálem a užívat maximálně po dobu tří měsíců. Užívat by se měly bezprostředně před spánkem, nikdy ne před řízením vozidla nebo vykonáváním činnosti, která vyžaduje pozornost a soustředění. [13]



Obr. 7: Chmelová tinktura [18]

3.1.3 Další užití v léčitelství

Chmel konzumovaný v libovolné podobě také působí preventivně proti tvorbě nádorů např. prostaty, dělohy a hlavně prsu. Je také prokázáno, že chmel obsahuje látky podobné ženským hormonům, a tak pomáhá při tlumení bolestí při menstruaci. [13]

Dále také tlumí nebo snižuje křeče a také horečku. α a β hořké kyseliny, které jsou označovány také jako hořčiny, působí pozitivně na vylučování žaludečních šťáv a také podporují trávicí procesy.

„Látka lupulin tlumí činnost mozkové kůry, zpomaluje srdeční činnost a uvolňuje napětí hladkého svalstva.“ [14]

S úspěchem lze tinktury využít také pro úlevu při nervové podrážděnosti. Dříve se pro protibakteriální účinky užívaly jako dezinfekce.

3.2 Pivo

Většina lidí si výrobky z chmele spojuje pouze s tímto alkoholickým nápojem, a proto jsem se na jeho účinky rozhodl více zaměřit. Odpověď na otázku, k čemu je pivo dobré, když jde o alkoholický nápoj, je totiž překvapivě komplexní.

S rostoucí spotřebou piva ve světě také narůstal zájem o zkoumání jeho vlivu na lidský organismus. Velmi bedlivě se sledovaly účinky hlavně u piva, které bylo špatné kvality a naopak u piva kvality vysoké. Povědomí o účincích piva narůstalo s pokrokem medicíny, pivovarnictví a s vývojem možností stanovení specifických sloučenin v pivovarských surovinách. [9]

3.2.1 Prospěšné účinky

Mírná konzumace piva kladně ovlivňuje hladinu „dobrého“ cholesterolu obsaženého v lipoproteinech s vysokou hustotou HDL (High Density Lipoprotein), který snižuje aterosklerózu a blokuje srážení krve. [9]

Mírné/střídmé popíjení alkoholu, které nepůsobí jednotlivci ani společnosti problémy, souvisí s nižším výskytem kardiovaskulárních chorob a poklesem úmrtnosti. [9]

Pokles rizika kardiovaskulárních chorob souvisí s vysokým obsahem vitamínů B v pivu, které snižují obsah homocysteinu v krvi. Obsah této látky úzce souvisí s rizikem kardiovaskulárních chorob. [9]

Již v kapitole 2.2.3. bylo zmíněno, že polyfenolové látky mají redukční účinky a tím chrání chmelové pryskyřice před oxidací. To však platí i po konzumaci piva, kdy polyfenoly nadále zachovávají své redukční vlastnosti. Jsou schopné vázat kovové ionty (například železo Fe, měď Cu, kobalt Co, nikl Ni, mangan Mn) a tím zpomalovat průběh nežádoucích reakcí v těle. [9]

Je také dokázáno, že pivo obsahuje látky, které vykazují protirakovinné účinky, jako například xanthohumol, který tvoří přechod mezi pryskyřicemi a polyfenoly. [9]

3.2.2 Zdraví škodlivé látky

Mezi zdraví škodlivé látky obsažené v pivu se často řadí např. alergeny neboli látky schopné u vnímavého jedince vyvolat nežádoucí (alergickou) imunitní reakci. Mezi tato autoimunitní onemocnění patří například celiakie. Jedinou obranou proti celiakii je vyloučení glutenu (lepku) z potravy. [9]

Za cizorodé se považují látky, které nejsou přirozenou složkou potravin. Do piva se takové látky dostávají se surovinami nebo vznikají při výrobě. Mezi tyto cizorodé látky se řadí mimo jiné těžké kovy a další prvky. Jejich povolený obsah je udáván legislativou. [9]

„Zatím nejškodlivější látkou v pivu jsou N-nitrosaminy. Tyto látky vznikají reakcí oxidů dusíku v průběhu hvozdní aminosloučeninami sladu a označují se jako těžké nitrosaminy.“ [9] Vznikají činností bakterií rodu *Bacillus* nebo z čeledi *Enterobacteriaceae*.

Mezi další cizorodé látky patří např. mykotoxiny, což jsou toxické látky vznikající činností plísní. [9]

3.2.3 Výživové hodnoty

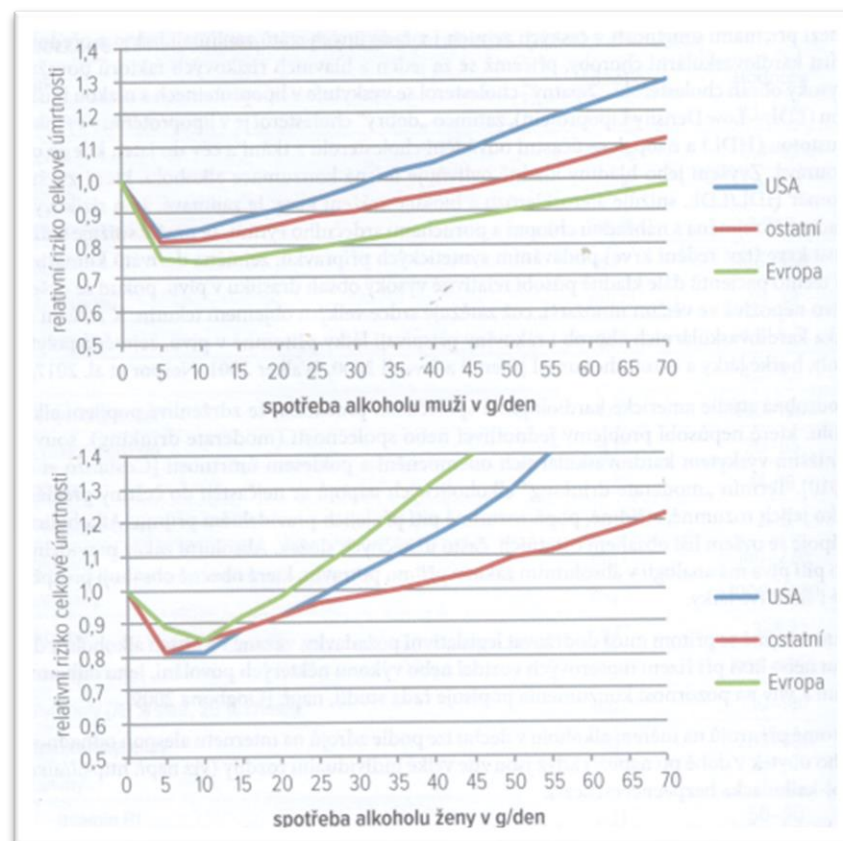
Tab. 1: Nutriční a energetická hodnota průměrného českého ležáku [9]

Látky, energie	Obsah v 1 litru piva
Energie	1600 kJ (380 kcal)
Bílkoviny	4 g
Celkové sacharidy	27 g
Jednoduché cukry	4 g
Ethanol	37 g
Tuk	stopy
Vláknina	3 g

Kalorie obsažené v pivu jsou tzv. „prázdné kalorie“, což znamená že nemají pro tělo žádný benefit a neobsahují výživné látky jako např. vitamíny či minerály. V pivu jsou však velmi hojně obsaženy vitamíny skupiny B. [20]

Pivo je všeobecně bráno jako nápoj, po kterém se tloustne. K tloušťnutí dochází kvůli tomu, že konzumaci piva má u jedinců vliv na nárůst chuti k jídlu, který následný vliv na kalorický příjem a tím později na váhu jedince po častém opakování vliv mít může. [20]

Dalším zajímavým faktem je, že úplní abstinenti umírají dříve než pijáci alkoholických nápojů, ovšem do jisté míry jejich spotřeby. Mezi zdravým a škodlivým příjmem alkoholu však existuje velmi tenká hranice, a proto je třeba k pití přistupovat s obezřetností. Jako kladně působící spotřeba se obvykle uvádí 0,5 – 1 litr. Tyto údaje byly zjištěny rozsáhlým průzkumem vlivu alkoholu na lidské tělo (viz obr. 8). [9]



Obr. 8: Závislost úmrtnosti na spotřebě alkoholu [9]

3.3 Péče o pleť

Chmel se také používá jako kosmetický přípravek, který pomáhá zjemňovat pleť. Extrakty z chmele se proto přidávají do krémů a pleťových masek. [18]

Tzv. pivní koupele se staly hitem některých wellness zařízení. Jedná se o metodu, která využívá všechny blahodárné účinky chmele na člověka. Pivovarské mláto pomáhá odstranit

odumřelé buňky z pokožky a pomocí antioxidačních látek obsažených v pivu se z těla dostávají škodlivé látky.

Jako první byla tato metoda používána už ve starověku, kdy šlo pouze o koupel ve vodě s příměsí obilného sladu. V novodobém wellness se jako první mohli s touto procedurou setkat hosté v hotelu Klosterbrauerei v Německu. [19]

3.4 Možná rizika

V doporučených dávkách jsou rizika výskytu vedlejších účinků minimální. Někteří citliví jedinci mohou být náchylní na alergické reakce způsobené čerstvou natí chmele v důsledku přítomnosti pylů. [14]

Dále pak není vhodné kombinovat chmelové produkty s jinými přípravky, které obsahují alkohol, nebo s uklidňujícími látkami, jelikož se jejich účinek sčítá. [14]

4 PRAKTICKÁ ČÁST

Jako svoji praktickou část jsem zvolil stanovení obsahu α a β hořkých kyselin v chmelovém vzorku pomocí plynové chromatografie (4.1). Pokus byl dne 16. 11. 2022 učiněn v Chmelovém institutu v Žatci s dovolením a pod dohledem pana Ing. Karla Krofty, Ph.D. a týmu v laboratoři.

Cílem bylo provést plynovou chromatografii na dvou vzorcích odlišného chmele a porovnat mezi sebou obsahy α a β hořkých kyselin, které se dělí na **kohumulon**, **humulon** a **adhumulon** pro α -hořké kyseliny a na **kolupulon**, **lupulon** a **adlupulon** pro β -hořké kyseliny.

Rozdíly mezi obsahy těchto látek je velmi malý (řádově v tisícinách až desetitisícinách), ale i tyto miniaturní rozdíly jsou pro výsledné aroma chmele velmi významné. Do těchto rozdílů je zapotřebí brát v potaz stáří vzorku. Starší vzorky se v obsahu α a β hořkých kyselin výrazně odlišují od čerstvých. Dále také díky této odlišnosti odrůd vzniká široká škála rozdílných obsahů α a β hořkých kyselin, které diverzifikují chmelařský a pivovarnický průmysl.

Alfa-hořké (α -hořké) kyseliny jsou tvořeny těmito základními analogy humulonů:

Kohumulon – $CH(CH_3)_2$ isopropyl (20 až 55 % obsahu)

Humulon – $CH_2CH(CH_3)_2$ isobutyl (35 až 70 % obsahu)

Adhumulon $CH(CH_3)CH_2CH_3$ 1-methylpropyl (10 až 15 % obsahu)

Beta-hořké (β -hořké) kyseliny jsou tvořeny těmito základními analogy:

Kolupulon – $CH(CH_3)_2$ isopropyl (20 až 55 % obsahu)

Lupulon – $CH_2CH(CH_3)_2$ isobutyl (30 až 55 % obsahu)

Adlupulon – $CH(CH_3)CH_2CH_3$ 1-methylpropyl (5 až 10 % obsahu)

Alfa (α) i beta (β) hořké kyseliny jsou tvořeny i dalšími analogy, které tvoří jen malou část celkového obsahu:

α : prehumulon, posthumulon

β : prelupulon, postlupulon

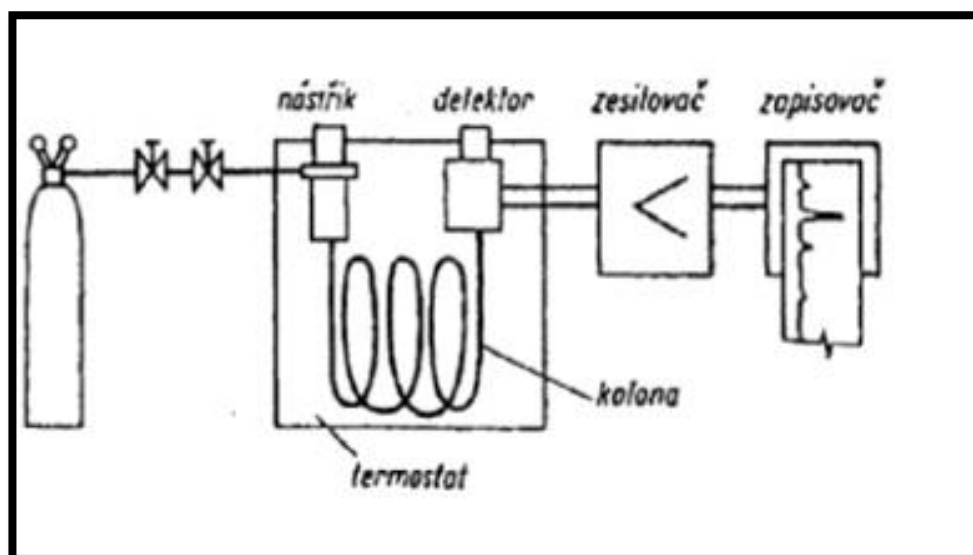
Celé dělení včetně hodnot obsahu a vzorců uvedeno dle [9].

4.1 Plynová chromatografie

Plynová chromatografie (zkráceně, anglicky: *GC* – gas chromatography) spadá mezi tzv. separační metody, tedy metody, které se využívají pro oddělení komplexních směsí na individuální podíly a k rozpoznání látek, které jsou obsaženy ve směsích a stanovení jejich počtu. [10]

Plynová chromatografie je nejrozšířenější z metod chromatografie, především pro analýzu plynů a těkavých látek. Hlavní výhodou této metody je její rychlost, řádově minuty na jednu analýzu a možnosti provádění metody i s menším počtem vzorků. [10]

„Metoda je založena na rozdílných schopnostech komponent vzorku poutat se na stacionární fázi. Jde o fyzikálně chemickou metodu separace, která je založena na rozdílné distribuci látek mezi heterogenními fázemi, mobilní a stacionární.“ [10]



Obr. 9: Schéma plynové chromatografie [15]

Nosný plyn – Na obrázku zcela vlevo, je užíván jako tzv. mobilní fáze. Je volen dle detekčního systému kvůli tomu, že jeho hlavní úkol je transport vzorku z nástříku skrze kolonu do detektoru. Nečistoty v mobilní fázi mohou negativně ovlivnit výsledky chromatografie, a proto jsou do oběhu umístěna molekulová síta k čištění plynu. [10]

Nástřík / Dávkovač – Zařízení, které umožňuje vpravení analyzované látky do mobilní fáze. Nejčastěji je vpravení prováděno pomocí speciálních stříkaček přes septum (přepážka mezi vyhřívaným vnitřním prostředím a zbytkem systému). V moderních systémech nahrazen automatickým dávkovačem pro eliminaci lidského faktoru. [10] [11]

Termostat – Zajišťuje dostatečně velkou teplotu ve fázi nástříku, kolony a detektoru, aby se vzorek udržel v plynném skupenství. [11]

Kolona – V koloně probíhá separace. Používány jsou kolony náplňové nebo kapilární. Jsou konstruovány ve tvaru trubice, která je zpravidla zhotovena z oceli nebo skla, s délkou přibližně 1 až 5 m a průměru 2 až 8 mm. Uvnitř kolony se vyskytuje tzv. **stacionární fáze**, což je mikrofilm na zrněčkách pevného nosiče. Kolony jsou umístěny v tzv. peci, což umožňuje vyhřívání na požadovanou teplotu s cílem dosáhnout vyššího rozlišení, kratší doby analýzy a případně vyšší citlivosti. [10] [11]



Obr. 10: HPLC Kolona umístěná v termostatu, v chromatografu – foto autor

Detektor – Detektory jsou založeny na záznamu signálu v daném čase. Úkolem detektoru je zvýraznit rozdíl signálu při eluci analytu. [10]

Detektory se dělí podle způsobu získávání výsledků na:

Tepelně vodivostní detektory (TCD) – detekce změny tepelné vodivosti průchodem analytu, který jí snižuje.

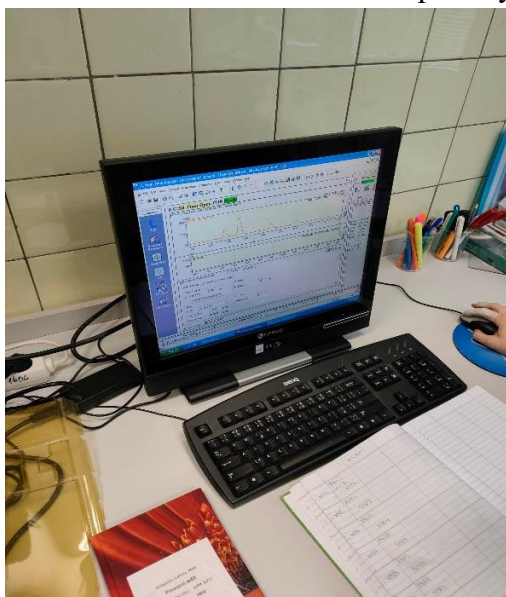
Plamenově ionizační detektory (FID) – detekce založena na detekci kladných a záporných iontů, které po vzplanutí analytu putují na katodu a anodu.

Dělení dle [10], [11] popis dle [11].

Další metody: Detekce vycytáním elektronů ECD, Hmotnostní spektrometr MS. [10] [11]

Zesilovač – Zesiluje (amplifikuje) signály, které zaznamenává detektor.

Zapisovač – Zpravidla počítač vybavený adekvátním programem, jeho úkolem je zaznamenat a uchovat výsledky z detektoru zesílené zesilovačem do podoby grafu pro další analýzu.



Obr. 11: Zapisovač během probíhající analýzy – foto autor

4.2 Můj pokus

Dne 16. 11. 2022 jsem v Chmelařském institutu v Žatci provedl pokus plynové chromatografie chmele za účelem stanovení rozdílů obsahů α a β hořkých kyselin obsažených ve dvou rozdílných vzorcích chmele. Oba vzorky pocházely ze stejného druhu chmele (ŽPČ) ale z odlišných chmelnic, dále je také třeba zmínit, že oba vzorky byly již rok staré a uchovávané zmražené. Kvůli této skutečnosti jsou hodnoty obsahu různých složek α a β hořkých kyselin velmi odlišné od vzorků čerstvých.

Pro nastínění metodiky mi byl poskytnut laboratorní protokol, ze kterého budu čerpat pro tuto část informace (zdroj: [17]), vedle vlastních zkušeností a znalostí předaných týmem v laboratoři.

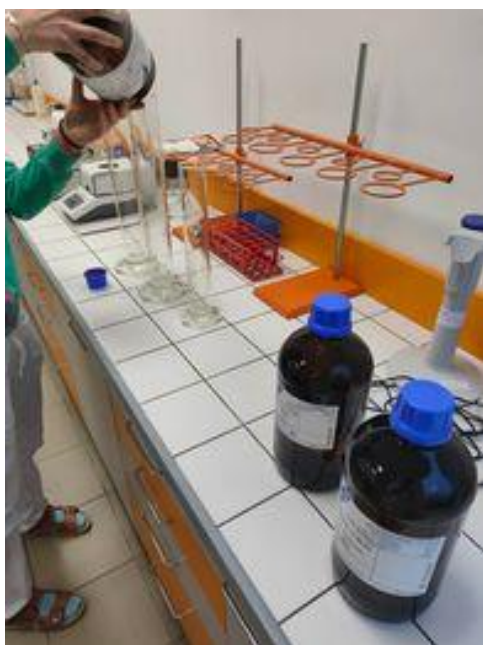
Pokusu jsem se měl účastnit jako pozorovatel, ale byla mi nabídnuta možnost učinit proces celého pokusu s jedním vzorkem (normálně se pracuje řádově s desítkami vzorků naráz, takže má práce byla značně ulehčena), kterou jsem okamžitě přijal. Tento vzorek se ve výpočtech ze získaných hodnot (**4.3**) objevuje jako tzv. můj vzorek.

Jako první jsem byl seznámen s chromatografem a jeho částmi, jak funguje (4.1) a jak s daty výsledků zacházet tak, abych z nich mohl vyčíst potřebné informace.



Obr. 12: Plynový chromatograf – foto autor

Dále bylo třeba připravit mobilní fázi, která v případě tohoto chromatografu je roztok 850 ml methanolu HPLC Gradient Grade¹, 150 ml vody HPLC Gradient Grade a 5 ml H_3PO_4 .¹



Obr. 14: Příprava mobilní fáze – foto autor



Obr. 13: Pipetování H_3PO_4 – foto autor

¹ HPLC Gradient Grade = extrémně čistá složka, která je určena přímo pro použití pro přípravu roztoků na provedení plynové chromatografie.

Pro zachování čistoty média bylo třeba jej přefiltrovat filtračním papírkem skrze vakuovou pumpu.



Obr. 15: Filtrační aparatura – foto autor

Během filtrace média je třeba vzít vzorky s chmelem a velmi precizně odpipetovat vzorek z etherové fáze, která se v nádobě se vzorkem vytvoří (na obrázku nahoře, dole je tzv. chmelová fáze, lze rozeznat dle odlišného odstínu zelené).



Obr. 16: Pipetování etherové fáze z chmelového vzorku – foto autor

Po odpipetování 5 ml etherové fáze se zbytek baňky dolije methanolem p. a. (pro analýzu) Poté je třeba s vzorkem zatřepat a přelít ho do ampulek.



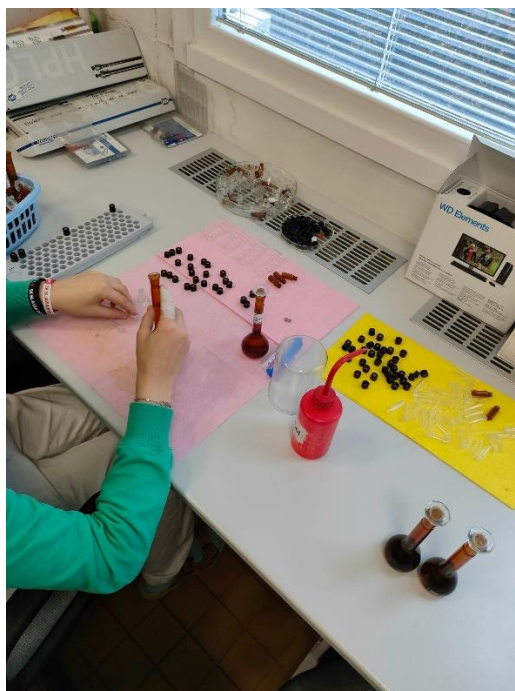
Obr. 17: Dolévání baněk s etherovou fází methanolem – foto autor

Jeden z těchto vzorků byl také tzv. chmelový standard, jeho úkolem je ověření funkčnosti stroje během a po ukončení procesu. Jeho specifikace jsou totiž předem dány a uvedeny na obalu nádoby.



Obr. 18: Nádoba s chmelovým standardem – foto autor

Ampulky se umístí do tácku určeného pro uchovávání vzorků, první a poslední je vždy chmelový standard z kontrolních důvodů. Médium se zapojí do obvodu, tácek je umístěn do chromatografu a ten je spuštěn.



Obr. 19: Přelévání vzorků do ampulí – foto autor

Po provedení plynové chromatografie je třeba výsledné hodnoty zpracovat pomocí vzorečků, abychom dostali požadované údaje.

4.3 Výpočty ze získaných hodnot

Tab. 2: Přehled výsledků plynové chromatografie

	Standard	Můj vzorek	Porovnávací vzorek
Kohumulon	2 164 977	719 016	708 833
Humulon + Adhumulon	5 760 392	2 303 419	2 281 273
Kolupulon	2 016 490	1 674 631	1 664 196
Lupulon + Adlupulon	2 039 078	2 453 054	2 435 640

Výsledky v tabulce jsou nerozměrné, tj. nemají jednotku.

Výsledkem mého snažení byla pouze čísla vyčtená z chromatogramu. Pro smysluplný výsledek bylo třeba dále hodnoty upravit podle vztahu, abychom zjistili koncentraci jednotlivých složek α a β hořkých kyselin, která ze vzorku vyjde v % celkové hmotnosti:

$$c_I = \frac{F \cdot m_{CS} \cdot c_{IC} \cdot A_I}{m_S \cdot A_{IC}}$$

Rovnice 1: Výpočet koncentrace složek α a β hořkých kyselin [17]

c_I = obsah složky I ve vzorku vyjádřený v % hmotnostních

F = faktor ředění, $F = 1$ pro chmelové extrakty, $F = 2$ pro hlávkový a granulovaný chmel

m_{CS} = navážka kalibračního extraktu

c_{IC} = obsah složky / v kalibračním extraktu vyjádřený v % hmotnostních

A_I = plocha elučního pásu složky / ve vzorku

A_{IC} = plocha elučního pásu složky / v kalibračním roztoku

m_S = navážka vzorku (g)

Definice veličin uvedena dle [17].

Výpočet koncentrace jednotlivých složek mého vzorku:

Kohumulon:

$$c_{KOH} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 10,98 \cdot 719\,016}{10 \cdot 2\,164\,977} \doteq 0,4376 \% hm$$

Humulon + Adhumulon:

$$c_{HU+ADH} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 31,60 \cdot 2\,303\,419}{10 \cdot 5\,760\,392} \doteq 1,5163 \% hm$$

Kolupulon:

$$c_{KOL} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 13,02 \cdot 1\,674\,631}{10 \cdot 2\,016\,490} \doteq 1,2975 \% hm$$

Lupulon + Adlupulon:

$$c_{LUP+ADL} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 13,52 \cdot 2\,453\,054}{10 \cdot 2\,039\,078} \doteq 1,9518 \% hm$$

Výpočet koncentrace jednotlivých složek porovnávacího vzorku:

Kohumulon:

$$c_{KOH} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 10,98 \cdot 708\,833}{10 \cdot 2\,164\,977} \doteq 0,4437 \% \text{ hm}$$

Humulon + Adhumulon:

$$c_{HU+ADH} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 31,60 \cdot 2\,281\,273}{10 \cdot 5\,760\,392} \doteq 1,5017 \% \text{ hm}$$

Kolupulon:

$$c_{KOL} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 13,02 \cdot 1\,664\,196}{10 \cdot 2\,016\,490} \doteq 1,2894 \% \text{ hm}$$

Lupulon + Adlupulon:

$$c_{LUP+ADL} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 13,52 \cdot 2\,435\,640}{10 \cdot 2\,039\,078} \doteq 1,9379 \% \text{ hm}$$

Pro výpočet procentuálního podílu jednotlivých složek na celkovém obsahu α a β hořkých kyselin platí, že:

$$c_{ALFA} = c_{KOH} + c_{HU+ADH}$$

$$c_{BETA} = c_{KOL} + c_{LUP+ADL}$$

Rovnice 2: Výpočet celkového obsahu α a β hořkých kyselin [17]

Můj vzorek:

$$c_{ALFA} = c_{KOH} + c_{HU+ADH} = 0,4376 + 1,5163 = 1,9539$$

$$c_{BETA} = c_{KOL} + c_{LUP+ADL} = 1,2975 + 1,9518 = 3,2493$$

Porovnávací vzorek:

$$c_{ALFA} = c_{KOH} + c_{HU+ADH} = 0,4437 + 1,5017 = 1,9454$$

$$c_{BETA} = c_{KOL} + c_{LUP+ADL} = 1,2894 + 1,9379 = 3,2273$$

Pro vypočtení relativního podílu jednotlivých složek platí vztahy:

$$c_{IRA} = \frac{100 \cdot c_I}{c_{ALFA}}$$

$$c_{IRB} = \frac{100 \cdot c_I}{c_{BETA}}$$

Rovnice 3: Výpočet relativního podílu jednotlivých složek na celkové hmotnosti α a β hořkých kyselin [17]

c_{IRA} = relativní podíl složky I z celkového obsahu α -hořkých kyselin vyjádřený v % relativních

c_I = obsah složky I ve vzorku vyjádřený v % hmotnostních

c_{ALFA} = celkový obsah alfa kyselin ve vzorku vyjádřený v % hmotnostních

c_{IRB} = relativní podíl složky I z celkového obsahu β -hořkých kyselin vyjádřený v % relativních

c_{BETA} = celkový obsah beta kyselin ve vzorku vyjádřený v % hmotnostních

Můj vzorek:

A (α) hořké kyseliny

Kohumulon:

$$c_{KOH} = \frac{100 \cdot 0,4376}{1,9539} \doteq 22,3962 \%$$

Humulon + Adhumulon:

$$c_{HU+ADH} = \frac{100 \cdot 1,5163}{1,9539} \doteq 77,6038 \%$$

B (β) hořké kyseliny

Kolupulon:

$$c_{KOL} = \frac{100 \cdot 1,2975}{3,2493} \doteq 39,9317 \%$$

Lupulon + Adlupulon:

$$c_{LU+ADL} = \frac{100 \cdot 1,9518}{3,2493} \doteq 60,0683 \%$$

Porovnávací vzorek:

A (α) hořké kyseliny

Kohumulon:

$$c_{KOH} = \frac{100 \cdot 0,4437}{1,9454} \doteq 22,8076 \%$$

Humulon + Adhumulon:

$$c_{HU+ADH} = \frac{100 \cdot 1,5017}{1,9454} \doteq 77,1924 \%$$

B (β) hořké kyseliny

Kolupulon:

$$c_{KOL} = \frac{100 \cdot 1,2894}{3,2273} \doteq 39,9529 \%$$

Lupulon + Adlupulon:

$$c_{LU+ADL} = \frac{100 \cdot 1,9379}{3,2273} \doteq 60,0471 \%$$

Kontrolu správnosti výpočtů a zaokrouhlování lze ověřit sečtením výsledných hodnot s výsledkem 100 %.

4.4 Výsledky výpočtů

Tab. 3: Přehled výsledků hmotnostní složky jednotlivých složek

Obsah složek		
	Můj vzorek	Porovnávací vzorek
Kohumulon (c_{KOH})	0,4376 % hm	0,4437 % hm
Humulon + Adhumulon (c_{HU+ADH})	1,5163 % hm	1,5017 % hm
Kolupulon (c_{KOL})	1,2975 % hm	1,2894 % hm
Lupulon + Adlupulon (c_{LU+ADL})	1,9518 % hm	1,9379 % hm

Tab. 4: Přehled výsledků podílů jednotlivých složek na celkovém obsahu α a β hořkých kyselin

	Můj vzorek		Porovnávací vzorek
α-hořké kyseliny			
Kohumulon (c_{KOH})	22,3962 %	<	22,8076 %
Humulon + Adhumulon (c_{HU+ADH})	77,6038 %	>	77,1924 %
β-hořké kyseliny			
Kolupulon (c_{KOL})	39,9317 %	<	39,9529 %
Lupulon + Adlupulon (c_{LU+ADL})	60,0683 %	>	60,0471 %

4.5 Shrnutí praktické části

Výsledky své práce jsem byl značně překvapen. Očekával jsem totiž mnohem znatelnější rozdíly v podílech jednotlivých složek. Dále mě také udivilo, jak velký počet vzorků se analyzuje současně. Setkání s moderní technologií v podobě chromatografu a zcela novým světem techniky považuji jako jeden z největších úspěchů této práce. Jsem rád, že jsem se mohl seznámit nejen s laboratorním prostředím, ale také za to, že jsem si mohl rozšířit své znalosti v tomto směru.

5 ZÁVĚR

Ve své práci jsem došel k závěru, že chmel a produkty z něj jsou v převážné většině (a s rozumem užívané) pro lidské tělo přínosem. Látky obsažené ve chmelu a jejich charakteristické vlastnosti mohou být úspěšně využity i u člověka (např. polyfenoly a jejich schopnost na sebe navazovat těžké kovy a tím zabránit nežádoucím reakcím v těle).

V praktické části jsem si ověřil, jaký může být rozdíl v obsahu tzv. hořčin (α a β hořké kyseliny) s přihlédnutím k různým podmínkám pěstování chmele (např. vliv prostředí, poloha chmelnic apod.) nebo také k jakým změnám v jejich obsahu může docházet vlivem biologických procesů probíhajících během zrání chmelového vzorku.

Chmel však obsahuje velké množství dosud nezdokumentovaných chemických látek, které by si zasloužily podrobnější odborné zkoumání vedoucí k popisu jejich vlastností a účinků. Díky tomu by mohlo být dosaženo efektivnějšího využití chmele v medicíně i dalších oborech.

Ve své práci jsem dosáhl všech cílů, které jsem si na začátku vytyčil. Rozšířil jsem své znalosti v tomto průmyslu a lépe pochopil chmel otáčivý jako rostlinu i výrobky z něj. Během praktické části jsem tyto znalosti mohl uplatnit a dále své obzory rozšiřovat. Pro chmel je nyní velmi klíčový rozvoj vědy, díky němuž se naše chápání této rostliny a jejích součástí jistě ještě více prohloubí.

6 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Chmelařské oblasti v ČR. In: *Alkohol Drink* [online]. [cit. 2022-12-06]. Dostupné z: <https://alkoholdrink.cz/wp-content/uploads/2022/11/02958967.jpeg>
- [2] POKORNÁ, Tereza. *Chmelové silice a možnosti jejich využití* [online]. Brno, 2015 [cit. 2022-10-08]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/kuaisa/>. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta. Vedoucí práce Ing. Helena Pluháčková, Ph.D.
- [3] CHMELAŘSTVÍ, družstvo Žatec Mostecká 2580, 438 19 Žatec IČ: 00212229, DIČ: CZ212229. Odrůdy chmele. *Chmel* [online]. 25.3.2022 [cit. 2022-10-12]. Dostupné z: <http://www.chmelarskemuzeum.cz/cz/chmel.htm>
- [4] DREKSLER, Jiří. *Pěstování podplodin v meziřadí chmelnic*. Praha, 2022. Bakalářská práce. ČZU. Vedoucí práce Ing. Pavel Procházka, Ph.D.
- [5] KRŠKOVÁ, Ivana. Aktuální plochy chmelnic v České republice. *Agrární komora české republiky* [online]. 23. 08. 2022 [cit. 2022-11-12]. Dostupné z: <https://www.akcr.cz/txt/aktualni-plochy-chmelnic-v-ceske-republice-k-20-8-2022>
- [6] Oblasti pěstování chmele. *Chmelařské muzeum Žatec* [online]. Žatec, 25.3.2022 [cit. 2022-11-12]. Dostupné z: <http://www.chmelarskemuzeum.cz/cz/oblasti-pestovani-chmele-v-cr.htm>
- [7] RYBÁČEK A KOLEKTIV. *Chmelařství*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1980.
- [8] ŠNOBL, Josef. *Rostlinná výroba IV*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2004. ISBN 8021311533.
- [9] BASAŘOVÁ, Gabriela, Jan ŠAVEL, Petr BASAŘ, Pavlína BASAŘOVÁ a Adam BROŽ. *Pivovarství: teorie a praxe výroby piva*. Třetí, doplněné a upravené vydání. Praha: Havlíček Brain Team, 2022. ISBN 978-80-87109-77-9.
- [10] ROZMAN, Tomáš. *PLYNOVÁ CHROMATOGRAFIE PRO STANOVENÍ ALDEHYDŮ A KETONŮ* [online]. Brno, 2013 [cit. 2022-11-26]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/mufhk/BP_text_-_Rozman.pdf. Bakalářská práce. MASARYKOVA UNIVERZITA PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA ÚSTAV CHEMIE. Vedoucí práce RNDr. Marta Farková, CSc.
- [11] Plynová chromatografie. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 2. 8. 2021 [cit. 2022-11-26]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Plynov%C3%A1_chromatografie
- [12] Chmel otáčivý. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2022-11-27]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Chmel_ot%C3%A1%C4%8Div%C3%BD
- [13] MLČOCH, Zbyněk. Chmel – účinky na zdraví, co léčí, použití, užívání, využití. *Bylinky pro všechny* [online]. 2020 [cit. 2022-11-29]. Dostupné z: <https://www.bylinkyprovsechny.cz/byliny-kere-stromy/byliny/1435-chmel-ucinky-na-zdravi-co-leci-pouziti-uzivani-vyuziti>
- [14] MALEČKOVÁ, Radka. Chmel a jeho účinky. *Lékárna* [online]. Praha: Pears Health Cyber, 1999, 27. únor 2017 [cit. 2022-11-29]. Dostupné z: <https://www.lekarna.cz/clanek/chmel/>

- [15] Seznámení s plynovou chromatografií. In: *Eldiag* [online]. Praha, 2013 [cit. 2022-12-06]. Dostupné z: <https://www.eldiag.cz/wp-content/uploads/2018/05/Schema-ch.jpg>
- [16] Chmel otáčivý AF tinktura 50 ml. In: *Salvia Paradise* [online]. Praha: Obchod Salvia Paradise, 2013 [cit. 2022-12-06]. Dostupné z: https://www.salviaparadise.cz/bmz_cache/0/07db20e613a683924fb871d597031595.image.173x250.jpg
- [17] FRITSCHOVÁ, Gabriela, KROFTA, Karel, ed. *Stanovení alfa a beta hořkých kyselin metodou HPLC-DAD: Hlávkový a granulovaný chmel, chmelové extrakty (EBC 7.7)*. Verze 6. Chemická laboratoř Chmelařského institutu 438 01 Žatec, 2022.
- [18] BUCHAROVÁ, Eva. Chmel se nehodí jen do piva. *Český rozhlas* [online]. Praha: Český rozhlas, 2019, 25.6. [cit. 2022-12-04]. Dostupné z: <https://sever.rozhlas.cz/chmel-se-nehodi-jen-do-piva-omlazuje-plet-posiluje-vlasy-a-pomaha-i-proti-7969762>
- [19] Co je pивní lázeň?. *Spa.cz* [online]. Praha: HOTEL.CZ, 1997 [cit. 2022-12-04]. Dostupné z: <https://www.spa.cz/lazenska-procedura/pivni-lazen/>
- [20] MARLEY. Energetická hodnota pив: aneb kolik kilojoulů v kterém pивě najdeš. *Pivníci* [online]. Praha: Marley & Bludice, [2016], 1.3. 2016 [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: <https://www.pivnici.cz/clanek/energeticka-hodnota-piv-aneb-kolik-kilojoulu-v-kterem-pive-najdes/>

7 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obr. 1: Podzemní část chmelové rostliny [3]	9
Obr. 2: Nadzemní části chmelové rostliny [3]	10
Obr. 3: Regiony s registrovanými pěstiteli chmele v ČR [1].....	13
Obr. 4: Ilustrace chmelové hlávky [9]	14
Obr. 5: Schéma skladby chmelové pryskyřice [9].....	15
Obr. 6: Taška s usušeným chmelem v mém pokoji – foto autor	18
Obr. 7: Chmelová tinktura [18].....	18
Obr. 8: Závislost úmrtnosti na spotřebě alkoholu [9]	21
Obr. 9: Schéma plynové chromatografie [15]	24
Obr. 10: HLPC Kolona umístěná v termostatu, v chromatografu – foto autor.....	25
Obr. 11: Zapisovač během probíhající analýzy – foto autor.....	26
Obr. 12: Plynový chromatograf – foto autor.....	27
Obr. 14: Příprava mobilní fáze – foto autor.....	27
Obr. 13: Pipetování H_3PO_4 – foto autor	27
Obr. 15: Filtrační aparatura – foto autor	28
Obr. 16: Pipetování etherové fáze z chmelového vzorku – foto autor	28
Obr. 17: Dolévání baněk s etherovou fází methanolem – foto autor	29
Obr. 18: Nádoba s chmelovým standardem – foto autor	29
Obr. 19: Přelévání vzorků do ampulí – foto autor	30
Tab. 1: Nutriční a energetická hodnota průměrného českého ležáku [9]	20
Tab. 2: Přehled výsledků plynové chromatografie	30
Tab. 3: Přehled výsledků hmotnostní složky jednotlivých složek.....	35
Tab. 4: Přehled výsledků podílů jednotlivých složek na celkovém obsahu α a β hořkých kyselin.....	35

