

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chemie



Biologicky aktivní látky v pivu a vínu

Bakalářská práce

Autor práce: Karolína Mašková

Obor studia: Výživa a potraviny

Vedoucí práce: doc. Ing. Alena Hejtmánková, CSc.

© 2017 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Biologicky aktivní látky v pivu a vínu" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské 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 bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 21. 4. 2017

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí mé bakalářské práce doc. Ing. Aleně Hejtmánkové, CSc. za cenné rady, pomoc a vstřícný přístup. Také bych chtěla poděkovat své rodině a mým nejbližším za podporu po celou dobu studia. Děkuji také za inspiraci pracovníkům rodinného pivovaru Zichovec.

Biologicky aktivní látky v pivu a vínu

Souhrn

Pivo a víno jsou populární alkoholické nápoje, které jsou po celém světě a obzvláště v České republice velmi oblíbené a mají dlouholetou tradici. Vědecké studie se zabývají jak zdravím prospěšným, tak zdravím škodlivým účinkům těchto nápojů. Je všeobecně známo, že střídavá a přiměřená konzumace má na lidský organismus velmi příznivý vliv. Pravidelný příjem alkoholu v malých dávkách může omezovat riziko vzniku kardiovaskulárních chorob nebo může mít uklidňující vliv na psychický stav člověka.

Mezi významné biologicky aktivní látky v pivu patří například vitaminy, minerální látky nebo polyfenolické sloučeniny. Právě polyfenolům se připisují antioxidační, antimutagenní, antikarcinogenní či antimikrobiální účinky. Polyfenoly pocházejí především z chmele a sladu. Jeden z nejvýznamnějších polyfenolů je xanthohumol, který může vykazovat silně antikarcinogenní vlastnosti. Stejně účinky mají i α - a β -hořké kyseliny, pocházející z chmelu. Mezi ně patří významné humulony a lupulony, které jsou nejen zdravím prospěšné, ale pivu dodávají i typickou hořkou chuť. V poslední době je pozornost věnována i v pivu vyskytujícím se fytoestrogenům, které mohou snižovat výskyt rakoviny prsu, děložního čípku, tlustého střeva nebo prostaty. Mezi důležité vitaminy piva patří vitaminy skupiny B (pyridoxin, riboflavin, kobalamin, pantothenovou kyselinu, kyselinu listovou, thiamin a biotin), které mohou pomoci snižovat hladinu homocysteinu v krvi.

Mezi důležité biologicky aktivní látky vína jsou řazeny podobně jako u piva polyfenolické látky, minerální látky, vitaminy, rostlinné pigmenty nebo organické kyseliny zodpovědné za organoleptické vlastnosti. Za velmi kontroverzní a často zkoumanou látku je považován resveratrol, patřící do polyfenolických látek. Slouží nejen jako přirozený fungicid pro vinnou révu, ale vykazuje i silné antioxidační a protirakovinné účinky. V souvislosti s tímto se mluví o tzv. francouzském paradoxu, který pojednává o tom, že francouzské (a středomořské) obyvatelstvo konzumuje nadprůměrné množství nasycených tuků v potravě a výskyt kardiovaskulárních chorob je přitom velice podprůměrný. Mnohé studie se domnívaly, že tato skutečnost může souviset s konzumací vína, v kterém je obsažen resveratrol. V poslední době však výzkumy ukazují, že obsah resveratrolu je zanedbatelný a tudíž nemůže objasnit tento paradox a souvisí nejspíše se zdravější stravou tamní populace.

Klíčová slova: biologicky aktivní látky, pivo, víno, polyfenoly, hořké kyseliny

Biologically active substance in beer and wine

Summary

Beer and wine are popular alcoholic drinks. They are very popular and have a long tradition all over the world and especially in the Czech Republic. Scientific studies are concerned with the health of beneficial and adverse health effects of these drinks. It is widely known that a modest and reasonable consumption has a very positive effect on the human body. Regular intake of alcohol in small amounts can reduce the risk of developing cardiovascular disease or can have a soothing effect on the mental state of a person.

Among the major biologically active substances in beer belong vitamins, minerals or polyphenol compounds. Just polyphenols shall be credited to the antioxidant, antimutagenic, anticarcinogenic and antimicrobial effects. Polyphenols are mainly from the hops and malt. One of the most important polyphenol xanthohumol, may have a strong anticancer properties. The same effects have α - and β -bitter acids derived from hops. These include the significant humulone and lupulone that are not only healthy but also supply typical bitter taste to beer. Recently, attention is paid to phytoestrogens, which were also found in beer and that may reduce the occurrence of cancer of the breast, cervix, colon, or prostate. Among the important vitamins in beer are include B vitamins (riboflavin, pyridoxine, cobalamin, panthothenic acid, folic acid, thiamine, and biotin), which can reduce homocysteine levels in the blood.

The important biologically active substances in wine are very similar to these founded in beer, namely polyphenols, minerals, vitamins, plant pigments or organic acids responsible for organoleptic properties. Resveratrol is a very controversial and often explored substance that belongs to the group of polyphenols. It serves as a natural fungicide for vines, but exhibits strong antioxidant and anticancer effects. In connection with this, people talking about the so-called the French Paradox which is connected with the fact, that the French (and the Mediterranean) population consumes an above-average amount of saturated fats in the diet and the incidence of cardiovascular diseases is very mediocre. Many studies considered that this fact may be associated with the consumption of wine. Recently research shows that content of resveratrol is negligible and therefore cannot clarify this paradox and is probably associated with a healthier diet of this population.

Keywords: biologically active substance, beer, wine, polyphenols, bitter acids

1 OBSAH

2	Úvod	9
3	Cíle práce	11
4	Pivo	12
4.1	CHMEL A JEHO BIOLOGICKY AKTIVNÍ LÁTKY	12
4.1.1	Chmelové pryskyřice	12
4.1.2	α -Hořké kyseliny	12
4.1.3	β -Hořké kyseliny	13
4.1.4	Chmelové silice	14
4.1.5	Polyfenolické látky	15
4.1.6	Sacharidy	20
4.1.7	Dusíkaté látky	20
4.1.8	Lipidy	20
4.1.9	Anorganické látky	20
4.1.10	Ostatní látky	21
4.2	SLAD A JEČMEN A JEJICH BIOLOGICKY AKTIVNÍ LÁTKY	21
4.2.1	Sacharidy (β -glukany, pentosany)	21
4.2.2	Dusíkaté látky	23
4.2.3	Lipidy	26
4.2.4	Polyfenolické látky	26
4.2.5	Vitaminy	28
4.2.6	Fosfáty a jiné anorganické látky	28
4.2.7	Enzymy	29
4.2.8	Fytohormony	30
4.2.9	Ostatní látky	30
4.3	LÁTKY V PIVU PROSPÍVAJÍCÍ ZDRAVÍ	31
4.3.1	Anorganické látky	31
4.3.2	Vitaminy	31
4.3.3	Polyfenolické látky	32
4.3.4	Ostatní látky	32
4.3.5	Účinky na zdravotní stav	33
4.4	LÁTKY V PIVU ŠKODÍCÍ ZDRAVÍ	33
4.4.1	Alkohol	33

4.4.2	Biogenní aminy	34
4.4.3	Nitrosaminy	34
4.4.4	Alifatické halogenované uhlovodíky	34
4.4.5	Rizikové prvky.....	35
4.4.6	Mykotoxiny.....	35
4.4.7	Ostatní látky.....	35
5	Víno	37
5.1	BIOLOGICKY AKTIVNÍ LÁTKY VE VINNÝCH HROZNECH	37
5.1.1	Vitaminy	37
5.1.2	Anorganické látky.....	37
5.1.3	Polyfenolické látky	37
5.1.4	Třísloviny a pigmenty.....	38
5.1.5	Sacharidy	39
5.1.6	Organické kyseliny	39
5.2	BIOLOGICKY AKTIVNÍ LÁTKY VE VINNÉM MOŠTU	40
5.2.1	Dusíkaté látky	40
5.2.2	Minerální látky.....	41
5.3	LÁTKY VE VÍNU PROSPÍVAJÍCÍ ZDRAVÍ.....	42
5.3.1	Organické kyseliny	42
5.3.2	Polyfenolické látky	42
5.3.3	Vitaminy	44
5.3.4	Enzymy	45
5.4	LÁTKY VE VÍNU ŠKODÍCÍ ZDRAVÍ.....	45
5.4.1	Alkoholy	45
5.4.2	Oxid siřičitý	46
5.4.3	Mykotoxiny.....	47
5.4.4	Anorganické látky.....	48
5.4.5	Ostatní látky.....	49
5.5	AROMATICKÉ LÁTKY VE VÍNU	49
5.5.1	Těkavé fenoly	50
5.5.2	Karbonylové sloučeniny	51
5.5.3	Estery	51
5.5.4	Těkavé kyseliny	52
5.5.5	Terpenoidy	52

5.5.6	Norisoprenoidy	53
5.5.7	Methoxypyraziny	53
5.5.8	Vonné thioly	54
6	Závěr.....	55
7	Seznam použité literatury	56
8	Seznam obrázků.....	69

2 ÚVOD

Pivo a víno jsou tradiční alkoholické nápoje, které provázejí naši společnost už od pravěku. Již tehdy se jim připisovaly účinky omamné i léčivé. Teprve abstinentské protesty proti alkoholu ve dvacátém století způsobily změny v pohledu a vnímání těchto nápojů ve společnosti.

Česká republika již dlouho drží prvenství v konzumaci piva za rok. V roce 2008 připadalo na osobu přibližně 160 litrů piva. Česko je 16. největším výrobcem piva na světě (rok 2007) s roční produkcí okolo 19,9 milionu hektolitrů piva (Česká tisková kancelář, 2008). Česko též obsadilo 9. příčku v celosvětovém vývozu piva, které neustále stoupá také díky narůstajícímu počtu pivovarů. Aktuálně se počet velko- i minipivovarů v ČR blíží k 370. Příznivé vlastnosti pro lidský organismus se připisují hlavně látkám, jako jsou fytoestrogeny a polyfenolické látky, které prospívají ženám nejenom v období klimakteria. Mezi další prospěšné látky v pivu patří řada vitaminů, hlavně skupiny B, a mnoho užitečných minerálních látek, proto je pivo označováno některými odborníky jako iontový nápoj. Velmi významné látky v pivu jsou α - a β -hořké kyseliny, které podporují sekreci žluče, čímž pozitivně ovlivňují trávicí systém a zvyšují chuť k jídlu.

Oproti pivu je spotřeba vína mnohonásobně nižší a to okolo 20 litrů (rok 2011) na osobu ročně. Aktuálně asi nejvíce zkoumaná látka ve víně je resveratrol, který slouží jako přirozený fungicid v bobulích hroznů. Resveratrol je silný antioxidant a svou „popularitu“ si získal díky blahodárným vlivům při boji proti rakovinným nádorům. Dále má kladný účinek na mozkovou kůru a pomáhá potlačovat LDL cholesterol a zvyšovat podíl HDL cholesterolu. Do dalších význačných látek ve víně patří i jiné fenolické látky (např. katechin), pigmenty (anthokyany, flavonoidy, xanthofyly), organické kyseliny nebo třísloviny.

I přes velmi pozitivní stránky těchto oblíbených nápojů se stále častěji řeší problematika alkoholu. Lidé znali alkohol dávno před objevem piva a vína. Lidské tělo má schopnost odbourávat alkohol pomocí enzymu alkoholdehydrogenasa (ADH4). Tento enzym se vyvíjel několik milionů let a člověk po dobu svého vývoje požíval alkohol v různých formách a přivyknul mu. Alkoholické nápoje jsou nápoje, obsahující přes 0,49 % objemových procent ethanolu (Kelblová, 1996). Víno obsahuje přibližně 10 – 15 % alkoholu a průměrné české pivo má 4 – 6 % alkoholu. Alkohol se řadí mezi lehké drogy kvůli omamným účinkům, které

ovlivňuje lidské chování a také proto, že je návykový. Při dlouhodobé a nepřiměřené konzumaci může propuknout problematické onemocnění, alkoholismus.

Postupem času se pivo i víno staly předmětem potravinářského, technického či chemického výzkumu a poskytly prostor pro studium pestré škály chemických látek v nich obsažených a já bych se v následujících kapitolách ráda věnovala aspoň těm nejvýznamnějším.

3 CÍLE PRÁCE

Cílem práce je podat ucelený literární přehled o výskytu, chemickém složení, přítomných množstvích a účincích biologicky aktivních látek v surovinách pro výrobu piva a vína i následně ve finálním nápoji. Současně budou zmíněny faktory ovlivňující obsah biologicky aktivních látek v obou sledovaných komoditách. Pozornost bude rovněž věnována pozitivním i negativním účinkům spojeným s konzumací piva i vína.

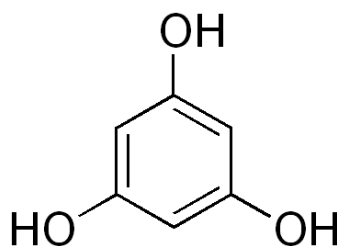
4 PIVO

4.1 CHMEL A JEHO BIOLOGICKY AKTIVNÍ LÁTKY

Chmel otáčivý (*Humulus lupulus L.*, konopovité, *Cannabinaceae*) je dvoudomá víceletá plodina, která se v pivu objevila mezi rokem 1000 až 1500 před naším letopočtem díky Slovanům. Chmel je jedna z důležitých surovin při výrobě piva a dodává pivu typickou hořkost, aroma a ovlivňuje další kvalitativní kritéria piva. Mezi důležité látky chmele patří zejména pryskyřice, silice a polyfenoly. Pro výrobu se používají pouze samičí chmelové hlávky a to ve formě granulátů, extraktů, isoextraktů či samotné, většinou sušené, chmelové hlávky. Obsah látek ve chmelu rozličně kolísá, neboť záleží na jednotlivé odrůdě, způsobu pěstování, stáří rostliny, obsahu vody nebo klimatických podmínkách.

4.1.1 Chmelové pryskyřice

Chmelové pryskyřice jsou deriváty floroglucinolu (Obr. 1) a tvoří až 30 % hmotnosti chmele. Jsou hlavním nositelem hořkosti v pivu. Hlavní komponentou chmele je pryskyřičný prášek žlutý prášek lupulin, ve kterém se nachází většina bioaktivních látek.



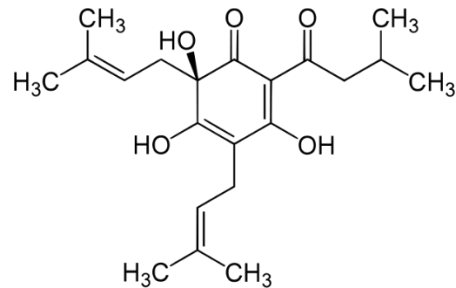
Obr. 1: floroglucinol

Základními složkami těchto pryskyřic jsou α -hořké kyseliny a β -hořké kyseliny.

4.1.2 α -Hořké kyseliny

Typickou organoleptickou vlastností piva je hořká chuť, která je způsobena hořkými látkami pocházející z chmelu. Pokles obsahu těchto látek v dokončeném pivu je jeden z projevů stárnutí a může mít negativní vliv na pivní chuť. Je tedy žádoucí, aby bylo pivo skladováno za podmínek, při kterých jsou tyto ztráty minimální. V pivu se hořké látky vyskytují hlavně jako iso- α -hořké kyseliny, vznikající během chmelovarném procesu izomerací α -hořkých kyselin. Jde o pivovarsky cenné látky, jejichž obsah v chmelu určuje jeho kvalitu, a je tedy důležité zabránit jejich redukci během zpracování a skladování chmelu nebo chmelových výrobků. Nestálé α -hořké kyseliny velice snadno podléhají chemickým přeměnám, nejčastěji izomeraci nebo oxidaci a v průběhu skladování je možné jim zamezit při udržování nízké teploty

a zabráněním styku se vzduchem. Hořké látky piva jsou tedy stabilnější při nižších teplotách (Straková et al., 2006). α -Hořké kyseliny se skládají ze sedmi analogů humulonu (Obr. 2): humulonu, kohumulonu, adhumulonu, prehumulonu, adprehumulonu, posthumulonu a posledního, jež nebyl v publikacích dosud pojmenován (Verzele, 1986). Celkový obsah humulonů v chmelu tvoří přibližně 9 – 10 % hmotnosti. (Steenackers et al., 2014).



Obr. 2: humulon

Humulony vznikají izomerací diprenylflorisovalerfenonu a jeho hydroxylací za přítomnosti enzymu deoxyhumulenoxidasy. Samotný humulon je nažloutlá pevná látka, zatímco jeho analogy jsou olejovité tekutiny.

α -Hořké kyseliny jsou velmi nestálé, slabé kyseliny a jsou ve vodě a vodných roztocích těžce rozpustné. Lehce podléhají izomeraci, při níž vznikají iso- α -hořké kyseliny, které se z 85 % podílejí na pивní hořkosti (Meilgaard, 1960). Izomerací vzniká z každého analogu α -hořkých kyselin cis- a trans- stereoisomer iso- α -hořkých kyselin: allo-iso- α -hořké kyseliny (méně hořké), anti-iso- α -hořké kyseliny (dvojnásobně hořké), abeo-iso- α -hořké kyseliny (velmi málo hořké, mají pozitivní vliv na stabilitu pивní pěny), tricyklodehydroiso- α -hořké kyseliny atd.

Oxidací α -hořkých kyselin vznikají: humulinony (třetinová hořkost než α -hořké kyseliny), deoxy- α -hořké kyseliny, humulinové kyseliny (možný vliv na přepěňování piva), oxyhumulinové kyseliny, 4-acetylhumulinové kyseliny atd.

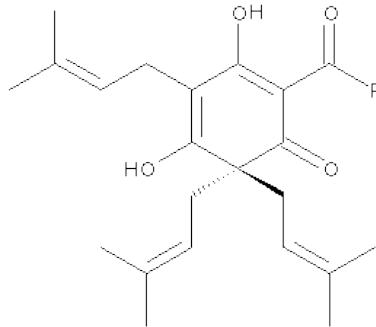
4.1.3 β -Hořké kyseliny

β -Hořké kyseliny se skládají z více než šesti analogů: lupulonu (Obr. 3), kolupulonu, adlupulonu, prelupulonu a postlupulonu (Verzele, 1986).

β -Hořké kyseliny jsou tvořeny bílými krystalickými šesterečnými soustavami a na rozdíl od α -hořkých kyselin mají další isoprenoidní řetězec na čtvrtém uhlíku cyklu. Lupulony vznikají izomerací a prenylací diprenylflorisovalerfenonu na C-4. Podobně jako α -hořké kyseliny jsou velice nestálé, silně pohlcují UV záření a jsou velmi obtížně rozpustné. Jsou cítit po esterech a mají lehce nahořklou chuť. Snadno podléhají oxidaci, izomeraci a odštěpování postranních řetězců (Regan et Elvidge, 1969). Jejich přeměnou vznikají např. hulupony (mírně

hořké), lupdepy, lupoxy či lupdoly. V pivovarnictví tyto látky nemají až takový význam, protože nesou jen 30 – 50% podíl hořkosti iso- α -hořkých kyselin.

Mnohé studie uvádějí, že jak α -, tak β -hořké kyseliny mají bakteriostatický účinek, tj. inhibují růst zejména grampozitivních bakterií.



Obr. 3: lupulon

4.1.4 Chmelové silice

Silice v chmelu tvoří 0,5 – 3 % hmotnosti. Rozlišné obsahy a druhy silic se mění v závislosti na odrůdě, podmínkách skladování, způsobu sklizně a skladování. Pivu dodávají hlavně charakteristickou vůni a aroma. Dají se rozdělit na tři skupiny: uhlovodíková frakce, kyslíkatá frakce a frakce sirných sloučenin.

Uhlovodíková frakce tvoří 70 – 80% podíl v silicích. Jsou zde zastoupeny alifatické uhlovodíky jako pentan, oktan, isopren, undekan až heptadekan, dále monoterpeny jako myrcen, α - a β -pinen, β -ocimen, limonen a seskviterpeny jako např. β -farnesen, α -humulen, β -karyofylen, α - a β -selinen, γ - a δ -kadinen, γ -muurolen, β -bisabolen, trans- α -bergamoten, α -kopaen, α - a β -kubeben, α -gurjunen, viridifloren a další. Většina těchto látek však během chmelovaru vyprchá.

Kyslíkatá neboli oxidovaná frakce tvoří 30% podíl v silicích. Tvoří jí terpenové, seskviterpenové, alifatické a aromatické alkoholy, aldehydy, ketony, epoxid, kyseliny nebo estery (Peacock et al., 1980; 1981; 1989; Briggs et al., 2004). Z terpenových alkoholů jsou zastoupeny např. linaool, geraniol a neridol. Přeměnou seskviterpenů vznikají např. humulol, humulenol, farnesol, α - a β -eudesmol, α -cadinol, muurol a další (Peacock et al., 1981; Moll, 1994). Ketony v silicích zastupují hlavně methylketony, např. undekan-2-on nebo tridekan-2-on. Nejintenzivnější aroma vykazují četné estery – methylestery C6 – C13.

Sírná frakce v chmelových silicích není až tak četná (cca 0,1 %), avšak sírné sloučeniny působí na pivo negativně již v malých množstvích (Peppard et Laws, 1979). Přítomnost sírných sloučenin je způsobena chemickými preparáty s obsahem síry, používanými k ošetřování chmelnic proti houbovým chorobám nebo také v důsledku konzervace sířením po sklizni. Jedná se o látky jako sulfan, methanthiol, dimethylsulfid, dimethyltrisulfid, dimethyltetrasulfid (dodávají cibulové aroma), 1,2-epithiolhumulen, 4,5-epithiokaryofyllen, myrcensulfid, myrcendisulfid, methylthiohexanoát, methyl-4-methylpentanoát, diethylsulfid, ethanthiol atd. (Pfenninger et al., 1979)

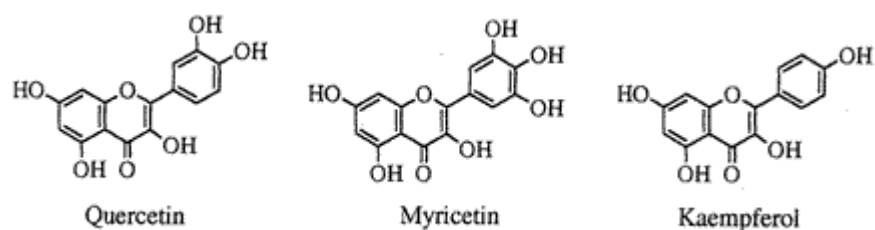
4.1.5 Polyfenolické látky

Polyfenoly mohou hrát v technologii a kvalitě piva jak pozitivní tak negativní roli, tzn., že mohou působit antioxidantně i prooxidantně (Fukumoto et Mazza, 2000). Polyfenoly chrání pryskyřice před oxidací díky redukčním vlastnostem. Významnou funkci mají při chmelovaru, číření, při chlazení mladiny a kvašení. Oddalují tvorbu zákalů (McMurrough et al., 1993; Forster et al., 2001) a stárnutí chuti hotového piva (Kaneda et al., 1995). Mají též vliv na plnost chuti piva a připisují se jim příznivé účinky na lidský organismus.

Polyfenolické látky v průběhu skladování podléhají polymeraci vlivem oxidačních změn na sloučeniny zvyšující barvu, ale teplotou změněné polyfenoly ztrácejí antioxidantní účinky v pivu a mohou kondenzovat s aminokyselinami na aldehydy, které dávají pivu starou chuť (Basařová et al., 1999). Změny v chuťové stabilitě vlivem změn polyfenolů lze očekávat až při výrazné změně barvy piva (Straková et al., 2006).

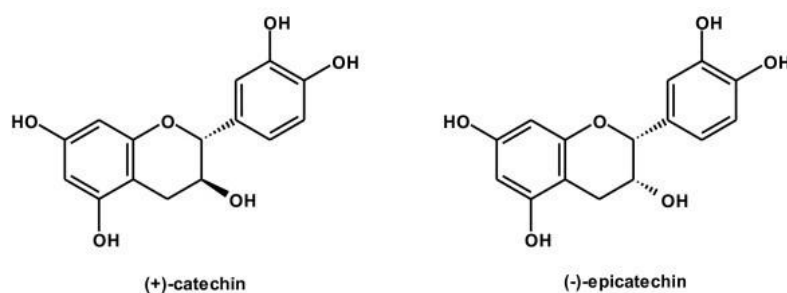
Polyfenoly chmele jsou polární látky, snadno rozpustné ve vodě a jejich obsah a složení se liší odrůdou chmele. Obecně se uvádí, že jemně aromatické chmele, jako je například tradiční žatecký poloraný červeňák, obsahují větší množství polyfenolických látek, přibližně 3,5 – 4,5 % v sušině. Polyfenolické látky v chmelu lze rozdělit na čtyři významné skupiny: flavonoly a jejich glykosidy, katechiny, fenolové kyseliny a jejich deriváty, kumariny, flavanony a další. Mnoho zdrojů uvádí i souhrnný název prenylované flavonoidy (prenylflavonoidy).

Flavonoly jsou rostlinná barviva vykazující antioxidantní vlastnosti. Mezi tyto látky patří například kemferol, kvercetin, myricetin (Obr. 4) nebo morin. Glykosidy flavonolů obsahují cukernou složku jako D-glukosu a L-rhamnosu a jde především o glykosidy kvercetinu (např. kvercetin-3-β-D-glukopyranosid, zkr. isokvercitrin) a kemferolu (např. kemferol-3-β-D-gluko-6,1-α-rhamnopyranosid) (Stevens et al., 1998).

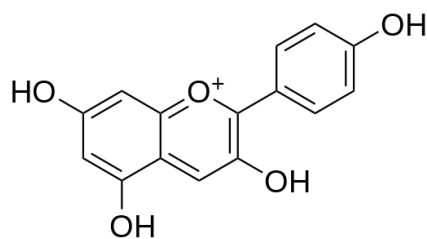


Obr. 4: flavonoly

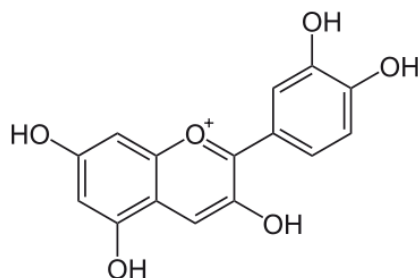
Katechiny (flavan-3-oly) v chmelu tvoří 3 – 6 % sušiny. Do této skupiny patří (+)-katechin, (-)-epikatechin (Obr. 5), (+)-gallokatechin, leukopelargonidin, leukokyanidin či leukodelfinidin, z nichž mohou v kyselém prostředí vznikat anthokyanidiny – pelargonidin (Obr. 6), kyanidin (Obr. 7) a delfinidin (Obr. 8). Za působení kyslíku, tepla a světla, tj. při stárnutí chmele, vznikají monomery proanthokyanidiny. Z nich se ve chmelu nacházejí prokyanidiny B2, B3 a B4, prodelfinidin B3 a prokyanidin C1 a C1.



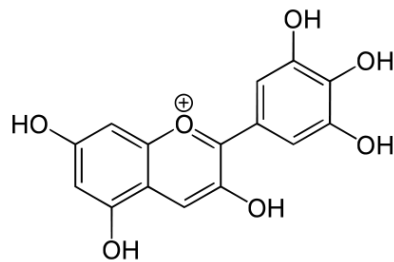
Obr. 5: katechin a epikatechin



Obr. 6: pelargonidin



Obr. 7: kyanidin



Obr. 8: delfinidin

Fenolové kyseliny v chmelu zastupují hydroxy- a methoxysubstituované kyseliny odvozené hlavně od hydroxyderivátů benzoové kyseliny a kávové kyseliny (3,4-dihydroxykoičové). Významné jsou také chlorogenové kyseliny, které patří mezi estery kávové a chinové kyseliny. V pivu jsou zastoupeny následující kyseliny:

chlorogenová (CGA) (3-O-kaffeoyl-L-chinová) (Obr. 9)

krytochlorogenová (4-O-kaffeoyl-L-chinová)

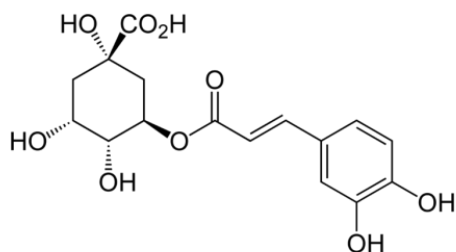
neochlorogenová (5-O-kaffeoyl-L-chinová)

isochlorogenová a (3,5-di-O-kaffeoyl-L-chinová)

isochlorogenová b (3,4-di-O-kaffeoyl-L-chinová)

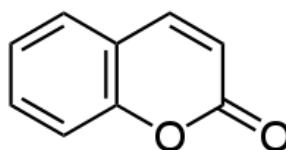
isochlorogenová c (4,5-di-O-kaffeoyl-L-chinová)

Snadno se oxidují na chinony, které způsobují hnědnutí mladiny i piva.



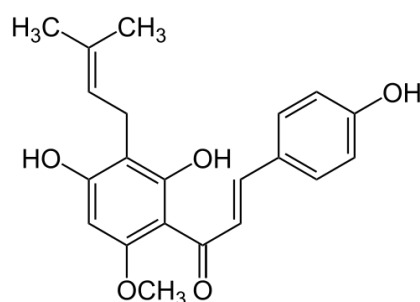
Obr. 9: 3-O-kaffeoyl-L-chinová kyselina

Kumariny (Obr. 10) se v chmelu vyskytují jako aglykony či glykosidy a cukernou složku tvoří hlavně D-glukosa. Vykazují například antibakteriální a antifungicidní účinky (Velíšek, 1999).



Obr. 10: kumarin

Flavanony jsou podtřídou flavonoidů, podobně jako flavanoly, flavony, flavonoly, proanthokyanidiny, kyanidiny nebo isoflavonoidy (Van Acker, 2001). Do této skupiny patří chalkon **xanthohumol**. Je biologicky významný, protože u něj byly prokázány protirakovinné vlastnosti. Byly u něj též prokázány bakteriostatické i bakteriocidní účinky, a to zejména vůči bakteriím rodu *Streptococcus*, které způsobují infekce v ústní dutině, které vedou k zubnímu kazu. Mechanismus antibakteriálního účinku je pravděpodobně ovlivněn membránovým pH-gradientem. (Fic, 2015) Jeho koncentrace v chmelových hlávkách se pohybuje v rozmezí 0,2 – 1,1 % (Karabín et al., 2012).



Obr. 11: xanthohumol

Xanthohumol je sice zastoupen v chmelových hlávkách, ale v hotovém pivu se vyskytuje jen v nízkých koncentracích, většinou nižších než 0,1 mg.l⁻¹. Pomocí izomerace, při které dochází k cyklizaci přes hydroxylovou skupinu, je xanthohumol v průběhu výroby piva přeměňován až z 95 % na isoxanthohumol, což je prenylflavonoid nejvíce zastoupený v konečném výrobku (Hudcová et al., 2015). Bioaktivní účinky isoxanthohumolu jsou podobné jako účinky xanthohumolu, ale jsou slabší (Kondo, 2003). Nižší účinnost je však do jisté míry vyrovnána vyššími koncentracemi a snadnou dostupností v pivu (Krofta, 2010).

Prenylflavonoidy působí antioxidačně a zpomalují řadu procesů jako je např. rakovina, ateroskleróza nebo infarkt myokardu. Velká pozornost je věnována v současnosti především protirakovinným účinkům prenylflavonoidů. Xanthohumol a ostatní prenylflavonoidy inhibují proliferaci nádorových buněk a zabraňují tak růstu karcinomu a vzniku metastáz, přičemž působí hlavně na buňky lidského karcinomu prsu, vaječníku nebo tlustého střeva (Miranda et al., 1999; Stevens, 2004; Gerhäuser, 2005). Mechanismus chemopreventivního vlivu xanthohumolu a jiných prenylflavonoidů na růst raného nádoru spočívá v inhibici metabolické aktivace prokarcinogenů a indukci karcinogen-detoxifikačních enzymů. Mechanismus antikarcinogenních účinků prenylflavonoidů na růst pokročilého nádoru zahrnuje inhibici DNA syntézy, inhibici angiogeneze a potlačení vzniku zánětů (Henderson et al., 2000; Miranda et al., 2000, Stevens, 2004; Gerhäuser, 2005). Xanthohumol společně s některými látkami

chmelových pryskyřic může inhibovat vznik osteoporózy (Tobe et al., 1997). Isoxanthohumol je dominantním prenylflavonoidem v pivu (Forster et al., 2002). Obsah isoxanthohumolu nepřesahuje zpravidla hranici 2 mg.l⁻¹ (Stevens et al., 1999).

Derivát xanthohumolu (demetylovaný derivát isoxanthohumolu a xanthohumolu), **8-prenylnaringerin (8-PN)**, je již zmíněný fytoestrogen. Silně se váže na estrogenové receptory na děložní sliznici. Dále má schopnost zabraňovat řídnutí kostí a snižovat riziko vzniku rakoviny prsu a prostaty (Fic, 2015). 8-prenylnaringerin má tedy estrogení aktivitu a díky té je schopen alternovat lidské estrogeny a potlačovat tak klimakteriální symptomy či snižovat riziko vzniku nádorových onemocnění spojených s hormonálním systémem (Karabín et al., 2012). Přímým zdrojem 8-prenylnaringerinu v pivu je izomerace desmethylxanthohumolu (DMX) vyskytujícího se ve chmelu v množství 0,1 až 0,4 % hm. (Krofta, 2008). V běžných pivech jsou koncentrace 8-PN velice nízké (pod 50 µg.l⁻¹) a tudíž fyziologicky poměrně zanedbatelné (Rong et al., 2000). Bylo však zjištěno, že bakterie střevního systému jsou schopny přeměňovat isoxanthohumol z piva na 8-prenylnaringerin. Denní příjem fytoestrogenů pravidelnou konzumací piva se tak může zvýšit až na fyziologicky aktivní hladinu (Possemiers, 2005; Possemiers, 2006).

Dalším demetylovaným derivátem xanthohumolu je **6-prenylnaringerin**. Studiemi byla zjištěna jeho schopnost inhibovat růst gram pozitivních bakterií, např. *Staphylococcus aureus*, které mají na svědomí sepse a zápal plic. Spolu s xanthohumolem vykazuje také fungicidní působení vůči patogenním původcům mykóz na nohou, tzv. dermatofytům, *Trichophyton mentagrophytes* a *Trichophyton rubrum* (Fic, 2015).

Xanthohumol a jeho deriváty byly testovány na buněčné linii rakoviny prsu, rakoviny vaječníků a rakoviny tlustého střeva, přičemž se měly prokázat cytotoxické a antiproliferační účinky. Bylo dokázáno, že v *in vitro* podmínkách vykazoval xanthohumol nejvyšší inhibiční účinek vůči proliferaci rakovinných buněk prsu a vaječníků a to ve velice krátkém časovém intervalu (Fic, 2015).

Jediný zdroj prenylflavonoidů v lidské výživě je pivo, avšak kvůli velmi nízkému obsahu ve finálním produktu je třeba dodat, že běžnou konzumací piva není možné dosáhnout koncentrace těchto látek v plazmě v takové míře, aby vykazovaly výraznější pozitivnější účinky na lidský organismus (Miranda et al., 2009).

Během pivovarského procesu dochází k velkým ztrátám prenylflavonoidů způsobeným nedokonalou extrakcí do mladiny, adsorpcí na sladové proteiny a kvasinky. Stevens (2004) uvádí, že celková využitelnost xanthohumolu, především v izomerované formě, je 20 až 30 %.

K dalším ztrátám prenylflavonoidů dochází při stabilizaci a filtraci, čímž využitelnost klesá dále na 10 až 20 % (Forster et Koberlein, 1998).

Vzhledem k řadě pozitivních účinků chmelových prenylflavonoidů na lidské zdraví, jsou nejnovější výzkumy zaměřeny na to, jak zvýšit jejich příjem ve výživě. Možným řešením mohou být potravinové doplňky obsahující chmelové biologicky aktivní látky. (Hudcová et al., 2015). Snaha o zvýšení koncentrací xanthohumolu a isoxanthohumolu v pivu lze dosáhnout pouze technologickými úpravami a použitím preparátů obohacených o xanthohumol (Biendl et al., 2002). První piva s vyšším obsahem xanthohumolu, tj. nad 1 mg.l⁻¹, byla uvedena na trh v Německu. Při jejich výrobě byla použita tzv. technologie XAN, která spočívá v aplikaci extraktů obohacených xanthohumolem, přidávaných ke konci chmelovaru (Biendl et al., 2004).

4.1.6 Sacharidy

Chmel obsahuje asi 2 – 4 % monosacharidů a nepatrné množství oligo- a polysacharidů (Pfenninger et al., 1979). Ve vztahu k výrobě piva se sacharidům ve chmelu nepřikládá příliš velký význam.

4.1.7 Dusíkaté látky

Množství dusíkatých látek ve chmelu se pohybuje okolo 12 – 18 % v sušině (Pfenninger et al., 1997; Moll, 1994). Význam dusíkatých látek též není velký, přesto jsou v nich obsaženy všechny esenciální i neesenciální aminokyseliny. V malých koncentracích se v chmelu vyskytují biogenní aminy, např. histamin (30 – 40 mg.kg⁻¹ chmele), který pomáhá snížit krevní tlak. V pivu se histamin nachází však pouze v koncentraci 0,5 – 1 µg.kg⁻¹. (Vogel et al., 1962).

4.1.8 Lipidy

Zastoupení lipidů ve chmelu se pohybuje kolem 3 %. Zastoupena je řada alkoholů, esterů, kyselin a steroidních látek. Opět jim není přikládán velký význam vzhledem k technologii a kvalitě piva.

4.1.9 Anorganické látky

Obsah anorganických (minerálních) látek ve chmelu se pohybuje okolo 7 – 10 %. Nejvíce je zde zastoupen draslík, vápník, fosforečnany, sírany, hořčík, křemičitany, měď anebo dusičnany a další. Kovy jako měď, mangan a zinek mohou mít vliv na činnost kvasnic během kvašení piva (Pfenninger et al., 1979).

4.1.10 Ostatní látky

Ve chmelu se dále nacházejí ve stopovém množství rostlinné pigmenty, např. chlorofyl a karotenoidy.

4.2 SLAD A JEČMEN A JEJICH BIOLOGICKY AKTIVNÍ LÁTKY

Ječmen obsahuje asi 80 – 90 % sušiny, kterou tvoří organické dusíkaté i organické bezdusíkaté látky a anorganické látky. Zastoupení jednotlivých látek závisí na genetických vlastnostech odrůdy ječmene, pěstebních podmínkách jako např. složení půdního fondu, agrotechnice či klimatických podmínkách.

Tab. 1: Chemické a biochemické složky hlavních částí ječné obilky

Část obilky	Hlavní složky
pluchy	celulosa, pentosany, polyfenoly a polyfenolové kyseliny, křemík
zárodek	lipidy, sacharosa, rafinosa, proteiny, gibberelová kyselina, minerální látky (draslík, hořčík)
aleuronová vrstva	lipidy, sacharosa, proteiny, fosfáty, endosperm degradující enzymy, minerály (draslík, hořčík), vitamin B, pentosany, β -glukany
škrobový endosperm	škrob, proteiny, pentosany, β -glukany buněčných stěn

(EBC Technology and Engenering Forum, 2000)

4.2.1 Sacharidy (β -glukany, pentosany)

Ječné sacharidy vznikají, díky fotosyntéze založené na absorpci oxidu uhličitého, v zelených rostlinách.

Samotný škrob tvoří 60 – 65 % sušiny ječmene a vyskytuje se ve formě škrobových zrn, jejichž stěny se skládají z neškrobových polysacharidů a proteinů. Škrob je základní organický polysacharidický komplex skládající se z molekuly amylosy (20 – 25 %) a amylopektinu

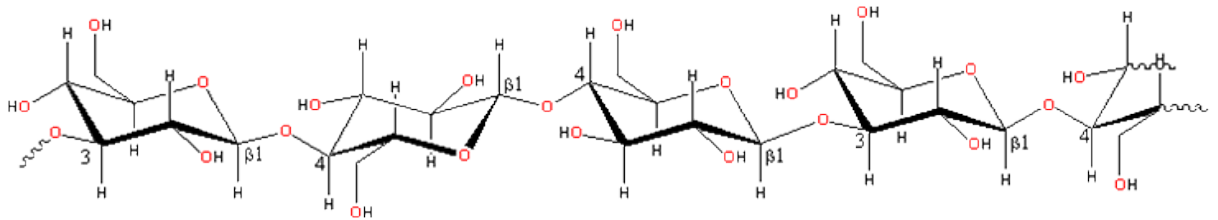
(75 – 80 %). Nevětvené řetězce amylosy tvoří glukosové jednotky s vazbami α -1,4 a základní složkou je disacharid maltosa. Větvené řetězce amylopektinu se skládají z glukosových jednotek s vazbami α -1,4 a α -1,6. Během procesu sladování a vaření je kompletně rozložen na nízkomolekulární jednodušší sacharidy. Tyto sacharidy jsou pro lidský trávicí systém poměrně rychle a lehce stravitelné. Škrob má v ječmeni rezervní a zásobní funkci pro vývoj klíčku. Základní disacharidy jsou maltosa a isomaltosa, které se nacházejí v endospermu ve škrobových zrnech, jejichž stěny tvoří neškrobové polysacharidy a proteiny, které jsou během sledování degradovány, a tím je škrob zpřístupněný pro působení souboru amylolytických enzymů, ke kterému dochází v průběhu rmutování při přípravě mladiny. Nízkomolekulární sacharidy (preexistující cukry) jsou obsaženy jako volné cukry v zrna zdravého ječmene (Narziss, 1976; Basařová et Čepička, 1985). Větší množství maltosy v ječmeni svědčí o nedozrálosti, vrostlosti či pomoknutí ječmene. V dozrálém ječmeni vzniká maltosa až při změně zrna z latentní formy v růstový proces jako produkt hydrolýzy rezervních sacharidů (škrobu) k nabytí potřebné energie a stavebních látek pro tvorbu kořínků a střílky. Fruktosa, sacharosa a rafinosa slouží jako zdroj energie při respiraci skladovaného ječmene. Mezi další významné nízkomolekulární sacharidy ječmene patří např. D-arabiosa, D-xylosa, D-galaktosa, D-mannosa, D-ribosa, 2-deoxy-D-ribosa, D-fukosa, D-glukuronová kyselina, β -D-glukosamin, 6-kestosa, isoketosa, maltotriosa a další.

Celulosa tvoří 4 – 7 % sušiny zrna ječmene. Je to polysacharidický komplex obsahující glukosu, mannosu a v menším zastoupení galaktosu. Celulosa se nachází v pluchách, oplodí, osemení a v klíčku. Její úloha je zpevňovat buněčné stěny a skládá se z glukosových jednotek s glykosidovou vazbou β -1,4. Hlavní stavební jednotkou je disacharid cellobiosa, která je enzymaticky obtížně štěpitelná a zůstává spolu s ligninem v pluchách a působí jako kypřící složka filtrační vrstvy při scezování sladiny.

Zrno ječmene obsahuje také 10 – 14 % neškrobových polysacharidů, především hemicelulos, ligninu nebo glykanů (tzv. rostlinných gum). Zvýšené množství neškrobových polysacharidů β -glukanů a pentosanů (arabinoxylany) (Leclercq et al., 1999; Ford et Evans, 2001, Benismail et al., 2003) ve sladu nepříznivě zvyšují viskozitu sladiny, mladiny a piva. Tím mohou způsobit potíže při scezování sladiny a filtraci piva (Edney et al., 1998; Jin et al., 2004) nebo mohou ovlivnit předčasnou tvorbu nebiologických zákalů či snížit využití amylolytických enzymů při štěpení škrobu. Napříč tomu pozitivně ovlivňují chuťové vlastnosti piva, především plnost. Ze zdravotního hlediska se tyto látky považují za velmi přínosné (Izydorczyk et Storsley, 2000).

Hemicelulosity jsou sloučeniny nacházející se v rostlinných buněčných stěnách, které zpevňují a vyplňují prostory mezi vlákny celulosy.

β -glukany (Obr. 12) jsou řetězce glukopyranosových jednotek vázaných většinou vazbami β -1,4, asi z 30 % se váží vazbou β -1,3. Tyto vazby dávají molekule pružné vlastnosti a možnost kontrakce či prodloužení (Linemann et Krüger, 1996; Velíšek, 2002a).



Obr. 12: struktura β -glukanu

Množství pentosanů je v obilce ječmene velmi variabilní. Jejich obsah a složení ovlivňuje zejména technologie sladování. Nacházejí se v aleuronové vrstvě, ale především spolu s β -glukany ve stěnách škrobových zrn endospermu. Mají vysokou schopnost vázat vodu, a to až 100 g na 1 g sušiny. Na jejich vlastnosti má vliv struktura a molekulová hmotnost. Jsou složeny z hlavních řetězců tvořených z D-xylanopyranosových jednotek vázaných vazbami β -1,4.

4.2.2 Dusíkaté látky

Dusíkaté látky v ječmeni jsou významnými nosiči biologických změn v průběhu výroby sladu a piva. Produkty štěpení bílkovin ječmene, které se vytvářejí během klíčení u sladování ječmene, představují široké spektrum makropeptidů (molekulová hmotnost asi 10 000 s přibližně 100 aminokyselinami v řetězci), polypeptidů (řetězce tvořené víc než 10 aminokyselinami), nižších peptidů (dipeptidy, tripeptidy, tetrapeptidy atd.), aminokyselin a amidů, které mají zásadní technologický vliv v závislosti na svých fyzikálních a chemických vlastnostech při zpracovatelnosti ječmene na slad, v technologii i kvalitě piva. Přispívají k plnosti chuti piva, podílejí se na pěnivosti a stabilitě pěny a působí jako tlumivé složky piva.

Do piva přecházejí rozpustné bílkoviny a peptidy sladu a kvasnic, které jsou zároveň dostatečně stabilní vůči aktivitě proteolytických enzymů, teplotě a pH vnějšího prostředí v průběhu pivovarského procesu. Technologický význam těchto látek spočívá v ovlivnění tvorby a stability pěny, možnosti vzniku koloidních zákalů a podpoře plnosti chuti piva. Mezi

peptidy tvořící zákaly patří především hordeinové peptidy. Vlastnosti pивní pěny ovlivňují protein Z, dále pak i nízko- i vysokomolekulární deriváty hordeinů (Hulín et al., 2007).

Vysokomolekulární dusíkaté látky u nesprávně proteolyticky luštitelných ječmenů snižují kvalitu sladu a v pivu jsou vedle polyfenolových látek základními reaktanty v tvorbě nebiologických koloidních zákalů. Obsah dusíkatých látek v ječmeni je závislý na odrůdě, složení půdy, klimatických podmínkách, agrotechnice (hlavně hnojení) (Man et Dondeyne, 1985) a délce vegetace (Basařová et al., 2010). Množství dusíkatých látek ve sladovnickém ječmeni v přepočtu na bílkoviny se považuje do 7 % za nepříznivé, v rozmezí 7 – 11 % za příznivé, nad 11 % méně příznivé a nad 13 % nežádoucí. Chemické složení ječných bílkovin se liší podle velikosti molekul a vazby aminokyselin, resp. podle rozdílnosti ve složení peptidových řetězců. Kromě základních prvků uhlíku, vodíku, dusíku a síry bývá přítomný fosfor, železo, vápník, halogeny a další prvky.

V aleuronové vrstvě převládají tzv. lepkové bílkoviny, které po zpracování na slad většinou přejdou do mláta při přípravě mladiny. Pod aleuronovou vrstvou na vnější straně endospermu jsou tzv. fyziologické či rezervní bílkoviny, které jsou při klíčení štěpeny a dodávají hlavní množství rozpustných dusíkatých látek. Mají vliv na celkový obsah bílkovin v ječmeni. V endospermu se nachází v buněčných membránách tzv. histologické (tkáňové) bílkoviny, které společně s neškrobovými polysacharidy zpevňují buňky škrobových zrn a při jejich zvyšujícím se množství v obilce při klíčení, se zhoršuje míra luštitelnosti zrna.

Nízkomolekulární dusíkaté látky ječmene a sladu jsou aminokyseliny a amidy. Bílkoviny ječmene a sladu tvoří asi 21 aminokyselin (alanin, leucin, izoleucin, lysin, arginin, methionin, asparagová kyselina, fenylalanin, asparagin, cystein, cystin, glutamová kyselina, glycin, prolin, serin, threonin, histidin, tryptofan, hydroxyprolin, valin), z nichž je nejvýše zastoupen prolin. Množství aminokyselin závisí na vlastnostech odrůdy a u sladu také na technologickém procesu sladování. V bílkovinách jsou aminokyseliny vázány vodíkovými můstky do sekundární šroubovitě struktury (helixu). V terciární struktuře se uplatňují vodíkové a disulfidové vazby. Bílkoviny díky svým koloidním vlastnostem a povrchově aktivním hydrofobním peptidům pozitivně ovlivňují pěnivost piva.

Dle starší nomenklatury, pocházející z 19. století (Osborne, 1907) se ječné bílkoviny dělí do čtyř základních skupin – albuminy, globuliny, prolaminy a gluteliny. Zastoupení jednotlivých skupin je v různé literatuře odlišné. Např. podle Hulína et al. (2007) je zastoupení bílkovin následující: albuminy 12,1 %, globuliny 8,4 %, prolaminy 25 %, gluteliny 54,5 %. Obsah těchto bílkovin se během výroby sladu a piva snižuje jak degradací proteolytickou

činností enzymů při klíčení sladu a rmutování, tak vylučováním v mlátě a kalech kvůli jejich obtížné rozpustnosti (Celus et al., 2006). Albuminy jsou rozpustné ve vodě a v solných roztocích. V ječmeni byl identifikován albumin, který se koncentruje v pивní pěně. Jeho název je protein přenášející lipidy (LTP – Lipid Transfer Protein) (Perrocheu et al., 2005) a je velmi rezistentní vůči vyšším teplotám i proteolytickému štěpení. Stabilizace LTP acylací během rmutování podporuje jeho schopnost vázat lipidy a zabraňovat jejich nepříznivé roli v pěnivosti piva. Globuliny jsou taktéž rozpustné v roztocích solí. Jsou přítomny ve čtyřech základních formách a to α -globulin, β -globulin, γ -globulin a δ -globulin. Jako nejvýznamnější se uvádí právě β -globulin, který se kvůli nízké hodnotě pH izoelektrického bodu 4,9 blízké pH hodnotě piva a vysokému obsahu cysteinu podílí na tvorbě nebiologických zákalů v pивu. Prolaminy jsou ve vodě a v solných roztocích nerozpustné. Rozpouštějí se v 50 – 90% roztoku ethanolu a některých jiných alkoholů. Ječný prolamin hordein má pět základních složek, z nichž δ - a ε -hordein jsou součástí koloidních zákalů piva. Vysokomolekulární polypeptidy z hordeinu se většinou vyloučí do mláta. Štěpy, které obsahují více cysteinu a cystinu vytvářejí za přítomnosti kyslíku disulfidové můstky, což vede ke zvětšování molekul omezujících činnost amylolytických enzymů při rmutování. To prodlužuje dobu do dosažení zcukření a způsobuje ztráty extraktu. V mlátu prolaminy zalepují póry filtračního zařízení a komplikují scezování. Gluteliny nacházející se v buněčných stěnách jsou rozpustné pouze v alkalických roztocích. Tyto proteiny se někdy nazývají jako gelové. Z hlediska aminokyselinového spektra je pro hordeiny typický vysoký obsah glutaminu a prolinu (Hulín et al., 2007).

Složené bílkoviny ječmene a sladu jsou dusíkaté sloučeniny obsahující nebílkovinné složky (Basařová et Čepička, 1985). Mezi ně patří:

1. Glykoproteiny (protein + cukr) většinou doprovázejí albuminy. Primárně mají kovalentně vázanou cukernou složku buď O-glykosidovou vazbou s hydroxylovou skupinou serinu či threoninu, nebo N-glykosidovou vazbou. Z glykoproteinů se při skladování uvolňují dusíkaté složky obsahující albumin.
2. Fosfoproteiny (protein + fosfát) mají důležitou funkci pro hydrolasy.
3. Lipoproteiny (protein + lipid), hlavně lecithinproteiny působí negativně na pěnivost a stabilitu pивní pěny.
4. Chromoproteiny (protein + barevná složka) obsahují pigmenty typu polyfenolů, chlorofylu apod.
5. Nukleoproteiny (protein + nukleové kyseliny) jsou důležité sloučeniny. Deoxyribonukleové kyseliny (DNA) a ribonukleové kyseliny (RNA) mají význam např. jako genetické kódy při

proteosyntéze v průběhu vegetačních procesů při kultivaci ječmene a klíčení zrna při sladování.

Poslední dobou se vědecký výzkum věnuje studiu obsahu bílkovin vzhledem k onemocnění zvanému celiakie, která se projevuje nesnášenlivostí na bílkovinu zvanou gluten (lepek), která se vyskytuje v ječmeni, žitu a pšenici. Jednou z možností snížit obsah glutenu ve sladu v pivě je aplikace upravovaných postupů sladování změnami teploty, vlhkosti a času, které podpoří proteolytické enzymy, speciálně celiatickou prolylaminopeptidasu štěpící gluten (Kerpes et al., 2013).

4.2.3 Lipidy

Lipidy mladiny a piva pocházejí ze sladu respektive z ječmene. Lipidy z chmele nemají podstatný vliv na kvalitu piva (Hildebrand et al., 1975). Lipidy ječmene a sladu tvoří heterogenní soubor látek, které mají při výrobě sladu a piva pozitivní a negativní význam. Jsou potřeba v metabolismu klíčícího ječného zrna a při výrobě piva v metabolismu pivovarských kvasinek (především nenasycené mastné kyseliny a steroly) pro růst a funkci membrán. Kromě toho působí některé lipidické složky inhibičně na vznik chuťově aktivních esterů. Negativní vliv lipidů se projevuje ve zhoršené stabilitě pěny a chuti piva, avšak některé polární lipidy naopak pěnu stabilizují.

Hlavní negativní vlastnosti ječných lipidů je účast na tvorbě sensoricky nepříznivých látek, hlavně karbonylů, které patří mezi tzv. komponenty staré chuti piva. Na jejich tvorbě z lipidů se podílejí lipasy a lipoxygenasy (Morrison, 1978; Ammes, 1984). Bylo prokázáno (Man et Dondeyne, 1985), že obsah lipidů v ječmeni souvisí s dusíkatým hnojením v průběhu vegetace. Zvýšený přísun dusíkatých látek se projevuje zvýšením obsahu bílkovin ječmene a snížením obsahu lipidů. Ječné lipidy obsahují 65 – 78 % neutrálních lipidů, především triacylglycerolů, glykolipidů a fosfolipidů (Morrison, 1978). Triacylglyceroly jsou hlavní skupina neutrálních lipidů ječmene a sladu, významné jsou i 1,2-diacylglyceroly, 1,3-diacylglyceroly, volné mastné kyseliny, fosfolipidy, lipoproteiny, lipopolysacharidy, steroly (např. β -sitosterol), estery sterolů, glykosidy, karotenoidy sterolů aj. Důležitý význam pro kvalitu piva mají mastné kyseliny, v kterých tvoří největší podíl linolová kyselina (Morrison, 1978; Ammes, 1984).

4.2.4 Polyfenolické látky

Množství polyfenolických látek, pozitivně i negativně ovlivňující slad a pivo, se pohybuje okolo 0,1 – 0,6 % sušiny. Vysoký podíl těchto látek, převážně kondenzovaných, je

obsaženo v obalových částech zrna, kde jsou přítomny převážně flavonoidy, jejichž nosičem je bílkovina hordein (Siebert, 2006). Množství a složení polyfenolů je závislé na genetických vlastnostech odrůdy, místě pěstování, klimatických podmínkách a ročníku sklizně. Se stoupajícím množstvím bílkovin v zrně klesá obsah polyfenolů.

Hlavními polyfenoly ječmene i sladu jsou fenolové kyseliny, barevné i bezbarvé flavonoidy, kondenzované a polymerní polyfenoly, kumariny a ubichinony (Hernanz et al., 2001, Basařová et al., 2010). Největší podíl fenolových kyselin připadá na ferulovou kyselinu. Další zastoupenou kyselinou je *p*-kumarová. V ječmeni se nachází dále dehydroimery již zmiňované ferulové kyseliny a kumarové kyseliny. Ječmen obsahuje jen velmi malý podíl volných fenolových kyselin. Fenolové kyseliny jsou v ječné obilce přítomné hlavně ve vázané formě jako glykosidy či estery nebo jako rozpustné konjugáty. Význam mají deriváty 4-hydroxybenzoové a skořicové kyseliny. Mnohé z nich působí jako inhibitory klíčení. Mezi deriváty benzoové kyseliny patří gallová, protokatechová, již zmiňovaná *p*-hydroxybenzoová, syringová a vanilová kyselina. Mezi deriváty skořicové kyseliny patří kávová, *p*-kumarová, ferulová a sinapová kyselina.

Barevné flavonoly jsou rostlinná barviva mající antioxidační účinky. Jsou to např. monoglykosidy a diglykosidy anthokyanidinů (známých jako anthokyany) a jejich aglykonů anthokyanidinů. Cukernou složkou je nejčastěji D-glukosa a L-rhamnosa. Mezi významné glykosidy flavonolů patří např. kemferol-3-O- β -rutinosid, kemferol-3-O-(6''-malonyl- β -D-glukosid), kvercetin-3-O- β -rutinosid (rutin), kvercetin-3-O- β -D-glukosid (isokvercetin) nebo kvercetin-3-O-(6''-malonyl- β -D-glukosid).

Bezbarvé flavonoly jsou například katechiny (flavan-3-oly) či leukoanthokyanidiny (flavan-3,4-dioly) (Moll, 1994). Do skupiny katechinů patří např. (+)-katechin a (-)-epikatechin. K leukoanthokyanidinům se řadí např. leukopelargonidin, leukokyanidin a leukodelfinidin, z kterých mohou vznikat v kyselém prostředí odpovídající barevné anthokyanidiny, tzn. pelargonidin, kyanidin a delfinidin.

Kondenzované a další polymerní polyfenoly jsou odvozené od monomerních flavonoidů. Vznikají samovolně vlivem stárnutí, tepla, světla a oxidace kyslíkem. Jedná se o látky s vyšší molekulovou hmotností, které dostanou-li se až do piva, tvoří významný faktor nebiologických zákalů v hotovém pivu (Basařová et al., 2010).

Kumariny jsou bezbarvé katechiny spolu s leukoanthokyanidiny, které se při zahřívání s kyselinami štěpí na příslušné barevné anthokyanidiny a bezbarvé katechiny. Výchozí složka pro vznik kumarinu je např. o-hydroxyskořicová kyselina. Katechiny mohou oxidovat a tím

poskytnout anthokyanidiny. Název proanthokyanidiny zahrnuje bezbarvé katechiny a jejich oligomery, které se dnes řadí mezi kondenzované taniny způsobující trpkou chuť piva.

Pozitivní vliv na kvalitu piva mají antioxidační účinky polyfenolových sloučeniny původem ze sladu a chmele, které mají buď přímou antioxidační aktivitu, nebo působí jako lapače volných radikálů, které by negativně působily na koloidní i senzorickou kvalitu piva (Lacan et al., 2000; Inns et al., 2005). K dalším pozitivním vlastnostem patří spolupůsobení polyfenolů s dusíkatými látkami a polysacharidy na plnosti chuti piva.

Negativní vlivy v koloidní a senzorické stabilitě piva i v jeho přibarvování během výroby a především při skladování mají ječné polyfenoly, které změnami ve výrobním procesu sladu a piva oxidovaly a kondenzovaly na látky snižující v reakcích s jinými sloučeninami koloidní vlastnosti a chuťovou stabilitu piva (Briggs, 1998; Basařová, 2010).

4.2.5 Vitaminy

Vitaminy jsou významné pro množení kvasinek při fermentaci piva a patří mezi látky s příznivým významem v podpoře lidského zdraví. Vyskytuje se zde např. vitamin B₁ (thiamin), vitamin B₂ (riboflavin), nikotinová kyselina, pantothenová kyselina, vitamin B₆ (pyridoxin), vitamin E (tokoly), vitamin A (prekurzory – karotenoidy), biotin, foláty, cholin nebo myo-inositol. Tyto látky se v ječmeni vyskytují v živých tkáních v zárodku a v aleuronové vrstvě a jsou součástí řady komplexů působících jako kofaktory intermediálního metabolismu. Vitamin C (kyselina askorbová a dehydroaskorbová) se v ječmeni vyskytuje ve velmi malé koncentraci a během procesu hvozdění se kompletně degradují.

4.2.6 Fosfáty a jiné anorganické látky

Fosfáty (PO₄³⁻) se v sušině ječmene vyskytují asi z 0,9 – 1 %. Jsou součástí fosfolipidů, nukleových kyselin nebo fytinu.

Fytin (myo-inositol-1,2,3,4,5,6-hexafosfát) se nachází v aleuronové vrstvě a v embryu. Během sladování a rmutování se fytin hydrolyzuje na anorganický fosfát a myo-inositol (Basařová et al., 2010). Myo-inositol je důležitá esenciální látka pro pivovarské kvasinky (Narziss, 1976; Briggs et al., 1981). Fytin má vysokou afinitu vůči vápenatým iontům, jejichž reakcí při rmutování s mědí se uvolňují vodíkové ionty a snižuje se hodnota pH. Anorganické fosfáty uvolněné hydrolyzou se podílejí na metabolismu ječného zrna a snižují pH pivovarských roztoků. Celkové množství anorganických látek v ječmeni se pohybuje okolo 2 – 3 % v sušině. Koncentrace jednotlivých minerálních látek kolísá v závislosti na podmínkách složení půdního fondu, klimatických podmínkách, způsobu, dávkách, složení hnojení nebo na

genetických vlastnostech odrůdy. Anorganické látky jsou asi z 80 % vázány v organických sloučeninách a uvolňují se při klíčení a rmutování. Pluchy jsou bohaté na křemík (SiO_2), který zvyšuje jejich pevnost (Narziss, 1976). Mezi významné složky ječného popela se řadí fosfor (P_2O_5) a draslík (K_2O). Ostatní minerální látky jako hořčík (MgO), vápník (CaO), sodík (Na_2O), síra (SO_3), železo (Fe_2O_3) a chlor (Cl) se vyskytují v nižších koncentracích a jsou významné pro klíčení ječmene a růst pivovarských kvasinek. Zinek, mangan a měď se vyskytují spíše jen ve stopových koncentracích.

4.2.7 Enzymy

Enzymy zajišťují metabolické procesy v průběhu vegetace ječmene a tvorby zrna (Rohrlich, 1969). Zajišťují život zrna i při snížené respiraci při posklizňovém skladování, výživu a vývoj zárodku při sladování, spolupůsobí při tvorbě tzv. rozluštění zrna a podílejí se na tvorbě charakteristických vlastností sladu. Sklizený ječmen obsahuje velké množství enzymů, prekurzorů enzymů, enzymových stimulátorů i inhibitorů. Při klíčení sladu jejich aktivita podstatně stoupá a podílí se na technologické kvalitě hotového sladu. Míra enzymatické aktivity ve sladu je z velké části závislá na genetických vlastnostech použitých odrůd ječmene a podmínkách technologie sladování (Narziss, 1976; Basařová et Čepička, 1985, Briggs, 1998).

Oxidace během sladování a vaření piva má významný vliv na kvalitu piva. Díky oxidaci se mohou vytvářet zákaly a retikulace (vytváření sítí) makromolekul, které mohou způsobovat problémy při filtraci piva a změny v chuti. Zrno sladu obsahuje chemické látky, které podléhají oxidaci (fenolické sloučeniny, nenasycené lipidy), ale také značné množství enzymů (katalasa, superoxidodismutasa, lipoxygenasa, peroxidasa aj.), které působí preventivně proti mnoha nežádoucím reakcím v pivovarství (Boivin, 2001). Výše jmenované antioxidační enzymy ochraňují organismus před jeho oxidačním poškozením aktivními formami kyslíku (Piterková et al., 2005). Enzym superoxidodismutasa (SOD) zabraňuje hromadění superoxidových radikálů a katalyzuje jejich přeměnu na peroxid vodíku a kyslík (Havlová, 1999; Boivin, 2001; Racek, 2003; Piterková et al., 2005; Meng et al., 2007). Malé množství superoxidu vzniká i při sladování a vede k vytvoření velice reaktivního hydroxylového radikálu, který je považován za hlavního iniciátora škodlivých účinků na biochemické systémy buněk (Meng et al., 2007). Ty se ve výsledku projeví sníženou stabilitou sensorických vlastností piva (Bamforth et Parsons, 1992). Přítomnost superoxidového aniontového radikálu v zrnu ječmene resp. sladu i pivu může mít vliv i na peroxidaci lipidů, degradaci polysacharidů, inaktivaci enzymů, snížení vitality kvasinek, pokles koloidní stability, změnu barvy, nežádoucí příchutě piva v průběhu skladování

(Havlová, 1999; Boivin, 2001; Meng et al., 2007). Enzym superoxiddismutasa v ječném zrně se nejvíce vyskytuje v embryu, ale nižší množství je i v aleuronové vrstvě (Giannopolitis et Ries, 1977). Jeho aktivitu je možné ovlivnit podmínkami při sladování (Bamforth, 1983; Havlová, 1999). Meng et al. (2007) zjistili, že při delší době namáčení ječmene může docházet také ke snížení aktivity superoxiddismutasy, což autoři přičítají pravděpodobně vyšší teplotě při sušení, kdy dochází k inaktivaci tohoto enzymu.

4.2.8 Fytohormony

Fytohormony jsou látky, které podporují (stimulátory) či zpomalují růst (inhibitory). Mezi stimulátory klíčení patří například auxin neboli β -indolyloctová kyselina, která se vytváří hlavně v obilném klíčku, kde stimuluje biosyntézu ribonukleových kyselin a prodlužování buněk směrem k bázi. Při velkém množství odpovídá za tropismy rostlin. Koncentrace auxinu se zvyšuje v ječmeni působením gibberelové kyseliny.

Dalšími stimulátory klíčení jsou cytokininy, které ovlivňují dělení buněk. Nejdůležitější je kinetin (6-furfuryladenin).

Gibberelová kyselina (GA_3) a její analogy (giberelin – GA_1) jsou v ječmeni nejdůležitějšími přirozenými regulátory fyziologických procesů rostlin. Všechny dosud známé sloučeniny tohoto typu mají společný základní gibanový skelet. Během klíčení ječmene jsou gibereliny transportovány ve směru sacího epitelu do aleuronové vrstvy, kde aktivují enzymy a indukují tvorbu těchto biokatalyzátorů. V protisměru jsou dodávány klíčku rezervní látky. Dávkování roztoků giberelinů může pozitivně ovlivňovat kvalitu sladu.

Inhibitory klíčení, tzv. dorminy jsou přítomny v čerstvě sklizeném ječmeni. Dorminy blokují syntézu enzymů a zabraňují klíčení ječmene. Jsou to např. fenolové kyseliny, polyfenolové substance, kumarin, umbeliferin, abscisová kyselina (ABA), vanilinová kyselina, octová kyselina a další látky.

4.2.9 Ostatní látky

Se sladem vstupuje do procesu výroby piva mnoho nežádoucích karbonylových sloučenin, jejich prekurzorů (Tressl et Bahri, 1979) i enzymů, katalyzujících jejich tvorbu.

Dimethylsulfid v pivu pocházející ze sladu, má negativní vliv na organoleptické vlastnosti. Většina dimethylsulfidu vytěká při rmutování (cca 75 %), ale při dlouhodobé prodlevě ve vířivé kádi vznikne opět tepelným rozkladem z S-methylmethioninu (SMM).

Kladný význam na koloidní i senzoryckou stabilitu piva se připisuje přirozeným antioxidantům sladu (Cantrell et Griggs, 1996; Bamforth, 1999; Goupy et Hugues, 1999), mezi

něž patří melanoidiny a neoxidované polyfenoly či enzymy snižující negativní účinek volných radikálů, např. enzym superoxiddismutasa (Bamforth et Clarkson, 1991).

Ke zdravotně závadným látkám patří těkavé N,N-dialkylnitrosaminy, které vznikají během hvozdění sladu přímými spalinami. Pro N,N-dialkylnitrosaminy byly prokázány karcinogenní, teratogenní a mutagenní účinky (Spiegelhadter et Eisenbrand, 1979). Koncentrace nesmí přesáhnout hodnoty 2 – 5 µg/1 kg sladu.

Slad nesmí do piva přinášet další zdraví škodlivé látky jako například těžké kovy, polycyklické aromatické uhlovodíky, z nichž je nejvýznamnější benzo[a]pyren, nebo metabolické produkty některých druhů plísní, karcinogenní, mutagenní a teratogenní mykotoxiny (např. trichotheceny produkované houbami rodu *Fusarium*).

4.3 LÁTKY V PIVU PROSPÍVAJÍCÍ ZDRAVÍ

4.3.1 Anorganické látky

Na údržbě a stavbě kosterního aparátu včetně zubů se významně podílí hořčík. Fosfor ve formě kyseliny fosforečné je účinná látka důležitá pro metabolické procesy a je jednou ze základních stavebních komponent buňky. Při vylučování vody a při regulaci krevního tlaku hraje důležitou roli draslík. Poměrně nízký obsah vápníku a vysoký obsah hořčíku působí preventivně proti onemocněním srdce a zabraňuje tvorbě žlučových a močových kamenů.

U pacientů s poruchami srdečního rytmu či s náhradní chlopní příznivě působí relativně vysoký obsah draslíku v pivu, pokud se však pivo nepožívá v nadměrném množství, což naopak zatěžuje srdce velkým objemem tekutin.

Přestože peroxid vodíku patří mezi toxické látky, nemusí se v lidském organismu projevovat vždy škodlivě a naopak může mít kladnou roli v regulační funkci ledvin nebo i jako antimikrobiální látka v moči (Halliwell et al., 2000).

4.3.2 Vitaminy

Vitaminy obsažené v pivu zlepšují především schopnost koncentrace, podporují tvorbu červených krvinek a kladně působí na krevní oběh, a tím stimulují látkovou výměnu. Například niacin (vitamin B3) potřebuje člověk k odbourávání cukrů a mastných kyselin. Niacin také reguluje vliv nechtěného UV-záření, tím je nepostradatelný pro pleť, neboť zároveň podporuje tvorbu kolagenu a ovlivňuje tvorbu pigmentu. Riboflavin (vitamin B2) má rozhodující vliv na růstovou schopnost, hojení pokožky a pevnost nehtů a vlasů. Rovněž vitamin D má vliv na růst

a také podporuje stavbu kostí a zubů. Kyselina pantothenová (vitamin B5) ovlivňuje na kožní buňky a podporuje například jejich regeneraci po spálení na slunci.

Zvýšeným příjmem vitaminů skupiny B, zejména listové kyseliny a folátů (derivátů listové kyseliny) lze snižovat obsah homocysteinu v krvi, s čímž souvisí snížení rizika vzniku kardiovaskulárních onemocnění (Walker et al., 2003). Tato souvislost byla potvrzena i u konzumentů piva, kteří měli v krvi vyšší obsah těchto látek a nižší obsah homocysteinu (Walker et al., 2001b). Obzvláště vysoký obsah folátů se prokázal v pivech kvašených v láhvi (Pietercelie et al., 2003).

4.3.3 Polyfenolické látky

Výše zmíněné flavonoidy vykazují též prospěšné účinky na organismus. Přisuzuje se jim pozitivní vliv na funkci jater, činnost srdce, uvolňování křečí a inhibici zánětů (Schramm, 2011). Ke snížení rizika kardiovaskulárních chorob i rakoviny přispívají látky nacházející se v pivu, zejména polyfenoly, hořké látky a isoxanthohumul (Piendl et Biendl, 2000; Walker, 2001). Jako pozitivně působící spotřeba se obvykle uvádí 0,5 až 1 litr výčepního piva za den nebo příslušné množství ležáku. Polyfenoly mohou taky vázat ionty kovů, např. železa, mědi, kobaltu, niklu, nebo manganu a tím zbrzdovat průběh nežádoucích oxidačních reakcí. Polyfenoly dále působí kladně jako inhibitory některých oxidačních enzymů (Halliwell, 2008).

Jedna z hlavních příčin vzniku vážných civilizačních chorob (srdečních onemocnění, rakoviny nebo cukrovky) je vznik kyslíkových volných radikálů, které nevratně ničí a poškozují funkci důležitých a přirozených sloučenin lidského metabolismu. Toto působení může být i nepřímé, přes vznikající meziprodukty, které jsou reaktivní. Polyfenolické látky v pivu mohou volné nežádoucí radikály vázat a omezit jejich vznik vazbou kovových iontů (železa, mědi), které jinak podporují silné oxidační reakce (Štípek et al., 2000; Gamal-Eldeen et al., 2001; Walker et al., 2001a; Wurzbacher et al., 2008). Společné působení antioxidačních látek piva i ciderů lze prokázat u různých nemocí (Walker et al., 2001a). Konzumací piva lze zlepšit zdravotní stav diabetiků, pro které lze doporučit pivo pro diabetiky téměř neobsahující sacharidy.

4.3.4 Ostatní látky

Mezi prospěšné látky piva patří například třísloviny, které vykazují mírné dezinfekční účinky a jsou účinné při různých zánětech. V pivovarnictví přispívají ke zlepšení chuti piva a působí zároveň jako čířící prostředek sladiny. Některé látky tříslovin umožňují lepší prokrvení a rozšíření cév.

Aminy v pivu urychlují srdeční činnost, rozšiřují krevní kapiláry a zvyšují sekreci žaludečních šťáv.

Zvýšení hladiny HDL cholesterolu pozitivně ovlivňuje mírná konzumace alkoholu, který zvyšuje poměr mezi HDL a LDL cholesterolem, snižuje aterosklerózu a blokuje hemokoagulaci.

Mezi kontroverzní redukční látky piva patří tzv. reduktony, které jsou chemickou stavbou a účinky podobné askorbové kyselině. Původně jsou to bezbarvé látky, které přecházejí na žluté až hnědé pigmenty a s dusíkatými látkami poskytují opět barevné melanoidní látky. Vznikají také při karamelizaci cukrů (Savel et al., 2009). Podobně jako polyfenoly mohou reduktony vázat nebezpečné volné radikály. Jejich oxidací vznikají dehydroreduktony (např. dehydroaskorbová kyselina), která se postupně rozkládá na nebezpečné produkty jako glyoxal a methylglyoxal, které mohou reagovat s aminokyselinami v bílkovinách.

4.3.5 Účinky na zdravotní stav

Určité množství alkoholu může působit na psychické zdraví jedince pozitivně. Rozumné množství alkoholu pomáhá odstraňovat stres a napětí (psychosomatické účinky) a tudíž usnadňuje navazovat sociální kontakty. Velmi příznivý vliv má pivo na ženskou část populace v období menopauzy, poněvadž ženskému organismu ubývají ženské hormony. Obsah fytoestrogenů, hořčíku, vápníku, vitaminů skupiny B a látek s antioxidačními vlastnostmi v pivu kladně působí na aterosklerózu a osteoporózu, která úzce souvisí právě s potížemi v klimakteriu. Pivo může výborně posloužit také jako iontový nápoj po fyzické námaze, sportovním výkonu nebo těžké fyzické práci (Basařová, 2010).

4.4 LÁTKY V PIVU ŠKODÍCÍ ZDRAVÍ

4.4.1 Alkohol

Nedílnou součástí konzumace piva jsou škodlivé účinky na lidský organismus. Jedná se o návyk na alkohol, a s tím spojené riziko vzniku alkoholismu. Alkohol je považován za omamnou látku. Pivo může obsahovat od 0,5 do cca 20 % alkoholu, ale v běžných českých pivech je alkoholu nejčastěji 4 – 6 %. Ethanol se do organismu dostává nejčastěji přes trávicí systém po požití alkoholického nápoje (Bigelow et Edgar, 2006). Alkohol se může vstřebávat v celém trávicím traktu (Waszkiewicz et al., 2011). K prvotnímu vstřebávání dochází už v ústní dutině, (Waszkiewicz et al., 2011) avšak nejvíce se vstřebá až v tenkém střevě (Bigelow et Edgar, 2006). Alkohol je považován za omamnou látku a mortalita jím způsobená úzce

souvisí s nádorovými chorobami, chorobami srdce, úmyslnými a neúmyslnými poraněními, chorobami trávicí soustavy nebo infekcemi (World Health Organization, 2014).

Požítí alkoholických nápojů způsobuje v nižších dávkách uvolnění a euforii, ve vysokých dávkách útlum, nevolnost až otravu. U člověka způsobuje změny ve vnímání a chování. Při těžších otravách dochází k bezvědomí a ohrožení života. Alkohol v mozku působí na receptorové systémy, a tím zvyšuje jeho návykový potenciál.

Alkohol dále oslabuje lidskou obranyschopnost, narušuje REM-fázi spánku a spánek tak znehodnocuje. Nižší srážlivost krve při intoxikaci alkoholem zvyšuje riziko krvácení do trávicí soustavy a do mozku (Hillbom et al., 2011; Razvodovsky, 2014).

Alkohol také zhoršuje kognitivní funkce, poškozují játra, vyvolává opilost a alkoholovou závislost, škodí osobám s vysokým krevním tlakem a zvyšuje riziko vzniku rakoviny některých orgánů (např. hltanu a prsu) (Wikipedie, 2017).

4.4.2 Biogenní aminy

Biogenní aminy a polyaminy se do piva dostávají v důsledku mikrobiální kontaminace. Tyto látky mohou zvyšovat krevní tlak. Významnými biogenními aminy jsou tyramin, histamin, spermidin a putrescin (Kalač et al., 2002).

4.4.3 Nitrosaminy

Za nejškodlivější látky piva jsou považovány N-nitrosaminy. Vznikají reakcí oxidů dusíku v průběhu hvozdění s aminosloučeninami sladu a jsou označovány jako těkavé nitrosaminy (Gastl et al., 2009). Nejvýznamnějším nitrosaminem je **N-nitrosodimethylamin (dimethylnitrosamin)** (NDMA). Další skupinou nitrosaminů jsou celkové netěkavé nitrososloučeniny (ATNC – Apparent Total Nitroso Compounds), vznikající bakteriální činností v průběhu rmutování nebo během hlavního kvašení. Nitrosaminy se považují za silné rakovinotvorné látky. Hlavním zdrojem těchto látek je voda a chmel (Basařová, 2010).

4.4.4 Alifatické halogenované uhlovodíky

Alifatické halogenované uhlovodíky vznikají při úpravě vody - chloraci nebo bromaci. Jejich obsah se musí pohybovat pod hodnotou $0,07 \text{ mg.kg}^{-1}$. Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH) mohou mít původ ve sladu, zatímco polychlorované bifenyly (PCB) mohou pocházet z nátěrů technologických zařízení. Dle české legislativy by se jejich obsah měl pohybovat pod hranicí $0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ (Basařová, 2010).

4.4.5 Rizikové prvky

Těžké kovy a jiné rizikové prvky jsou další cizorodé látky vyskytující se v pivu. Pro prvky jako kadmium, nikl, olovo, rtuť, chrom, arsen, selen, stroncium nebo beryllium udává legislativa určité povolené koncentrace. Rizikové prvky se z použitých surovin nebo vody koncentrují nejvíce v mlátu, jejich obsah klesá během kvašení při reakci se sulfanem. Negativní účinek rizikových prvků se také snižuje jejich reakcemi s organickými komplexotvornými látkami (Basařová, 2010).

4.4.6 Mykotoxiny

Mykotoxiny se do piva mohou dostat například ze sladu. *Fusarium Head Blight* (FHB) je celosvětově rozšířené onemocnění obilovin způsobené mikroskopickými vláknitými houbami rodu *Fusarium*, které napadají úrodu v průběhu vegetace (Hooker et al., 2002). V zrna přítomné produkty sekundárního metabolismu mikromycet mohou představovat závažné zdravotní riziko nejen pro lidi, ale i pro hospodářská zvířata. Tyto toxiny jsou chemicky i tepelně stabilní, a z toho důvodu dochází k jejich přenosu z kontaminovaného zrna do cereálních výrobků, jako je nejen pivo, ale i mouka či chléb a jiné pečivo. V podmínkách mírného klimatického pásma jsou nejběžněji se vyskytujícími a také nejvíce sledovanými mykotoxiny trichotheceny, fumonisiny a zearalenon. Expozice trichothecenům může vyvolat nevolnosti u konzumentů, dále zvracení, poškození jater nebo poškození endokrinního a i nervového systému. Zearalenon má výrazně estrogení účinky (Creppy, 2002). Vedle značných zdravotních rizik, která fusariové mykotoxiny představují pro lidi i hospodářská zvířata, způsobují také řadu technologických potíží při zpracování sladu a to tak, že inhibují syntézu enzymů během sladování a zpomalují růst kvasinek při výrobě piva. Zároveň se šťavelany jsou nejspíše příčinou tzv. přepěňování piva (gushing) (Krstanović et al., 2005; Havlová et al., 2006). Mezi fusariové mykotoxiny v pivu patří již výše zmíněný deoxynivalenol, zearalenon a fumonisiny. Dále se jako potenciální intoxikant může vyskytovat i nivalenol (NIV) či HT-2 a T-2 toxin.

4.4.7 Ostatní látky

Mezi další významné látky ve sladu patří například šťavelová (ethandiová) kyselina, která tvoří přirozenou složku potravin rostlinného původu včetně obilovin. Hladina šťavelové kyseliny kolísá v závislosti na druhu rostliny, odrůdě nebo způsobu pěstování. Největší část je vázána ve formě rozpustných sodných a draselných solí; s vápenatými ionty tvoří nerozpustný šťavelan vápenatý, který se může u lidí a i u zvířat kumulovat v ledvinách a tvořit tam krystaly.

Vazbou vápenatých iontů šťavelová kyselina zároveň blokuje metabolismus vápníku v organismu. Tato kyselina se rovněž vyskytuje jako přirozená složka v ječmeni a sladu. Její nadměrná koncentrace však může způsobit tvorbu krystalizačních jader, což může mít za následek přepěňování piva, tzv. gushing (Casey, 1996; Garbe et al., 2009). Šťavelová kyselina tedy hraje zápornou roli nejen z hlediska fyziologie výživy, ale i v pivovarské technologii. Obsah šťavelové kyseliny v pivu se pohybuje v rozmezí 4 až 23 mg.l⁻¹. I když se nejedná o vysokou koncentraci, může způsobit, obzvláště ve formě šťavelanu vápenatého, známou formu tzv. „oxalátového zákalu“ a již zmíněný gushing. Obsah šťavelanů v pivu je dán především obsahem šťavelanů v ječmeni a v ječném sladu, a je ovlivněn ročníkem, ale i odrůdou. Ovlivnit množství šťavelanů může i obsah vápníku v pivovarnické vodě. Sledováním obsahu šťavelanů v pivovarských surovinách se získávají potřebné informace o jejich případném podílu na procesech souvisejících s přepěňováním (Havlová et Šusta, 1997).

Další prooxidační, ale i antioxidační látkou je oxid siřičitý. Oxid siřičitý může za přítomnosti kyslíku a iontů kovů díky redukci kyslíku poskytovat kyslíkové radikály, které dokážou napadat téměř všechny významné přírodní látky a rozložit je. Podle směrnice EU 2003/89/EC oxid siřičitý a siřičitany patří do seznamu potencionálních alergenů obsažených v přídatných látkách v potravinách (Lachenmeier et Nerlich, 2006). Povolенý obsah oxidu siřičitého či siřičitanů pro ležáky je 10 mg.l⁻¹. Do 10 mg.l⁻¹ oxidu siřičitého může pocházet z přirozené kvasinkové činnosti (Basařová, 2010).

Mezi vedlejší produkty vznikající při úpravě pitné vody patří toxické trihalogenmethany (Čulík et al., 1995; Horák et al., 1999) a halogenoctové kyseliny. Při nedostatečném proplachování technologického zařízení po provedeném sanitačním procesu se mohou halogenoctové kyseliny objevit též ve finálním produktu, v hotovém pivu (Liang et Singer, 2003; Villanueva et al., 2003; Janhom et al., 2009). Mezi nejčastější halogenoctové kyseliny přítomné v pivu patří chloroctová kyselina, dichloroctová kyselina, bromoctová kyselina nebo jodoctová kyselina (Čulík et al., 2010).

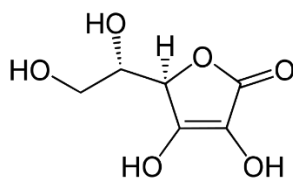
Další negativní látkou v pivu je například aldehyd trans-2-nonenal, který je v pivu tvořen enzymatickou (za pomoci lipoxygenasy) nebo neenzymatickou oxidací a oxidací volných mastných kyselin (Drost et al., 1990; Kobayashi et al., 1993; Svoboda et al., 2009). Trans-2-nonenal nepříznivě ovlivňuje nutriční hodnotu, aroma, kvalitu a chuť piva, která připomíná žluklé máslo (Angelo et Ory, 1983; Drost et al., 1990; Kobayashi et al., 1993; Velíšek, 2002b).

5 VÍNO

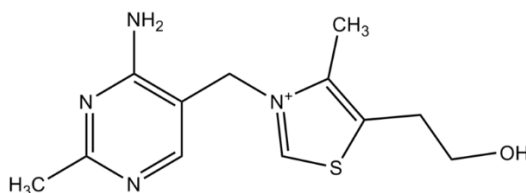
5.1 BIOLOGICKY AKTIVNÍ LÁTKY VE VINNÝCH HROZNECH

5.1.1 Vitaminy

V nízkých koncentracích se nacházejí v buňkách dužiny, odkud přecházejí při lisování do moštu a následně i do vína. Hojná část však zůstává ve slupkách a ve výliscích. Vitaminy se účastní fyzikálně chemických i biochemických reakcí. Koncentrace vitamínů může kolísat během fermentace, při skladování, vlivem oxidace (askorbová kyselina) (Obr. 13) či oxidace se spolupůsobením světla (riboflavin), degradací reakcí s SO₂ (thiamin), vlivem tepla, světla či absorpcí na bentonitu a dalších koloidních částic (Fic, 2015). Vitaminy skupiny B (Obr. 14) jsou důležité z hlediska využití kvasinek při fermentačním procesu (Fic, 2015).



Obr. 13: vitamin C



Obr. 14: vitamin B1

5.1.2 Anorganické látky

V hroznech révy vinné je nejvíce zde zastoupen draslík, sodík, vápník a hořčík. V průběhu zrání se obsah a podíl jednotlivých prvků zvyšuje. Obsah minerálních látek je ovlivněn druhem půdy nebo podnebím, neboť do hroznů se dostávají transportem z půdy. Některé minerální látky, zejm. draslík a fosforečnany, mají významnou funkci při výživě kvasinek (Ballin et Lametsch, 2008).

5.1.3 Polyfenolické látky

Polyfenolické látky odpovídají za mnoho vlastností vína, hlavně za barvu, hořkou a tříslivou chuť a antioxidační vlastnosti. Složení polyfenolických látek je rozdílné v bílých

a červených vínech a také ve vínech mladých a starších ročníků. Některé fenolické látky (hydroxyskořicové kyseliny) mají vliv na hnědnutí moštů a bílých vín (Pavloušek, 2010).

Polyfenolické látky v odrůdách révy vinné se nacházejí v třapině, v dužině, ve slupce a v semenech. Jejich obsah je ovlivněn odrůdou, pěstitelskými podmínkami, jako jsou klimatické a půdní vlastnosti stanoviště, a zároveň i agrotechnické zákroky používané na vinici (Pavloušek, 2010). Složení polyfenolů v hotovém víně závisí zejména na kvalitě hroznů. V modrých odrůdách révy vinné obsahuje 30 – 40 % všech polyfenolických látek slupka a 60 – 70 % semena (Pavloušek, 2010). Polyfenolické látky jsou hygroskopické látky, které s vodou, ethanolem a acetonem vytváří koloidní roztoky. Větší část se nachází v pevných částech hroznu, z kterých se dostávají do moštů při lisování (Minárik et Navara, 1986).

5.1.4 Třísloviny a pigmenty

Další významnou skupinou patřící do polyfenolických látek jsou třísloviny (taniny), mezi které se řadí také sloučeniny patřící mezi flavan-3-oly. Zařazuje se sem katechin, epikatechin, jejich dimery, trimery, a další vyšší oligomery, které se označují také jako prokyanidiny. Taniny se nacházejí v třapině, slupkách a semenech. Taniny v třapině nejsou moc významné, protože hrozny se před lisováním zbavují stopek. Nejdůležitější jsou taniny obsažené ve slupkách bobulí a semenech, ty přímo ovlivňují chuťové vlastnosti vína a jejich vyzrálost je tudíž důležitá (Pavloušek, 2010). Dále pomáhají procesům číření v červených a bílých moštech a vínech. Jako polyfenolické rostlinné látky s rozmanitou strukturou mají určité společné fyzikálně-chemické a fyziologické vlastnosti. Třísloviny je možné rozdělit podle Freudenberg (1920) a Grosse (1999) do dvou skupin a několik podskupin:

- Hydrolyzovatelné třísloviny:
 - gallotaniny – estery gallové kyseliny a cukrů,
 - elagotaniny – estery elagových kyselin a cukrů,
 - estery fenolkarboxylových kyselin.

- Kondenzované třísloviny:
 - třísloviny na bázi katechinů (flavan-3-oly),
 - třísloviny na bázi leukoanthokyanidinů (flavan-3,4-dioly),
 - třísloviny na bázi hydroxystilbenu (Ivanova et al., 2009).

Hydrolyzovatelné třísloviny moštů tvoří strukturu polyesterů se dvěma složkami: cukernou a fenolkarboxylovou kyselinou. Vlivem hydrolytických enzymů a některých kyselin, případně zásad, se štěpí na původní složky. Necukernou složkou jsou zejména kyselina gallová,

digallová, methylgallové kyseliny a elagové kyseliny. Nekondenzované třísloviny v prostředí minerálních kyselin kondenzují na flobafeny (Ivanova et al., 2009). Koncentrace a struktura taninů se v průběhu dozrávání mění a vyšší hodnoty koncentrace má při zaměkání bobulí. V semenech jejich obsah klesá po zahájení vybarvování hroznů do času zralosti. Taniny ve slupce mají komplexnější strukturu a malou variabilitu ve své polymerizaci během dozrávání. Ve slupce se nachází vysoká koncentrace anthokyaninů i taninů (Pavloušek, 2010).

5.1.5 Sacharidy

Hlavními zástupci sacharidů v hroznech jsou cukry a škrob. Nejvýznamnějšími jsou monosacharidy D-glukosa a D-fruktosa, které způsobují sladkou chuť a mají vliv na kvalitu vína. Pokles obsahu cukrů způsobuje hořkost, kyselost a tříslovitost. Cukry dále mají vliv na plnost, texturu a vinný extrakt. V hroznech vznikají cukry fotosyntézou. Ve zralých hroznech tvoří cukry více než 90 % rozpustných látek. Zbývající část tvoří organické kyseliny a další minoritní látky. **Fruktosa a glukosa**, tvoří v bobulích 95 – 99 % celkových cukrů, zbytek představuje sacharosu a další cukry jako arabinosa, xylosa, galaktosa, mannososa nebo rhamnososa. Obsah cukrů ve zralých hroznech představuje přibližně 200 – 250 g.l⁻¹. Glukosa i fruktosa je přímo fermentována na ethanol při alkoholovém kvašení za tvorby vedlejšího produktu, oxidu uhličitého. Glukosa poměrně snadno reaguje s oxidem siřičitým za vzniku kyseliny glukoso-siřičité a fruktosa reaguje s oxidem siřičitým za tvorby kyseliny fruktoso-siřičité (Fic, 2015). V průběhu zrání bobulí hroznů dochází k prudkému vzestupu obsahu cukrů v dužnině bobulí díky importu **sacharosu**. Většina importované sacharosu během zaměkání bobulí slouží jako zdroj energie a k produkci dalších organických látek, které nevstupují do vakuol. Buněčné stěny bobulí se skládají z pektinů a celulosy (Fic, 2015). Další cukry jsou zastoupeny ve stopových množstvích. Jsou to například ribosa, xylosa, galaktosa, stachyosa, rhamnososa, arabinosa, maltosa a další (Minárik et Navara, 1986). Dostatečně velká a zdravá listová plocha je základem pro kvalitní cukernatost hroznů. Obsah cukrů je důležitý pro určení možného obsahu alkoholu ve víně. Vzájemný vztah alkoholu a zbytkového cukru určuje typ vína. Vysoká cukernatost, a tím i vysoký obsah alkoholu, má často negativní vliv na kvalitu bílých vín. Vysoký obsah alkoholu v bílých vínech dnes představuje celosvětový problém (Pavloušek, 2010).

5.1.6 Organické kyseliny

Vinná a jablečná kyselina tvoří 70 – 90 % ze všech organických kyselin, jež se nacházejí v bobulích vinné révy. V malém množství se v hroznech vyskytuje též citrónová kyselina.

Vinná kyselina je nejsilnější kyselina a zodpovídá za kyselou chuť v hroznech a ve víně. Jablečná kyselina dává hroznům a vínu tzv. zelenou chuť, s ostrými, hrubými a nezralými tóny (Pavloušek, 2010). Obsah kyselin je ovlivněn i počasím. Při nižších teplotách a v dostatečném vlhku se v hroznech tvoří relativně více kyselin než cukrů. Vznikají například jako produkt fotosyntézy (Minárik et Navara, 1986). Kyseliny mají vliv na sensorické vlastnosti finálního vína, ale zároveň mohou sloužit i jako konzervační činidlo. V bílých vínech je vyšší obsah kyselin žádoucí, neboť podporuje svěží chuť a zvýrazňuje aroma vína. V modrých odrůdách je z pohledu chuťových vlastností vína žádoucí nižší obsah jablečné kyseliny. Chuťově drsnější jablečná kyselina se ve víně odbourává využitím jablečno-mléčné fermentace (Pavloušek, 2010).

5.2 BIOLOGICKY AKTIVNÍ LÁTKY VE VINNÉM MOŠTU

5.2.1 Dusíkaté látky

V bobulích hroznů se dusík může vyskytovat jak v anorganické tak v organické formě. Dusíkaté látky jsou zdrojem energie pro fermentační činnost kvasinek. Dusíkaté látky přímo ovlivňují kvalitu vína, neboť se pomocí nich syntetizují aromatické látky. Mezi dusíkaté látky patří bílkoviny, aminokyseliny a sloučeniny obsahující dusík v amonné formě.

Aminokyseliny jsou významnými prekurzory aromatických látek. Mošt s nižším množstvím asimilovatelného dusíku ($< 150 \text{ mg.l}^{-1}$) vede k pomalému nebo úplnému zablokování fermentace. Obsah dusíku v bobulích je velmi proměnlivý. V průběhu zralosti může bobule obsahovat až 50 % dusíku. 50 % až 90 % dusíku se vyskytuje ve formě volných aminokyselin. Zbývající část tvoří bílkoviny, nitráty a amonné ionty. V semenech je shromážděno a uloženo více jak 90 % bílkovin, které jsou zdrojem energie, dusíku a síry pro klíčení semen. Bobule mohou asimilovat nitráty. Hlavní transportní dusíkatou látkou je glutamin, který je aminotransferasou přeměňován na aminokyseliny arginin a prolin, které představují 60 – 70 % všech aminokyselin ve zralých bobulích. Prolin často slouží jako ochrana buněk proti osmotickému tlaku. Arginin a některé další aminokyseliny mohou reagovat s cukry (Maillardova reakce), důsledkem je produkce hnědě zbarvených polymerů – melanoidů, které způsobují neoxidační, neenzymatické hnědnutí při zpracování hroznů (např. výběr z ciběb a následné skladování). Melanoidy mohou mít žádoucí (chlebová kůrka – významné hlavně pro tokajská vína) i nežádoucí aroma (spálenina, cibule, rozpouštědlo, zelí) a mohou způsobovat hořkou chuť. Při vysokých koncentracích prolinu, threoninu, glycinu, serinu, alaninu či

methioninu dávají chuť sladkou. Arginin, lysin, histidin, fenylalanin a valin způsobují hořkost. Chuť umami vytvářejí aminokyseliny: glutamin (glutamát) a asparagin (aspartát).

Biogenní aminy jsou nízkomolekulární bazické sloučeniny, tvořící se jako nežádoucí zplodiny při rozkladu bílkovin. Vznikají během kvašení z aminokyselin za působení specifických enzymů ze skupiny dekarboxylas a to činností mikroorganismů mléčného kvašení. Mohou se vyskytovat ve vinném moštu. **Putrescin** se může objevit i v bobulích. Mezi nejsledovanější biogenní aminy patří histamin, tyramin, tryptamin, spermin, spermidin, kadaverin a již zmiňovaný putrescin. Vysoké koncentrace těchto látek indikují kontaminaci bakteriemi a mohou souviset i se zvýšenou hladinou těkavých kyselin. Vyšší obsah těchto látek mají především červená vína (Fic, 2015).

5.2.2 Minerální látky

Do vinného moštu se minerální látky dostanou transportem skrz rostlinná pletiva jednak z půdního roztoku nebo vlivem zpracování a skladování vinné révy. Množství těchto látek se pohybuje okolo 3 – 5 g.l⁻¹. Nejvíce je zastoupen draslík, vápník a hořčík. Ve stopovém množství jsou přítomny prvky jako vanad, stroncium, baryum, kobalt, kadmium, nikl nebo chrom. Část těchto prvků se v průběhu kvašení a čištění vína vysráží, takže se v původním moštu nacházejí ve větším množství než ve výsledném víně, avšak při jiných procesech při výrobě vína se může obsah minerálních látek naopak zvyšovat (např. při odkyselování moštu uhličitanem vápenatým se obsah vápníku zvyšuje) (Ballin et Lametsch, 2008).

Tab. 2: Hlavní minerální látky v moštu

Sloučenina	Koncentrace v mg.l ⁻¹	Kation	Koncentrace v mg.l ⁻¹
Fosforečnany	80 – 160	Draslík	500 – 900
Sírany	40 – 100	Vápník	40 – 90
Křemičitany	20 – 40	Hořčík	30 – 50
Chloridy	20 – 60	Sodík	10 – 25
		Železo	4 – 20

(Fic, 2015)

5.3 LÁTKY VE VÍNU PROSPÍVAJÍCÍ ZDRAVÍ

5.3.1 Organické kyseliny

Organické karboxylové kyseliny mají sensorický i technologický význam. Patří mezi slabé až středně silné kyseliny. Zpravidla se jedná o jednosytné nebo vícesytné alifatické (výjimečně aromatické) kyseliny. Jsou přítomny jako volné (soli nebo hydrogen-soli) anebo jako vázané na jiné látky (estery). Zpravidla jsou rozdělovány na celkové, titrovatelné a těkavé. Do skupiny titrovatelných kyselin patří hlavní organické kyseliny, např. vinná a jablečná, ale i některé anorganické kyseliny jako kyselina fosforečná. Ideální obsah titrovatelných kyselin by se měl pro harmonická vína pohybovat v rozsahu 6,5 – 8,5 g.l⁻¹. Titrovatelné kyseliny jsou jedním z hlavních kvalitativních měřitelných parametrů v hroznech, který udává zastoupení jednotlivých skupin organických kyselin. Těkavé kyseliny v malém množství ovlivňují chuť i aroma, avšak ve vyšším množství působí nepříznivě. Mezi důležité těkavé kyseliny patří octová kyselina. Mimo ní jsou ve vínu i kyseliny mravenčí, máselná a propionová. Organické kyseliny mají vliv na stabilitu a kvalitu hotového vína a určují jeho organoleptické vlastnosti.

Nejvíce zastoupená a zároveň nejsilnější kyselina v hroznech je **vinná kyselina**, která odpovídá za kyselou ostrou chuť v hroznech i ve vínu. Je metabolicky i mikrobiálně stabilní, a proto je přidávána během výroby do moštů a vína.

Druhé nejvyšší zastoupení má **jablečná kyselina**, která je produkována nebo degradována různými druhy kvasinek. Hroznům a vínu dává tzv. zelenou chuť s ostrými, hrubými, nezralými tóny.

Mléčná kyselina vzniká při fermentaci, zvláště při vyšších teplotách nebo přeměnou jablečné kyseliny. Bakterie mléčného kvašení dokáží změnit ostře chutnající jablečnou kyselinu na jemnější mléčnou kyselinu a oxid uhličitý.

Citronová kyselina se ve vínu vyskytuje pouze v množství 150 – 200 mg.l⁻¹. Je důležitým prekurzorem aromatických látek v hroznech a ve víně se projevuje máslovou chutí.

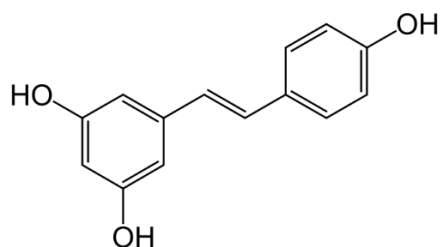
Octová kyselina je ve vínech naopak nežádoucí kyselinou. Jakmile její koncentrace přesáhne hodnotu 0,8 g.l⁻¹, signalizuje to přítomnost octových či mléčných bakterií. Její estery vedou ke znehodnocení vína, neboť dodávají vínu octové pachy (Fic, 2015).

5.3.2 Polyfenolické látky

Nejjednoduššími látkami fenolického charakteru jsou hydroxybenzoové kyseliny. Jejich antioxidační aktivita není příliš významná. Jedná se například o gallovou kyselinu (též je součástí taninu), protokatechovou, vanilovou či syringovou kyselinu.

Další skupinou polyfenolických látek jsou hydroxykyselinové kyseliny, které ve své struktuře mají konjugovanou dvojnou vazbu, která vykazuje vysokou antioxidační aktivitu. Značně se podílí na ochraně LDL-lipoproteinů před oxidací. Významnými látkami této skupiny jsou kávová a p-kumarová kyselina, dále pak v nižším zastoupení také ferulová kyselina. Spolu s katechiny jsou zodpovědné za velkou část antioxidační kapacity vína.

Nejčastěji zmiňované polyfenoly ve víně jsou stilbeny, ačkoliv se ve víně vyskytuje v nevýznamných koncentracích. Zástupcem stilbenů je **trans-resveratrol** (systematickým názvem trans-3,4,5-trihydroxystilben). Působením UV-záření z něj vzniká cis-resveratrol o jehož působení není dosud moc známo, ač jeho množství je vyšší než trans-resveratrol. Vlivem UV ozáření čerstvě sklizených hroznů dvou odrůd vinné révy se mění obsah resveratrolu ve slupkách bobulí a následně připravených mošttech z takto ošetřených bobulí. Výsledky ukázaly, že metoda ošetření hroznů UV zářením okamžitě po sklizni poskytuje nezanedbatelné možnosti zvýšení zdraví prospěšného resveratrolu jak ve slupkách bobulí, tak v mošttech. Ošetření hroznů UV zářením vyvolává stres ve slupkách bobulí. Bobule fungují stále jako živý organismus, a proto reagují na stres tvorbou obranných látek, jakými je například resveratrol. Tato sloučenina je zřejmě prospěšná pro lidské zdraví, zejména v souvislosti se srdečními a cévními onemocněními a vykazuje protirakovinné a protizánětlivé účinky (Maroon, 2009). Často je v médiích a ve společnosti zmiňován tzv. francouzský paradox, který pojednává o nižší úmrtnosti na srdeční choroby u konzumentů červeného vína. Průběh tohoto jevu může spočívat, jak v příjmu určitého množství alkoholu, tak v účinnosti resveratrolu. Rozsáhlé studie však dospěly k tomu, že tento jev může souviset i s typem stravy (ryby, zelenina, ovoce, sýry). Resveratrol se vyskytuje i ve formě glukosidu zvaného piceid. Ještě účinnější látkou je piceatannol, jehož je ale ve víně jenom malé množství.



Obr. 15: trans-resveratrol

Další skupinou polyfenolů jsou flavonoly. Hlavními látkami této skupiny jsou kvercetin a myricetin. V nižších řádech lze stanovit i kaemferol a isorhamnetin. Významná je koncentrace glykosidů flavonolů, v první řadě rutinu. Biologická aktivita těchto látek se podobá stilbenům.

V červených vínech se nachází vyšší koncentrace anthokyanových barviv, které tvoří většinu fenolů. Jsou však stabilní jen v kyselém prostředí a obtížně se vstřebávají. Jejich rozpadem vznikají hydroxybenzoové kyseliny.

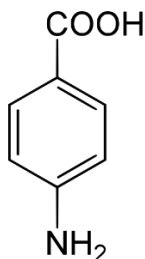
Tab. 3: Obsah fenolických látek ve víně

Fenolické látky	Červená vína (mg.l⁻¹)	Bílá vína (mg.l⁻¹)
Kemferol, kvercetin	15	stopové množství
Deriváty kyseliny benzoové	50 – 100	1 – 5
Deriváty kyseliny skořicové	50 – 100	1 – 5
Malvidin, kyanidin	20 – 500	0
Taniny	1500 – 5000	0 – 100
Katechiny	50 – 100	0
Prokyanidiny	stopové množství	0

(Kuttelvašer, 2003)

5.3.3 Vitaminy

Vitaminy jsou důležitým faktorem pro metabolismus kvasinek. Představují rozsáhlé spektrum chemických sloučenin, které se podílejí na regulaci buněčné aktivity (Fic, 2015). Z nutričního hlediska jejich koncentrace ve víně není významná. Askorbová kyselina (vitamin C) působí antioxidačně podobně jako oxid siřičitý. Při autolýze kvasinek se obsah vitaminů skupiny B zvyšuje, přítomný oxid siřičitý je naopak rozkládá. Kyselina nikotinová, nikotinamid se také účastní kvasného procesu, avšak jejich obsah ve vínech se nezvyšuje. Jediný vitamin, jehož koncentrace roste v průběhu kvašení je zřejmě p-aminobenzoová kyselina (PABA) (Obr. 16). Biotin, niacin (nikotinová kyselina), thiamin a kyselina pantotenová jsou nejdůležitější vitaminy pro alkoholové kvašení (Fic, 2015).



Obr. 16: p-aminobenzoová kyselina

5.3.4 Enzymy

Enzymy představují širokou katalyticky působící skupinu látek. Aktivita proteolytických enzymů není doposud jasná. V moštu jsou zřejmě uvolňovány aminokyseliny, a tím je zvyšována dostupnost dusíku pro mikroorganismy. Pomocí pektinas dochází ke štěpení pektinů. Inverse sacharosy na glukosu a fruktosu probíhá díky invertase. Do negativně působících enzymů patří polyfenoloxidas – o-difenoloxidas, katalasy, alkohol-dehydrogenasy, askorbasy a cytochromoxidas. Pokud je v bobulích před lisováním přítomna o-difenoloxidas, může za přítomnosti kyslíku způsobit hnědnutí moštu i vína (Fic, 2015).

5.4 LÁTKY VE VÍNU ŠKODÍCÍ ZDRAVÍ

5.4.1 Alkoholy

Druhou nejdůležitější a nejbohatší složkou vína je ethanol (Farkaš, 1980; Farkaš, 1983; Ribéreau-Gayon, 2000; Streidl, 2005). Víno obsahuje přibližně 8 – 9 % ethanolu v závislosti na obsahu cukrů v moštu. V některých vínech se obsah ethanolu může pohybovat i okolo 20 %. Proto by se doporučená měla denní dávka vína pro muže pohybovat maximálně v rozmezí 200 až 400 ml, pro ženy je doporučováno maximálně 200 ml (Activemedia, 2004). Ethanol je, spolu s vodou, významný hlavně jako dobře mísitelné rozpouštědlo a extrakční činidlo pro méně polární a nepolární chemické sloučeniny. Ve víně je tvořen ethanol buď alkoholovou fermentací cukrů, nebo je do některých kategorií a druhů vín přidáván úmyslně. Jedná se převážně o fortifikovaná vína. Množství ethanolu ve víně závisí především na množství zkvasitelných cukrů v moštu, druhu a kmeni použitých kvasinek, teplotě při fermentaci, obsahu živin v moštu a na dalších faktorech. Obsah ethanolu je též v poslední době uměle snižován v tzv. de-alkoholizovaných (do 0,5 %) nebo nízkoalkoholických vínech (do 5 %) buď vakuovou destilací vín za snížených teplot (cca 40 °C) nebo reverzní osmózou (Balík et al., 2000). Více o škodlivosti ethanolu na lidské zdraví v kapitole 4. 4. 1.

Methanol (methylalkohol) nevzniká při fermentaci, ale díky katalytickému enzymatickému působení methylesterasy z pektinových látek. Množství vzniklého methanolu se pohybuje v rozmezí od 20 až 240 mg.l⁻¹. Červená vína mají obsah methanolu asi dvojnásobný oproti bílým vínům (Fic, 2015).

Dalším alkoholem přítomným ve vínu je glycerol. Je to trojsytný alkohol, který chutná sladce, dodává vínu plnost a jemnou chuť. Nejvíce glycerolu se tvoří v prvotním stádiu kvašení a postupně jeho obsah klesá a na konci kvašení už nedochází k jeho syntéze. Při spontánní fermentaci je produkováno více glycerolu než v řízené fermentaci. Jeho obsah se v běžných vínech pohybuje okolo 5 – 8 g.l⁻¹ a je ovlivněn kvasinkami, což může vést ke změně jeho koncentrace až o 2 – 3 g.l⁻¹. Množství glycerolu je závislé na vyzrálости bobulí révy vinné, čím vyzrálější bobule, tím je vyšší obsah glycerolu. Množství glycerolu je také závislé na napadení některými plísněmi (botrytida). Na tomto principu je založena výroba tokajských vín, ve kterých se obsah glycerolu pohybuje mezi 19 – 28 g.l⁻¹.

Vyšší alkoholy jsou alkoholy s pěti a více uhlíky v řetězci. Nejčastější jsou n-propanol, isopropanol, n-butanol, isobutanol, n-amylalkohol, 3-methylbutanol, 2-methylbutanol, n-hexanol, 2-fenylatanol, 2,3-butandiol (butylenglykol), arabitol, sorbitol, erytriol, který má asi dvakrát sladší chuť než sacharosa a mannitol, jejichž chuť připomíná octové aroma ve víně. Tyto alkoholy vznikají díky aktivitě kvasinek při deaminaci aminokyselin. Mezi žádoucí látky patří zejména isoamylalkohol (isopentylalkohol) či n-propylalkohol, které tvoří buket vína. Některé alkoholy s více než šesti atomy uhlíku tvoří příjemnou vůni, například pomerančovou, ovocnou nebo květinovou. Naopak alkoholy s méně než šesti atomy uhlíku nejsou sensoricky příjemné (Fic, 2015).

5.4.2 Oxid siřičitý

Oxid siřičitý (SO₂) vykazuje silné antimikrobiální a redukční (antioxidační) účinky. Používá se v plynné formě a je velmi dobře rozpustný ve vodě. Při 20 °C se v jednom litru rozpustí 39 litrů SO₂. Oxid siřičitý vpravený do hroznových moštů a vín se z větší části váže na nejrůznější přítomné sloučeniny a jen malá část zůstává ve formě volného oxidu siřičitého. Jen velmi malé procento volné kyseliny siřičité se nachází ve formě nedisociovaných molekul H₂SO₃. Množství nedisociované kyseliny siřičité v mošttech bývá maximálně 1 – 3 mg.l⁻¹ (Fic, 2015). V současnosti se SO₂ používá jako antimikrobiální a antioxidační látka, kterou vinaři považují za nezbytnou součást vína pro zachování jeho kvality. SO₂ také pozitivně ovlivňuje chuť a zachovává vínu svěžest ve vůni (Fic, 2015). Antioxidační schopnost SO₂ spočívá v jeho

schopnosti vázat molekulární kyslík a bránit tak chemickým a enzymatickým reakcím (Furdíková et Malík, 2009). Jeho přítomnost a použití lze považovat za pozitivní, ale při vysokých koncentracích může být pro lidský organismus značně škodlivý, proto se stal SO₂ významným analytickým ukazatelem v kontrole jakosti vín (Gomes et al., 1996). Při výrobní technologii vína je oxid siřičitý použit ve všech technologických fázích zpracování hroznů, ošetření vína, kvašení i uskladňování (Fic, 2015).

Účinky oxidu siřičitého jak v mošttech, tak ve vínech bývají označovány jako antioxidační, neboť zabraňují oxidaci a vyvázání kyslíku; antiseptické, jelikož je schopný potlačit či úplně eliminovat činnost mikroorganismů a antienzymatické, poněvadž jeho aplikace brání či inhibuje aktivitu některých nepříznivě působících enzymů (Furdíková et Malík, 2009).

Oxid siřičitý má zásadní vliv na vývoj aromatických látek. Mezi pozitiva interakcí SO₂ s aromatickými látkami vína patří stabilizující vliv, který brání jejich ztrátám a nežádoucím oxidativním změnám nebo ochrana chuťově významných látek. Dále zabraňuje vzniku nežádoucích sekundárních aromatických látek a metabolitů. Mezi hlavní negativa interakcí SO₂ s aromatickými látkami vína patří zavádění typického pachového aroma a určité příchutě. Oxid siřičitý ve vyšších dávkách zastírá některá aromata a výsledná vůně je o některé aromatické složky připravena. Ve velmi vysokých dávkách se oxid siřičitý stává organolepticky nepřijatelný, a tím je finální produkt znehodnocen. SO₂ může způsobovat mnoho zdravotních komplikací, mezi něž patří bolesti hlavy a podrážděný žaludek (Fic, 2015).

5.4.3 Mykotoxiny

Poslední dobou je pozornost věnována problematice kontaminace mykotoxiny. U zástupců této objemné skupiny sekundárních metabolitů plísní, produkovaných zejména rody *Aspergillus*, *Fusarium*, *Alternaria* a *Penicillium*, byly prokázány významné negativní zdravotní vlivy, vycházející zejména z jejich karcinogenních, teratogenních nefrotoxických, hepatotoxických a imunosupresivních účinků (Schlatter, 2004; Speijers et Speijers, 2004; Ostrý, 2008; Bezerra da Rocha et al., 2014). V případě výroby piva a vína je zdrojem mykotoxinů kontaminovaná surovina, což je v případě piva ječmen, respektive slad (Kostelanská et al., 2009; Malachová et al., 2010) a u vína to jsou hrozny, které jsou ideálním prostředím pro růst plísní rodu *Aspergillus*, produkujících širokou škálu mykotoxinů, zejména **aflatoxiny**, **ochratoxin A** a **sterigmatocystin** (Anli et Bayram, 2009; Lasram et al., 2012). Hlavní mykotoxin vína je ochratoxin A (OTA), který strukturně vychází z fenylalaninu, jehož výskyt ve víně byl poprvé potvrzen již v 90. letech minulého století (Zimmerli et Dick, 1996).

Všeobecně jsou za nejdůležitější zdroje tohoto mykotoxinu považovány druhy *A. ochraceus* a *P. verrucosum*, avšak v případě kontaminace révy a hroznů byl prokázán příspěvek druhů *A. carbonarius* a *niger* (Bau et al., 2005; Guzev et al., 2006). K největšímu nárůstu obsahu OTA dochází při zrání bobulí vinných hroznů. Rozhodujícím faktorem tohoto procesu jsou meteorologické podmínky a především poškození hroznů (Batillani et al., 2004). Během technologického zpracování hroznů množství OTA příliš neroste a je určeno obsahem ve zbytcích bobulí, třapinách a slupkách, které jsou součástí rmutu. Jistý vliv mohou mít sanitační podmínky, hlavně při mletí, neboť mechanicky poškozené bobule mohou být snadno napadeny výše zmíněnými plísněmi. Vliv tohoto faktoru se výrazně zvyšuje u vín, během jejichž výroby je používán macerační krok (červená vína). Během macerace může docházet ke zvýšení obsahu OTA až o 20 % (Battilani et al., 2003). Obecně lze říci, že častěji je možné se s přítomností OTA setkat ve vínech z teplejších oblastí a oblastí nižších nadmořských výšek (Anli, 2009). Obsahy se obvykle pohybují v tisícinách až desetinách $\mu\text{g.l}^{-1}$, výjimečně i výše. Organizace EFSA (European Food Safety Authority – Evropská komise pro bezpečnost potravin) stanovila tolerovatelnou týdenní dávku (TWI – Tolerable Weekly Intake) 120 ng.kg^{-1} tělesné hmotnosti a jeho maximální obsah ve víně byl na základě rozhodnutí Evropské komise (Anonymous, 2006) stanoven na $2 \mu\text{g.kg}^{-1}$.

5.4.4 Anorganické látky

Na aroma, barvu i chuť vína mohou mít škodlivý vliv například kovy, zejména železo, měď, nikl, cín, hliník a zinek. Přítomnost těchto prvků je ovlivněna složením půdy, na níž je réva pěstována; technologickým zařízením, používaným při zpracování vinné révy, nebo filtrací a čištěním. Dále může být složení ovlivněno insekticidy, fungicidy a různými hnojivy, které se ve vinohradech používají (Noble et al., 1976). Z hnojiv, pesticidů a fungicidů se do vína dostávají prvky jako kadmium, měď, arsen, zinek, olovo a další kovy. Z trubek, sudů a barelů se do vína dostávají prvky jako měď, chrom, kadmium, železo i zinek. Při používání čistících činidel, např. bentonitů, uhličitanů nebo síranů používaných k úpravě kyselosti vína může do vína přecházet sodík, vápník nebo hliník. Tyto vnější nečistoty často představují zdravotní riziko pro konzumenty vína. Podle některých studií se může vliv toxických kovů ve víně projevit na lidské zdraví již při pravidelné konzumaci 250 ml za den (Diviš, 2011). Prvky, které jsou majoritně zastoupeny ve vínech, jako sodík, draslík, vápník, hořčík, lithium, křemík apod., významně určují charakter chuti z hlediska plnosti, vyváženosti vjemu a chuťového doznívání. Jejich koncentrace závisí na stáří vína, jeho vyzrálosti, způsobu zpracování

a uchovávání a ve spojení s příslušnými anionty, převážně síranovými a chloridovými značně přispívají k vhodnému kombinování vín s potravinami a pokrmy, a tím významně umocňují celkový gastronomický zážitek (Fic, 2015).

5.4.5 Ostatní látky

Toxické kovy se řadí do cizorodých látek, které se mohou významným způsobem podílet na kontaminaci zemědělských půd. Za nejzávažnější zdroj kontaminace jsou považovány imise, které zasahují do celé biosféry, a přitom dlouhodobě nepříznivě ovlivňují faktory půdní úrodnosti (Richter, 2004). Mezi závažně toxické kovy ve víně patří zejména kadmium, olovo, chrom, rtuť nebo arsen (Fic, 2015).

5.5 AROMATICKÉ LÁTKY VE VÍNU

Aromatické látky lze označit jako heterogenní soubor těkavých organických sloučenin, vznikajících přirozenou látkovou výměnou při zrání plodů révy vinné. Tyto látky jsou významné, neboť dávají vínu charakteristickou vůni a zčásti i chuť (Valášek, 1991). Jsou to především alkoholy, estery, karbonylové sloučeniny, terpeny, nižší mastné kyseliny, aminy, sírné sloučeniny a další. Větší část z nich je ve vodě velmi omezeně rozpustná, tudíž jsou označovány jako éterické oleje. Přestože obsah aromatických látek v ovoci je poměrně nízký, stačí toto množství k dosažení příslušného čichového a chuťového vjemu. V hroznech révy vinné se obsah aromatických látek pohybuje okolo 196 mg.kg⁻¹ (Valášek, 1991).

Aroma spolu s chutí a barvou patří mezi důležité charakteristiky vína. Mezi nejaromatictější odrůdy vinné révy patří Tramín, Muškát Ottonel, Sauvignon a jiné. Ostatní odrůdy, jako Ryzlink rýnský, se vyznačují jemným specifickým aromatem. Na vývoj aromatických látek v hroznech (např. tokajských vín) má vliv i přítomnost ušlechtilé plísně *Botrytis cinerea*, která eliminuje odrůdových buket a charakter hroznů, přičemž mu dodává i specifickou vůni a chuť (Fic, 2015).

Rozdělení aromatických a buketních látek vína se dle různých autorů liší, avšak s určitou tradicí lze dělit aroma do následujících čtyř skupin, které odrážejí původ aromatických látek v určité fázi technologického procesu:

1) Primární aroma - Aromatické látky, které jsou přítomné v moštu a tvoří základ budoucího aroma vína a také tvoří jeho odrůdovou charakteristiku. Je tvořeno zejména terpeny, jako jsou linalol, geraniol nebo nerol, dále alkoholy a aldehydy.

2) Sekundární aroma - Tyto aromatické látky vznikají během alkoholového jablečno-mléčného kvašení ze sacharidů při působení mikroorganismů. Jsou to alkoholy, mastné kyseliny a jejich estery, aldehydy a ketony. Tyto látky mohou mít nepříznivý vliv i na jakost vína. Sekundární aroma je nejdůležitější složkou celkového buketu daného vína.

3) Kvasné aroma - Sekundární aromatické látky, které se tvoří během fermentace a těsně po skončení fermentace. Látky, které se vytvářejí, jsou zpravidla velmi těkavé a při kvašení při vyšších teplotách jich značná část vytěká. Je tedy žádoucí, aby bylo víno kvašeno pomaleji za nízkých teplot, kdy je větší pravděpodobnost udržení těchto látek ve víně.

4) Ležácké aroma - Terciární aromatické látky vznikají při zrání a ošetřování vína, popřípadě při použití speciálních výrobních technologiích. Patří mezi ně také aromatické látky, vznikající v různých biochemických procesech při zrání vína v láhvi. Dochází k esterifikacím, kterých se účastní alkoholy a karboxylové kyseliny za vzniku esterů příslušných reaktantů. Aroma se v průběhu zrání stává jemnějším a komplexnějším.

5.5.1 Těkavé fenoly

Těkavé fenoly ve vyšších koncentracích mohou způsobovat ve většině případů nežádoucí aroma (např. lékárnické, plastové či připálené), které snižuje kvalitu vína. Jsou přítomny ve vínech bílých i červených a jejich obsah kolísá vlivem odrůdy, agrotechniky, oblasti, klimatu a způsobu zpracování. Těkavé fenoly vznikají z hydroxyskořicové kyseliny. Významné těkavé fenoly ve víně jsou uvedeny v tabulce 4. Vinylové sloučeniny jsou typické pro bílá vína a ethylové sloučeniny pro červená vína. (Pavloušek, 2010; Pavloušek, 2011)

Tab. 4: Příklad některých těkavých fenolů, které se vyskytují ve víně

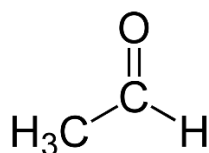
Fenolická látka	Koncentrace ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	Charakteristika aromatu
4-ethylfenol	0,012 – 6,5	pach kůže, potu koně, vůně laku
4-ethylguajakol	0,001 – 0,44	kouřově kořeněná
4-vinylfenol	0,04 – 0,45	farmaceutická, leukoplast
4-vinylguajakol	0,0014 – 0,71	fenolická, hřebíčková

(Swigers et al., 2005)

5.5.2 Karbonylové sloučeniny

Chemicky se jedná o aldehydy a ketony. Nejvíce prozkoumané karbonylové sloučeniny ve víně jsou formaldehyd, acetaldehyd, aceton, hexanol, 2-hexanol, methylethylketon, metylpropylketon, diacetyl, p-benzaldehyd anebo vanilin (Farkaš, 1980; Streidl, 2005).

Acetaldehyd (Obr. 17) tvoří téměř 90 % celkového obsahu aldehydů. V červeném víně se nachází v množství 30 mg.l⁻¹ a v bílém 80 mg.l⁻¹. Při nízkých koncentracích vytvářejí ve víně aroma připomínající ovoce, ve vysokých koncentracích naopak aroma nahnilých jablek (Furdíková et Malík, 2007).



Obr. 17: acetaldehyd

Acetaldehyd vzniká jako meziprodukt při fermentaci, po které následuje hydrogenace na ethanol. Působí jako důležitý aktivátor fermentačních procesů. Obsah ve víně činí 50 – 100 mg.l⁻¹ v bílých odrůdách, zatímco červená vína mají nižší obsah. Ve víně váže oxid siřičitý za vzniku vázané síry (acetaldehyd kyseliny siřičité). V červených vínech se sráží s barvivem na nerozpustné sraženiny. V čistém stavu se jedná o bezbarvou tekutinu dusivé vůně, která se na vzduchu lehce oxiduje na kyselinu octovou (Fic, 2015).

Dalším významným ketonem v pivu je **acetoin**. Tento keton vzniká kondenzací dvou molekul acetyl-koenzymu A (CoA), přičemž nejprve vzniká α -acetolaktát a jeho dekarboxylací vzniká acetoin. Jeho obsah ve víně je okolo 100 mg.l⁻¹, ve vyšších koncentracích se nachází ve vínech, kde bylo kvašení zastaveno, jako například ve vínech typu Portske.

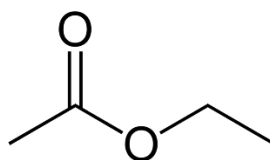
V malých koncentracích se ve víně vyskytuje i keton **diacetyl** (průměrně kolem 1,3 – 2,8 mg.l⁻¹). Sensoricky významný obsah toho ketonu je při 2 – 4 mg.l⁻¹. Dodává kladný aromatický komplex kvalitních červených vín doplněný o jemné máslové tóny. Nad touto koncentrací diacetylu je kvalita vína snižována a víno je označeno za vadné (Fic, 2015).

5.5.3 Estery

Estery patří k zásadním látkám ve víně, neboť vytvářejí určité aroma a buket. Jemné aroma vytváří například víno odrůdy Ryzlinku rýnského. Dále se mohou ve vyšším množství vyskytovat ve výrazně aromatických odrůdách – např. Tramínu, Muškátu Ottonel nebo

Sauvignonu (Velíšek, 1999). Dodávají vínům vůni, chuť a celkový odrůdový charakter. V mladých vínech se vyskytují v koncentracích 2 – 6 mg.l⁻¹ a ve starých 6 – 9 mg.l⁻¹ (Farkaš, 1983; Rojas et al., 2003; Furdíková et Malík, 2007).

Nejčastěji se ve víně vyskytují estery kyseliny octové – ethylacetát a isomylacetát. Ethylacetát (Obr. 18) je charakteristickým kyselým či ovocným aromatem, nebo aromatem připomínajícím lak na nehty. Isoamylacetát připomíná aroma hrušek nebo banánů. Jsou syntetizovány díky alkoholacetyltransferase z acetyl-CoA a příslušnému alkoholu. Mezi další základní estery vína patří 2-fenylethylacetát připomínající vůni květin, růží a ovoce; isobutylacetát připomínající aroma banánů; hexylacetát, který připomíná sladké a parfemované aroma; ethylbutanoát připomínající květiny nebo ovoce; ethylhexanoát připomínající zelené jablko; ethyloktanoát připomínající vůni mýdla či ethyldekanoát, jež připomíná květiny a mýdlo (Swigers et al., 2005).



Obr. 18: ethylacetát

5.5.4 Těkavé kyseliny

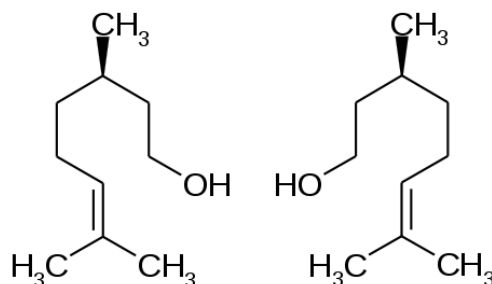
Jsou to organické kyseliny s krátkým uhlovodíkovým řetězcem a jejich koncentrace obvykle činí kolem 500 – 1000 mg.l⁻¹, což je přirozené biosyntetické množství. Jestliže se těkavé kyseliny objeví ve vyšších koncentracích, může to značit různé vady či nemoci vína. 90 % těchto kyselin tvoří octová kyselina. Zbytek tvoří propionová, máselná, valerová, kapronová kyselina a další.

Ve víně se octová kyselina vyskytuje v množství přibližně 0,2 – 0,7 g.l⁻¹. Kvasinky rodu *Saccharomyces cerevisiae* jí obvykle vytvářejí jako meziprodukt glykolýzy v nízkých koncentracích v suchých vínech a ve vyšších koncentracích ve vínech sladkých (Swigers et al., 2005).

5.5.5 Terpenoidy

Terpenoidy vznikají z prekursoru zvaného geranylpyrofosfát. V hroznech jsou glykosidicky vázány na glukosu nebo některé disacharidy a vytváří sloučeniny bez aromatického charakteru (Fernández-González, 2003).

Nejvíce jsou zde zastoupeny monoterpeny. Mezi nejvíce vonné monoterpeny patří linalol, α -terpineol, nerol, citronelol, hotrienol či geraniol (připomínající vůni růžového dřeva) vyskytující se ve formě 3-O-rutinosidu. Vůni se dají přirovnat ke květinám, hlavně růžím. Nejvíce aromatické jsou citronelol (Obr. 19) a linalol. Monoterpeny a jejich deriváty hrají důležité aroma v odrůdách Muškát Ottonel, Tramín, Ryzlink rýnský nebo Müller Thurgau (Ribéreau-Gayon et al., 2006; Pavloušek, 2008).



Obr. 19: enantiomery citronelolu

5.5.6 Norisoprenoidy

Norisoprenoidy jsou produkty odbourávání karotenoidů (např. luteinu či β -karotenu). Jsou to významné aromatické sloučeniny, nacházející se v různých odrůdách vína. Z části jsou uvolňovány už v bobulích. Zvýrazňují aroma především vína odrůd Ryzlinku rýnského nebo Chardonnay. Mezi důležité norisoprenoidy se řadí například β -ionon, který je charakteristický aromatem fialek, malin a dřevité vůně. Dále do této skupiny látek patří také β -damascenon, který zodpovídá za aroma vína Chardonnay a má charakter aromatu jablek, kdoulí a květinových tónů. V neposlední řadě je třeba zmínit např. vitispiran, který aromatem připomíná kafr nebo eukalyptus (Ribéreau-Gayon, 2006, Pavloušek 2008, Pavloušek, 2010).

Ve víně byly také stanoveny deriváty norisoprenoidů, zvané megastigmany. Jejich hlavním zástupcem je 1,1,6-trimethyl-1,2-dihydronaftalen (TDN) s aromatem charakteristickým pro petrolejovou vůni. TDN se vyskytuje především ve vínech pocházejících z teplejších oblastí z nadměrně osluněných hroznů (Ribéreau-Gayon, 2006).

5.5.7 Methoxypyraziny

Methoxypyraziny jsou dusíkaté heterocyklické sloučeniny vznikající v rámci metabolismu aminokyselin. Svým aromatem připomínají zelený pepř, chřest a jiné zemité tóny (Pavloušek, 2010). Základní látkou této skupiny je isobutylpyrazin, které má bylinné až travnaté aroma. Tyto látky jsou typické pro vína odrůd Sauvignon, Cabernet Sauvignon a Cabernet Moravia. Pro odrůdu Merlot tvoří typické aroma 2-methoxy-3-isoutylpyrazin (IBMP). Nejvyšší

obsah methoxypyrazinů se nachází v zelených bobulích a se zráním hroznů se postupně snižuje (Pavloušek, 2010; 2011). Bylo prokázáno, že hrozny vystavené slunečnímu záření vykazovaly ve vínu snížený obsah methoxypyrazinů. Na obsah methoxypyrazinů mají vliv také půdní vlastnosti. Hrozny pěstované v dobře štěrkovitých odvodňovaných půdách obsahují nižší koncentrace methoxypyrazinů než v révě pěstované na vápenitých a jílovitých půdách, např. odrůdy Cabernet Sauvignon. Tato vína mají pak výrazné bylinné aroma.

5.5.8 Vonné thioly

Tyto sirné sloučeniny se dříve nazývaly merkaptany a zodpovídají za sensorické vady vína. Ale zároveň se významně podílejí na aromatu některých odrůd vinné révy a tvoří charakteristické aroma například v odrůdě Sauvignon Blanc (Ribéreau-Gayon, 2006). Mezi vonné thioly ve víně patří například methanthiol s aromatem hniající vody, ethanthiol s aromatem cibule, gumy či zemního plynu; 4-sulfanyl-4-methyl-pentan-2-on s aromatem černého rybízu či krušpánku (zimostřáz stálezelený), sulfanylhexanol s aromatem připomínající černý rybíz, grapefruit nebo granátové jablko; thiofen-2-thiol a 2-furanmethanthiol, které připomínají aroma spálené gumy a pražené kávy.

Nežádoucí sirnou sloučeninou ve víně je vysoce reaktivní sulfan (H_2S), neboli sirovodík. Jeho aroma totiž připomíná zkažená vejce a vytváří jiné sensoricky aktivní látky. Sulfan se tvoří v závěrečné fázi kvašení. Je to produkt metabolické dráhy kvasinky *Saccharomyces cerevisiae* (schopnost kvasinek vytvářet sulfan, je geneticky daný) a meziproductem v biosyntéze sirných aminokyselin (Furdíková, 2007).

6 ZÁVĚR

Biologicky aktivní látky lze definovat jako látky, které jsou schopny již v nízkých koncentracích ovlivňovat životní a biologické procesy, přičemž se může jednat jak o pozitivní, tak negativní ovlivnění. Významnými biologicky aktivními látkami v pivu jsou vitaminy zejména skupiny B, minerální látky nebo polyfenolické sloučeniny. Jedná se převážně o látky izolované z chmele, například α - a β -hořké kyseliny a dále látky, označované jako prenylované flavonoidy - xanthohumol, isoxanthohumol, 8-prenylnaringerin či 6-prenylnaringerin, které působí jako fytoestrogeny a byly u nich prokázány určité protinádorové účinky, především u žen v klimakteriálním období. Významnými biologicky aktivními látkami vína jsou především polyfenolické látky, třísloviny, vitaminy, různé aromatické látky nebo karboxylové kyseliny. Nejvíce vyzdvihoanou a zkoumanou látkou je polyfenolická sloučenina - resveratrol, který vykazuje též určitý antikarcinogenní efekt. Vzhledem ke skutečnosti, že se jedná o alkoholické nápoje, doporučená nejvyšší denní dávka piva je 1 litr pro muže a 600 ml pro ženy. Doporučená denní dávka vína pro muže by se měla pohybovat maximálně v rozmezí 200 až 400 ml, pro ženy je doporučováno maximálně 200 ml.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Activemedia s.r.o. & světvína.cz, 2004. Kdy víno škodí [online]. In: Vinařský fond [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: http://www.vinoazdravi.cz/index.php?soubor=kdy_vino_skodi

Ammes, B. J., 1984. Lipids in Malt. *Journal of the Institute of Brewing*. Wiley Online Library, 90(5), p. 315-318.

Angelo, St., A. J., Ory, L. R., 1983. Lipid Degradation During Seed Deterioration, Symposium: Deterioration Mechanisms in Seeds, Southern Regional Research Center, ARS, US Department of Agriculture.

Anli, E., Bayram, M., 2009. Ochratoxin A in wines. *Food Reviews International*. 25(3), p. 214–232

Anonymous, 2006. NAŘÍZENÍ KOMISE (ES) č. 1881/2006 ze dne 19. prosince 2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách. *Úřední věstník EU*, L 364, p. 5–24.

Balík, J., Veverka, J., Kyselková, M., 2000. Hodnocení reverzní osmózy v procesu modifikace hladiny alkoholu a těkavých kyselin ve víně. *Acta universitatis agriculturae et silviculturae Mendelianae Brunensis*. (Brno), XLVIII, No. 3, p. 7 – 11.

Ballin, N. Z., R. Lametsch, 2008. Analytical methods for authentication of fresh vs. thawed meat – A review. *Meat Science* [online]. 80(2), 151-158 [cit. 2017-04-15]. DOI: 10.1016/j.meatsci.2007.12.024. ISSN 03091740. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0309174008000028>

Bamforth, C. W., 1983. Superoxide-dismutase in Barley. *Journal of the Institute of Brewing*. Wiley Online Library. 89, p. 420-423.

Bamforth, C. W., 1999. Enzymic and Non-Enzymic Oxidation in the Brewhouse: A Theoretical Consideration. *Journal of the Institute of Brewing*, 105(4), p. 237-242.

Bamforth, C. W., Clarkson, S. P., Large, P. J., 1991. The relative importance of polyphenol oxidase, lipoxygenase and peroxidases during wort oxidation. In *Proc. 23rd Congr. Eur. Brew. Conv.*, Lisbon, p. 617-624, přísp. 75, Oxford: IRL Press, 1991. p. 731 ISBN 0-19963283-9.

Bamforth, C. W., Parsons, R., 1985. New Procedures to Improve the Flavor Stability of *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. 43, p. 197-202.

Basařová, G., Čepička, J., 1985. *Sladařství a pivovarství*. Praha: SNTL, p. 256

- Basařová, G., Šavel, J., Basař, P., Lejsek, T., 2010. Pivovarství: teorie a praxe výroby piva. Praha: Vydavatelství VŠCHT, p. 863. ISBN 978-80-7080-734-7.
- Basařová, G., Šavel, J., Janoušek, J., Čížková, H., 1999. Changes of content of aminoacids during natural aging of beer. *Monatsschrift für Brauwissenschaft*, 52, p. 112 – 118.
- Basařová, Gabriela, 2010. Pivovarství: teorie a praxe výroby piva. Praha: Vydavatelství VŠCHT. ISBN 978-80-7080-734-7.
- Battilani, P., Pietri, A., Logrieco, A., 2004. Risk assessment and management in practice: ochratoxin in grapes and wine. *Mycotoxins in food: detection and control*. Woodhead Pub. p. 244–261.
- Battilani, P., Pietri, A., Silva, A., Giorni, P., 2003. Critical control points for ochratoxin A control in the grape-wine chain. *Journal of Plant Pathology (JPP)*. 85: p. 285.
- Bau, M., Bragulat, M. R., Abarca, M. L., Minguez, S., Cabanes, F. J., 2005. Ochratoxigenic species from Spanish wine grapes. *International Journal of Food Microbiology*. 98(2): p. 125–130.
- Benismail, N., Saulmier, L., Boivin, P., Allosio-Quarnier, N., 2003. Arabinoxylans and arabinoxylanases from barely to beer. *European Brewery Convention. Proceedings of the 29th EBC Congress, Dublin 2003: 17 - 22 May 2003*. [CD-ROM], příspěvek 14, 192-163. Nürnberg: Fachverl. Carl. ISBN 9070143224.
- Bezerra da Rocha, M. E., Freire, F. Ch.O., Maia, F.E.F., Guedes, M. I. F., Rondina, D., 2014. Mycotoxins and their effects on human and animal health. *Food Control* 36(1): p. 159–165.
- Biendl, M., Methner F. J., Stettner, G., 2004. Brauversuche mit einem xanthohumolreichen Hopfenprodukt. *Brauwelt* 43, p. 236–241.
- Biendl, M., Mitter, W., Methner, F. J., 2002. Use of xanthohumol-rich hop products in beer production. *Brauwelt International*, p. 39–42.
- Bigelow, B. C.; Edgar, K. J., 2006. *The UXL Encyclopedia of Drugs & Addictive Substances*. [s. l.]: Thomson-Gale. ISBN 1-4144-0444-1.
- Boivin, P., 2001. Pro- and anti-oxidant enzymatic activity in malt. *Cerevisia* 20, p. 97-103.
- Boivin, P., 2001. Pro- and anti-oxidant enzymatic activity in malt. *Cerevisia* 20, p. 109-115.
- Briggs, D. E., 1998. *Malts and malting*. London: Blackie Academic & Professional, p. 796. ISBN 0 412 29800 7.

- Briggs, D. E., Brookes, P. A., Stevens, R., Boulton, C. A., 2004. *Brewing: science and practice*. London. Elsevier. p. 881.
- Briggs, D. E., Hough, J. S., Stevens, R., Young, T. W., 1982. *Malting and brewing science*. 2nd ed., second ed. Malt and Sweet Wort. London, New York: Chapman and Hall, p. 387. ISBN 0-412-16580-5.
- Cantrell, I. C., Griggs, D. L., 1996. Malt: Its role in oxidation. *Technical quarterly-Master Brewers Association of the Americas*, 33(2), p. 82-86.
- Casey, G. P., 1996. Primary versus secondary gushing and assay procedures used to assess malt/beer gushing potential. *Technical Quarterly. Master Brewers Association*, 33 (4), p. 229–235.
- Celus, I., Brijs, K., Delcour, J. A., 2006. The effects of malting and mashing on barely protein extrability. *Journal of Cereal Science*, 44(2), p. 203-211.
- Creppy, E. E., 2002. Update of survey, regulation and toxic effects of mycotoxins in Europe. *Toxicology Letters* 127, p. 19–28.
- Česká tisková kancelář, 2008. Průzkum: ČR byla loni 16. největším producentem piva na světě [online]. ČTK, 2008-07-25, [cit. 2016-08-10]. Dostupné z: <http://www.finance.cz/zpravy/finance/180883-pruzkum-cr-byla-loni-16-nejvetsim-producentem-piva-na-svete>
- Čulík, J., Horák., T., Kellner, V., Jurková, M., Čejka, P., Hašková., Dvořák., J., 2010. Determination of some disinfection byproducts in brewing water and beer. *Kvasny Prumysl.* 56, No. 7-8, p. 303-305.
- Čulík, J., Kellner, V., Frantík, F., Jurková, M., 1995. Stanovení nižších alifatických halogenuhlovodíků v pivu pomocí statické a dynamické headspace analýzy. *Kvasny Prumysl*, 41, p. 105-110.
- De Man, W., Dondeyne, P., 1985. Effect of nitrogen fertilisation on protein content, total fatty acid content and composition of barley (*Hordeum vulgare* L.) grains. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 36(3), p. 186-190.
- Diviš, P., 2012: Co nám mohou kovy říci o víně. *Chempoint* [online]. Fakulta chemická, VUT v Brně, 02. 03. 2011 [cit. 2016-12-15]. Dostupné z: <http://www.chempoint.cz/co-nam-mohou-kovy-rici-o-vine>
- Drost, B. W., Van Berg, R., Freijee, F. J. M., Van Velde, E. G., Hollemans M., 1990. Flavor stability. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. 48, p. 124-131.
- EBC Technology and Engineering Forum, 2000. *Malting Technology. Manual of good Practice*. Nürnberg: Fachverlag Hans Carl., p. 223. ISBN 3-418-00753-8.

Edney, M. J., La Berge, D. E., Langrell, D. E., 1998. Relationships among the β -glucan contents of barley, malt, malt congress extract, and beer. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 56(4), p. 167-168.

Farkaš, J., 1983. *Biotechnológia vína*. 2. vydání. Alfa Bratislava, p. 978.

Farkaš, J.: *Technológia a biochémia vína*, SNTL Praha/Alfa Bratislava, 1980, p. 870

Fernández-González, M., Di Stefano, R., Briones, A., 2003. Hydrolysis and transformation of terpene glycosides from muscat must by different yeast species. *Food microbiology*, 20(1), p. 35-41.

Fic, Vlastimil, 2015. *Víno: analýza, technologie, gastronomie*. Český Těšín: 2 THETA. ISBN 978-80-86380-77-3.

Ford., M., Evans, E., 2001. The barely and malt factors underlying lautering performance identification and use in barely breeding programs. *Proceedings of the 28th EBC congress, Budapest 2001*. [CD-ROM.]Nürnberg: Fachverlag Hans Carl. ISBN 9070143216.

Forster A., Gahr A., Ketterer M., Beck B., Massinger S., 2002. Xanthohumol in Bier - Möglichkeiten und Grenzen einer Anreicherung. *Monatsschrift Brauwissenschaft*, 9/10: p. 184-194.

Forster, A., Koberlein, A., 1998. Der Verbleib von Xanthohumol aus Hopfen während der Bierbereitung. *Brauwelt* 37, p. 1677–1679.

Forster, A., Simon, K., Schmidt, R., Kaltner, D., 2001. What is it about antioxidative characteristic of hops. In *28th EBC Congress*. Nürnberg, Germany: Budapest, Fachverlag Hans Carl. přísp. 16. ISBN 9990-70143-21-6.

Freudenberg, K., 1920. *Die Chemie der Natürlichen Garbstoffe*, Springer-Verlag, Berlin.

Fukumoto, L. R., & Mazza, G., 2000. Assessing antioxidant and prooxidant activities of phenolic compounds. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(8), p. 3597-3604.

Furdíková, K., Malík, F., 2007. Vplyv kvasiniek na aromatický profil vína, *Kvasný průmysl* 53, č. 7-8, p. 215-221. ISSN 0023-5830.

Furdíková, K., Malík, F., 2009. Kolobeh síry vo víne, *Chemické listy* 103, p. 154-158 ISSN 1213-7103.

Gamal-Eldeen, A., Gerhauser, C., Alt, A., Neumann, I., Frank, N., Chmiel, H., Becker, H., 2001. Antioxidant and Radicalscenting Potential of Phenolic Constituents of Beer. *American Association for Cancer Research*. Vol. 42, p. 103.

- Garbe, L. A., Schwarz, P., Ehmer, A.: Chapter 6: Beer gushing. In: Charles W., Bamforth, C., Russell, I., Stewart, G., 2009. Beer. A Quality Perspective. Elsevier, p. 185–212. ISBN: 978-0-12-669201-3.
- Gastl, M., Schneider, R., Back, W., Kreis, S., Hartmann, K., Spieleder, E., 2009. Minimizing NDMA-contamination in malt and beer. *Brauwelt International*, 27(5), p. 282-387.
- Gerhäuser, C., 2005. Beer constituents as potential cancer chemopreventive agents. *European J. Cancer* 41, p. 1941-1954.
- Gerhäuser, C., 2005. *Molecular Nutrition and Food Research*, Wiley Online Library. 49, p. 827.
- Giannopolitis C. N., Ries S. K., 1977. Superoxide Dismutase I. Occurrence in Higher Plants. *Plant Physiology*, 59, p. 309-314.
- Gomes, M., Rochta, T. A., Duarte, A. C., Oliveira, J. P., 1996. Determination of Sulfur Dioxide in Wine Using a Quartz Crystal Microbalance. *Analytical Chemistry*. 1996/05/01, roč. 68, č. 9, p. 1561-1564. ISSN 00032700.
- Goupy, P., Hugues, M., Boivin, P., Amiot, M. J., 1999. Antioxidant compounds of barley (*Hordeum vulgare*) and malt extracts. In *PROCEEDINGS OF CONGRESS-EUROPEAN BREWERY CONVENTION*. Vol. 27, p. 445-452
- Gross, C. G., 1999. *Comprehensive Natural Product Chemistry*, ed. B. M. Pinto and S. Fraser, Elsevier, Amsterdam, vol. 3, p. 799.
- Guzev, L., Danshin, A., Ziv, S., Lichter, A., 2006. Occurrence of ochratoxin A producing fungi in wine and table grapes in Israel. *International Journal of Food Microbiology*, 111(1). p. 67–71.
- Halliwell, B., 2008. Are polyphenols antioxidants or pro-oxidants? What do we learn from cell culture and in vivo studies?. *Archives of biochemistry and biophysics*, 476(2), p. 107-112.
- Halliwell, B., Clement, M. V., Long, L. H., 2000. Hydrogen peroxide in the human body. *FEBS letters*, 486(1), p. 10-13.
- Havlová, P., 1999. *Hydrolytické a oxidoredukční enzymy ječného sladu*. ÚZPI, Praha.
- Havlová, P., Lancová, K., Váňová, M., Havel, J., Hajšlová, J., 2006. The effect of fungicidal treatment on selected quality parameters of barely and malt. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54, p. 1353–1360.
- Havlová, P., Šusta, J., 1997. *Kvasny Prumysl*. 43, p. 37–38.

- Henderson, M. C., Miranda, C. L., Stevens, J. F., Deinzer, M. L., Buhler, D. R., 2000: In vitro inhibition of human P450 enzymes by prenylated flavonoids from hop, *Humulus lupulus*. *Xenobiotica* 30, p. 235-251
- Hernanz, D., Nunez, V., Sancho, A. I., Faulds, C. B., Williamson, G., Bartolome, B., Gomez-Cordoves, C., 2001. Hydroxycinnamic acids and ferulic acids dehydrodimers in barley and processed barley. *J. Agric. Food. Chem.* 49(10), p. 4884-4888.
- Hildebrand, R. P., Kavanagh, T. E., Clarke, B. J., 1975. Hop lipids and beer quality. *Brewery Dig.* 50(4), p. 85-73.
- Hillbom, M.; Saloheimo, P.; Juvela, S., 2001. Alcohol consumption, blood pressure and the risk of stroke. *Current Hypertension Reports*, vol. 13, iss. 3, p. 208 – 213.
- Hooker, D. C., Schaafsma, A.W., Tamburic-Ilicic, L., 2002. Using weather variables pre- and post-heading to predict deoxynivalenol content in winter wheat. *Plant Disease* 86, p. 611–619.
- Horák, T., Čulík, J., Jurková, M., Kellner, V., 1999. Stanovení chlorovaných alifatických uhlovodíků v pivu. *Kvasny Prumysl.* 45, p. 317-320.
- Hudcová, T., Skoupá, H., Jelínek, L., Karabín, M. et Dostálek, P., 2015. Department of Biotechnology, University of Chemistry and Technology, Prague: Determination of bioactive prenylflavonoids in hop materials by HPLC-PDA. *Chemicke listy* 109, p. 4551 – 455.
- Hulín, P., Dostálek, P., Hochel, I.: Stanovení prolaminů ječmene v pivu a pivovarských materiálech. *Kvasny Prumysl.* 53, č. 9, p. 273–276.
- Inns, E. L. Bugey, L. A., Nursten, H. E., Ames, J. M., 2007. Effect of a simulated kilning regime on the profile and antioxidant activity of the free phenolic acids extracted from green malt. *Technical quarterly. Master Brewers Association of the Americas*, vol. 42(3), p. 204-208. ISSN 0743-9407.
- Ivanova, V., Stefova, M., and Chinnici, F., 2009. Determination of the polyphenol contents in Macedonian Grapes and wines by standardized spectrophotometric methods, *Journal of the Serbian Chemical Society*, 75, p. 45-59.
- Izydorczyk, M. S., Storsley, J., Labossiere, D., MacGregor, A. W., & Rossnagel, B. G., 2000. Variation in total and soluble β -glucan content in hullless barley: effects of thermal, physical, and enzymic treatments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(4), p. 982-989.
- Janhom, T., Wattanachira, S., Pavasant, P., 2009. Characterization of brewery wastewater with spectrofluorometry analysis. *J. Envi. Management* 90, p. 1184-1190.

- Jin, Y. L., Speers, A., Paulson, A. T., & Stewart, R. J., 2004. Effects of β -Glucans and Environmental Factors on the Viscosities of Wort and Beer. *Journal of the Institute of Brewing*, 110(2), p. 104-116.
- Kalač, P., Šavel, J., Křížek, M., Pelikánová, T., Prokopová, M., 2002. Biogenic amine formation in bottled beer. *Food chemistry*, 79(4), p. 431-434.
- Kaneda, H., Kobayashi, N., Furusho, S., Sahara, H., Koshino, S., 1995. Reducing activity and flavor stability of beer. *Technical Quarterly-Master Brewers Association of the Americas*, 32(2), p. 90-94.
- Karabín, M., Hudcová, T., Jelínek, L., Dostálek, P., 2012. *Chemicke listy* 106, p. 1095.
- Kelblová, M., 1996. *Encyklopedie nápojů*. Praha: Grada. Kapitola A, p. 11. ISBN 80-900250-8-0.
- Kerpes, R., Knorr, V., Zarnkow, M., Peter Köhler, P., Becker, T., 2013. A possibility to decrease gluten in barley malt based beverages by using barley malt with optimized celiac-specific peptidase activity. *Eur. Brew. Conv.: Proc. 34th Congress, Lucembourg [CD-ROM]*, příspěvek 64. Mindelheim: Verlag W. Sachon GmbH 2013.
- Kobayashi, N., Kenada, H., Kano, Y., Koshino, S., 1993. Determination of wort production, *Proceedings of 24th Congress of the European Brewery Convention, Oslo*, p. 405-412.
- Kondo, K., 2003. Preventive effects of dietary beer on lifestyle-related diseases. *Proceedings of the 29th EBC Congress, Dublin, 2003; Contribution 133*.
- Kostelanská, M., Hajšlová, J., Zachariášová, M., Malachová, A., Kalachová, K., Poustka, J., Fiala, J., Scott, P.M., Berthiller, F., Krska, R., 2009. Occurrence of Deoxynivalenol and Its Major Conjugate, Deoxynivalenol- 3- Glucoside, in beer and some brewing intermediates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry (ACS Publications)*. 57(8): 3187–3194.
- Krofta, K., 2008. *Hodnocení kvality chmele. Metodika pro praxi*. Chmelařský institut Žatec. ISBN 978-80-86836-84-3.
- Krofta, K., 2010. Obsah prenylovaných flavonoidů chmele v českých a zahraničních pivech. *Kvasny Prumysl.* 56, č. 1, p. 2-9.
- Krstanović, V., Klapac, T., Velič, N., Milaković, Z., 2005. Contamination of malt and wheat by *Fusarium culmorum* from the crop years 2001–2003 in eastern Croatia. *Microbiological Research* 160, p. 353–359.
- Kuttelvašer, Z., 2003. *Abeceda vína*. Praha: Radix, spol. s.r.o., p. 296, ISBN 80-86031-43-8.

- Lacan, F., Soulet, S., Arnaudinaud, V., Nay, B., Verge, S., Castagnino, Ch., Delaunay, J.-C., Cheze, C., Vercauteren, J., 2003. Polyphenols and the oxygen paradox in the brewing process. *Cerevisia*, 25(4), p. 35-51.
- Lachenmeier, D. W., Nerlich, U., 2006. Evaluation of sulphite in beer and spirits after the new allergen labelling rules. *Brewing Sci Monatsschrift Brauwissenschaft*, 59(7/8), p. 114-117.
- Lasram, S., Barketi, A., Mliki, A., Ghorbel, A., 2012. Growth and ochratoxin A production by *Aspergillus carbonarius* at different pHs and grape maturation stages. *Letters in Applied Microbiology*. Wiley Online Library, 54(5): 418–424.
- Leclercq, C., Dervilly, G., Saulnier, L., Dallies, N., Zimmermann, D., & Roué, C., 1999. Barley and malt pentosans: Structure and functionality in the brewing industry. In *Proc. 27th Congr. Eur. Brew. Conv. Vol. 48*, p. 429-437. Zertewoude: Eur. Brew. Conv., 882 p. ISBN 90-70143-20-8.
- Liang, L., Singer, P. C., 2003. Factors influencing the formation and relative distribution of haloacetic acids and trihalomethanes in drinking water. *Environmental Science & Technology - ACS Publications*, 37, p. 2920-2928.
- Linemann, A., Krüger, E., 1997. Struktur-Eigenschaftsbeziehungen von β -Glucan bei der Bierherstellung Teil 3: Bestimmung der Grenzviskositätszahl von β -Glucan in Würzen. *Brauwelt*, 136(46-47), p. 2272-2285.
- Malachová, A., Cerkal, R., Ehrenbergerová, J., Dzuman, Z., Vaculová, K., Hajšlová, J., 2010. Fusarium mycotoxins in various barely cultivars and their transfer into malt. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(14): 2495–2505.
- Maroon, Joseph C., 2009. *The longevity factor: how resveratrol and red wine activate genes for a longer and healthier life*. New York: Atria Books. ISBN 1416551077.
- McMurrough, I. K., Madigan, R. D., 1993. Colloidal stabilization of lager beer. In *Proc. Congr. Eur. Brew. Conv. Vol. 24*, p. 663-672.
- Meilgaard, M., 1960. Hop analysis, cohumulone factor and the bitterness of beer: review and critical evaluation. *Journal of the Institute of Brewing*, 66(1), p. 35-50.
- Meng de J., Lu, J., Fan, W., Dong, J. J., Lin, Y., Shan, L. J., 2007. Control of Superoxide Dismutase Activity During Malting Using Plackett-Burman and Box-Behnken Experimental Design and Its Effect on Reducing Power of Wort. *J.Inst.Brew.* 113, p. 365-373.
- Minárik, E., Navara, A., 1986. *Chémia a mikrobiológia vína, Prídofa*, Bratislava. ISBN 64-174-86

- Miranda, C. L., Aponso, G. L., Stevens, J. F., Deinzer, M. L., Buhler, D. R., 2000. Prenylated chalcones and flavanones as inducers of quinone reductase in mouse Hepa 1c1c7 cells. *Cancer Letters* 149, p. 21-29
- Miranda, C. L., Stevens, J. F., Helmrich, A., Henderson, M. C., Rodriguez, R. J., Yang, Y. H., Deinzer, M. L., Barnes, D. W., Buhler, D. R., 1999. *Food Chemical Toxicology*. 37, p. 271
- Miranda, C. L., Yang, Y. H., Henderson, M. C., Stevens, J. F., Santana-Rios, G., Deinzer, M. L., Buhler, D. R., 2000. Prenylflavonoids from hops inhibit the metabolic activation of the carcinogenic heterocyclic amine 2-amino-3-methylimidazo(4,5-F)quinoline, mediated by CDNA-expressed human CYP1A2. *Drug Metabolism and Disposition*. 28, p. 1297-1302
- Moll, M., 1994. *Beer & Coolers*, English ed. Andover Hampshire: Intercept LTD, 495 p. ISBN 1-898298-2.
- Morrison, W. R., 1978. Cereal lipids in advances technology. Vol. 2, Ed. Y. Pomeranz. Minnesota: American Association of Cereal Chemists, p. 221-348.
- Narziss, L., 1976. *Die Bierbrauerei: Band 2: Die Technologie der Malzbereitung*. 6 Auflage. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag, 382 p. ISBN 3-432-85006-9.
- Noble, A. C., Orr, B. H., W. Cook, B., Campbell, J. L., 1976. Trace elements analysis of wine by proton-induced x-ray fluorescence spektrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry [online]*. 24 (č. 3), [cit. 2016-12-15]. p. 532-535
- Osborne, T. B. 1907. *The proteins of the wheat kernel*. Carnegie Inst.: Washington, DC.
- Ostry, V., 2008. *Alternaria mycotoxins: an overview of chemical characterization, producers, toxicity, analysis and occurrence in foodstuffs*. *World Mycotoxin J.* 1(2): 175–188.
- Pavloušek, P., 2002. *Výroba vína u malovinařů*, 2. vydání. Grada Publishing a. s., Praha, 12. p. ISBN 978-80-247-3487-3
- Pavloušek, P., 2008. *Encyklopedie révy vinné*. 2. vydání. Praha: Computer Press a. s., 316 p., ISBN 978-80-251-2263-1. 38.
- Pavloušek, P., 2011. *Pěstování révy vinné*. Praha: Grada Publishing, a. s., 75 p. ISBN 978-80-247-3487-3.
- Peacock, V. E., Deinzer, M. L. 1981. Chemistry of hop aroma in beer. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 39(136), 1981.

- Peacock, V. E., Deinzer, M. L., 1989. The structures of humulene diepoxides found in hops and beer. *Journal of the American Society of Brewing Chemists (USA)*.
- Peacock, V. E., Deinzer, M. L., McGill, L. A., & Wrolstad, R. E., 1980. Hop aroma in American beer. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 28(4), p. 774-777.
- Peppard, T. L., Laws, D. R. J., 1979. Hop derived sulphur compounds and their effect on beer flavon. *Eur. Brew. Conv.: Proc 17th Congress, Berlin (West) 1979*, 91-104, příspěvek 7. Rotterdam: Eur. Brew. Conv., 880 p. ISBN 90 70143 097.
- Perrocheau, L., Bacan, B., Boivin, P., Marion, D., 2005. Transformation of barley by LTPI into a roasting protein along malting and brewing: a crossroad between biochemical and physico-chemical pathways. *Eur. Brew. Conv.: Proc. 30 th Congress, Prague 2005 [CD-ROM]*, příspěvek 72, 646-652. Nürnberg Fachverlag Hans Carl. ISBN 10:90-70143-23-2/ISBN 13:978-90-70143-23-7.
- Pfenninger, H., Schur, F., Anderegg, P., 1979. Composition and analysis of hops and derived products. *Brewing Science*. Academic Press. London, 1, p. 451-538.
- Piendl, A., Biendl, M., 2000. Über die physiologische Bedeutung der Polyphenole und Hopfenbitterstoffe des Bieres. *Brauwelt*, 140(13), p. 526-526.
- Pietercelie, A., Michaux, V., Brevard, M. A., Debourg, A., 2003. Refermented beers: an interesting source of folate. In *Proceedings of the European Brewery Convention Congress, Dublin*, IRL Press: Oxford, p. 1366-1374.
- Piterková, J., Tománková, K., Luhová, L., Petřivalský, M., Peč, P., 2005. Oxidativní stres: Lokalizace tvorby aktivních forem kyslíku a jejich degradace v rostlinném organismu. *Chem. Listy* 99, p. 455-466.
- Possemiers, S. et al., 2005. Activation of Proestrogens from Hops by Intestinal Microbiota; Conversion of Isoxanthohumol into 8-Prenylnaringenin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, p. 6281–6288.
- Possemiers, S. et al., 2006. The prenylflavonoid Isoxanthohumol from Hops is Activated into the Potent Phytoestrogen 8-Prenylnaringenin In Vitro and in the Human Intestine. *J. Nutrition* 136, p. 1862–1867.
- Racek, J., 2003. Oxidační stres a možnosti jeho ovlivnění. Houdek L., Lipovská D. (eds.), 1.vyd., Praha: Galén, 90 p.
- Razvodovsky, Y. E., 2014. Fraction of stroke mortality attributable to alcohol consumption in Russia. *Adicciones*, vol. 26, iss.2, p. 126 – 133.
- Regan, J. P., Elvidge, J. A., 1969. CHEMISTRY OF HOP CONSTITUENTS. PART XXXIII REACTIONS OF β -ACIDS. *Journal of the Institute of Brewing*, 75(1), 10-14.

- Ribéreau-Gayon, P., 2002. Handbook of enology: The Microbiology of Wine and Vinifications. New York: Wiley, 2. v. Traité d'oenologie, v. 1. ISBN 04719736372.
- Ribéreau-Gayon, P., et al., 2006. Handbook of enology. vol. 2. Chichester: John Wiley & Sons, 450 p. ISBN 978-0-470-01037-2.
- Richter, R., 2004. Živinný režim půd. Ústav agrochemie a výživy rostlin, MZLU v Brně [online]. 28. 01. 2004 [cit. 2016-12-15]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/zivinny_rezim.htm
- Rohrlich, M., 1969. Getreideenzyme. Eigenschaften-Analytik-Bedeutung. Berlin, Hamburg: Paul Parey, B. p. 30–33
- Rojas, V., Gil, J. V., Pinaga, F., Manzares, P.: Acetate ester formation in wine by mixed cultures in laboratory fermentations. International Journal of Food Microbiology. Volume 86, 2003, pages 181-188, ISSN 0168-1605.
- Rong, H., Zhao, Y., Lazou, K., De Keukeleire, D., Milligan, S. R., Sandra P., 2000. Quantitation of 8-Prenylnaringenin, a Novel Phytoestrogen in Hops, Hop Products and Beers by Benchtop HPLC-MS Using Electrospray Ionization. Chromatographia 51, p. 545–552.
- Savel, J., Kosin, P., Broz, A., 2009. New oxidation destructive analysis (NODA). Monatsschrift für Brauwissenschaft, 62(7/8), p. 155-163.
- Schlatter, J., 2004. Toxicity data relevant for hazard characterization. Toxicology Letters, 153(1): 83–89.
- Schramm, Manfred. Léčení chmelem. Praha: Plot, 2011. ISBN 978-80-7428-080-1.
- Siebert, K. J., 2006. Haze formation in beverages. LWT-Food Science and Technology, 39(9), p. 987-994.
- Speijers, G. J. A., Speijers, M. H. M., 2004. Combined toxic effects of mycotoxins. Toxicology Letters. 152, p.91–98.
- Spiegelhalder, B., Eisenbrand, G., Preussmann, R., 1979. Contamination of beer with trace quantities of N-nitrosodimethylamine. Food and cosmetics toxicology, 17(1), p. 29-31.
- Steenackers B., De Couman L., De Vos D., 2014. Chemical transformations of characteristic hop secondary metabolites in relation to beer properties and brewing proces. A review. Food Chemistry. 172, p. 742-756.

- Stevens, J. F., Miranda, C. L., Buhler, D. R., & Deinzer, M. L., 1998. Chemistry and biology of hop flavonoids. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 56(4), p. 136-145.
- Stevens, J. F., Taylor, A. W., Deinzer, M. L., 1999. Quantitative analysis of xanthohumol and related prenylflavonoids in hops and beer by liquid chromatography-tandem mass spektrometry. *Journal of Chromatography A*, 832, p. 97–107.
- Stevens, J., Page J. E., 2004. *Phytochemistry*, 65, 1317.
- Straková, L., Hofta, P., Dostálek, P., Průcha, P., 2006. Content of trans- and cis-iso- α -bitter acids as indicator of sensorial beer stability, *Kvasny Prum.* 53, č. 3, p. 70 – 73
- Streidl, R., 2005. *Sklepní hospodářství. Radix Valtice*, 32-310 p. ISBN 978-80-85843-19-4.
- Svoboda, Z., Mikulíková, R., Běláková, S., Benešová, K., Nesvadba, Z., 2009. Stanovení obsahu lipidů a zastoupení mastných kyselin v obilkách ječmene a ve sladu, *Kvasny Prumysl.* 55, p. 315-320.
- Swiegers, J. H., Bartowsky, E. J., Henschke, P. A., Pretorius, I. S., 2005. Trast and Bacterial Modulation of Wine Aroma and Flavour: Part 7. *The Australian Journal of Grape and Wine Research*. Volume 11. p. 139-173. ISSN 1755-0238.
- Štípek, S. 2000. *Antioxidanty a volné radikály ve zdraví a v nemoci*. 1. vyd. Praha: Grada, 320 p. ISBN 80-7169-704-4.
- Tobe, H. et al., 1997. Bone resorption inhibitors from hop extracts. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. Taylor & Francis Online, 61, p. 158-159.
- Tressl, R., Bahri, D., & Silwar, R., 1979. Bildung von aldehyden durch lipidoxidation und deren bedeutung als off-flavor Komponenten in Bier. In *Proceedings of the European Brewery Convention Congress* (p. 27-41), přisp. 2. Rotterdam: Eur. Brew. Conv., 1979. 880 p. ISBN 90 70143 097.
- Valášek, P., 1991. *Vztah sezónnosti zpracování jablek ke kvalitě získaného aróma*. Kandidátská dizertační práce, CHTF STU, Bratislava.
- Van Acker, F. A. A., 2001. *New synthetic flavonoids as protectors against doxorubicin-induced cardiotoxicity (from synthesis to clinic)*. Vrije universiteit Amsterdam, Academisch proefschrift, ISBN 90-6464-347-4. 175 p.
- Velíšek, J. 2002b. *Chemie potravin*. 2. upr. vyd., 3 svazky. Praha: OSSIS, 343 p. (1 svazek). ISBN 80-86659-00-3, 331 p. (2 svazek). ISBN 80-86659-01-1, 303 p. (3 svazek). ISBN 80-86659-02-X, soubor ISBN 80-86659-03-8.

- Velišek, J., 2002a. *Chemie potravin I*, Osis, Tábor, 2002, p. 117-161.
- Velišek, P., 1999. *Chemie potravin II*, 1. vyd. Tábor: OSSIS. 154 p. ISBN 80-90239-4-5.
- Verzele, M., 1986. 100 years of hop chemistry and its relevance to brewing. *Journal of the Institute of Brewing*, 92(1), p. 32-48.
- Villanueva, C. M., Kogevinas, M., Grimalt, J. O., 2003. Haloacetic acids and trihalomethanes in finished drinking waters from heterogeneous sources. *Water Research* 37, p. 953-958.
- Vogel, R., Schievelbein, H., Eckert, I., 1962. Histamine in hops and beer. *Brauwissenschaft*. p. 242-244
- Walker, C. J., 2001. Ist Bier gut für Ihr Herz?. *Brauwelt*, 141(34/35), p. 1278-1283.
- Walker, C. J., Bolshaw, L., Chandra, S., 2001a. Healthy Drinks? Beer and Cider Antioxidants. In *Proc Eur Brew Conv Cong*, p. 92-101. ISBN 90-70143-21-6.
- Walker, C. J., Herrmann, M., Faulkner, A., Back, W., 2003. Investigations on the folate (Vitamin B9) content of Bavarian wheat beers. In *Proceedings of the European Brewery Convention Congress, Dublin, IRL Press: Oxford*, p. 1358-1365.
- Walker, C. J., Patel, D., Wolfe, C., Wright, A., & Finglas, P., 2001b. Folate in beer and the prevention of cardiovascular disease. In *Proceedings of the European Brewery Convention Congress*. p. 122
- Waszkiewicz, N.; Zalewska, A.; Szulc, A., et al., 2011. The influence of alcohol on the oral cavity, salivary glands and saliva. *Pol Merkur Lekarski*, roč. 30, čís. 175, p. 69 – 74. Dostupné online. ISSN 1426-9686.
- WHO. Global status report on alcohol and health, 2014. Geneva. World Health Organization, p. 376
- Wikipedie, 2017. Ethanol: Účinek na lidský organismus. In: *Wikipedia: the free encyclopedia [online]*. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Ethanol>
- Wurzbacher, M., Kinitz, C., Kortenthaler, M., Back, W., Galensa, R., 2008. Endogenous antioxidant activity of beer with special emphasis on polyphenols. *Brauwelt. Int.* 26(2).
- Zimmerli, B., Dick, R., 1996. Ochratoxin A in table wine and grape- juice: occurrence and risk assessment. *Food Additives and Contaminants*, 13(6), p. 655–658.

8 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Floroglucinol. Commons.wikimedia.org: File:Phloroglucinol structure.png [online]. [cit. 2016-12-12]. Dostupné pod licencí Creative Commons z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Phloroglucinol_structure.png

Obr. 2: Humulon. Commons.wikimedia.org: File:Humulone.svg [online]. [cit. 2016-12-12]. Dostupné pod licencí Creative Commons z: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Humulone.svg>

Obr. 3: Lupulon: Hopbitterzuren: Lupulonen [online]. [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <http://www.brouw-bier.nl/theorie/chemie/hopbitterzuren.aspx>

Obr. 4: Flavonoly: Biological Research: Antioxidant flavonols from fruits, vegetables and beverages: measurements and bioavailability [online]. [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-97602000000200007

Obr. 5: Katechin a epikatechin: Research Gate: Structures of (+)-catechin, (-)-epicatechin, (-)-catechin and (+)-epicatechin [online]. [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/51629911_fig3_Structures-of-catechin-epicatechin-catechin-and-epicatechin

Obr. 6: Pelargonidin: Commons.wikimedia.org: File:Pelargonidin.svg [online]. [cit. 2016-12-12]. Dostupné pod licencí Creative Commons z: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pelargonidin.svg>

Obr. 7: Kyanidin: Commons.wikimedia.org: File:Cyanidin.svg [online]. [cit. 2016-12-12]. Dostupné pod licencí Creative Commons z: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cyanidin.svg>

Obr. 8: Definidin: File:Delphinidin.svg: Commons.wikimedia.org [online]. [cit. 2016-12-12]. Dostupné pod licencí Creative Commons z: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Delphinidin.svg>

Obr. 9: 3-O-kaffeoyl-L-chinová kyselina: Fit Girl: CGA – chlorogenová kyselina [online]. [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <http://www.fitgirl.cz/redukce-vahy/zelena-kava-acga/attachment/chlorogenic-acid-skeletal/>

Obr. 10: Kumarin: File:Coumarin acsv.svg: Commons.wikimedia.org [online]. [cit. 2016-12-12]. Dostupné pod licencí Creative Commons z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Coumarin_acsv.svg

Obr. 11: Xanthohumol: File:Xanthohumol.svg: Commons.wikimedia.org [online]. [cit. 2016-12-12]. Dostupné pod licencí Creative Commons z: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Xanthohumol.svg>

Obr. 12: Struktura β -glukanu: Water Structure and Science, Chaplin, M.: β -Glucan [online]. [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <http://www1.lsbu.ac.uk/water/glucan.html>

Obr. 13: Vitamin C: File:L-Ascorbic acid.svg: Commons.wikimedia.org [online]. [cit. 2016-12-12]. Dostupné pod licencií Creative Commons z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:L-Ascorbic_acid.svg

Obr. 14: Vitamin B1: Strukturní vzorec thiaminu, Mvejr: Soubor: Thiamin.png: Dostupné z: <http://www.wikiskripta.eu/index.php/Soubor:Thiamin.png>

Obr. 15: Trans-resveratrol: File:Resveratrol.svg: Commons.wikimedia.org [online]. [cit. 2016-12-12]. Dostupné pod licencií Creative Commons z: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Resveratrol.svg>

Obr. 16: P-aminobenzoová kyselina: File:4-Aminobenzoic acid.svg: Commons.wikimedia.org [online]. [cit. 2016-12-12]. Dostupné pod licencií Creative Commons z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:4-Aminobenzoic_acid.svg

Obr. 17: Acetaldehyd: File:Acetaldehyde-2D.png: Commons.wikimedia.org [online]. [cit. 2016-12-12]. Dostupné pod licencií Creative Commons z: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Acetaldehyde-2D.png>

Obr. 18: Ethylacetát: File:Ethyl-acetate-2D-skeletal.png: Commons.wikimedia.org [online]. [cit. 2016-12-12]. Dostupné pod licencií Creative Commons z: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ethyl-acetate-2D-skeletal.png>

Obr. 19: Enantiomery citronelolu: File:Citronellol enantiomers.svg: Commons.wikimedia.org [online]. [cit. 2016-12-12]. Dostupné pod licencií Creative Commons z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Citronello_l_enantiomers.svg