

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



**Senzorické vlastnosti chmele a jejich vliv na chuť a vůni
piva**

Diplomová práce

Bc. Karolína Mašková

Kvalita a zpracování zemědělských produktů

doc. Ing. Lenka Kouřimská, Ph.D.

© 2019 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Senzorické vlastnosti chmele a jejich vliv na chuť a vůni piva" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 12. dubna 2019

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí mé diplomové práce doc. Ing. Lence Kouřimské, Ph.D. za cenné rady, vstřícný přístup a pomoc. Dále bych ráda poděkovala Ing. Karlu Štěrbovi, Ph.D. za vstřícnost, odborné vedení a připomínky při zpracovávání mé diplomové práce. Děkuji taktéž Mgr. Tomáši Vrzalovi za ochotu a pomoc při zpracování výsledků a všem pracovníkům Výzkumného ústavu pivovarského a sladařského, a. s., kteří se podíleli na degustaci. Také bych ráda poděkovala za inspiraci RNDr. Janě Olšovské, Ph.D. a Mgr. Šárce Vávrové, bez kterých by tato práce nevznikla. V neposlední řadě děkuji mé rodině a přátelům za podporu.

Senzorické vlastnosti chmele a jejich vliv na chuť a vůni piva

Souhrn

Tato práce se zabývá senzorickými vlastnostmi chmele v závislosti výsledné chuti a vůni piva. V teoretické části práce jsou uvedeny informace o chemickém složení vybraných chmelových odrůd z hlediska aromatických sloučenin. Teoretická část je věnována především senzoricky významným skupinám látek, konkrétně chmelovým pryskyřicím a silicím, které poskytují pivu nejen hořkost, ale i další specifická aromata a chutě. Je zde i projednáváno, jaký vliv může mít studené chmelení na chmelové silice a finální aroma piva. Navazující kapitolou jsou podmínky senzorické analýzy chmele, v které jsou popsány vlastnosti nutné k realizaci senzorického hodnocení.

V praktické části je navržena metodika pro senzorické hodnocení chmele a byla také otestována kvalifikovaným senzorickým panelem. Senzorické hodnocení bylo primárně založeno na degustacích chmelových výluhů odrůdy Žatecký poloraný červeňák při různých teplotách a koncentracích. Posléze bylo zaměřeno i na degustace piva, která byla chmelena za studena. Piva byla chmelena Žateckým poloraným červeňákem a třemi hybridními odrůdami žateckého chmele, a to konkrétně Saaz Special, Saaz Brilliant a Saaz Comfort. Všechna hodnocení proběhla ve Výzkumném ústavu pivovarském a sladařském na konci roku 2018 a na začátku roku 2019.

Výsledky degustací ukázaly, že při porovnání chmelových profilů výluhů, běžně chmelených a studeně chmelených piv se intenzity aromat měnily. Nejnížší intenzity aromat byly pozorovány u piva bez studeného chmelení. Nejvyšší naopak u výluhů. Bylo pozorováno, že chmelení za studena má vliv na výsledné aroma a chuť piva. Studeně chmelená piva vykazovala jemnější charakter hořkosti, vyšší intenzitu chmelových aromat a bylo u nich detekováno mnoho dalších aromat na rozdíl od piv bez studeného chmelení. Aroma výluhů a studeně chmelených piv se lišilo jen nepatrně, nicméně výluhy měly nižší intenzitu hořkosti. Tudíž lze prokázat, že aromatické a chuťové atributy chmele jsou v průběhu vaření piva podrobeny změnám v důsledku těkavosti chmelových silic.

Výsledky degustací chmelových výluhů ukázaly, že členové senzorického panelu nebyli v hodnocení jednotní a potřebují pravidelnější trénink.

Klíčová slova: Senzorické hodnocení; chmel; vůně; chuť; pivo.

Sensory characteristics of hops and their influence on the flavour and aroma of beer

Summary

This thesis deals with sensory characteristics of hops depending of resulting flavour and aroma of beer. In the theoretical part of the thesis information about the chemical composition of selected hop varieties from the point of aromatic compounds are stated. The theoretical part is mainly devoted to sensorially important groups of substances, specifically hop resins and essential oils, which provide not only bitterness, but also other specific aromas and flavours to beer. It is also about the influence of dry hopping on hop oils and the final aroma of beer. The follow-up chapter is about the conditions of sensory analysis of hops, in which the characteristics necessary for realization of sensory evaluation are described.

In the practical part methodology for sensory evaluation of hops is proposed and it was also tested by a qualified sensory panel. Sensory evaluation was primarily based on the tasting of hop extracts of the Žatecký poloraný červeňák (Saaz) variety under different temperatures and concentrations. Later it was focused on tasting of dry-hopped beers. The beers were hopped with the Žatecký poloraný červeňák (Saaz) and three hybrid varieties of Saaz hops, namely Saaz Special, Saaz Brilliant and Saaz Comfort. All evaluations took place in the Research Institute of Brewing and Malting at the end of the year 2018 and at the beginning of the year 2019.

The results of tastings showed that the flavour intensity of hop extracts varied in comparison with usually hopped and dry-hopped beers. The lowest intensities of aromas were observed in beer without dry-hopping. By contrast, the highest intensities were in extracts. It has been observed that dry-hopping has an influence on the final aroma and flavour of beer. Dry-hopped beers evinced a softer bitterness, a higher intensity of hop aroma, and many more aromas were detected than in beers without dry-hopping. The aroma of hop extracts and dry-hopped beers varied only slightly, but the extracts had a lower bitterness intensity. So, it can be shown that the aromatic and flavour attributes of hops change during brewing because of the volatility of hop oils. The results of hop extracts tastings showed that the members of the sensory panel were not coherent in the evaluation and need more regular training.

Keywords: Sensory evaluation, hops, aroma, flavour, beer.

Obsah

1 Úvod	8
2 Vědecká hypotéza a cíle práce.....	9
3 Literární rešerše.....	10
3.1 Chmel.....	10
3.1.1 Systematické zařazení a morfologie chmele	10
3.1.2 Odrůdy chmele.....	10
3.1.3 Chemické složení chmele	12
3.2 Chemická a senzorická specifikace vybraných odrůd chmele.....	18
3.2.1 Žatecký poloraný červeňák.....	18
3.2.2 Kazbek.....	20
3.2.3 Hallertau Blanc	21
3.2.4 Cascade.....	23
3.3 Chmelová aromata	24
3.3.1 Vliv studeného chmelení na chmelové silice a aroma	24
3.3.2 Senzoricky významné aromatické látky.....	26
3.3.3 Aromatické prekurzory.....	28
3.4 Podmínky senzorické analýzy	28
3.4.1 Senzorická laboratoř.....	28
3.4.2 Technické podmínky senzorické analýzy.....	29
3.4.3 Senzorický panel	30
4 Metodika	31
4.1 Materiál	31
4.2 Přístroje a zařízení	31
4.3 Příprava degustačních vzorků	31
4.3.1 Příprava chmelových výluhů	31
4.3.2 Příprava vzorků k degustaci piva	33
4.4 Degustační sousto	34
4.5 Hodnoticí panel	34
4.6 Průběh degustace	35
4.7 Systém hodnocení.....	35
4.7.1 Povinné parametry	35
4.7.2 Protokol	37
4.8 Senzorická analýza chmele	38
4.8.1 Degustace č. 1	38
4.8.2 Degustace č. 2.....	38
4.8.3 Degustace č. 3.....	38
4.8.4 Degustace č. 4.....	39

4.9	Senzorická analýza piva	39
4.10	Zpracování dat	40
5	Výsledky	42
5.1	Výsledky degustace č. 1	42
5.2	Výsledky degustace č. 2	43
5.3	Výsledky degustace č. 3	44
5.4	Výsledky degustace č. 4	45
5.5	Výsledky degustace piva	46
5.6	Výsledky analýzy hlavních komponent (PCA)	49
5.7	Statistické výsledky degustací piv	50
6	Diskuze	56
7	Literatura	61
8	Seznam obrázků, tabulek a grafů	67
9	Samostatné přílohy	69

1 Úvod

První písemná zmínka o pěstování chmele pochází z roku 736 z oblasti Hallertau v německém Bavorsku (Bradáč 2008), avšak již 1000-1500 let před naším letopočtem začali Slované kořenit kvašené nápoje chmelem. Na českém území má chmel bohatou a dlouholetou tradici. Největšího rozkvětu dosáhlo chmelařství během 14. století za vlády Karla IV. (Basařová et al. 2010).

Chmel spolu s vodou, sladem a pivovarskými kvasinkami patří mezi základní pivovarské suroviny.

Chmel dává pivu hořkost a typické aroma v závislosti na odrůdě. Během zrání se ve chmelu syntetizuje mnoho sekundárních metabolitů, které jsou důležité pro výslednou chuť a aroma piva. Jedná se o chmelové pryskyřice (α -hořké kyseliny, β -hořké kyseliny), polyfenoly a především chmelové silice, které patří mezi významné aromatické látky ve chmelu a následně i ve výsledném produktu, pivu.

Celkem existuje asi 250 odrůd chmele a každá má své unikátní sensorické vlastnosti. V závislosti na daných odrůdách se škála finálních chutí a aromat pohybuje od kořeněných, pryskyřičných, dřevnatých či bylinných po ovocné (často citrusové) a květinové.

V posledních letech se chmelení v pivovarském průmyslu změnilo, a jak řemeslné, tak průmyslové pivovary se čím dál více snaží o optimalizaci a vyváženost chmelového aroma vyráběných piv. Jejich cílem je vytvořit za pomoci chmelového aroma piva s výjimečnou a jedinečnou chutí, například v rámci přípravy či změny receptury piva, implementace pivního stylu, změny způsobu chmelení atd. Sensorická hodnocení chmelových odrůd a chmele jsou tak uskutečňována samotnými pivovary vlastními metodami často ve spolupráci s vědeckými institucemi, s producenty pivovarských surovin nebo s pěstiteli. Spotřebitelé se tak mohou díky tomu seznamovat se širokým aromatickým spektrem chmele.

Vzhledem k této skutečnosti nabývá na důležitosti podrobný přístup k sensorickým analýzám pivovarských surovin a samotných piv.

V současnosti se stále vyvíjí sensorické postupy, které by více sjednotily systémy popisu chmelových aromat, která zatím používají různé kategorie a atributy. Je snahou také docílit společné unifikace sensorických profilů pro příslušné odrůdy chmele a piva. Vytvoření jednotného popisného systému chmelových aromat pro chmel a pivo by mělo umožnit pivovarnickému průmyslu lepší srovnání různých odrůd chmele a piv z nich vyrobených (Schönberger et al. 2018).

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Chmel kromě hořké chuti může pivu dodat i další sensorické vlastnosti, a to jak v jeho vůni, tak i chuti. Tento vliv je závislý na použité odrůdě, příp. odrůdách, stejně jako na vlastním technologickém procesu.

Cílem diplomové práce je v teoretické části zpracování literární rešerše zaměřené na sensorické vlastnosti chmele, způsob jejich popisu, degustace a projev popsanych vlastností v hotovém výrobku (pivu).

V praktické části bude navržena a otestována metodika pro sensorické hodnocení chmele a chmelových produktů. Dále bude navržen program tréninku odborného panelu pro hodnocení chmelových aromat. Získané zkušenosti budou aplikovány na sensorické hodnocení piv s důrazem na piva obohacena chmelovým aroma např. pomocí studeného chmelení.

3 Literární rešerše

3.1 Chmel

Chmel otáčivý (*Humulus lupulus*) je jedna ze tří základních surovin pro výrobu piva. Chmel je používán ve formě slisovaných pelet (granulí), usušených chmelových hlávek, extraktů nebo isoextraktů. Chmel dodává pivu typicky hořkou chuť, přispívá k tvorbě typického aroma a poskytuje další technologicky důležité vlastnosti (např. biokonzervaci).

3.1.1 Systematické zařazení a morfologie chmele

Chmel se botanicky zařazuje do rostlin čeledě konopovitých (*Cannabaceae*) a má tři druhy, z nichž chmel otáčivý zahrnuje poddruh chmel evropský, který se pěstuje v mnoha odrůdách. Jako vytrvalá rostlina je rozšířena v mírném pásu severní i jižní polokoule. K pivovarnickým účelům se pěstují jen rostliny se samičími květy.

Hlavními částmi rostliny chmele jsou kořenový systém, réva s pazochy a listy s květenstvími, které se během zrání mění na hlávky. Celá réva se vine pravotočivým směrem do výšky sedmi až osmi metrů. Chmelové hlávky se skládají ze stopky, vřeténka, pravých a krycích listenů. Při oplození se v hlávce nachází navíc semeno neboli pecka. Na vnitřní straně listenů se během zrání uvolňují pryskyřičná zrnka lupulinu, který obsahuje chmelové pryskyřice a silice, pivovarsky cenné složky. Jejich vnitřní složení a obsah se odrůdově liší v závislosti na pěstitelských a podnebných podmínkách (Kosař & Procházka 2000).

3.1.2 Odrůdy chmele

Ve světě jsou pěstovány desítky odrůd chmele. Nejběžněji se odrůdy klasifikují například podle zbarvení chmelové révy, podle obsahu chmelových pryskyřic a chmelového aroma (jemné aromatické, vysokoobsažné hořké), podle délky vegetační doby (Basařová et al. 2010) nebo podle oblasti původu (Munoz 2016; Olšovská et al. 2017) viz Tabulka 1.

Barry et al. (2017) uvedli, že na základě zeměpisného původu existují rozdíly ve vůni chmele, a dokonce nelze předpokládat, že stejná odrůda pěstovaná v různých oblastech má stejné aromatické vlastnosti.

Tabulka 1: Konkrétní odrůdy a jejich oblasti původu (Munoz 2016; Basařová 2010; Olšovská et al. 2017)

Oblast původu	Odrůdy
evropské	Žatecký poloraný červeňák, Golding, Strisselspalt, Lublin, Marynka
německé	Spalt, Tett nang, Mandarina Bavaria, Hüll Melon, Hallertau Blanc, Polaris
americké	Amarillo, Cascade, Centennial, Citra, Simcoe, US Fuggle, Chinook
anglické	Fuggle, Target
australské	Galaxy, Topaz, Pride of Ringwood
novozélandské	Nelson Sauvín
čínské	China Cluster

Podle zabarvení chmelové révy se chmelové odrůdy dělí na červeňáky, kam patří žatecké odrůdy, a zeleňáky, které se pěstují převážně ve Velké Británii, Austrálii a v USA.

Podle vegetační doby zrání se odrůdy rozdělují na rané, polorané a pozdní. Aromatické odrůdy bývají rané až polorané a hořké odrůdy jsou hlavně pozdní (Čepička & Kubíček 2000).

Odrůdy chmele se také dělí podle obchodního hlediska, a to do čtyř skupin – jemné (angl. fine aroma), aromatické (angl. aroma), hořké (angl. bitter) a vysokoobsažné (angl. high alfa).

3.1.2.1 Dělení odrůd podle obsahu α -hořkých kyselin

Do první skupiny jemných aromatických odrůd patří žatecké odrůdy (Žatecký poloraný červeňák, německé odrůdy Tett nang i Spalt a polská odrůda Lublin. Tato skupina je charakteristická ušlechtilým chmelovým aromatem. Obsah α -hořkých kyselin se pohybuje od 3,5 do 4 %.

Do druhé skupiny aromatických odrůd patří bavorské chmele Hersbrucker, Hallertauer, Select, Perle, slovinský Golding, americký Cascade nebo český Sládek. Obsah α -hořkých kyselin této skupiny se pohybuje od 3,5 do 6,5 %.

Do třetí skupiny hořkých chmelů se řadí anglický Northern Brewer, slovinský Super Steier, polská Marynka a české hybridy Bor a Premiant. Obsah α -hořkých kyselin se pohybuje kolem 8 % (Kosař & Procházka et al. 2000).

Do čtvrté skupiny vysokoobsažných chmelů patří především hybridní odrůdy šlechtěné pro vysoký obsah α -hořkých kyselin (až 15 %), ale s méně žádoucím aroma. Řadí se

sem např. německé odrůdy Magnum a Taurus, anglický Nugget a americké Target, Columbus či Galena.

V posledních letech se začaly objevovat odrůdy ještě s vyšším obsahem α -hořkých kyselin, a to i přes 15 %. Bývají označovány jako super alfa odrůdy. Jsou vhodné spolu s vysokoobsažnými odrůdami ke zpracování na chmelové extrakty (Anon. n. d.).

3.1.3 Chemické složení chmele

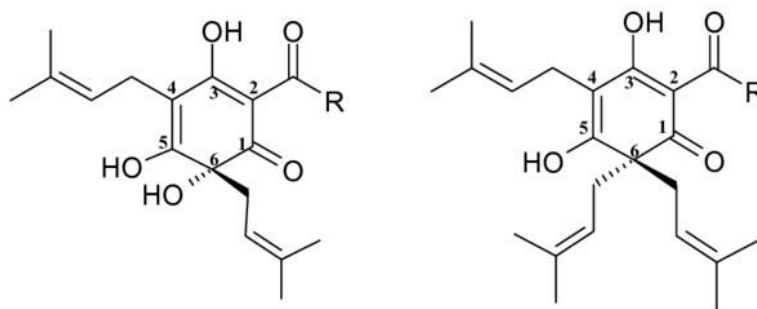
Chmel obsahuje tři základní skupiny látek, které jsou důležité z technologického i sensorického hlediska. Jsou to pryskyřice, dodávající pivu hořkost, polyfenoly, které chrání pivo před stárnutím kvůli své antioxidační aktivitě a silice, zodpovídající za chmelové aroma (Olšovská et al. 2017). Jejich přibližný procentuální obsah ve chmelu je zobrazen v Tabulce 2, konkrétní chemické složení chmele závisí na odrůdě, místě původu, ročníku a posklizňových úpravách.

Tabulka 2: Průměrné složení chmele (Olšovská et al. 2017)

Látka	Obsah (%)
Voda	8–12
Celkové pryskyřice	15–20
Polyfenolové látky	2–6
Silice	0,2–2,5
Lipidy a vosky	1–3
Dusíkaté látky	12–15
Sacharidy (celulosa)	40–50
Minerální látky	6–8

3.1.3.1 Chmelové pryskyřice

Pryskyřice chmele jsou nejvýznamnější složkou hořké chuti piva. Pryskyřice obsahují α -, β -, γ -, δ -hořké kyseliny a jejich další analogy (homology). Za nejvýznamnější se však považují α - a β -analogy (Obr. 1).

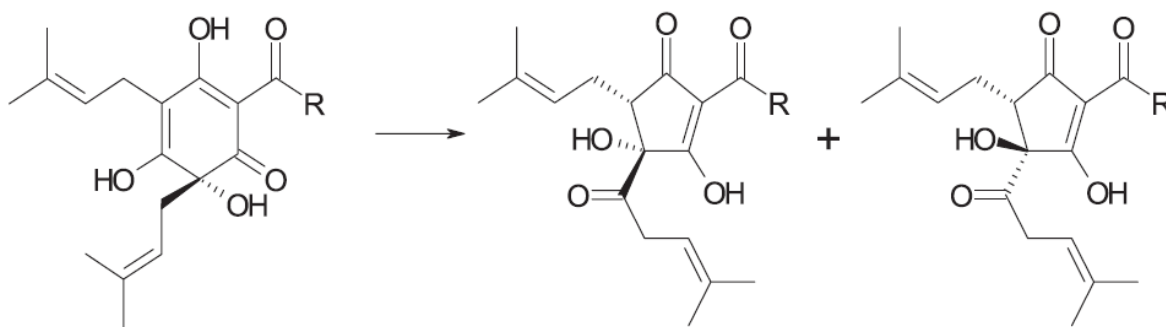


Obr. 1: Strukturní vzorce α - a β -hořkých kyselin

3.1.3.1.1 α -hořké kyseliny

α -hořké kyseliny se skládají ze sedmi analogů humulonu, a to z kohumulonu (20–50 %), humulonu (35–70 %), adhumulonu (10–15 %), prehumulonu (1–10 %), posthumulonu (1–5 %) a adprehumulonu, poslední analog není dosud pojmenovaný (Basařová et al. 2010). Struktury jednotlivých homologů se liší jen postranním acylovým řetězcem (R na Obr. 1). Obvykle se obsah α -hořkých kyselin ve chmelu pohybuje od 3 do 10 hm. % v závislosti na odrůdě (Karabín et al. 2009).

α -hořké kyseliny v mladině během chmelovaru podléhají izomeraci (Obr. 2) a mění se na cis- a trans-iso- α -hořké kyseliny (2:1), které vykazují významnou organoleptickou hořkost a při vysokých koncentracích se hořkost může projevovat jako drsná, svíravá nebo trpká. Iso- α -hořké kyseliny vykazují citlivost na světlo a snadno podléhají oxidaci, což se projevuje při skladování piva změnou chuti (Caballero et al. 2012).



Obr. 2: Izomerace α -hořkých kyselin na cis- a trans-iso- α -hořké kyseliny

Rozpustnost iso- α -hořkých kyselin je mnohem větší než rozpustnost α -hořkých kyselin. Při stoupajícím pH se zvyšuje stupeň izomerace. V zásaditém prostředí (při pH 8–9) a za katalytického působení hořečnatých či vápenatých solí může dojít k úplné transformaci α -hořkých kyselin až na 92 % iso- α -hořkých kyselin (Smith 1994).

3.1.3.1.2 β -hořké kyseliny

Obsah β -hořkých kyselin ve chmelu se pohybuje okolo 3–5 %. Představují přirozenou směs pěti a více analogů nazývaných: lupulon (30–50 %), kolupulon (20–55 %), adlupulon (5–10 %), prelupulon (1–3 %) a postlupulon.

Poněvadž β -hořké kyseliny neobsahují terciární alkoholovou skupinu v aromatickém jádru, nemohou při chmelovaru podléhat izomeraci. Hlavními oxidačními produkty přeměny těchto kyselin jsou hulupony, které vykazují krátce doznívající a mírnou hořkost podobnou hořkosti iso- α -hořkých kyselin (Basařová et al. 2010). Piva vařená z chmelů s vyšším podílem β -hořkých kyselin vykazují jemnější, vyrovnanou a méně drsnou hořkost (Čepička & Kubíček 2000).

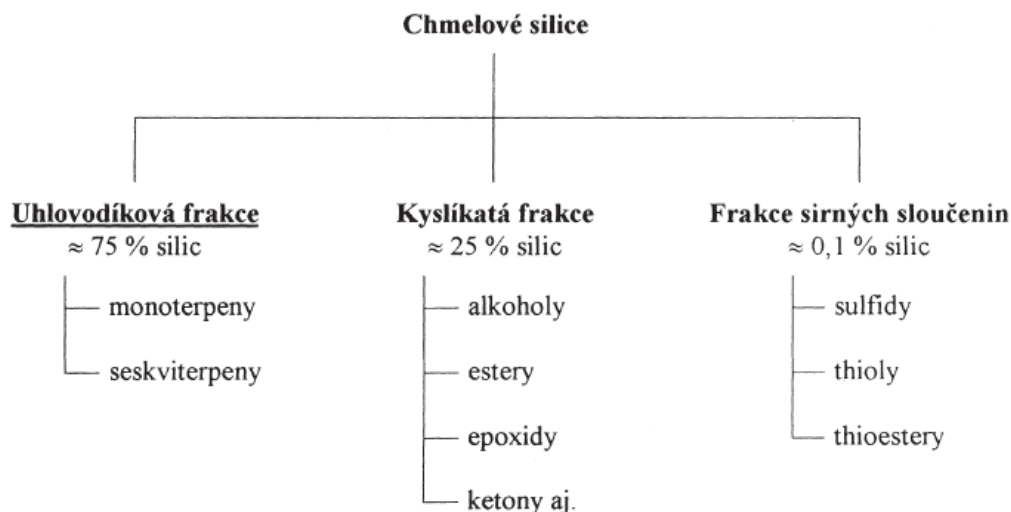
3.1.3.2 Polyfenolové látky chmele

Mezi polyfenolové látky (polyfenoly, někde označovány jako třísloviny) chmele patří převážně flavonové glykosidy, anthokyanogeny, katechiny a volné fenolové kyseliny. Nejvyšší obsah celkových polyfenolů mají zejména jemné aromatické odrůdy jako žatecký poloraný červeňák, u něhož se obsah polyfenolů pohybuje okolo 3,5 až 4,5 %. Chmelové polyfenoly ovlivňují charakter hořkosti a byla prokázána jejich přirozená antioxidační činnost (Čepička & Kubíček 2000).

3.1.3.3 Chmelové silice

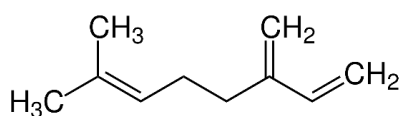
Chmelové silice jsou směsí organických látek především terpenického charakteru v nízkých koncentracích. Chmelové silice jsou produktem sekundárního rostlinného metabolismu, při kterém dochází k degradaci látek primárního metabolismu, tj. sacharidů, tuků a bílkovin (Jelínek et al. 2012). Celkový obsah silic ve chmelu se pohybuje kolem 0,4–2,5 % (Prugar 2008). Obsahem a složením chmelových silic se zabývala řada autorů. Kroupa (2007) uvádí, že chemické složení silic je závislé na odrůdě, podmínkách počasí daného roku pěstování a na podmínkách klimatu celé dané pěstitelské oblasti.

Chmelové silice se zpravidla rozdělují na tři frakce (Obr. 3): terpenickou (uhlovodíkovou, okolo 75 %), kyslíkatou (oxidovanou, okolo 24 %) a frakci sirných sloučenin (do 1 %), která je senzoricky velmi aktivní.



Obr. 3: Hlavní terpenické složky chmelových silic

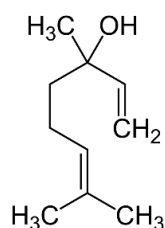
Uhlovodíková neboli terpenická frakce chmelových silic obsahuje alifatické uhlovodíky (pentan, oktan, isopren, undekan až heptadekan a další), monoterpeny (myrcen (Obr. 4), α -pinen, β -pinen, β -ocimen nebo limonen) a seskviterpeny (β -farnesen, α -humulen, β -karyofylen, β -selinen, α -selinen, γ -kadinen, δ -kadinen anebo γ -muurolen). Kupříkladu pro žatecké chmele je charakteristický nižší obsah myrcenu, který může vykazovat drsné a štiplavé aroma, a to může mít za následek nevyrovnanou hořkost piva. Silice této frakce jsou v pivu málo rozpustné a většina při chmelovaru vytěká (Basařová et al. 2010). Aroma žateckých odrůd utvářeno náležitým poměrem seskviterpenů, především α -humulenu (8-33 %), β -karyofylenu (4-22 %) a farnesenu (0-19 %) (Basařová & Čepička 1985).



Obr. 4: Strukturní vzorec myrcenu

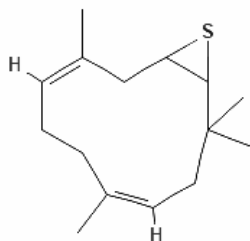
Kyslíkatá neboli oxidovaná frakce chmelových silic se vyvíjí během zrání, zpracování a skladování chmele. Je tvořena terpeny, seskviterpeny, alifatickými a aromatickými alkoholy, aldehydy, ketony, epoxidy, kyselinami a estery (Basařová et al. 2010). Tato frakce je více rozpustná, tudíž se v pivu může vyskytovat ve vyšších koncentracích a ovlivňovat tak jeho aroma. Nejhojnější zastoupení v kyslíkaté frakci má linalool (Obr. 5), geraniol a neridol (Basařová et al. 2010). Zástupci alkoholů této frakce jsou např. humulol, humulenol, farnesol, α -eudesmol, β -eudesmol, α -cadinol nebo muurol (Peacock et al. 1981; Moll 1994). Mezi

významné epoxidy patří karyofylenepoxid (Yang et al. 1993) a humulenepoxidy I a II, vznikající oxidací karyofylenu a humulenu (Lam & Deinzer 1987, Moll 1994). Velmi intenzivním aromatem se projevují taktéž estery, např. methylester a estery následujících terpenických alkoholů: geraniolu, nerolu a linaloolu (Sharpe & Laws 1981). Bylo zde zaznamenána i vyšší koncentrace ketonů, hlavně methylketonů, např. undekan-2-on nebo tridekan-2-on (Basařová et al. 2010). Některé kyslíkaté složky silic, jako jsou alkoholy odvozené od myrcenu, borneolu, nerolu a linaloolu, se projevují v pivu jako ovocné nebo esterové aroma (Čepička & Kubíček 2000).



Obr. 5: Strukturní vzorec linaloolu

Skupina sirných sloučenin má většinou negativní vliv na aroma piva díky svým nepříjemným sensorickým vlastnostem (např. aroma po cibuli, spálené pryži, ale také po černém rybízu) a nízkým prahovým hodnotám vnímání (Čepička & Kubíček 2000, Basařová 2010, Kammhuber 2018). Sirné sloučeniny pochází jednak ze sirných preparátů, které jsou používány během vegetace proti houbovým chorobám a jednak ze sirných konzervantů, které jsou využívány v posklizňových úpravách chmele. Do této frakce jsou řazeny tyto silice: diethylsulfid, ethanthiol (Pfenninger et al. 1979), sulfan, methanthiol, dimethylsulfid (Obr. 6), dimethyldisulfid, dimethyltrisulfid, dimethyltetrasulfid, 1,2-epithiohumulen, 4,5-epithiohumulen, 4,5-epithiokaryofylen, myrcensulfid, myrcendisulfid, methylthiohexanoát. Výhodou žateckých chmelů je prakticky nulový obsah sirných sloučenin v silicích (Čepička & Kubíček 2000).



Obr. 6: Strukturní vzorec 4,5-epithiohumulenu

Různé kombinace koncentrací silic dávají možnost vzniku charakteristického aroma každého chmele (Krofta 2008). Charakteristickým znakem Žateckého poloraného červeňáku je seskviterpen farnesen, podle kterého lze tuto odrůdu identifikovat (Kroupa 2007). Při porovnávání evropských a amerických chmelů byl v evropských zjištěn nižší obsah geraniolu, zatímco v amerických ho je výrazně více (Takoi 2017).

Složení silic není v porovnání s pryskyřicemi chmele stabilní, zejména kvůli těkavosti některých složek. Mění se například při sušení nebo při zpracování na chmelové produkty (granule, extrakty). Nemění se však v takové míře, že by došlo ke znemožnění identifikace odrůdy (Písková 2015). Nicméně, z práce Kroupy (2007) vyplynulo, že farnesen, je velice nestabilní a během stárnutí chmele nebo vlivem nevhodného skladování může dojít k jeho rychlému poklesu.

Během výroby piva silice podléhají fyzikálním, chemickým i biochemickým změnám. Aroma, které chmelové silice dodávají pivu je totiž jiné než aroma chmele. Jedním z důvodů je, že velká část silic vytěká s vodní parou během chmelovaru a jen malé množství jich přejde do mladiny beze změn (linalool, geraniol, geranylacetát, humulenepoxydy). K dalším ztrátám složek chmelových silic může docházet vlivem sorpce na kvasinky (Čepička & Kubíček 2000).

V průběhu kvašení Takoi (2017) pozoroval mírné zvýšení koncentrace linaloolu a geraniolu. β -citronellol se zvyšoval během kvašení i během ležení. Po přidavku odrůdy Bravo (s vysokým obsahem geraniolu) k odrůdě Apollo a Simcoe se v sensorickém profilu projevilo zvýšení květinového a citrusového aroma u odrůdy Apollo a zvýšilo se květinové, ovocné a citrusové aroma u odrůdy Simcoe. Toto zvýšení aromat je důvod současného působení právě linaloolu, geraniolu a β -citronellolu. Tyto silice se nacházely ve vyšších množstvích i v hotovém pivu.

Senzorické vlastnosti silic jsou závislé jednak na koncentraci, ale také na prahu vnímání těchto látek. Některé silice mají velmi nízké prahové koncentrace a jsou postřehnutelné lidskými smysly i v nepatrných koncentracích (Čepička & Kubíček 2000).

3.2 Chemická a senzorická specifikace vybraných odrůd chmele

3.2.1 Žatecký poloraný červeňák

Žatecký poloraný červeňák (ŽPČ) byl získán klonovou selekcí v původních porostech. Tato odrůda je pěstována v devíti klonech. Je to tradiční, jemná a aromatická odrůda pro druhé a třetí chmelení, případně i studené chmelení. Jemná vůně chmelových hlávek této odrůdy je charakterizována jako standard vysoké kvality (Nesvadba et al. 2012).

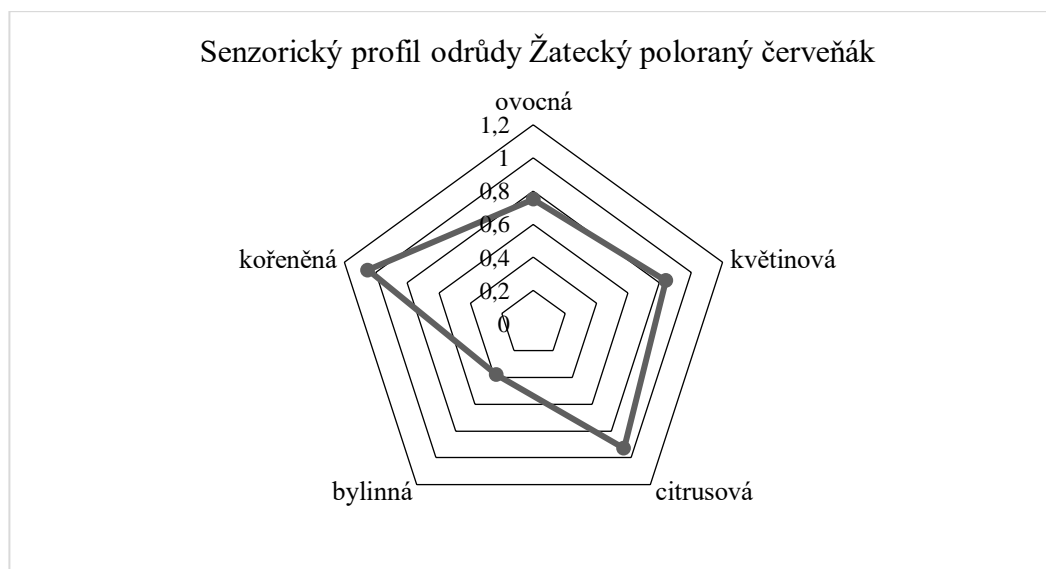
Průměrný obsah α -hořkých kyselin v odrůdě ŽPČ je 3,5 %. Je velmi bohatý na polyfenoly (Tabulka 3). Vyrovnaný poměr α - a β -hořkých kyselin způsobuje spolu s jedinečným obsahem chmelových silic (Tabulka 4) specifický charakter chuti piva. Žatecký chmel je používán jako prostředek formující konečnou vyváženou chuť masově vyráběných piv (Bohemia Hop 2013). Je pro něj typické trávové, pryskyřičné až citrusové aroma (Hopsteiner 2017).

Tabulka 3: Obsah vybraných pryskyřic a polyfenolů v ŽPČ (Nesvadba et al. 2012)

Chmelové pryskyřice	
celkový obsah pryskyřic	13 – 20 %
α -hořké kyseliny	2,5 – 4,5 %
β -hořké kyseliny	4 – 6 %
poměr α -/ β -hoř. kyselin	0,6:1,0
kohumulon	23 – 26 %
Polyfenoly	
celkový obsah polyfenolů	5,5 – 7,0 %
xanthohumol	0,3 – 0,5 %

Tabulka 4: Obsah vybraných silic v ŽPČ (Nesvadba et al. 2012)

Silice	
celkový obsah silic	0,4–0,8 g/100 g
isobutylisobutyřát	pod 0,01 %
α - + β -pinen	0,4–0,8 %
myrcen	0,4–0,8 %
2-methylbutylisobutyřát	pod 0,01 %
limonen	0,1–0,2 %
linalool	0,4–0,6 %
geraniol	0,1–0,2 %
2-undekanon	0,5–0,9 %
methyl-4-decenoát	1,0–1,75 %
β -karyofylen	6–9 %
β -farnesen	14–20 %
α -humulen	15–30 %
α - + β -selinen	0,5–1,5 %



Graf 1: Charakteristika aroma ŽPČ (Bohemia Hop 2013)

3.2.2 Kazbek

Odrůda Kazbek byla získána výběrem z potomstva hybridního materiálu, v jehož původu se nachází ruský planý chmel. Pro Kazbek je příznačná kořenitá až citrusová nechmelová vůně (Nesvadba et al. 2012) a doporučuje se pro druhé chmelení a chmelení za studena. Svoje využití našla i u pivního stylu IPA (India Pale Ale) (Bohemia Hop 2013). Obsah chmelových pryskyřic, polyfenolů a silic je vyobrazen v Tabulkách 5 a 6.

Tabulka 5: Obsah vybraných pryskyřic a polyfenolů v Kazbeku (Nesvadba et al. 2012)

Chmelové pryskyřice	
celkový obsah pryskyřic	17 – 22 %
α -hořké kyseliny	5 – 8 %
β -hořké kyseliny	4 – 6 %
poměr α -/ β -hoř. kyselin	0,9:1,5
kohumulon	35 – 40 %
Polyfenoly	
celkový obsah polyfenolů	3,5 – 4,5 %
xanthohumol	0,30 – 0,45 %



Graf 2: Charakteristika aroma Kazbeku (Bohemia Hop 2013)

Tabulka 6: Obsah vybraných silic v Kazbeku (Nesvadba et al. 2012)

Silice	
celkový obsah silic	0,9 – 1,8 g/100 g
isobutylisobutyřát	0,15 – 0,25 %
α - + β -pinen	0,5 – 0,9 %
myrcen	40 – 55 %
2-methylbutylisobutyřát	0,60 – 1,25 %
limonen	0,15 – 0,20 %
linalool	0,3 – 0,5 %
geraniol	0,05 – 0,20 %
2-undekanon	0,10 – 0,25 %
methyl-4-decenoát	0,5 – 1,0 %
β -karyofylen	10 – 15 %
β -farnesen	pod 1,0 %
α -humulen	20 – 35 %
α - + β -selinen	1 – 3 %

3.2.3 Hallertau Blanc

Odrůda Hallertau byla vyšlechtěna v německém Hüllu v roce 2012 společně se třemi dalšími odrůdami (Polaris, Mandarina Bavaria, a Huell Melon). Je určena pro všechna svrchně i spodně kvašená piva, zejména na studené chmelení, konec chmelovaru nebo pozdní chmelení (Hop products 2015).

Tato odrůda je charakteristická vinným aromatem s květinovými tóny přecházející do sladkého ovoce až angreštu. V aroma se však můžou objevit i tóny kávy, černého rybízu, ananasu či mučenky (Hopsteiner 2017). Obsah chmelových pryskyřic, polyfenolů a silic je vyobrazen v Tabulkách 7 a 8.

Tabulka 7: Obsah vybraných pryskyřicí a polyfenolů v Hallertau Blanc (Brelex 2018; Hop products 2015; Hopsteiner 2017)

Chmelové pryskyřice

α -hořké kyseliny	9 – 12 %
β -hořké kyseliny	4 – 6 %
kohumulon	20 – 26 %

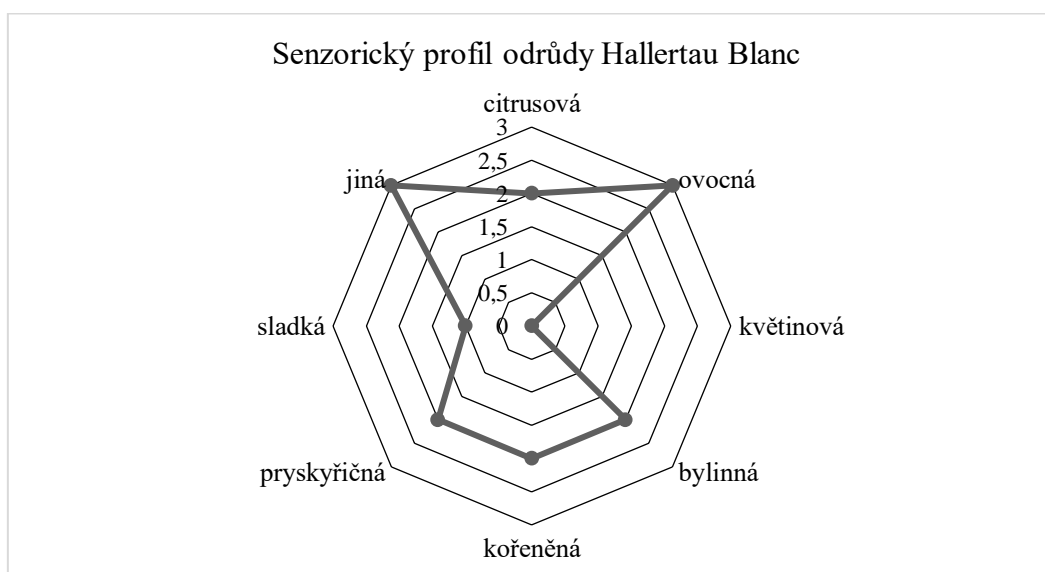
Polyfenoly

celkový obsah polyfenolů	5,8 %
xanthohumol	0,2 – 0,4 %

Tabulka 8: Obsah vybraných silic v Hallertau Blanc (Brelex 2018; Hop products 2015; Hopsteiner 2017)

Silice

celkový obsah silic	0,8 – 1,5 g/100 g
myrcen	45 – 75 %
linalool	0,02 – 0,04 %
β -karyofylen	0,7 – 2,0 %
β -farnesen	0,0 – 3,5 %
humulen	0 – 3 %



Graf 3: Charakteristika aroma Hallertau Blanc (Hopsteiner 2017)

3.2.4 Cascade

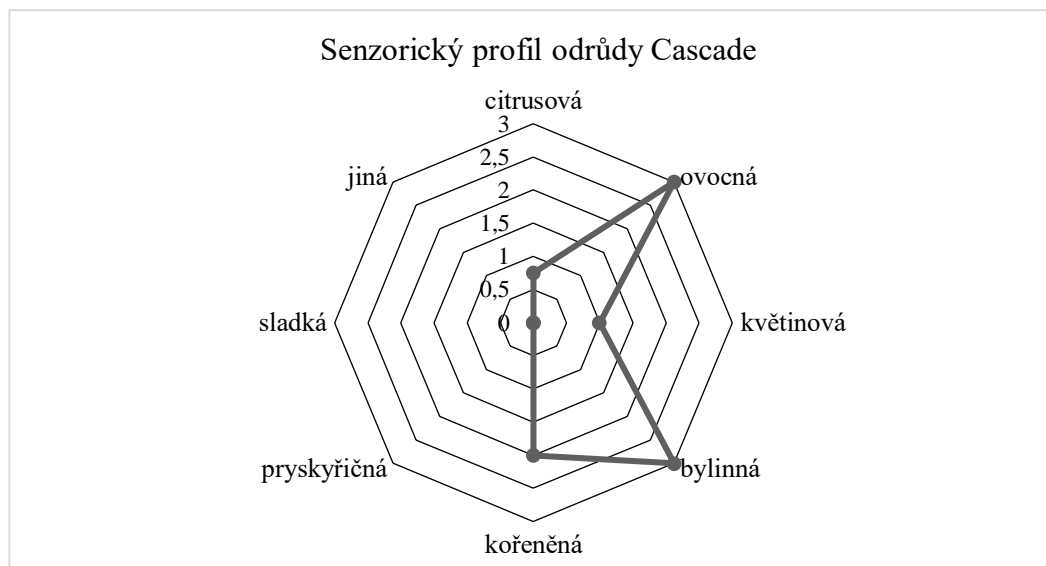
Odrůda Cascade byla vyšlechtěná v USA ve státě Oregon. Jako rodičovské rostliny byly použity odrůdy Fuggle a ruská Serebrianka. Tato odrůda se vyznačuje odolností proti peronospoře chmelové a padlí chmelovému, ale je relativně citlivá na napadení mšicemi. Cascade má intenzivní aroma, s jemnějšími tóny citrusů (nebo jiného ovoce), liči a květin. Dodává jemnou vyváženou hořkost a aroma. Uplatnění má na závěr chmelovaru, při pozdním či studeném chmelení (Hop products 2015). Obsah chmelových pryskyřic, polyfenolů a silic je vyobrazen v Tabulkách 9 a 10.

Tabulka 9: Obsah vybraných pryskyřic a polyfenolů v Cascade (Brelex 2018; Hop products 2015; Hopsteiner 2017)

Chmelové pryskyřice	
α -hořké kyseliny	4,5 – 9,0 %
β -hořké kyseliny	4,2 – 7,0 %
kohumulon	33 – 40 %
Polyfenoly	
xanthohumol	0,1 – 0,4 %

Tabulka 10: Obsah vybraných silic v Cascade (Brelex 2018; Hop products 2015; Hopsteiner 2017)

Silice	
celkový obsah silic	0,5 – 1,5 g/100 g
myrcen	35 – 60 %
linalool	0,2 – 0,6 %
β -karyofylen	3 – 8 %
β -farnesen	4 – 8 %
humulen	8 – 18 %



Graf 4: Charakteristika aroma Cascade (Hopsteiner 2017)

3.3 Chmelová aromata

Za chmelová aromata zodpovídají především chmelové silice jako linalool, humulenol, humulenepoxid, karyofylenepoxid a geraniol, které disponují pryskyřičnou a květinovou vůní, dále některé ketony s kořeněnou vůní a estery s citrusovou či ovocnou vůní (Gresser 1985; Maier 1990; Narziss et al. 1986; 1985a; 1985b; Bellaio et al. 2016). Konkrétně geraniol, tvůrce květinového aroma, se dostává do piva s chmelovými silicemi. Zvláštností geraniolu je, že se jeho vnímání liší napříč populací. Jedna třetina ho vnímá už v koncentraci $18 \mu\text{g.l}^{-1}$, zatímco zbytek populace ho pozná až od $350 \mu\text{g.l}^{-1}$ (Simpson & Mairs 2005).

Spektrum chmelových aromat zaznamenalo v posledních letech rozmach, a to hlavně v souvislosti se šlechtěním odrůd se zvýrazněným chmelovým aroma používaných většinou při chmelení za studena (neboli dry hopping).

3.3.1 Vliv studeného chmelení na chmelové silice a aroma

Chmelení za studena je v současnosti oblíbený způsob chmelení, který umožňuje zvýšení koncentrace aromatických silic v pivu. Zároveň se jedná o jediný dosud známý technologický proces, s jehož pomocí lze připravit pivo tak, aby se jeho výsledný sensorický profil blížil profilu použitého chmelového materiálu. Množství geraniolu ve studeně chmelených pivech se může lišit od množství v samotném chmelu ve výkyvech od 40 % do více než 200 %. Některé odrůdy (Cascade, Hallertau Blanc, Polaris) obsahují kromě geraniolu značné množství geranylacetátu. Vzhledem k tomu, že se v pivu nenachází žádná stopa

geranylacetátu, a to ani při vysokých dávkách, lze potvrdit, že při studeném chmelení se geranylacetát hydrolyzuje a geraniol se uvolňuje do piva (Forster et al. 2014).

Výroba piv chmelených za studena je založena na přípravě mladiny, kdy je chmel přidáván nejen do mladinové pánve během chmelovaru nebo do vířivé kádě, ale poslední a největší dávka chmele je přidána až po hlavním kvašení nebo zrání – ve studené fázi výroby. Tímto se vyrovnají ztráty vytěkaných silic vodní párou při chmelovaru. Přejít do piva pouhou macerací při nízkých teplotách, které převládají během kvašení mladiny, je velice pomalý děj. Avšak při dodržení správného technologického postupu jsou v porovnání s chmelovarem ztráty silic i jejich přeměny minimální (Jelínek et al. 2018). Chmelové aroma je podrobena během chmelovaru a pozdního chmelení řadám změn, a to jak z hlediska intenzity, tak charakteru. Proto chmelové aroma piva odpovídá jen minimálně aroma chmele, ze kterého bylo pivo připraveno (Van Opstaele et al. 2010).

Z hlediska způsobu extrakce je možné studené chmelení rozdělit na statické a dynamické. Při statickém chmelení je chmel ponořen do kvasné nádoby, kde je macerován po celou dobu kvašení nebo zrání. V dnešní době vzrůstá obliba dynamických metod, při kterých dochází k čerpání piva přes chmelovou vrstvu. Je patrné, že dynamické metody studeného chmelení přináší výhody jako nižší doba extrakce (v řádech minut až hodin) nebo účinnější extrakci aromatických látek (Jelínek et al. 2018). Vzhledem k tomu, že v průběhu dynamického chmelení dochází k neplánovaným změnám chuti piva následkem zvýšené extrakce polyfenolů a humulinonů, je v praxi často upřednostňováno statické chmelení před dynamickým (Lafontaine & Shellhammer 2018).

Takoi et al. 2010 prokázali, že mnoho silic je schopno zesílit, nebo naopak utlumit intenzitu některých vůní pomocí synergického či antagonistického efektu. Z toho vyplývá, že pomocí koncentrací a profilu zastoupení daných chmelových silic lze hodnotit chmelové aroma pouze v omezené míře.

3.3.2 Senzoricky významné aromatické látky

Tabulka 11: Senzoricky významné aromatické látky v pivu pocházející z chmele (Krofta 2013)

Látka	Deskriptor	Skupina vůně
β -damascenon	jablko, broskev, ovoce	ovocná
isobutyl isobutyrate		
isopentenyl isobutyrate		
2-nonanon		
S-methyl hexanthioát		
methyl nonanoát		
methyl dekadienoát		
ethyl-3-methylbutanoát	citrusy, jablko	citrusová, ovocná
4-(4-hydroxyfenyl)-2-butanon	citrusy, maliny	
ethyl-2-methylpropanoát	citrusy, ananas	
ethyl-2-methylbutanoát	citrusy, jablko	citrusová
limonen		
β -citronellol	limeta, liči	
geraniol	květiny, růže	květinová
linalool	levandule, květiny	
farnesol		
2-dekanon		
2-undekanon		
myrcen	byliny, borovice, pryskyřice	kořenitá
β -farnesen		
humulen		
karyofylenoxid		
α -kopaen		
karyofylen		
β -pinen		bylinná
β -felandren		
β -selinen		
α -selinen		
γ -kadinen		
δ -kadinen		
humulenepoxid II		
humulenepoxid I	seno	
(Z)-3-hexanal	zeleň, listí	

Aromatické odrůdy obsahují širokou škálu chmelových silic a nabízejí tak mnoho možností vyrobit neobvyklá piva, které se vyznačují specifickými senzorickými vlastnostmi (Tabulka 11). Feiner & Mitter (2014) navrhli dělení chmelových aromat na čtyři skupiny

s přiřadili jim konkrétní aroma (Tabulka 12). V roce 2017 Drexler et al. vytvořili další a zároveň podrobnější možnost, jak klasifikovat chmelová aroma (Tabulka 13).

Tabulka 12: Klasifikace chmelových aromat (Feiner & Mitter 2014)

Skupina aromat	Aromata
Ovocná	Banán, broskev, pomeranč, citron, grapefruit, mandarinka, limetka, ananas, lesní ovoce, mučenka, medovice
Bylinná	Růže, pelargonie, jasmín, fialka, máta, čerstvě posekaná tráva, seno, sláma
Pryskyřičná	Jalovec, hřebíček, pepř, borovicová pryskyřice, kafr, cedr
Ostatní	Vanilka, med, karamel, kandys, bílé víno, dehet, zemitá, sirná

Tabulka 13: Klasifikace chmelových aromat podle Drexlera et al. (2017)

Skupina aromat	Aromata
Mentolová	máta peprná, meduňka, šalvěj, kovová, kafr
Čajová	zelený čaj, heřmánek, černý čaj
Zelené ovoce	hrušky, kdoule, jablko, angrešt, esterová, „koňakový olej“ (z hroznů)
Citrusová	grapefruit, pomeranč, limetka, citron, bergamot, citronová tráva, zázvor
Svěží zeleň (trávnová)	zelená tráva, rajčatový list, paprika
Zeleninová	celer, pórek, cibule, artyčok, česnek
Smetanová/karamelová	máslo, čokoláda, jogurt, perník, med, smetana, karamel, káva
Dřevitá/aromatická	tabák, koňak, barik (dubový sud), kůže (useň), tonkový bob, svízel, pryskyřice, kadidlo, myrta
Kořenitá/bylinná	maggi, černý pepř, chilli, kari, jalovec, majoránka, estragon, kopr, levandule, anýz, lékořice, fenykl
Červené bobule	černý rybíz, borůvky, maliny, ostružiny, jahody
Sladké plody	banán, vodní meloun, ananasový meloun, broskev, meruňka, mučenka, sušené ovoce, švestka, ananas, bílé želé
Květinová	heřmánkový květ, konvalinka, jasmín, jabloňový květ, růže, pelargonie

3.3.3 Aromatické prekurzory

Aromatické prekurzory jsou sloučeniny bez zápachu, které po změně své struktury uvolňují aromatické sloučeniny. Nedávno bylo prokázáno, že některé chmelové aromatické sloučeniny jsou přeměňovány biotransformací, uvolňovány přítomností kvasinek nebo v důsledku enzymatické aktivity. Uvolňování těchto aromatických sloučenin nabízí možnost zvýšení chmelového aroma v pivu pomocí prekurzorové hydrolyzy. Není však zcela zřejmé, které složky aroma jsou klíčové pro určité sensorické vlastnosti.

Uvolňování aromatických sloučenin v důsledku aktivity enzymů může probíhat při fermentaci v důsledku použití specifického kmene kvasinek nebo použitím exogenních enzymů. Určitými kmeny kvasinek v kombinaci s danými odrůdami chmele je možné modulovat nebo optimalizovat chmelové aroma v hotovém pivu a potlačit tak aromatický potenciál použitého chmele (Schönberger & Munoz Insa 2018).

3.4 Podmínky sensorické analýzy

3.4.1 Sensorická laboratoř

Základní a obecné podmínky jsou pro uspořádání sensorické laboratoře uvedeny v mezinárodní normě ČSN EN ISO 8589. Hodnotitel by měl dbát na základní principy týkající se podmínek během sensorického hodnocení. Samotná sensorická analýza by měla probíhat za známých a kontrolovatelných podmínek s minimem rušivých vlivů. Psychologické faktory nebo fyzikální vlivy by měly být omezeny na minimum, poněvadž ovlivňují lidský úsudek. Vzorky musí být hodnotitelům předkládány anonymně a při degustaci je zakázáno diskutovat s ostatními členy komise.

Každý hodnotitel by měl mít vlastní prostor (box), aby předešel rozptýlení z okolí. Hodnotitel při analýze sedí. V každém boxu musí být zajištěno vyhovující osvětlení a dostatečně velký prostor pro vzorky, formulář či poznámkový blok. Ve zkušební místnosti by měl být zaveden odtah pachů, popřípadě dobré větrání. V místnosti musí být klid. Během analýzy může hovořit pouze vedoucí panelu, který hodnocení řídí. Teplota a relativní vlhkost místnosti musí být regulovatelné. Pro okna se doporučuje mléčné sklo. Jako podlaha je vhodné linoleum, které nevstřebává pachy a tlumí hluk. Barva stěn a nábytku se doporučuje matně bílá či neutrálně šedá, aby hodnotitel nebyl výraznými barvami rozptylován. Ve zkušební místnosti je zakázáno telefonovat a zvuky telefonů musí být ztlumeny.

Zkušební místnost by měla být oddělena od přípravný vzorků nebo je nezbytné alespoň oddělit prostor pro přípravu vzorků zástěnou. Zajistí se tím tak anonymita vzorků a klid na jejich přípravu a manipulaci. Přípravna musí být též dobře větratelná a zařízena materiály, které neabsorbují pachy. V přípravně je vhodné mít nábytek či zařízení pro úložiště a mytí nádobí, lednice či temperované boxy na skladování vzorků.

Dalším prostorem, který je vhodnou součástí sensorické laboratoře, je konferenční místnost. Tam probíhá diskuze o hodnocených vzorcích, čímž hodnotitelé získávají zpětnou vazbu (Olšovská et al. 2017).

3.4.2 Technické podmínky sensorické analýzy

3.4.2.1 Podávání vzorků

Při sensorickém hodnocení piva se k podávání vzorků většinou používají sklenice z bezbarvého průhledného skla. Sklenice by měly být dokonale čisté a inertní vůči pachům. Kromě degustačních sklenic je možno také použít plastové kelímky, které musí být sensoricky inertní (EBC 2010). Objem kelímku by měl odpovídat objemu 200 ml.

Maximální počet vzorků na 60 minut, což odpovídá jednomu sezení, by se měl pohybovat v rozmezí čtyř až šesti. Pokud je degustace rozdělena do více sérií, je vhodné uskutečnit po každé sérii 15 až 30 minut pauzu pro regeneraci chuťových buněk (Olšovská et al. 2017).

3.4.2.2 Degustační sousto

V průběhu sensorického testování je nutné přizpůsobit chuťové receptory a zamezit tak tzv. fyziologické únavě. Dochází při ní k přesycení receptoru stimulantem (chemickou látkou vyvolávající vjem vůně či chuti). Receptor v tomto stavu už nedokáže vyhodnotit další vzorek a jeho vjem. K potlačení tohoto zkreslujícího jevu slouží tzv. neutralizátor chuti neboli degustační sousto. Toto sousto je pro každý typ vzorku přesně definováno. Pro degustaci piva se používá nekořeněný salám, nearomatický sýr a bílé pečivo. Podmínkou je, aby každý degustátor měl k dispozici vlastní sousto. Každý degustátor má v rámci sousta k dispozici sklenici vody (Olšovská et al. 2017).

3.4.3 Senzorický panel

Výsledky sensorického hodnocení jsou závislé na kvalitě a schopnostech členů sensorického panelu, proto je vhodné panel pravidelně trénovat. Každý hodnotitel by měl mít fyzické a psychické předpoklady pro danou analýzu. Pro zjištění fyzických předpokladů slouží degustační zkoušky, které zjišťují, jestli má hodnotitel dostatečně vyvinuté chuťové, čichové a další buňky, které jsou nutné k vykonávání sensorické analýzy. Hodnotitel musí hodnotit objektivně a respektovat metodiku dané analýzy. Hodnotitelé mají zakázáno ovlivňovat ostatní členy panelu jak slovními, tak neverbálními projevy (gestikulace, zvuky atd.). Na individuální odchylky vnímání hodnotitelů může mít vliv i okamžité fyzické či psychické rozpoložení. Optimální počet posuzovatelů se pohybuje mezi 10 až 15 lidmi (Olšovská et al. 2017).

4 Metodika

4.1 Materiál

Pro přípravu chmelových výluhů byl použit granulovaný chmel GRANULE typu 90 (*Humulus lupulus*) odrůdy Žatecký poloraný červeňák, voda z vodovodu a pivo značky Gambrinus. Použitý Žatecký poloraný červeňák pocházel z žatecké (ze sklizně roku 2017) a tršické oblasti (ze sklizně roku 2018). Granule dodala firma, která se zabývá prodejem pivovarských potřeb a surovin.

4.2 Přístroje a zařízení

Pro přípravu vzorků výluhů byly použity rychlovarné konvice značky Zelmer o objemu 1,7 litru s nastavitelnými teplotami na 40, 50, 60, 70 a 85 °C. Při procesu louhování chmele byly používány konvice typu „frenchpress“ o objemu 1 litru. Na vážení vzorků byly použity laboratorní váhy značky Sartorius s přesností na 0,01 g.

4.3 Příprava degustačních vzorků

4.3.1 Příprava chmelových výluhů

Po navážení chmelových granulí byla připravena prostřednictvím rychlovarných konvic s nastavitelnou teplotou voda o požadované teplotě. Dále bylo naváženo požadované množství granulovaného chmele. Chmel byl poté nasypán do konvic typu „frenchpress“ (Obr. 7) a byl zalit vodou. Pak byl v konvicích louhován a po 10–15 minutách byl přes síto „frenchpressu“ scezen. Výluh byl poté přelit do 1000ml baňky a nalit do degustačních plastových kelímků. Do každého kelímku bylo servírován objem vzorku mezi 50–100 ml.

V případě hodnocení, ve kterém byl degustován chmelový výluh s pivem, byly k podávání použity 300ml inertní sklenice a objem vzorku se pohyboval okolo 100 ml. Teplota vzorku se pohybovala mezi 10 až 12 °C. Konkrétní množství a teploty vzorků, s nimiž bylo pracováno jsou zobrazeny v tabulce 14.



Obr. 7: Vzorčky chmelových granulí s připravenými konvicemi

Tabulka 14: Přehled vzorků chmelových výluhů

Degustace	Kód vzorku	Doplňující údaj	Teplota	Množství
č. 1	OW		40 °C	15 g/l
	TX		85 °C	
	FH	pivo	10–12 °C	20 g/l
č. 2	PU		85 °C	5 g/l
	JW		85 °C	10 g/l
č. 3	YD	se zviřeným podílem	60 °C	10 g/l
	MM		70 °C	
č. 4	WW	z otevřeného	60 °C	10 g/l
	XO	balení	70 °C	
	XU	z nového	60 °C	
	KQ	balení	70 °C	

4.3.2 Příprava vzorků k degustaci piva

Všechny vzorky piva byly připraveny v pokusném pivovaru ve Výzkumném ústavu pivovarském a sladařském. Jednalo se o piva s 12 % extraktu původní mladiny, která byla připravena dvourmutovým způsobem. Chmelovar trval 80 minut při 180 mbar a na chmelení bylo použito 636 g chmele na 175 l mladiny (3,634 g/l). V Tabulce 15 lze vidět, které chmele byly v jednotlivých vzorcích piva použity.

Všechny mladiny byly zakvašeny kvasinkami kmene č. 95 podle sbírky VÚPS ze zákvasné teploty 10 °C na hlavní kvasnou teplotu 3–4 °C během 24 hodin. Přídavek kvasinek byl 15 mil. buněk/ml. Piva poté zrála v ležáckém sklepě při teplotě 2 °C 21 dní.

Piva byla dále zfiltrována pod ochranou CO₂ na deskovém filtru filtračními deskami S10N. Dále byla piva upravena nasycením na hodnotu 5,0 - 5,2 g/l CO₂. Piva byla stočena do lahví a pasterována na 20 PU (pasteračních jednotek).

Po zrání byly odebrány z várek 1, 2 a 4 (později vzorky CV1, CV2 a CV4) části, které byly vystaveny studenému statickému (stacionárnímu) chmelení. Tím byly vytvořeny vzorky CVS1, CVS2 a CVS4. Statické chmelení probíhalo v sudech KEG o objemu 50 litrů, které trvalo 5 dní. 2,5 g chmele na litr bylo umístěno do textilní punčochy a vloženo do sudu po sanitaci a naplnění CO₂. Ze vzorku CV3 byly odebrány dvě části. První část podstoupila výše popsané statické studené chmelení (CVS3) a druhá část byla podrobena dynamickému studenému chmelení, čímž vznikl vzorek CVS3D. Dynamické chmelení probíhalo cirkulací piva po dobu 120 minut. Rychlost čerpání se pohybovala v rozmezí 180–200 l/hod. Množství chmele při dynamickém studeném chmelení bylo opět 2,5 g/l. Vzorky se odebíraly 30 minut po ukončení studeného chmelení.

Tabulka 15: Použité chmele ve vzorcích a způsob chmelení

Název vzorku	Použité chmele	Formy chmele	Způsob chmelení	Datum degustace
CV1	Žatecký poloraný červeňák	granule	během chmelovaru	6. 3. 2019
CVS1	Žatecký poloraný červeňák	granule	studené statické	
CV2	Saaz Special	granule	během chmelovaru	
CVS2	Saaz Special	granule	studené statické	
CV3	Saaz Brilliant	hlávky	během chmelovaru	8. 3. 2019
CVS3	Saaz Brilliant	hlávky	studené statické	
CVS3D	Saaz Brilliant	hlávky	studené dynamické	
CV4	Saaz Comfort	hlávky	během chmelovaru	14. 3. 2019
CVS4	Saaz Comfort	hlávky	studené statické	

4.4 Degustační sousto

Při všech sensorických hodnoceních chmelových výluhů i piv bylo použito stejné degustační sousto, vepřová nekořeněná šunka, sýr (eidam 30 %) a bílé pečivo.

4.5 Hodnoticí panel

V hodnoticí místnosti se nacházelo celkem 12 degustačních boxů. Počet degustátorů však nebyl konstantní a pohyboval se v rozmezí 8–12. Hodnoticí panel tvořily ženy i muži různých věkových kategorií. Hodnotitelé jsou školení minimálně jednou měsíčně na atributy piva. Kvalifikace degustátorů je podmíněna úspěšným absolvováním Degustační zkoušky, která má platnost 5 let. Degustační zkoušky pořádá Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a. s. a vychází z normy ČSN ISO 8586 „Sensorická analýza – obecná směrnice pro výběr, výcvik a sledování činnosti posuzovatelů“ a z analytiky EBC, kapitoly „Sensorická analýza – výběr a výcvik posuzovatelů“.

4.6 Průběh degustace

Každý hodnotitel měl k dispozici svůj vlastní degustační box. Každému byly postupně předkládány vzorky v kelímkách nebo ve sklenicích. Při degustacích chmelových výluhů byly používány kelímky a při degustacích piva byly používány sklenice. Vybavení senzorické laboratoře a senzorické místnosti jsou popsány v kapitole 3.4 Podmínky senzorické analýzy. Po ukončení degustace a dopsání protokolu u každého vzorku probíhala krátká diskuze hodnotícího panelu o daném vzorku a jeho hodnocení.

4.7 Systém hodnocení

Na základě literární rešerše byl vytvořen protokol rozdělený na povinné a nepovinné parametry. Protokol byl vytvořen v programu XAMPP Version 5.5.3.3 od německého výrobce ApacheFriends. Vzorkům byly programem automaticky přiděleny náhodné dvou písmenné kódy. Hodnotitelé vyplňovali protokol elektronicky a po uzavření protokolu neměli možnost zpětně měnit jeho hodnocení. Dle literární rešerše byly nadefinovány následující povinné parametry:

4.7.1 Povinné parametry

- **Hořkost po polknutí** – prvotní vjem hořkosti ihned po spolknutí vzorku.
- **Kulminace hořkosti** – maximální intenzita hořkosti, obvykle po cca 15 sekundách po spolknutí.
- **Doznívání hořkosti** – maximální intenzita hořkosti, obvykle po cca 40 sekundách po spolknutí.
- **Charakter hořkosti** – pohybuje se na stupnici od 1 do 5, kde je 1 velmi jemný, 2 je jemný, 3 je střední, 4 je drsný a 5 je velmi drsný až ulpívající.
- **Trpká chuť** – suchý nebo stahující pocit v ústech, vnímaný hmatovými receptory.
- **Intenzita chmelového aroma:** Celková intenzita chmelového aroma.
- **Intenzita citrusového aroma:** V rámci citrusového aroma je možné vnímat aromata grepu, pomeranče, limetky, citronu, bergamotu, citronové trávy, mandarinky nebo pomela.
- **Intenzita květinového aroma:** U květinového aroma lze často vnímat aroma květů rostlin jako bez, heřmánek, konvalinka, jasmín, jabloň, růže, pelargonie, levandule, šeríku nebo i lučního kvítí.

- **Intenzita bylinného aroma:** V bylinném aroma je možné často detekovat aroma libečku, petržele, bazalky, tymiánu, rozmarýny, máty meduňky či šalvěje. Mohou se zde vyskytovat mentholové nebo eukalyptové tóny, které mohou být řazeny i do pryskyřičného aroma.
- **Intenzita ovocného aroma:** Mezi ovocná aromata lze zařadit aromata zeleného ovoce, jako jsou hrušky, jablka, angrešt nebo hroznové víno. Je zde řazena i kategorie aromat tropického ovoce, kterých se nejčastěji mohou vyskytovat aromata banánu, ananasu, manga či kiwi. Dále sem lze řadit aromata červeného a sladkého ovoce nebo bobulí jako maliny, borůvky, jahody, rybíz, brusinky, višně, meruňky, broskve nebo švestky.
- **Intenzita pryskyřičného aroma:** Do pryskyřičného aroma přísluší aromata pryskyřic jehličnatých stromů (nejčastěji borovice), dřevitá nebo zemitá aromata (např. cedr). Mohou se zde prolínat vůně bylinného aroma, např. mentholu či eukalyptu a kořeného aroma.
- **Intenzita kořeného aroma:** Do kořeného aroma často náleží kořenitá aromata pepře, jalovce, hřebíčku, lékořice, muškátového oříšku nebo sušeného zázvoru, který může evokovat i citrusové aroma.
- **Intenzita zeleného aroma:** Do tzv. zeleného aroma byla přiřazena aromata, připomínající například čerstvě posekanou trávu, suché seno, proutí, listí nebo zeleninu.

V rámci nepovinných parametrů byly z důvodu přehlednosti protokolu nadefinovány deskriptory, u kterých se očekával pravděpodobný výskyt. Hodnotitelé měli možnost napsat ke každému parametru další jimi vnímaná aromata do kolonek s názvem Jiné.

Pokud výše nebylo uvedeno jinak, stupnice byla použita v rámci slovního hodnocení intenzity v rozmezí 0 až 5 po 0,5 bodech u každé kategorie: 0 – žádná, 1- velmi slabá, 2 – slabá, 3 – střední, 4 – silná, 5 – velmi silná.

U posledních tří parametrů (příjemnost chmelové vůně, příjemnost chmelové chuti a oblíba), které jsou povinné, byla stupnice definovaná v rozmezí 1–9, kde 1 znamená velmi vysokou příjemnost a oblību a 9 je žádná oblíba a příjemnost, téměř nepitelnost. Oblíba a příjemnost patří mezi subjektivní parametry, které nemají vliv na objektivní hodnocení.

4.7.2 Protokol

Povinné parametry

Hořkost	po polknutí	
	kulminace	
	doznívání	
	charakter	
Trpká		
Intenzita chmelového aroma		
Intenzita citrusového aroma		
Intenzita květinového aroma		
Intenzita bylinného aroma		
Intenzita ovocného aroma		
Intenzita pryskyřičného aroma		
Intenzita kořeného aroma		
Intenzita zeleného aroma		

Nepovinné parametry

Citrusové aroma	citron	
	grapefruit	
	pomeranč	
Jiné		
Květinové aroma	bezový květ	
	jasmín	
	růže	
Jiné		
Bylinné aroma	bazalka	
	heřmánek	
	petržel	
Jiné		
Ovocné aroma	červené ovoce	
	tropické ovoce	
	zelené ovoce	
Jiné		
Pryskyřičné aroma	dřevité	
Jiné		
Kořenné aroma	hřebíček	
	jalovec	
	pepř	
Jiné		
Zelené aroma	listí	
	seno	
	tráva	
Jiné		
Ostatní	štiplavé	

	sírná	
	shnilá ryba	
Jiné		

Povinné parametry

Příjemnost chmelové vůně	
Příjemnost chmelové chuti	
Obliba	

4.8 Senzorická analýza chmele

4.8.1 Degustace č. 1

Při senzorickém hodnocení chmelových výluhů byly hodnoceny tři vzorky s označením OW, TX a FH. Vzorky OW a TX byly chmelové výluhy a vzorek FH představoval pivo s vylouhovaným chmelem. Pro všechny tři vzorky bylo k vylouhování použito 15 g chmelových granulí na 1 litr vody 20 g granulí na 1 litr piva. Vzorek OW byl připraven s vodou o teplotě 40 °C a vzorek TX byl připraven s vodou o teplotě 85 °C. Celkový počet hodnotitelů v této degustaci byl 11 lidí. Z celkového počtu 11 lidí bylo 6 žen a 5 mužů.

4.8.2 Degustace č. 2

Při druhém senzorickém hodnocení chmelových výluhů byly hodnoceny dva vzorky s označením PU a JW. Jednalo se o dva chmelové výluhy. Vzorek PU byl připravován vylouhováním 5 g chmelových granulí na 1 litr vody o teplotě 85 °C. Vzorek JW byl připravován vylouhováním 10 g chmelových granulí na 1 litr vody o teplotě 85 °C. Celkový počet hodnotitelů v této degustaci byl 12 lidí. Z celkového počtu 12 lidí bylo 5 žen a 7 mužů.

4.8.3 Degustace č. 3

Při třetím senzorickém hodnocení chmelových výluhů byly hodnoceny dva vzorky s označením YD a MM. Jednalo se o dva chmelové výluhy. Vzorek YD byl připravován vylouhováním 10 g chmelových granulí na 1 litr vody o teplotě 60 °C. Při přípravě tohoto vzorku došlo ke zvýšení pevného podílu chmele. Vzorek MM byl připravován vylouhováním 10 g chmelových granulí na 1 litr vody o teplotě 70 °C. Celkový počet hodnotitelů v této degustaci byl 9 lidí. Z celkového počtu 9 lidí bylo 5 žen a 4 muži.

4.8.4 Degustace č. 4

Při čtvrtém sensorickém hodnocení chmelových výluhů byly hodnoceny celkem čtyři vzorky s označením WW, XO, XU a KQ. Vzorky WW a XO byly chmelové výluhy připravené z otevřeného balení chmelových granulí a vzorky XU a KQ představovaly chmelové výluhy připravené z nově otevřeného balení chmelových granulí. Pro všechny čtyři vzorky bylo k vylouhování použito 10 g chmelových granulí na 1 litru vody. Vzorky WW a XU byly připraveny s vodou o teplotě 60 °C a vzorky XO a KQ byly připraveny s vodou o teplotě 70 °C. Celkový počet hodnotitelů v této degustaci byl 11 lidí. Z celkového počtu 11 lidí bylo 6 žen a 5 mužů. Pro přehlednost a orientaci ve výsledkové části jsou jednotlivé kódy vzorků s informacemi o jejich množstvích a teplotách uvedeny v tabulce 14.

4.9 Sensorická analýza piva

Při sensorickém hodnocení piva a jejich chmelových profilů bylo hodnoceno celkem devět vzorků viz Tabulka 15. Vzorky piv byly podávány do sklenic o objemu 300 ml. Objem vzorku se pohyboval okolo 100 ml. Tyto degustace byly rozděleny do tří dnů kvůli množství vzorků a možné únavě smyslového vnímání viz kapitola 3.4.2.2 Degustační sousto. Celkový počet hodnotitelů v první degustaci piva byl 10 lidí, z toho šest žen a čtyři muži. Počet hodnotitelů v druhé a třetí degustaci piva byl 12 lidí, z toho šest žen a šest mužů.

Ve všech degustacích chmelových výluhů hodnotilo dohromady 19 lidí, z čehož bylo 10 žen a 9 mužů. Pouze 4 hodnotitelé se zúčastnili všech degustací chmelových výluhů. V degustacích piv hodnotilo dohromady 14 lidí, z čehož bylo 7 žen a 7 mužů. Pouze 8 lidí se zúčastnilo všech tří degustací piv. Celkem se zúčastnili na všech degustacích chmelových výluhů i piva 4 lidé.

4.10 Zpracování dat

Protokoly byly nejprve vyhodnoceny v programu Microsoft Office Excel a byly postupně zjištěny aritmetické a ořezané průměry ze všech degustací. U nepovinných parametrů byly vyhodnoceny pouze aritmetické průměry, viz Přílohy č. 1–5. U výsledků nepovinných parametrů degustací chmele byly v případě rozeznání vjemu u méně jak 1/3 hodnotitelů označeny hvězdičkou. Pro získání ořezaného průměru byl ze souboru dat odstraněna nejvyšší a nejnižší hodnota a ze zbytku byl vypočítán aritmetický průměr. Všechny degustace chmelových výluhů (č. 1–4) byly zpracovány dohromady Analýzou hlavních komponent (PCA - Principal Component Analysis) v programu XLSTAT.

Analýza hlavních komponent je řazena k základním metodám redukce dimenzionality dat. Umožňuje i vizualizaci vícerozměrných dat díky snížení počtu proměnných a zároveň slouží také k odhalení skrytých (latentních) proměnných, které mohou usnadnit interpretaci a přehlednost výsledků. Pro zjednodušení analýzy a hodnocení výsledků je vhodnější zkoumat, jestli by analyzované vlastnosti dat bylo možné nahradit menším množstvím jiných nebo umělých proměnných s co nejmenší ztrátou informací. Cílem této metody je nalézt v pozadí skryté neměřitelné proměnné (komponenty), které vysvětlují původní variabilitu. Tyto nově vytvořené proměnné jsou lineární kombinací původních měřených proměnných. Vztah mezi původní proměnnou a novým faktorem se popisuje pomocí korelačního koeficientu (Sebera 2012). Pomocí analýzy hlavních komponent byl sledován vliv jednotlivých sezení na hodnocení vzorků.

Pro zpracování výsledků degustací piv byla následně použita vícefaktorová analýza rozptylu bez opakování – ANOVA (Analysis of Variance). Vícefaktorovou analýzou je sledován vliv dvou nebo více faktorů, které působí na závisle proměnnou. Při této analýze je rozlišováno mezi hlavními efekty a interakčními efekty. Interakční efekty jsou způsobeny interakcemi mezi faktory při působení na závisle proměnnou. V případě této práce je zvolena metoda dvoufaktorové analýzy rozptylu neboli analýza rozptylu dvojného třídění. Interpretace výsledků analýzy rozptylu pro dvojné třídění závisí silně na přítomností interakcí mezi faktory (Bedáňová). Účelem dvoufaktorové analýzy (ANOVA) bez opakování bylo porovnání vlivu jednotlivých hodnotitelů a hodnocení jednotlivých vzorků na hodnocení sensorických parametrů. Bylo pracováno s vyváženým modelem, neboť byly vyřazeny odlehlé hodnoty. Statistická analýza probíhala na hladině pravděpodobnosti $\alpha = 0,05$. Poté bylo pracováno s tzv. post-hoc analýzou k porovnání odchylek výběrových průměrů. V tomto případě byla použita LSD-metoda (Least Significant Difference), která je založena na aplikaci dvouvýběrového

t-testu pro každý pár výběrových průměrů. V případě této práce byly zkoumány statisticky významné rozdíly mezi vzorky a hodnotiteli. Pro zjištění statistických rozdílů mezi konkrétními vzorky nebo konkrétními hodnotiteli byl použit následující vzorec:

$$LSD = \frac{\bar{x}_i - \bar{x}_j}{S_w \cdot \sqrt{\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}}}$$

$$\text{kde } S_w = \sqrt{S_w^2} = \sqrt{\frac{SS_w}{N-k}}$$

V tabulce kritických hodnot t-rozdělení lze zjistit danou kritickou t-hodnotu. Pokud je kritická t-hodnota větší než hodnota LSD (v absolutní hodnotě), pak mezi konkrétními vzorky nebo hodnotiteli existuje statisticky významný rozdíl.

5 Výsledky

V následujících výsledných protokolech je možné vidět průměrné výsledky jednotlivých degustací napříč všemi hodnotiteli. Vzhledem k tomu, že má každý degustátor jinou intenzitu vjemu a byla potřeba zpracovat rozdílné hodnoty, nejsou u výsledků jednotlivých degustací uváděny směrodatné odchylky. Proto byly následovně použity níže uvedené statistické metody pro odlišení vzorků.

Ze všech protokolů vyplývá, že členové sensorického panelu se shodli na nejintenzivnějším aromatu, a sice bylinném. Naopak nejméně intenzivní byla označena květinová a ovocná aromata. Podrobné výsledky hodnocení nepovinných parametrů u každé degustace lze najít v Přílohách č. 1–5.

5.1 Výsledky degustace č. 1

Tabulka 16: Hodnocení degustace č. 1

		OW	TX	FH
Povinné parametry				
Hořkost	po polknutí	3,2	3,6	2,6
	kulminace	4,0	4,7	3,9
	doznívání	2,5	2,9	2,2
	charakter	2,6	2,8	2,1
Trpká		1,4	1,9	1,1
Intenzita chmelového aroma		3,4	4,1	2,9
Intenzita citrusového aroma		1,1	1,1	1,3
Intenzita květinového aroma		0,6	0,4	0,6
Intenzita bylinného aroma		1,5	1,4	1,1
Intenzita ovocného aroma		0,5	0,4	0,8
Intenzita pryskyřičného aroma		1,0	1,2	0,9
Intenzita kořeného aroma		0,6	1,2	0,9
Intenzita zeleného aroma		1,4	1,6	1,1
Příjemnost chmelové vůně		3,2	3,7	3,2
Příjemnost chmelové chuti		4,4	5,4	3,4
Obliba		3,9	4,9	3,6

V degustaci č. 1 převažovalo bylinné a zelené aroma. Nejvyšší hořkost a trpkost vykazoval vzorek TX. Vzorek FH byl vyhodnocen jako nejoblíbenější, navíc s nejpříjemnější chutí a vůní (Tabulka 16).

V této degustaci hodnotitelé u všech tří vzorků popsali navíc aromata připomínající tymián, zelený čaj nebo třezalku. U vzorku TX bylo uvedeno i aroma majoránky, nového koření nebo zeleného chmele (Příloha 1).

5.2 Výsledky degustace č. 2

Tabulka 17: Hodnocení degustace č. 2

		PU	JW
Povinné parametry			
Hořkost	po polknutí	3,4	3,1
	kulminace	3,8	3,8
	doznívání	2,5	2,7
	charakter	2,7	2,6
Trpká		1,3	1,5
Intenzita chmelového aroma		2,7	2,7
Intenzita citrusového aroma		0,8	1,0
Intenzita květinového aroma		0,8	0,7
Intenzita bylinného aroma		2,0	1,7
Intenzita ovocného aroma		0,2	0,3
Intenzita pryskyřičného aroma		1,0	1,1
Intenzita kořeného aroma		1,0	1,0
Intenzita zeleného aroma		1,7	1,4
Příjemnost chmelové vůně		4,2	4,0
Příjemnost chmelové chuti		4,8	4,5
Obliba		4,7	4,4

V degustaci č. 2 převažovalo bylinné aroma. Oba vzorky měly dle hodnotitelů podobné znaky hořkosti. Vzorek JW byl hodnocen jako oblíbenější a s nejpříjemnější chutí a vůní. Oba vzorky byly však hodnoceny velmi podobně (Tabulka 17). V této degustaci hodnotitelé u vzorku PU popsali aromata připomínající mateřídoušku a špenát a u vzorku JW menthol. U obou vzorků bylo detekováno aroma bylinného čaje (Příloha 2).

Ačkoliv u vzorku PU byla dávka chmele o polovinu nižší, hodnocení hořkosti i chmelového aroma bylo obdobné. Tuto skutečnost lze vysvětlit možnou únavou degustační komise nebo nedostatečný trénink rozpoznávání rozdílů při těchto intenzitách.

5.3 Výsledky degustace č. 3

Tabulka 18: Hodnocení degustace č. 3

		YD	MM
Povinné parametry			
Hořkost	po polknutí	3,0	2,7
	kulminace	3,6	3,7
	doznívání	2,6	2,1
	charakter	2,8	2,6
Trpká		1,6	1,4
Intenzita chmelového aroma		2,9	2,6
Intenzita citrusového aroma		1,1	1,4
Intenzita květinového aroma		0,4	0,1
Intenzita bylinného aroma		1,4	1,4
Intenzita ovocného aroma		0,1	0,0
Intenzita pryskyřičného aroma		1,1	1,3
Intenzita kořeného aroma		1,2	0,9
Intenzita zeleného aroma		1,5	1,2
Příjemnost chmelové vůně		3,6	3,6
Příjemnost chmelové chuti		4,9	4,1
Obliba		4,2	3,7

V degustaci č. 3 převažovalo bylinné a zelené aroma. Nejvyšší hořkost a trpkost vykazoval vzorek YD. Vzorek MM byl vyhodnocen jako nejoblíbenější ze všech chmelových výluhů, navíc s nejpříjemnější chutí a vůní. Oba vzorky byly opět hodnoceny velmi podobně (Tabulka 18).

V této degustaci hodnotitelé detekovali u obou vzorků navíc aroma mentholu, šalvěje, a zeleného chmele (Příloha 3). U vzorku YD hodnotitelé zaznamenali vyšší intenzity téměř u všech parametrů. Toto hodnocení mohlo být ovlivněno zviřeným podílem chmele.

5.4 Výsledky degustace č. 4

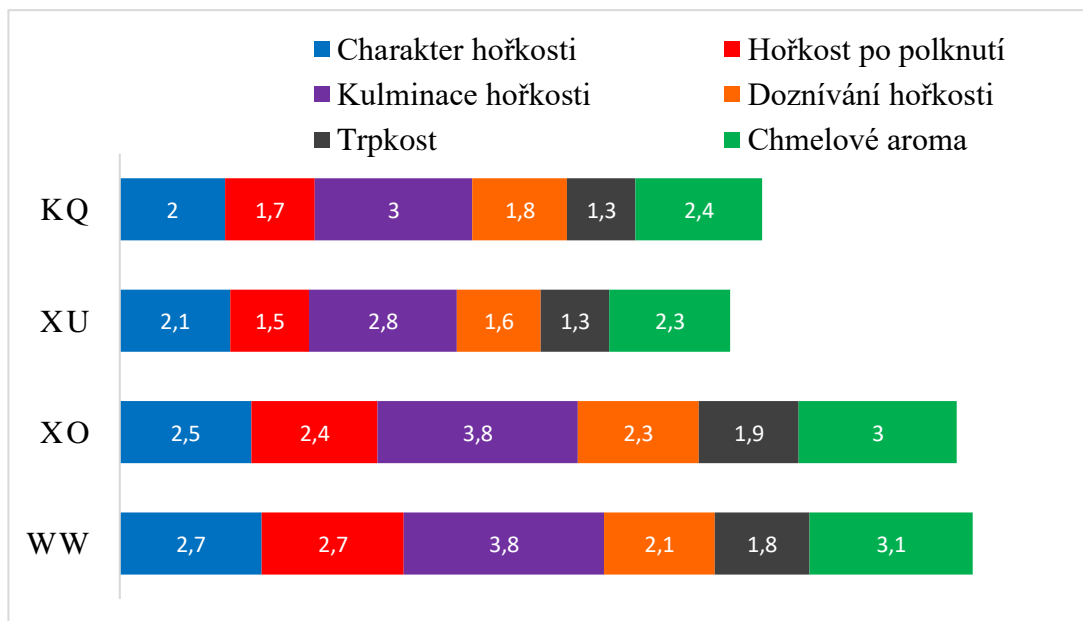
Tabulka 19: Hodnocení degustace č. 4

		WW	XO	XU	KQ
Povinné parametry					
Hořkost	po polknutí	2,7	2,4	1,5	1,7
	kulminace	3,8	3,8	2,8	3,0
	doznívání	2,1	2,3	1,6	1,8
	charakter	2,7	2,5	2,1	2,0
Trpká		1,8	1,9	1,3	1,3
Intenzita chmelového aroma		3,1	3,0	2,3	2,4
Intenzita citrusového aroma		0,5	0,3	0,7	0,6
Intenzita květinového aroma		0,3	0,2	0,6	0,3
Intenzita bylinného aroma		1,4	1,3	1,1	1,3
Intenzita ovocného aroma		0,0	0,1	0,2	0,0
Intenzita pryskyřičného aroma		1,8	1,9	1,4	1,6
Intenzita kořeného aroma		1,1	1,0	0,6	0,9
Intenzita zeleného aroma		1,3	1,5	0,8	1,3
Příjemnost chmelové vůně		4,4	4,3	3,5	3,5
Příjemnost chmelové chuti		4,8	4,9	3,8	4,0
Obliba		4,8	5,2	4,3	4,1

V degustaci č. 4 převažovalo taktéž pryskyřičné, bylinné a zelené aroma. Nejvyšší hořkost vykazoval vzorek WW. Vzorek KQ byl vyhodnocen jako nejoblíbenější a spolu se vzorkem XU měl dle hodnotitelů nejpříjemnější vůni. Nejpříjemnější chuť měl vzorek XU (Tabulka 19).

V této degustaci bylo některými hodnotiteli u všech čtyř vzorků popsáno navíc aroma mateřídoušky. U vzorků WW, XO a KQ byly popsány i aroma tymiánu. Tyto vzorky také vykazovaly aroma sena. U vzorků z nového balení chmele byly zaznamenány další vůně, a to vůně konvalinky u vzorku XU a citronové trávy u vzorku KQ (Příloha 4). Z výsledků této degustace lze vypožorovat, že parametry hořkosti, trpkosti a chmelové aroma u vzorků z otevřeného balení jsou hodnoceny zpravidla vyššími hodnotami.

V grafu 7 jsou znázorněny rozdíly mezi vzorky z déle otevřeného balení chmele (WW, XO) a vzorky z nově otevřeného balení chmele (XU, KQ).



Graf 5: Rozdíly hodnocení chmele z otevřeného a zavřeného balení

5.5 Výsledky degustace piva

Tabulka 20: Hodnocení degustace piva

		CV1	CV2	CV3	CV4	CVS1	CVS2	CVS3	CVS3 D	CVS4
Povinné parametry										
Hořkost	po polknutí	2,1	1,9	2,0	2,0	2,2	2,1	2,3	2,1	2,1
	kulminace	3,6	3,5	3,3	3,4	3,5	3,4	3,3	3,5	3,6
	doznívání	2,7	2,3	2,0	2,1	2,4	2,3	2,2	2,1	1,9
	charakter	3,0	2,4	2,5	2,6	2,6	2,3	2,8	2,7	2,6
Trpká		1,7	1,4	1,0	1,1	1,4	1,0	1,5	1,2	1,4
Intenzita chmelového aroma		1,9	1,6	1,8	2,0	2,3	2,9	2,8	2,6	3,5
Intenzita citrusového aroma		0,2	0,1	0,3	0,5	0,2	0,6	0,8	0,5	1,4
Intenzita květinového aroma		0,4	0,4	0,1	0,4	0,6	0,7	0,7	0,7	0,9
Intenzita bylinného aroma		1,0	0,8	0,5	0,7	0,9	1,1	0,9	0,8	1,3
Intenzita ovocného aroma		0,1	0,1	0,3	0,3	0,3	0,2	0,5	0,5	0,6
Intenzita pryskyřičného aroma		0,2	0,2	1,0	0,9	0,7	1,1	1,3	1,0	1,3
Intenzita kořeného aroma		0,6	0,6	0,7	0,6	0,7	0,6	1,0	0,7	0,6
Intenzita zeleného aroma		0,3	0,2	0,3	0,4	0,8	0,5	1,2	0,6	1,1
Příjemnost chmelové vůně		3,6	3,3	3,6	3,3	2,8	2,4	4,0	3,5	2,1
Příjemnost chmelové chuti		4,1	3,1	3,7	3,6	2,8	2,4	4,1	3,3	2,9
Obliba		3,8	3,4	3,5	3,4	3,1	2,5	4,1	3,4	2,6

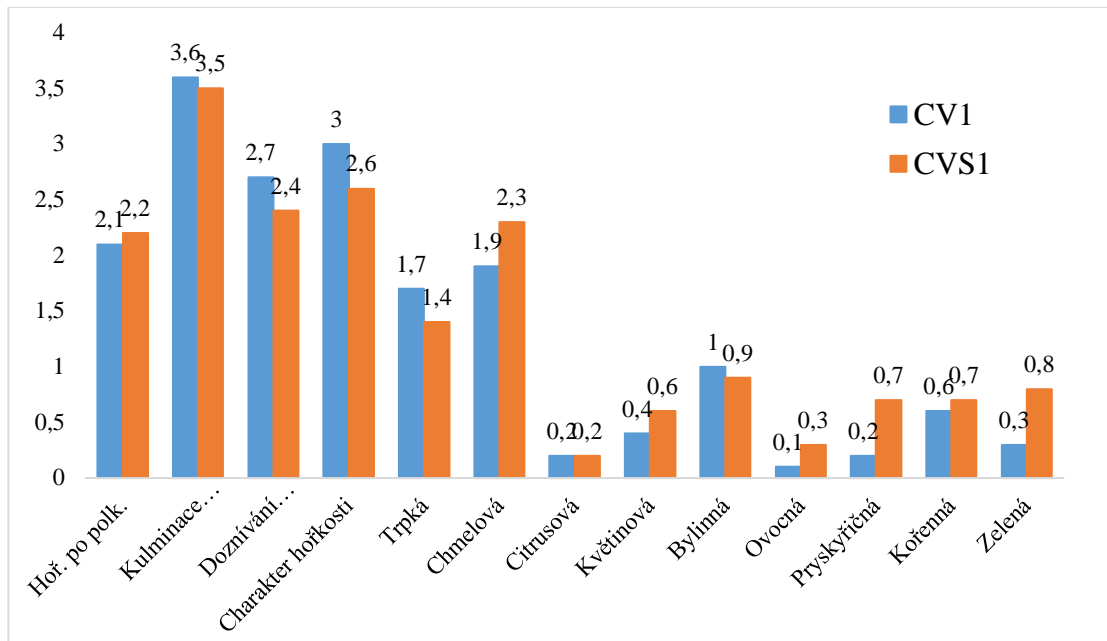
V degustaci piva převažovalo bylinné a pryskyřičné aroma. Intenzita zeleného aroma byla hodnocena velmi podobně. Nejvyšší hořkost a trpkost vykazoval vzorek CV1. Vzorek CVS2 byl vyhodnocen jako vzorek s nejvyšší intenzitou chmelového aroma. Nejvíce aromat a vůní bylo zaznamenáno u vzorku CVS4. Tento vzorek byl také vyhodnocen jako pivo s nejpříjemnější vůní. Vzorek CVS2 byl vyhodnocen jako nejoblíbenější, navíc s nejpříjemnější chutí.

V této degustaci hodnotitelé často popisovali navíc aroma tymiánu, meduňky, zeleného čaje nebo mandarinek. Všechny vzorky se studeným chmelením (CVS1 – CVS4) vykazovaly mimo jiné i mátové aroma (Příloha 5).

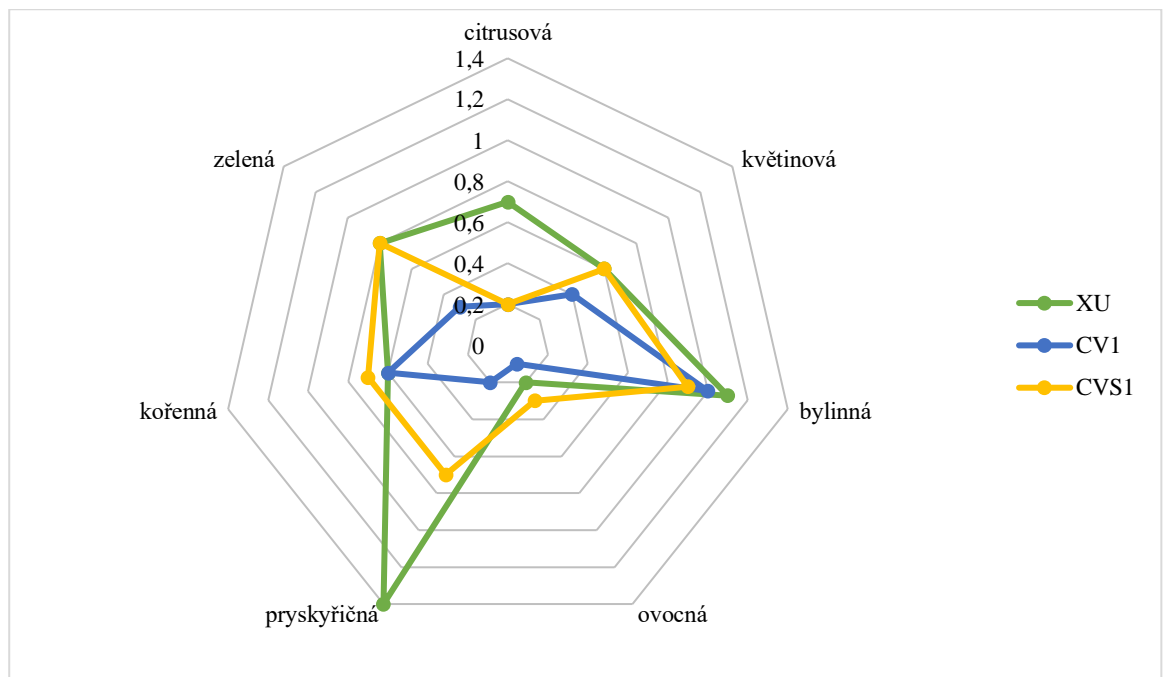
Z výsledků této degustace je možné si všimnout, že studeně chmelená piva získala od hodnotitelů zpravidla vyšší hodnocení intenzit daných aromat, nejvíce u chmelových. U studeně chmelených piv lze pozorovat, že intenzita citrusových, květinových, bylinných a kořených aromat se výrazně nezměnila. Jen mírný nárůst intenzity lze pozorovat u ovocného, pryskyřičného i zeleného aroma. Rozdíl lze vidět i u hodnocení obliby, kde byla všechna piva za studena chmelená (kromě CVS3) vyhodnocena jako oblíbenější.

Z výsledků degustací piva také vyplynulo, že vzorek s dynamickým chmelením (CVS3D) měl u hodnotitelů vyšší preference vůně a chutě než u vzorku se statickým chmelením (CVS3). Avšak v hodnocení intenzit jednotlivých aromat se příliš nelišil. Změna je pozorovatelná pouze v mírném poklesu intenzity zeleného aroma.

V grafu 8 jsou zobrazeny hodnoty parametrů ve vzorcích piva ŽPČ (CV1) a stejného vzorku, který byl navíc chmelen za studena (CVS1). V grafu 9 je vyobrazeno porovnání chmelového profilu výluhu (XU), běžně chmeleného piva (CV1) a piva se studeným chmelením (CVS2).

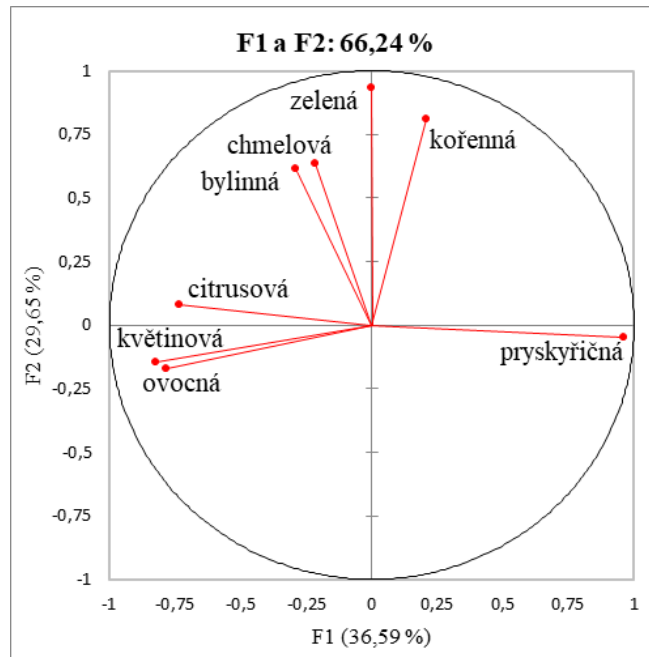


Graf 6: Porovnání parametrů v závislosti na studeném chmelení

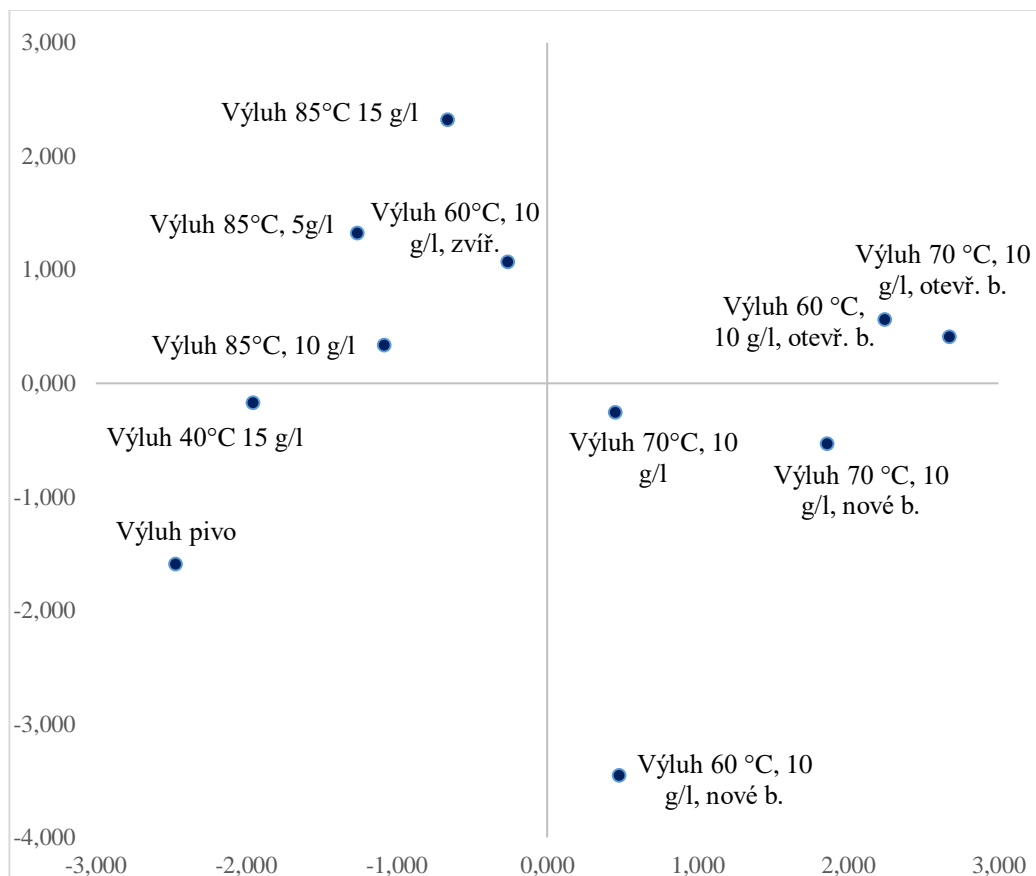


Graf 7: Porovnání profilu výluhu a různě chmelených piv

5.6 Výsledky analýzy hlavních komponent (PCA)



Graf 8: Vliv parametrů aromat na degustaci chmelových výluhů



Graf 9: Vliv sezení na hodnocení vzorků chmelových výluhů

5.7 Statistické výsledky degustací pív

V následujících tabulkách jsou zobrazeny jednotlivé analýzy rozptylu daných parametrů. Šedě označené číslo znamená hodnotu, která je menší než hladina pravděpodobnosti, tedy 0,05. Tato hodnota nám také ukazuje, jestli se statisticky významné rozdíly vyskytují v rámci vzorků nebo v rámci hodnotitelů. Hodnota stupňů volnosti je 72. Kritická t-hodnota je 1,993464.

- **Hořkost po polknutí**

ANOVA

Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota P	F krit
Vzorky	1,305556	8	0,163194	0,670365	0,715809	2,069832
Hodnotitelé	19,94722	9	2,216358	9,104279	4,68E-09	2,012705
Chyba	17,52778	72	0,243441			
Celkem	38,78056	89				

Tabulka analýzy rozptylu u hodnocení hořkosti po polknutí ukazuje, že statisticky významný rozdíl se nachází u hodnotitelů.

- **Kulminace hořkosti**

ANOVA

Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota P	F krit
Vzorky	0,75	8	0,09375	0,283547	0,969386	2,069832
Hodnotitelé	7,544444	9	0,838272	2,535356	0,013803	2,012705
Chyba	23,80556	72	0,330633			
Celkem	32,1	89				

Tabulka analýzy rozptylu u hodnocení kulminace hořkosti ukazuje, že statisticky významný rozdíl se nachází u hodnotitelů.

- **Doznívání hořkosti**

ANOVA

Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota	
					P	F krit
Vzorky	2,938889	8	0,367361	1,352173	0,23241	2,069832
Hodnotitelé	14,61389	9	1,623765	5,976711	3,27E-06	2,012705
Chyba	19,56111	72	0,271682			
Celkem	37,11389	89				

Tabulka analýzy rozptylu u hodnocení doznívání hořkosti ukazuje, že statisticky významný rozdíl se nachází u hodnotitelů.

- **Charakter hořkosti**

ANOVA

Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota	
					P	F krit
Vzorky	2,4	8	0,3	0,756715	0,641573	2,069832
Hodnotitelé	5,180556	9	0,575617	1,451927	0,182725	2,012705
Chyba	28,54444	72	0,396451			
Celkem	36,125	89				

Tabulka analýzy rozptylu u hodnocení charakteru hořkosti ukazuje, že mezi vzorky ani mezi hodnotiteli neexistuje statisticky významný rozdíl.

- **Trpkost**

ANOVA

Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota	
					P	F krit
Vzorky	3,55	8	0,44375	2,153126	0,04141	2,069832
Hodnotitelé	12,71111	9	1,412346	6,852864	4,7E-07	2,012705
Chyba	14,83889	72	0,206096			
Celkem	31,1	89				

Tabulka analýzy rozptylu u hodnocení trpkosti ukazuje, že statisticky významný rozdíl se nachází jak u hodnotitelů, tak i u vzorků.

- **Chmelové aroma**

ANOVA

Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota	
					P	F krit
Vzorky	29,1	8	3,6375	9,239906	1,16E-08	2,069832
Hodnotitelé	31,65556	9	3,517284	8,934535	6,51E-09	2,012705
Chyba	28,34444	72	0,393673			
Celkem	89,1	89				

Tabulka analýzy rozptylu u hodnocení chmelového aroma ukazuje, že statisticky významný rozdíl se nachází jak u hodnotitelů, tak i u vzorků.

- **Citrusové aroma**

ANOVA

Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota	
					P	F krit
Vzorky	12,5	8	1,5625	3,271405	0,003094	2,069832
Hodnotitelé	5,636111	9	0,626235	1,311147	0,246402	2,012705
Chyba	34,38889	72	0,477623			
Celkem	52,525	89				

Tabulka analýzy rozptylu u hodnocení citrusového aroma ukazuje, že statisticky významný rozdíl se nachází u vzorků.

- **Květinové aroma**

ANOVA

Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota	
					P	F krit
Vzorky	2,805556	8	0,350694	0,928498	0,498528	2,069832
Hodnotitelé	7,280556	9	0,808951	2,141777	0,036546	2,012705
Chyba	27,19444	72	0,377701			
Celkem	37,28056	89				

Tabulka analýzy rozptylu u hodnocení květinového aroma ukazuje, že statisticky významný rozdíl se nachází u hodnotitelů.

- **Bylinné aroma**

ANOVA

Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota	
					P	F krit
Vzorky	5,15	8	0,64375	1,373786	0,222665	2,069832
Hodnotitelé	11,63611	9	1,292901	2,759098	0,007881	2,012705
Chyba	33,73889	72	0,468596			
Celkem	50,525	89				

Tabulka analýzy rozptylu u hodnocení bylinného aroma ukazuje, že se statisticky významný rozdíl nachází u hodnotitelů.

- **Ovocné aroma**

ANOVA

Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota	
					P	F krit
Vzorky	1,605556	8	0,200694	1,120638	0,359966	2,069832
Hodnotitelé	6,780556	9	0,753395	4,206807	0,000213	2,012705
Chyba	12,89444	72	0,17909			
Celkem	21,28056	89				

Tabulka analýzy rozptylu u hodnocení ovocného aroma ukazuje, že se statisticky významný rozdíl nachází u hodnotitelů.

- **Pryskyřičné aroma**

ANOVA

Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota	
					P	F krit
Vzorky	11,15	8	1,39375	4,381033	0,000239	2,069832
Hodnotitelé	17,54444	9	1,949383	6,127577	2,33E-06	2,012705
Chyba	22,90556	72	0,318133			
Celkem	51,6	89				

Tabulka analýzy rozptylu u hodnocení pryskyřičného aroma ukazuje, že se statisticky významný rozdíl nachází jak u hodnotitelů, tak u vzorků.

- **Kořenné aroma**

ANOVA

Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota	
					P	F krit
Vzorky	3,138889	8	0,392361	1,11391	0,364329	2,069832
Hodnotitelé	13,48889	9	1,498765	4,254984	0,000189	2,012705
Chyba	25,36111	72	0,352238			
Celkem	41,98889	89				

Tabulka analýzy rozptylu u hodnocení kořenného aroma ukazuje, že se statisticky významný rozdíl nachází u hodnotitelů.

- **Zelené aroma**

ANOVA

Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota	
					P	F krit
Vzorky	9,255556	8	1,156944	2,187628	0,038286	2,069832
Hodnotitelé	6,747222	9	0,749691	1,417566	0,196814	2,012705
Chyba	38,07778	72	0,528858			
Celkem	54,08056	89				

Tabulka analýzy rozptylu u hodnocení zeleného aroma ukazuje, že se statisticky významný rozdíl nachází u vzorků.

Tabulka 21: Statistické rozdíly mezi vzorky piv

	trpká	chmelová	citrusová	pryskyřičná	zelená
CV1	1,6 ^c	1,75 ^{ab}	0,25 ^a	0,25 ^a	0,35 ^a
CVS1	1,25 ^{abc}	2,25 ^{bc}	0,25 ^a	0,9 ^b	0,8 ^{abc}
CV2	1,3 ^{abc}	1,5 ^a	0,15 ^a	0,3 ^a	0,3 ^a
CVS2	1 ^a	2,6 ^c	0,6 ^{ab}	1,05 ^b	0,6 ^{ab}
CV3	1 ^a	1,6 ^a	0,3 ^{ab}	1 ^b	0,45 ^a
CVS3	1,5 ^{bc}	2,65 ^c	0,9 ^{bc}	1,3 ^b	1,25 ^c
CVS3D	1,25 ^{abc}	2,5 ^c	0,55 ^{ab}	1,1 ^b	0,7 ^{abc}
CV4	1,1 ^{ab}	1,9 ^{ab}	0,55 ^{ab}	1 ^b	0,45 ^a
CVS4	1,4 ^{abc}	3,35 ^d	1,4 ^c	1,2 ^b	1,15 ^{bc}

Tabulka 22: Statistické rozdíly mezi hodnotiteli (H1 – H10)

	hořká po polk.	kulm. hoř.	dozn. hoř.	trpká	chmel.	květin.	bylin.	ovocná	pryskyř.	kořená
H1	2,94 ^f	3,61 ^a	2,22 ^{bcd}	1,16 ^{ab}	1,94 ^b	0,22 ^a	0,55 ^{ab}	0 ^a	0,44 ^{abc}	0,77 ^{bc}
H2	1,61 ^{abc}	3,66 ^a	2,83 ^d	1 ^{ab}	0,72 ^a	0,27 ^a	0,44 ^a	0,16 ^{ab}	0,16 ^a	0,16 ^a
H3	2,22 ^{de}	3,72 ^a	2,55 ^{de}	1,66 ^{cd}	2,77 ^{de}	0,66 ^{abc}	0,94 ^{ab}	1,05 ^c	0,55 ^{abc}	0,61 ^{abc}
H4	2,66 ^{ef}	3,5 ^a	2,94 ^d	1,94 ^d	2,83 ^e	0,38 ^{ab}	1 ^{ab}	0,33 ^{ab}	1,27 ^{ef}	0,94 ^{bc}
H5	2,16 ^d	3,33 ^a	2,33 ^{cd}	1,33 ^{bc}	2,38 ^{bcd}	0,66 ^{abc}	1,05 ^{ab}	0,38 ^{ab}	0,55 ^{abc}	0,66 ^{abc}
H6	2,27 ^{de}	2,66 ^b	1,88 ^{abc}	1,05 ^{ab}	2 ^b	0,55 ^{ab}	0,77 ^{ab}	0,38 ^{ab}	0,72 ^{bcd}	0,44 ^{abc}
H7	2 ^{cd}	3,5 ^a	1,77 ^{ab}	0,88 ^a	2,22 ^{bcd}	0,77 ^{abc}	1 ^{ab}	0,16 ^{ab}	1,16 ^{def}	0,72 ^{abc}
H8	1,5 ^{ab}	3,5 ^a	2,16 ^{bcd}	1 ^{ab}	2,77 ^{de}	1,16 ^c	1,83 ^c	0,44 ^b	1,33 ^{ef}	1,66 ^d
H9	1,94 ^{bcd}	3,27 ^a	1,66 ^a	0,83 ^a	2,11 ^{bc}	1 ^{bc}	1,11 ^b	0,55 ^b	1,22 ^{def}	1,16 ^{cd}
H10	1,38 ^a	3,22 ^a	2,22 ^{bcd}	1,77 ^d	2,55 ^{cde}	0,55 ^{ab}	0,77 ^{ab}	0,22 ^{ab}	1,55 ^{ef}	0,72 ^{abc}

6 Diskuze

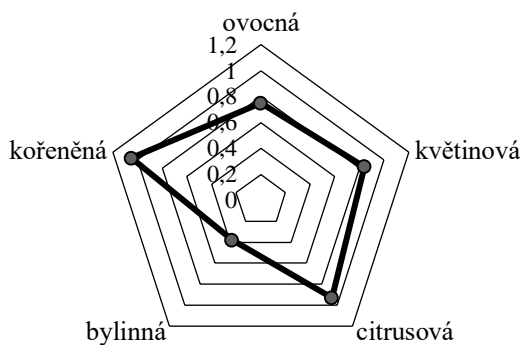
V rámci hodnocení výsledků této práce je třeba brát v potaz skutečnost, že sensorická analýza chmele je pro sensorický panel poměrně nový typ degustace a výcvik panelu stále probíhá. Bylo zjištěno, že nepříznivým faktorem při tréninku panelu a samotném hodnocení chmelových výluhů bylo nekonstantní složení panelu hodnotitelů, a tudíž se projevil větší vliv rozdílného vnímání jednotlivých degustátorů.

V průběhu přípravy vzorků chmelových výluhů bylo zjištěno, že optimální množství chmelových granulí je okolo 10 gramů na litr, neboť při vyšší koncentraci hodnotitelé potvrdili překrytí aromat drsnou a nepříjemnou chutí. Nejčastěji testované teploty byly 60 a 70 °C. Při vyšších teplotách dochází k lepšímu přechodu silic do roztoku, ale může docházet k chemickým změnám, případně ztrátám kvůli vyššímu odparu. Při srovnání hodnocení vzorku při teplotě 40 °C a vzorků o vyšších teplotách je patrné, že při nižší teplotě lze vnímat chmelové aroma intenzivněji. V ostatních atributech se velmi neliší, ale v rámci příjemnosti byl podle panelu ze všech vzorků výluhů hodnocen jako výluh s nejpříjemnější vůní.

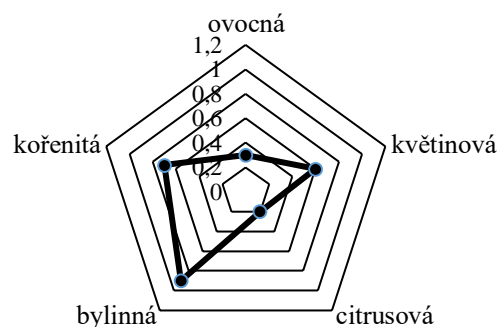
Podobný experiment zpracovali Koie et al. (2016), kteří provedli taktéž metodu pomocí chmelových výluhů, avšak chmel dávkovali na hladinu 0,5 g α -hořkých kyselin na litr standardizované destilované vody za použití autoklávu. V rámci sensorického hodnocení pracovali se systémem devíti deskriptorů aromat: senné, čajové, dřevité, citrusové, rozinkové, ovocné/květinové, zelené, kořenné/bylinné a bujónové. Výsledky ukázali, že aroma i chuť se mění v závislosti na ročníku sklizně, a i napříč odrudami. V práci uvedli, že většina těkavých aromatických silic chmele se výrazně odpaří během procesu varu mladiny, a kromě toho se složení silic ve vařené mladině mění v důsledku chemických a fyzikálních vlastností aromatických složek, jako je hydrofobnost a těkavost.

Z práce lze všeobecně potvrdit, že sensorické vlastnosti chmele se mohou lišit v závislosti na ročníku sklizně, jak tvrdí práce Kroupy (2007). Pro porovnání sensorických vlastností odrůdy Žateckého poloraného červeňáku z odlišných ročníků sklizně byl použit graf (Graf 10) dle Bohemia Hop z roku 2013 a dále vytvořen graf (Graf 11), který zobrazuje chmelový profil vzorku CVS1, a to studeně chmeleného piva Žateckým poloraným červeňákem, sklizeným až v roce 2018.

Graf 10



Graf 11



Z grafů lze vypožorovat, že je u odrůdy zachováno poměrně výrazné kořenné a květinové aroma. Naopak u květinového, citrusového a bylinného aroma lze vidět výrazné výkyvy daných intenzit. Je zřejmé, že značné rozdíly v obou grafech se mohou zakládat na jiném počtu kategorií v hodnocení. Vliv na tento rozdíl může mít systém klasifikace. Pryskyřičná aromata mohou přecházet do bylinných a naopak.

Z této práce lze také konstatovat, že působením vzduchu na chmel dochází k oxidativním procesům, a to může ovlivnit sensorické vlastnosti chmele. Lze tvrdit, že podle degustátorů vzorky nového balení vykazují jemnější charakter hořkosti a mají znatelně nižší intenzitu chmelového aroma. Při srovnání vzorků degustace č. 4 lze u nepovinných parametrů také vidět, že degustátoři byli schopni vnímat u vzorků z nového balení chmele i další aromata (Příloha 4). Tímto lze potvrdit výzkum Vollmera et al. (2017), kteří pozorovali kvalitativní změny v chemickém a aromatickém profilu chmele, který byl skladován v prooxidačních podmínkách. V jejich práci bylo zjištěno, že největší rozdíly byly v dřevitém a bylinném aroma. V hodnocení v rámci této práce byly největší rozdíly jenom u chmelového aroma. Zanedbatelné rozdíly je však možné pozorovat u pryskyřičného, kořenného a zeleného aroma. V dřívějším výzkumu Greena (1970) bylo uvedeno, že oxidaci v důsledku působení vzduchu podléhají i měkké pryskyřice a v průběhu oxidačního procesu byla potvrzena tenkovrstvou chromatografií tvorba ketonů, které mohou změnit aroma chmele.

Jelínek et al. (2018) uvedli, že chmelení za studena umožňuje zvýšení koncentrace aromatických silic v pivu. Zároveň by se při dodržení správného technologického postupu výsledný sensorický profil piva měl blížit profilu použitého chmelového materiálu. Forster & Gahr (2013) provedli výzkum, ve kterém porovnávali čtyři studené a čtyři obyčejně chmelená piva s odrůdami Mandarina Bavaria, Hüll Melon, Hallertauer Blanc a Polaris. Bylo zjištěno, že

chování aromatických složek není zcela jednotné. Významné změny vykazovaly silice linalool a geraniol. Snížení a přeměny chmelových aromatických látek v průběhu zrání (ležení) piv svědčí o tom, že intenzita aromat podléhá změnám. Spotřebitelský test 30 hodnotitelů ukázal, že piva za studena chmelená měla intenzivnější aroma na rozdíl od piv bez studeného chmelení. Tuto tezi je možné potvrdit porovnáním experimentu této práce na základě vzorku klasicky chmeleného piva ŽPČ a stejného vzorku, který byl chmelen i za studena. Oba vzorky poskytly velmi podobné parametry hořkosti. Tímto je možné tvrdit, že studené chmelení má malý vliv na výslednou hořkost piva. Z hlediska aromatického spektra je zjevné, že studeně chmelený vzorek má vyšší intenzitu aromat, akorát u citrusové a bylinné jsou na stejné úrovni. To potvrzuje, že chmelení za studena umožňuje zvýšení koncentrace aromatických silic v pivu.

Při porovnání chmelového profilu výluhu, běžně chmeleného piva a piva se studeným chmelením je možné pozorovat vyšší intenzity zpravidla všech aromat u chmelového výluhu. Nejnižší intenzity aromat měly vzorky piva bez studeného chmelení. Tudíž lze dokázat, že aromatické a chuťové atributy chmele jsou v průběhu vaření piva podrobeny změnám v důsledku těkavosti chmelových silic. Tento rozdíl profilů mezi výluhem a pivem lze vysvětlit tvrzením Čepičky & Kubíčka (2000), kteří uvedli, že během výroby piva silice podléhají fyzikálním, chemickým i biochemickým změnám a jen malý podíl přežije chmelovar beze změn. A taktéž lze tuto tezi potvrdit prací Koie et al. 2016, kteří uvedli, jak bylo zmíněno výše, že většina těkavých aromatických silic chmele se odpaří během procesu varu mladiny, a kromě toho se složení silic ve vařené mladině mění v důsledku chemických a fyzikálních vlastností aromatických složek, jako je hydrofobnost a těkavost.

Intenzity chmelových výluhů a studeně chmelených piv se lišily jen nepatrně, avšak nižší intenzitu hořkosti lze vidět u výluhů. Výsledky práce Vollmera & Shellhammera (2016) upozornily na zanedbatelnou roli celkového obsahu silic jako indikátoru chmelového aroma. Nedošlo k žádné korelaci mezi celkovým obsahem silic a celkovou intenzitou chmelové vůně. Bylo zpochybněno několik konvenčních tvrzení, například, že použití chmele s vyšším obsahem silic pro studené chmelení podporuje vyšší intenzitu chmelové vůně v pivu. Jejich výzkum potvrzuje komplikovanost vztahu chmelových materiálů k sensorickým vůním piva.

Jelínek et al. (2018) také uvedl, že dynamické chmelení přináší výhodu v podobě účinnější extrakce aromatických látek. Z výsledků této práce vyplynulo, že hodnocení intenzit daných aromat se příliš nelišil. Naopak byl u vzorku s dynamickým chmelením pozorován mírný pokles intenzity zeleného aroma.

Míra extrakce těkavých látek se liší v závislosti na formě chmelu během dynamického a statického chmelení. Peletovaný (granulovaný) chmel zvýšil extrakci linaloolu a geraniolu během statického chmelení přibližně o 20 %. Dynamické chmelení podpořilo extrakci chmelových těkavých látek jak pro sušený hlávkový, tak pro peletovaný chmel a zvýšilo celkovou intenzitu aroma studeně chmeleného piva. Intenzita hořkosti, doba trvání hořkosti a trpkost dynamicky chmelených piv se však zvýšily také díky zvýšené extrakci polyfenolů a humulinonů (Lafontaine & Shellhammera 2018).

Z výsledků analýzy hlavních komponent (PCA) vyplývá, že na hodnocení vzorků mělo vliv sezení, neboť v grafu 9 jsou jednotlivé vzorky zobrazeny jako neuspořádané shluky. Z této analýzy lze usoudit, že napříč všemi degustacemi chmelových výluhů převažovalo zelené aroma.

Výsledky analýzy rozptylu (ANOVA) s LSD metodou ukazují, že významné statistické rozdíly vzorků se projevily u trpkého, chmelového, citrusového, pryskyřičného a zeleného aroma. Významné statistické rozdíly u hodnotitelů se projevily v parametrech: hořkost po polknutí, kulminace hořkosti, doznívání hořkosti, trpkost, chmelové aroma, květinové aroma, bylinné aroma, ovocné aroma, pryskyřičné aroma a kořenné aroma. Konkrétní rozdíly mezi parametry lze vidět v tabulce 21 a 22, v kterých jsou jednotlivé průměry označeny písmeny v horním indexu. Variabilita hodnotících je vyšší než variabilita vzorků. Nejméně rozdílů lze vidět u pryskyřičného aroma. Z výsledků je možné vidět, že největší rozdíly se vyskytují u parametrů hořkosti, nejvíce u hořkosti po polknutí. To lze vysvětlit studií Pangborna et al. (1983), který zkoumal vnímání intenzity hořkosti po polknutí v rámci iso- α -hořkých kyselin. Zjistil, že u každého hodnotitele se hořkost po polknutí projeví v jiném čase a v jiné intenzitě.

Závěr

V této práci byla navržena metoda na sensorické hodnocení chmele pomocí vytvořeného protokolu, rozděleného na povinné a nepovinné parametry. V protokolu byly zohledněny i subjektivní parametry jako obliba nebo příjemnost.

Z analýzy hlavních komponent (PCA) vyplynulo, že na hodnocení vzorků chmelových výluhů měla vliv sezení a projevil se větší vliv rozdílného vnímání degustátorů.

Výsledky dvoufaktorové analýzy rozptylu bez opakování (ANOVA) ukázaly statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými hodnotiteli a hodnoceními vzorků.

Rozdíly chmelových profilů výluhů a piv se měnily na základě změn intenzit daných aromat. Bylo také pozorováno, že chmelení za studena má vliv na výsledné aroma a chuť piva. Aromata výluhů vykazovala vyšší intenzitu aromat oproti běžně chmeleným pivům. Vlivem studeného chmelení byla aromata srovnatelná, avšak výluhy měly nižší intenzitu hořkosti.

Hypotéza práce, zdali chmel kromě hořké chuti může pivu dodat i další sensorické vlastnosti, a to jak v jeho vůni, tak i v chuti byla potvrzena. Tento vliv byl závislý na vlastním technologickém procesu, v tomto případě tedy způsobu chmelení za studena.

Bylo zjištěno, že v rámci sensorické analýzy chmele je vhodné se v budoucnu zaměřit na účelnější přípravu vzorků chmelových výluhů, pravidelnějším tréninkům sensorického panelu.

7 Literatura

Anon. Žatecký chmel. Chráněné označení původu. Available from http://www.zateckychmel.eu/index_cz.html (accessed August 2018).

Barry S, Muggah E M, McSweeney M B, Walker S. 2017. A preliminary investigation into differences in hops' aroma attributes. *International Journal of Food Science and Technology* **53**:804–811.

Basařová G, Šavel J, Basař P, Lejsek T. 2010. *Pivovarství – Teorie a praxe výroby piva*. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha.

Basařová G, Čepička J. 1985. *Sladařství a pivovarství*. SNTL. Praha.

Bedáňová I. Testování rozdílů mezi více průměry (ANOVA). Přednáška č. 3. Biostatistika. Multimediální výukový text pro studenty VFU Brno, Brno. Available from <https://cit.vfu.cz/statpotr/POTR/Teorie/Predn3/ANOVA.htm> (accessed March 2019).

Bellaio G, Van Opstaele F, De Clippeleer J, Praet T, Aerts G, De Cooman L, Wilson C. 2016. Characterization of the citrus character of hops via gas chromatography-mass spec/olfactometry. Opportunities through innovative ingredients & technologies. Lecture 12th Trends in Brewing, Ghent.

Bohemia Hop. 2013. Žatecký poloraný červeňák. Bohemia Hop Co. Ltd., Žatec. Available from <http://www.bohemiahop.cz/cz/odrudy-chmele> (accessed September 2018).

Bradáč V. 2008. *Chmelařství a pivovarnictví na Žatecku*. 1. vyd. Digon, Louny.

Brelex. 2018. *Chmelové odrůdy*. Brelex s. r. o., Praha. Available from <http://www.brelex.cz/chmelove-odrudy> (accessed September 2018).

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

- Čepička J, Kubíček J. 2000. Chmel a chmelové výrobky. Pages 127-132 in Kosař K, Procházka S, editors. Technologie výroby sladu a piva. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a. s., Praha.
- Drexler G, Wiesen E, Zunkel M, Hinz S, Munoz A, Algazzali V, Kostelecky T, Schönberger Ch. 2017. The Language of Hops: How to Assess Hop Flavor in Hops and Beer. Master Brewers Association of the Americas Technical Quarterly **54(1)**:34-37.
- EBC (European Brewery Convention). 2010. 13.2 - Sensory Analysis: Tasting Area, Equipment, Conduct of Test. EBC Analysis Committee NBC. Fachverlag Hans Carl, Nürnberg.
- Feiner A, Mitter W. 2014. A tasting of specially hopped beers. Brauwelt International **32(4)**:208–211.
- Forster A, Gahr A. 2013. On the Fate of Certain Hop Substances during Dry Hopping. BrewingScience **66(7)**:93-103.
- Forster A, Gahr A, Van Opstaele F. 2014. On the Transfer Rate of Geraniol with Dry Hopping. BrewingScience **67**:60-62.
- Green C P. 1970. The volatile water-soluble fraction of hop oil. I. Formation by the oxidation of soft resins. Journal of The Institute of Brewing. **76(1)**:36-40.
- Gresser A, 1985. Hopfenaromastoffe in Würze und Bier. Brauwelt International **125**:1480–1484.
- Hop products. 2015. Všechny odrůdy. HOP PRODUCTS, s.r.o., Most. Available from <http://www.hopproducts.cz/varieties/allvarieties> (accessed September 2018).
- Hopsteiner. 2017. Select Hop Varieties. Hopsteiner, New York. Available from <https://www.hopsteiner.com/variety-data-sheets/> (accessed September 2018).

Jelínek L, Dolečková M, Karabin M, Hudcová T, Kotlíková B, Dostálek P. 2012. Influence of growing area, plant age, and virus infection on the contents of hop secondary metabolites. *Czech Journal of Food Sciences* **30**:541–547.

Jelínek L, Müllerová J, Karabín M, Dostálek P. 2018. Tajemství výroby studeně chmelených piv – přehled. *Kvasný Průmysl* **64(6)**:287–296.

Kammhuber K. 2018. Der Erntezeitpunkt beeinflusst die Schwefelverbindungen des Hopfens. *Brauwelt* **21-22(158)**:602-605.

Karabín M, Brányik T, Kruliš R, Dvořáková M, Dostálek P. 2009. Využití chemicky modifikovaných hořkých látek v pivovarství. *Chemické Listy* **103**:721-728.

Koie K, Itoga Y, Suda N, Ogushi K. 2016. Construction and Demonstration of a Standardized Hop Boiled Water Extraction Method and Its Application for a Sensory Evaluation System of Hop Aroma Characteristics. *Journal of the American Society of Brewing Chemists* **74(3)**:183-190.

Kosař K, Procházka S. a kolektiv autorů. 2000. *Technologie výroby sladu a piva*, 1. vyd. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a. s., Praha.

Krofta K. 2008. Hodnocení kvality chmele. *Metodika pro praxi*. Chmelařský institut, s. r. o., Žatec.

Krofta K. 2013. Chmelové silice. Pages 7-27 in Svoboda P, Krofta K, editors. *Sborník ze semináře. Uplatnění českých odrůd chmele v pivovarnictví*. Chmelařský institut, Žatec.

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

Kroupa F. 2007. *Objektivní charakteristika chmelového aroma českých chmelů a chmelových výrobků [DSc. Thesis]*. Vysoká škola chemicko technologická, Praha.

- Lafontaine S R, Shellhammer T H. 2018. Impact of static dry-hopping rate on the sensory and analytical profiles of beer. *Journal of the Institute of Brewing* **124(4)**:434-442.
- Lam K C, Deinzer M L. 1987. Tentative identification of humulenediepoxydes by capillary gas chromatography/chemical ionization. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **35**:57-59.
- Maier J. 1990. Qualitätsfragen bei Hopfen. *Brauwelt* **130**:762–775.
- Moll M. 1994. *Beers & Coolers*. Hampshire: Intercept Ltd., Andover.
- Munoz A. 2016. Sensory Training for Hops and Hop Intensive Beers – Let’s speak one language in 12th Trends in Brewing Conference. Barth Haas Group, Ghent.
- Narziss L. 1986. Technological factors of flavour stability. Centenary Review. *Journal of The Institute of Brewing* **92**:346–353.
- Narziss L, Miedaner H, Gresser A. 1985a. Technologische Massnahmen zur Werterhaltung des Hopfens. *Monatsschrift für Brauwissenschaft* **38**:360–366.
- Narziss L, Miedaner H, Gresser A. 1985b. Das Verhalten einiger Hopfenaromastoffe während der Würzekochung in Abhängigkeit technologischer Massnahmen. *Monatsschrift für Brauwissenschaft* **38**:448–454.
- Nesvadba V, Polončíková Z, Henychová A, Krofta K, Patzak J. 2012. Atlas českých odrůd chmele. Czech hop varieties. RAISE, Žatec.
- Olšovská J, Čejka P, Štěrba K, Slabý M, Frantík F. 2017. *Senzorická analýza piva. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a. s., Praha.*
- Pangborn RM, Lewis MJ, Yamashita JF. 1983. Comparison of time.intensity with category scaling of bitterness of iso- α -acids in model systems and in beer. *Journal of the Institute of Brewing* **89(5)**:349-355.

Peacock VE, Deinzer ML, Likens ST, Nickerson GB, McGill LA. 1981. Floral hop aroma in beer. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **29(6)**:1265-1269.

Pfenninger H, Schurr F, Anderegg P. 1979. Composition and analysis of hop and derived products. Pages 451-538 in J. R. A. Pollock, editor. *Brewing Science Vol. 1*. Academic Press, London.

Písková V. 2015. Možnosti aplikace vybraných odrůd chmele při výrobě piva [MSc. Thesis]. Mendelova univerzita v Brně, Brno.

Prugar J. 2008. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. 1. vyd. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a. s. ve spolupráci s Komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV, Praha.

Sebera M. 2012. Vícerozměrné statistické metody. Katedra kineziologie, Fakulta sportovních studií, Masarykova universita, Brno. Available from http://www.fsps.muni.cz/~sebera/vicerozmerna_statistika/pca.html (accessed March 2019).

Sharpe F R, Laws D R J. 1981. The essential oil of hops, a review. *Journal of The Institute of Brewing* **87(2)**:96-107.

Simpson B, Mairs J. 2005. *The Beer Flavour Handbook*. Flavour Activ Limited, Chinnor.

Schönberger Ch, Drexler G, Hinz S, Muñoz Insa A, Wiesen E, Zunkel M, Algazzali V, Kostecky T. 2018. The language of hops – practical applications of a tasting scheme for hop flavour. Opportunities through innovative ingredients & technologies. Lecture 13th Trends in Brewing, Ghent.

Schönberger Ch, Munoz Insa A. 2018. Hidden hop aroma compounds – how to squeeze your hops. . International Malting and Brewing Symposium. Lecture 13th Trends in Brewing, Ghent.

Smith G W. 1994. Isomerized hop products. Monograph – European Brewery Convention **22**: 92-104.

- Takoi K, Koie K, Itoga Y, Katayama Y, Shimase M, Nakayama Y, Watari J. 2010. Biotransformation of hop-derived monoterpene alcohols by lager yeast and their contribution to the flavor of hopped beer. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **58**:5050–5058.
- Takoi K. 2017. Blend-hopping based on scientific evidence. *Brauwelt International* **35(4)**:262-264.
- Van Opstaele F, De Rouck G, De Clippeleer J, Aerts G, De Cooman L. 2010. Analytical and sensory assessment of hoppy aroma and bitterness of conventionally hopped and advanced hopped pilsner beers. *Journal of The Institute of Brewing* **116**:445–458.
- Vollmer DM, Shellhammer TH. 2016. Influence of Hop Oil Content and Composition on Hop Aroma Intensity in Dry-Hopped Beer. *Journal of the American Society of Brewing Chemists* **74(4)**:242-249.
- Vollmer DM, Algazzali V, Shellhammer TH. 2017. Aroma Properties of Lager Beer Dry-Hopped with Oxidized Hops. *Journal of the American Society of Brewing Chemists* **75(1)**:22-26.
- Yang X, Lederer C, McDaniel M. 1993. Hydrolysis products of caryophyllene oxide in hops and beer. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **41(11)**:2082-2085.

8 Seznam obrázků, tabulek a grafů

Obrázky

Obr. 1: Strukturní vzorce α - a β -hořkých kyselin.

Krofta K, Vrabcová S, Mikyška A, Jurková M, Cajka T, Hajslová J. 2013. Stability of hop beta acids and their decomposition products during natural ageing. *Acta Horticulturae* **1010**:221-230.

Obr. 2: Izomerace α -hořkých kyselin na cis- a trans-iso- α -hořké kyseliny.

Straková L, Hofta P, Dostálek P, Průcha P. 2007. Obsah trans- a cis-iso- α -hořkých kyselin jako indikátor senzorické stability piva. *Kvasný průmysl* **53(3)**:70–73.

Obr. 3: Hlavní terpenické složky chmelových silic.

Kosař K, Procházka S et al. 2000. Chmelové silice. *Technologie výroby sladu a piva*, 1. vyd., Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a. s. Praha.

Obr. 4: Strukturní vzorec myrcenu

Jü. 2018. Strukturformel von Myrcen. From Wikimedia Commons, the free media repository. Available from https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Myrcene_Structural_Formula_V2.svg (accessed March 2019).

Obr. 5: Strukturní vzorec linaloolu

Jan Herold, Leyo. 2003. Strukturformel von Linalool (Bestandteil ätherischer Öle) ohne Stereochemie. From Wikimedia Commons, the free media repository. Available from <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Linalool.png> (accessed March 2019).

Obr. 6: Strukturní vzorec 4,5-epithiohumulenu

3,7,7,10-Tetramethyl-12-thiabicyclo[9.1.0]dodeca-3,7-diene. National Center for Biotechnology Information. PubChem Database. Available from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/101600316> (accessed April 2019).

Obr. 7: Vzorčky chmelových granulí s připravenými konvicemi

Vlastní fotografie pořízená autorkou.

Tabulky

Tabulka 1: Konkrétní odrůdy a jejich oblasti původu

Tabulka 2: Průměrné složení chmele

Tabulka 3: Obsah vybraných pryskyřic a polyfenolů v ŽPČ

Tabulka 4: Obsah vybraných silic v ŽPČ

Tabulka 5: Obsah vybraných pryskyřic a polyfenolů v Kazbeku

Tabulka 6: Obsah vybraných silic v Kazbeku

Tabulka 7: Obsah vybraných pryskyřic a polyfenolů v Hallertau Blanc

Tabulka 8: Obsah vybraných silic v Hallertau Blanc

Tabulka 9: Obsah vybraných pryskyřic a polyfenolů v Cascade

Tabulka 10: Obsah vybraných silic v Cascade

Tabulka 11: Senzoricky významné aromatické látky v pivu pocházející z chmele (Krofta 2013)

Tabulka 12: Klasifikace chmelových aromat (Feiner & Mitter 2004)

Tabulka 13: Klasifikace chmelových aromat podle Munoz et al. (2016)

Tabulka 14: Přehled vzorků chmelových výluhů

Tabulka 15: Použité chmele ve vzorcích a způsob chmelení

Tabulka 16: Hodnocení degustace č. 1

Tabulka 17: Hodnocení degustace č. 2

Tabulka 18: Hodnocení degustace č. 3

Tabulka 19: Hodnocení degustace č. 4

Tabulka 20: Hodnocení degustace piva

Tabulka 21: Statistické rozdíly mezi vzorky pív

Tabulka 22: Statistické rozdíly mezi hodnotiteli

Grafy

Graf 1: Charakteristika aroma ŽPČ

Graf 2: Charakteristika aroma Kazbeku

Graf 3: Charakteristika aroma Hallertau Blanc

Graf 4: Charakteristika aroma Cascade

Graf 5: Rozdíly hodnocení chmele z otevřeného a zavřeného balení

Graf 6: Porovnání parametrů v závislosti na studeném chmelení

Graf 7: Porovnání profilu výluhu a různě chmelených pív

Graf 8: Vliv parametrů aromat na degustaci chmelových výluhů

Graf 9: Vliv sezení na hodnocení vzorků chmelových výluhů

Graf 10: Charakteristika aroma ŽPČ

Graf 11: Chmelový profil vzorku CVS1

9 Samostatné přílohy

Příloha č. 1

Nepovinné parametry – degustace č. 1		OW	TX	FH
Citrusové aroma	citron	1,0	*	1,3
	grapefruit	0,8	*	0,8
	pomeranč	*	*	*
Květinové aroma	bezový květ	*	*	
	jasmín	*		*
	růže	*	*	*
Květinové aroma ostatní	geraniol	*	*	*
Bylinné aroma	bazalka	*	0,6	0,6
	heřmánek	0,9	0,8	0,6
	petržel	*	*	
Bylinné aroma ostatní	tymián	*	*	*
	zelený čaj	*	*	*
	třezalka	*	*	*
	šalvěj lékařská	*		
Ovocné aroma	červené ovoce	*	0,8	0,8
	tropické ovoce			*
	zelené ovoce	*	*	
Pryskyřičné aroma	dřevité	1,0	1,5	0,9
	konopí	*	*	
Kořenné aroma	hřebíček			*
	jalovec	*	*	*
	pepř	*	1,0	0,8
Kořenné aroma ostatní	majoránka		*	
	nové koření		*	
Zelené aroma	listí	0,6	*	0,9
	seno	1,8	1,8	1,2
	tráva	1,0	1,1	0,7
	zelený chmel		*	
Ostatní	štiplavé	*	1,7	1,3
	med na vůni			*

* jsou označeny vjemy, které poznala méně jak 1/3 hodnotitelů

Příloha č. 2

Nepovinné parametry – degustace č. 2			
		PU	JW
Citrusové aroma	citron	0,7	0,8
	grapefruit	*	0,6
	pomeranč	*	*
Květinové aroma	bezový květ	*	*
	jasmín	0,5	0,5
	růže	*	0,8
Květinové aroma ostatní	geraniol	*	*
Bylinné aroma	bazalka	*	0,7
	heřmánek	0,9	1,0
	petržel	0,6	0,5
	mateřídouška	*	*
Ovocné aroma	červené ovoce	*	*
	zelené ovoce	*	*
Pryskyřičné aroma	dřevité	0,7	0,8
Pryskyřičné aroma ostatní	borovice	*	*
Kořenné aroma	hřebíček	*	*
	jalovec	0,4	*
	pepř	0,7	0,8
	menthol	*	
Zelené aroma	listí	1,0	*
	seno	1,2	1,4
	tráva	1,1	1,0
Zelené aroma ostatní	špenát	*	
Ostatní	štiplavé	*	*
	sírná	*	*
	bylinný čaj	*	*
* jsou označeny vjemy, které poznala méně jak 1/3 hodnotitelů			

Příloha č. 3

Nepovinné parametry – degustace č. 3			
		YD	MM
Citrusové aroma	citron	0,8	0,8
	grapefruit	1,2	0,9
Citrusové aroma ostatní	cibule	*	
Květinové aroma	jasmín	*	
	růže	*	*
Bylinné aroma	bazalka	*	*
	heřmánek	0,4	0,8
	petržel	*	0,8
	menthol	*	*
	šalvěj lékařská	*	*
Ovocné aroma	červené ovoce	*	*
	tropické ovoce	*	
Pryskyřičné aroma	dřevité	0,8	1,0
	pepř	1,0	*
Zelené aroma	listí	1,2	*
	seno	1,5	1,0
	tráva	1,0	1,0
	citronová tráva	*	
	zelený chmel	*	*
* jsou označeny vjemy, které poznala méně jak 1/3 hodnotitelů			

Příloha č. 4

Nepovinné parametry – degustace č. 4					
		WW	XO	XU	KQ
Citrusové aroma	citron	*	*	0,7	0,7
	grapefruit	0,8	0,7	0,7	0,5
	pomeranč	*		*	*
Květinové aroma	jasmín			*	
	růže	*	*	*	*
Květinové aroma ostatní	konvalinka			*	
	citrusová tráva				*
Bylinné aroma	bazalka		*	*	*
	heřmánek	0,5	0,4	0,3	0,5
	petržel	1,4	0,7	*	0,7
Bylinné aroma ostatní	mateřídouška	*	*	*	*
Ovocné aroma	červené ovoce			*	
	tropické ovoce	*		*	
	zelené ovoce	*		*	*
Pryskyřičné aroma	dřevité	1,6	1,5	0,7	0,8
Kořenné aroma	hřebíček	*	*		*
	jalovec	*	*	*	*
	pepř	0,3	0,6	*	1,0
Kořenné aroma ostatní	tymián	*	*		*
Zelené aroma	listí	*	*	*	*
	seno	1,1	1,4	0,9	1,1
	tráva	0,8	0,6	0,8	0,8
Ostatní	shnilá ryba			*	
	nezelené seno	*	*		*

* jsou označeny vjemy, které poznala méně jak 1/3 hodnotitelů

Příloha č. 5

Nepovinné parametry – degustace piva										
		CV1	CV2	CV3	CV4	CVS1	CVS2	CVS3	CVS3 D	CVS4
Citrusové aroma	citron	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3
	grapefruit	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2	0,4	0,1	0,1	0,5
	pomeranč		0,1	0,0	0,2		0,2		0,1	0,1
Citrusové aroma ostatní	mandarinka							0,3	0,1	0,2
	myrcen				0,1			0,1		0,3
	kůra z pomela					0,1				0,2
Květinové aroma	bezový květ	0,2	0,1		0,1	0,1			0,2	
	jasmín		0,1							0,1
	růže	0,3	0,3	0,1	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,4
Květinové aroma ostatní	jarní louka						0,2			
	anýz						0,1			
	komule davidova								0,2	
	měsíček lékařský				0,1					0,2
	vřes							0,0	0,1	
Bylinné aroma	bazalka	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,2	0,5	0,3	0,5
	heřmánek	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,3
	petržel	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2
Bylinné aroma ostatní	čaj	0,2								
	mateřídoušk a	0,1					0,2			
	meduňka	0,1	0,1			0,1	0,2			
	máta			0,2		0,1	0,2	0,3	0,2	0,2
	citronová tráva									0,4
Ovocné aroma	červené ovoce			0,0		0,2			0,1	
	tropické ovoce		0,1	0,1	0,2		0,1	0,0	0,2	0,3
	zelené ovoce	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	0,1
Pryskyřičn é aroma	dřevité	0,1	0,3	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,3	1,0
Kořenné aroma	hřebíček			0,0		0,0	0,1	0,1		
	jalovec	0,1	0,1	0,0		0,0	0,1	0,3	0,1	0,2
	pepř	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,3	0,5	0,3	0,5
Kořenné aroma ostatní	tymián	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	
	nové koření							0,0	0,1	
Zelené aroma	listí	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2		0,5	0,3	0,2
	seno		0,1	0,1	0,1	0,5	0,3	0,6	0,3	0,7

	tráva	0,2	0,2	0,3	0,0	0,2	0,1	0,3	0,1	0,2
Zelené aroma ostatní	zelený čaj	0,2			0,1		0,2			
	čerstvý chmel							0,1	0,2	
	zelený chmel									0,5
Ostatní	bílá káva		0,1							
	vonné tyčinky - františek					0,1				
	bergamot					0,1				
	nafta, železo, zem					0,3				
	medová			0,1				0,3		
	divná zvětralá								0,3	
	jahody se smetanou							0,3		
	tabák							0,0		
	kočičí moč							0,2		
	chemická vůně								0,1	