

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky**



**Význam piva ve výživě a jeho vliv na lidské zdraví**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: David Vrkoč**

**Obor studia: Výživa a potraviny**

**Vedoucí práce: Ing. Ivo Doskočil, Ph.D.**

© 2019 ČZU v Praze

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Význam piva ve výživě a jeho vliv na lidské zdraví" jsem vypracoval 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 autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 16. 4. 2019

---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval panu Ing. Ivo Doskočilovi Ph.D., za odborné vedení mé bakalářské práce, cenné rady a připomínky a také za trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu práce věnoval.

# Význam piva ve výživě a jeho vliv na lidské zdraví

## Souhrn

Tato bakalářská práce je zaměřena na význam piva ve výživě a jeho vlivu na lidské zdraví. První část této bakalářské práce je věnována stručné historii výroby piva. Za kolébku piva je považována oblast severní Mezopotámie a to z období přibližně 6000 let před našim letopočtem.

Další část této bakalářské práce se zabývá základními surovinami pro výrobu piva a to ječmenem, respektive ječným sladem a chmelem. V těchto surovinách jsou obsaženy sacharidy, lipidy, dusíkaté látky a polyfenolické sloučeniny, které mají velký význam v pivovarnictví, ale mají také vliv na lidské zdraví.

Hlavní pozornost této bakalářské práce je věnována významu piva v lidské výživě a jeho pozitivním a negativním účinkům na lidské zdraví. Z dietetického hlediska je významná energetická hodnota piva, 1 g ethanolu odpovídá 7 kcal. Dále je významný obsah vitamínů rozpustných ve vodě a obsah minerálních látek. Pivo lze považovat do určité míry za zdroj sacharidů, bílkovin a lipidů. Nepochybně má pivo velmi důležitou roli v pitném režimu. Nadměrná konzumace piva má negativní vliv na lidské zdraví a zvyšuje riziko vzniku celé řady civilizačních onemocnění. Neumírněná konzumace piva má akutní důsledky, kdy se jedná zejména o akutní arytmiie a chronické důsledky, jako je například kardiomyopatie. S kardiovaskulárními onemocněními je spojována i příležitostní a zároveň nadměrná konzumace piva. Dále jsou s nadměrnou konzumací piva a alkoholu spojovány onemocnění jater. Mezi nejčastější onemocnění jater patří alkoholická steatóza či cirhóza. Nadměrná konzumace alkoholu je považována za rizikový faktor vzniku kognitivních poruch. Umírněná konzumace piva může mít vliv na snižování rizika výskytu civilizačních onemocnění. Pozitivní účinky piva na lidské zdraví jsou připisovány především zvýšené antioxidační kapacitě, protizánětlivým účinkům a pozitivním účinkům v působení na lipidový profil.

**Klíčová slova:** pivo; výživa; kardiovaskulární onemocnění; hořké kyseliny; zdraví

# **The importance of beer in nutrition and influence of beer on human health**

## **Summary**

This bachelor thesis is focused on the importance of beer in nutrition and influence of beer on human health. The first part of this thesis is devoted to a brief history of beer production. The cradle of beer production is considered the area of northern Mesopotamia from about 6000 BC.

Another part of this thesis deals with basic raw materials for beer production, such as barley malt and hops. These raw materials contain carbohydrates, lipids, nitrogenous compounds and polyphenolic compounds, which have a great importance in brewing, but they have also an impact on human health.

The following chapter is devoted to the importance of beer in human nutrition. From a dietary point of view the energy value of beer, the content of water-soluble vitamins and the content of minerals are significant. Furthermore, beer contains carbohydrates, proteins and lipids. Undoubtedly, beer plays a very important role in the drinking regime. The main attention of this thesis is devoted to the importance of beer in human nutrition and its positive and negative effects on human health. From a dietetic point of view, the energy value of beer is significant, 1 gram of ethanol equals to 7 kcal. Furthermore, the content of water soluble vitamins and mineral content is significant. Beer can be considered to some extent as a source of carbohydrates, proteins and lipids. Undoubtedly, beer plays a very important role in the drinking regime. Excessive beer consumption has a negative impact on human health and increases the risk of a number of civilization diseases. Uncontrolled beer consumption has acute consequences, in particular current arrhythmias and chronic consequences, such as cardiomyopathy. Occasional and excessive consumption of beer is also associated with cardiovascular diseases. Furthermore, liver disease is associated with excessive consumption of beer and alcohol. The most common liver disease is alcoholic steatosis or cirrhosis. Excessive alcohol consumption is considered a risk factor for cognitive impairment. Moderate beer consumption may have an impact on reducing the risk of occurrence of civilization diseases. The positive effects of beer on human health are mainly attributed to increased antioxidant capacity, anti-inflammatory effects and positive effects on the lipid profile.

**Keywords:** beer; nutrition; cardiovascular disease; bitter acids; health

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše</b>	<b>3</b>
<b>3.1</b>	<b>Historie výroby a konzumace piva</b>	<b>3</b>
	Mezopotámie a Egypt	3
	Helénistické období	3
	Keltové a Germáni	3
<b>3.2</b>	<b>Základní suroviny piva</b>	<b>4</b>
3.2.1	Sacharidy	5
3.2.2	Lipidy	7
3.2.3	Dusíkaté látky	8
3.2.4	Polyfenolické látky	10
3.2.4.1	Fenolové kyseliny	10
3.2.4.2	Flavonoidy	11
3.2.4.3	Lignany	13
3.2.4.4	Prenylované flavonoidy	13
3.2.4.5	Resveratrol	14
3.2.5	Chmelové pryskyřice	15
3.2.5.1	$\alpha$ -Hořké kyseliny	15
3.2.5.2	$\beta$ -Hořké kyseliny	16
3.2.6	Chmelové silice	17
<b>3.3</b>	<b>Význam piva ve výživě</b>	<b>18</b>
3.3.1	Energetická hodnota	18
3.3.2	Vitamíny	19
3.3.3	Minerální látky	20
3.3.4	Sacharidy	21
3.3.5	Bílkoviny	21
3.3.6	Lipidy	21
3.3.7	Pitný režim	22
<b>3.4</b>	<b>Negativní vliv piva na lidské zdraví</b>	<b>22</b>
3.4.1	Vliv alkoholu na kardiovaskulární systém	22
3.4.1.1	Akutní důsledky	22
3.4.1.2	Chronické důsledky	23
3.4.2	Onemocnění jater	24
3.4.3	Kognitivní poruchy a demence	24
3.4.4	Riziko vzniku rakoviny	25
3.4.5	<i>Diabetes mellitus</i>	25

3.4.6	Osteoporóza .....	26
<b>3.5</b>	<b>Pozitivní vliv piva na lidské zdraví.....</b>	<b>26</b>
3.5.1	Antioxidační účinky piva.....	26
3.5.2	Pozitivní účinek piva na kardiovaskulární onemocnění .....	27
3.5.2.1	Účinek polyfenolických látek.....	30
3.5.2.2	Účinek alkoholu .....	30
3.5.3	Antikancerogenní a antimutagenní účinky .....	31
3.5.4	Snižování rizika výskytu demence .....	32
3.5.5	Vliv piva na osteoporózu .....	33
3.5.6	Další pozitivní účinky konzumace piva.....	33
3.5.7	Nealkoholické pivo .....	34
3.5.7.1	Kojící ženy .....	35
<b>4</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>36</b>
<b>5</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>37</b>

# 1 Úvod

Konzumace piva v České republice se číší velké oblibě a již několik let drží Česká republika prvenství v konzumaci tohoto alkoholického nápoje. Podle Českého statistického úřadu byla v roce 2017 spotřeba piva 144,3 litrů na jednoho obyvatele, což je ovšem o 19 litrů méně než tomu bylo v roce 1992.

Pivo je kvašený alkoholický nápoj vyráběný z vody, sladu, chmele a pivovarských kvasnic. Voda je nezbytná složka piva, u které se před použitím zkoumá alkalita a tvrdost. Většina piv je připravována z ječného sladu, ale podle výroby pivního stylu se může použít například slad pšeničný nebo ovesný. Slad dodává sacharidy, které jsou nezbytné pro růst a práci kvasnic. Pivovarské kvasnice se podle teploty kvašení dělí na spodní a svrchní. Zatímco spodní pivovarské kvasnice se používají na spodně kvašená piva jako je ležák a piva jemu podobná, svrchní pivovarské kvasnice se používají na přípravu svrchně kvašených piv jako je ALE, IPA nebo pšeničná piva. Typickou hořkou chuť a aroma pivu propůjčuje chmel.

Pivo obsahuje látky, které mají pozitivní vliv na lidské zdraví. Jedná se zejména o polyfenolické látky, fytoestrogeny, vitamíny rozpustné ve vodě a alkohol. Tyto látky mohou mít při umírněné konzumaci piva pozitivní vliv na lidské zdraví. Naopak neumírněná konzumace piva má negativní vliv na lidské zdraví.



## **2 Cíl práce**

Hypotéza: Pivo jako alkoholický nápoj má mimo negativních účinků na lidské zdraví také pozitivní vliv a to zejména na kardiovaskulární onemocnění.

Cílem práce je vytvořit literární přehled o významu piva v lidské výživě, popsat jeho negativní a pozitivní stránky. Práce se bude zaměřovat zejména na kardiovaskulární onemocnění, ale také na další onemocnění, která mohou být pozitivně ovlivněna konzumací piva v dávkách nepřekračující malé množství.

## **3 Literární rešerše**

### **3.1 Historie výroby a konzumace piva**

#### **Mezopotámie a Egypt**

Pivo je jedním z nejstarších cíleně připravovaných nápojů. První zmínky o konzumaci piva pocházejí z oblasti severní Mezopotámie a to z období přibližně 6000 let před našim letopočtem. Jedním z důkazů, že nápoj podobný dnešnímu pivu pocházel právě z této doby je Hymnus na Ninkasi, jedná se o recept na pivo, který je psán ve verších. V těchto dobách mělo pivo význam převážně jako potravina. Množství konzumovaného piva v této době odpovídalo přibližně jednomu litru na osobu za den. Výroba piva spočívala ve výrobě těsta z naklíčených a usušených obilných zrn, toto těsto bylo následně upečeno a poté bylo namočeno ve vodě, kde docházelo k fermentaci. Podle doložených nálezů bylo rmutování prováděno za studena, jednalo se dlouhodobou digesci sladu vodou, při které docházelo k degradaci škrobu. Takto vyráběná piva byla chuťově velmi rozmanitá. Postupem času se výroba piva začala přesouvat směrem na západ (Bamforth 2004).

#### **Helénistické období**

V roce 331 před našim letopočtem dobyl Alexandr Veliký Egypt a byla zde založena Ptolemaiovská dynastie. Ptolemaiovcí představili Egyptu víno, které se stalo populární ve vyšších třídách obyvatelstva. Výroba a prodej piva v této době byla regulována a stala se státním monopolem. V důsledku regulace zneužívání piva jako alkoholického nápoje byla z piva odváděna daň. Řekové preferovali konzumaci vína před pivem, zejména z kulturních a ideologických důvodů a pivo považovali za nápoj barbarů. Říše Ptolemaiovců se stala součástí římské říše a pivo se stalo nápojem legionářů. V důsledku legionářských tažení bylo pivo šířeno dále na severozápad (Esslinger 2009).

#### **Keltové a Germáni**

Do doby neolitu nebylo pěstování obilí v Severní Evropě rozšířené. Výroba piva v Severní Evropě se lišila od výroby piva v Mezopotámii. Mezi 5. a 3. stoletím před našim letopočtem postupovali Keltové směrem na jih na území dnešní Itálie a také směrem na východ na území dnešního Maďarska, Turecka a Řecka. Během těchto tažení si Keltové osvojili výrobu piva. Způsoby výroby a piva se na území Galie a Španělska se lišily, avšak suroviny na výrobu piva zůstávaly stejné.

Archeologické nálezy dokazují, že Germáni na výrobu piva využívali naklíčených zrn pšenice, případně ječmene. Takto naklíčená zrna nebyla dále sušena, jak je tomu v současnosti při výrobě sladu, ale byla smíchána s vodou, směsí bylin a medu. Tato směs podléhala spontánní fermentaci (Esslinger 2009).

Od 9. století docházelo napříč celou Evropou k výstavbám klášterů. Pro kláštery, které se nacházely v Jižní Evropě, byly typické vinice a s nimi spojená výroba vína, zatímco kláštery nacházející se v severnějších částech Evropy byla typická výroba piva. Chladnější klima na severu Evropy bylo vhodnější k pěstování ječmene a vedlo ke vzniku klášterních pivovarů v Německu, Skandinávii a na Britských ostrovech. Z počátku bylo pivo v kláštorech vařeno pouze pro potřebu mnichů. Na přelomu 12. a 13. století začínají kláštery prodávat své pivo a z pivovarství se stává komerční činnost (Cabras & Higgins 2016)

### 3.2 Základní suroviny piva

Ječný slad, spolu s chmelem, vodou a pivovarskými kvasnicemi jsou základními složkami piva.

Ječný slad se vyrábí naklíčením a hvozdním sladovnického ječmene ve sladovnách. Z hlediska důležitosti se ječmen (*Hordeum vulgare* L.) řadí spolu s pšenicí (*Triticum*), rýží (*Oryza*) a kukuřicí (*Zea mays*) mezi nejdůležitější plodiny světa. Nejen mezi nejdůležitější plodiny se řadí ječmen, ale i mezi nejstarší. Archeologické nálezy dokázaly existenci ječmene v okolí řeky Nilu přibližně před 17 000 lety (Idehen et al. 2017). Dále se ječmen šířil na evropský kontinent především kvůli migraci národů z oblasti Mezopotámie a také díky vzniku obchodních cest. Ječmen byl v té době základní potravinou a pekl se z něj například ječný chléb. S odstupem času se začal ječmen využívat hlavně na krmení hospodářských zvířat, v lihovarnictví a na výrobu sladu. V současné době se ječmen využívá z 55-60 % na výživu hospodářských zvířat a z 30-40 % na výrobu sladu. Z hlediska lidské výživy je spotřeba ječmene ve většině hospodářsky vyspělých zemí velmi nízká, avšak na druhou stranu se v posledních letech objevuje snaha o zařazení ječmene do lidské výživy (Zavřelová, 2014).

Chmel a suroviny z něj vyrobené jsou doposud nenahraditelnou složkou piva, která dodává pivu typickou hořkost a aroma. Chmel otáčivý (*Humulus lupulus* L., konopovité, *Cannabaceae*) je dvoudomá víceletá plodina. Mezi nejdůležitější složky chmele patří chmelové pryskyřice, silice a polyfenoly. Tato rostlina pochází z území Mezopotámie, Kavkazu

a jižní Sibíře. Obsah látek ve chmelu není stálý, záleží na jednotlivé odrůdě, způsobu pěstování, stáří rostliny, obsahu vody nebo klimatických podmínkách (Karabín et al. 2016).

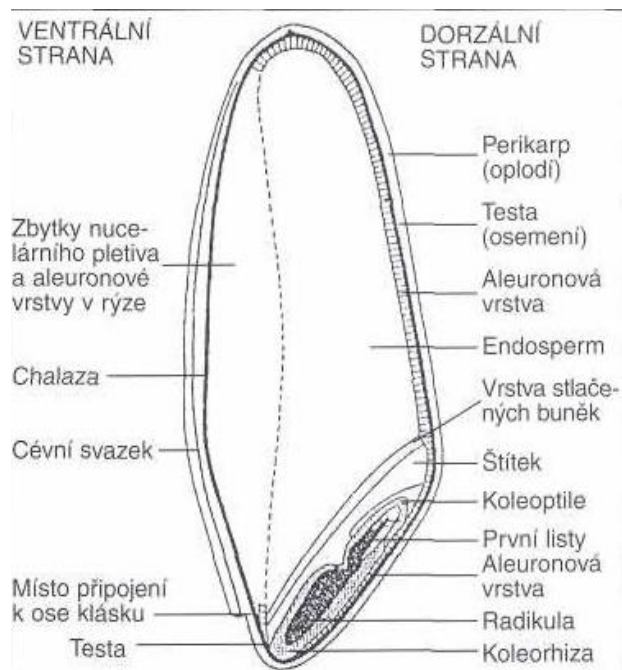
Jednotlivé chmelové odrůdy jsou rozděleny do kvalitativních skupin, které zahrnují kromě genetické příbuznosti také hodnocení jejich pivovarských vlastností, jako je například obsah  $\alpha$ -hořkých kyselin, podíl kohomulonu v  $\alpha$ -hořkých kyselinách a podíl farnesenu v silicích. V současnosti jsou odrůdy chmele rozděleny do čtyř kvalitativně odlišných skupin:

- Jemné aromatické odrůdy, jsou odrůdy, u kterých se obsah  $\alpha$ -hořkých kyselin pohybuje v rozmezí 3,5 až 4,0 %, z toho podíl kohomulonu tvoří 25 až 30 %, podíl farnesenu v silicích 10 až 15 %. Do této skupiny patří Žatecký poloraný červeňák, který je původem z České republiky, dále odrůdy Tettngang a Spalt původem z Německa a odrůda Lublin z Polska.
- Aromatické chmele mají obsah 3,5 až 6,5 %  $\alpha$ -hořkých kyselin, podíl kohomulonu 20 až 40 % a podíl farnesenu do 5 %. Do této skupiny patří tradiční bavorské odrůdy Hersbrucker a Hallertauer, dále odrůda Cascadela z USA a v neposlední řadě hybridní odrůda Sládek pocházející z České republiky.
- Hořké chmele obsahují přibližně 8 %  $\alpha$ -hořkých kyselin, podíl kohomulonu 30 % a farnesenu do 2 %. Tyto odrůdy mají poměrně vyšší obsah hořkých látek, ale mají také příznivé aroma, proto bývají označovány jako „poloaromatické“. Do této skupiny se řadí například odrůda Northern Brewer, která je ve velké míře pěstována v Německu.
- Vysokoobsažné chmele jsou hybridní odrůdy, které se vyznačují vysokým obsahem  $\alpha$ -hořkých kyselin, až 15 %, nicméně se také obvykle vyznačují horším aroma. Jedná se například o odrůdy Magnum z Německa, Nugget a Taurus z Anglie (Krofta 2003; Almaguer et al. 2014).

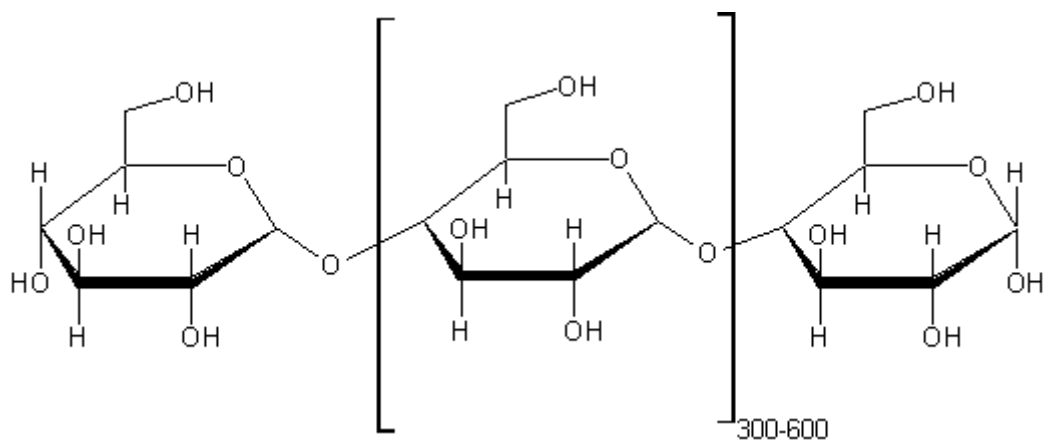
### 3.2.1 Sacharidy

Škrob je nejdůležitější součástí ječného zrna (Obr. 1) pro pivovarnické účely. Přibližně 60-65 % sušiny ječného zrna je tvořeno právě škrobem. V ječmeni má funkci zásobního polysacharidu a v období vývinu klíčku je také zdrojem živin (Wunderlich et Back, 2008). V endospermu sladu se škrob nachází ve škrobových zrnech, jejich stěny jsou tvořeny neškrobovými polysacharidy a proteiny. Škrobová zrna, která se vyskytují v ječmeni či v ječném sladu dělíme na malá a velká. Velká škrobová zrna dosahují rozměru 25 až 30  $\mu\text{m}$

a zastávají přibližně 10 % celkového počtu zrn, přičemž ale tvoří 90 % hmotnosti škrobu. Malá škrobová zrna mají velikost 1 až 5  $\mu\text{m}$  a tvoří 90 % z celkového počtu zrn avšak pouze 10 % hmotnosti škrobu. Škrob se skládá z molekuly amylosy (20-25 %) a z molekuly amylopektinu (75-80 %). Amylosa je tvořena nevětvenými řetězci molekul glukosy, které jsou vázány  $\alpha$ -1,4 glykosidickými vazbami (Obr. 2). Amylopektin tvoří větvené řetězce z glukosových jednotek, které jsou vázány  $\alpha$ -1,4 a  $\alpha$ -1,6 glykosidickými vazbami (Esslinger 2009).



**Obr. 1:** Podélný řez obilkou (Mac Gregor, Bathy, 1993; upraveno Psota, Šábek, 1999).



**Obr. 2:** Chemická struktura amylosy.

Dále je zrno ječmene složeno z neškrobových polysacharidů, jejichž obsah je 10-14 %. Mezi ně patří především celulosy, hemicelulosy, lignin a glykany, které jsou strukturálními součástmi buněčných stěn obalových vrstev. Díky svým pozitivním účinkům na lidský organismus jsou z potravinářského hlediska nejvýznamnější  $\beta$ -glukany. Jejich důležitost spočívá především ve snižování rizika kardiovaskulárních onemocnění, diabetu typu 2, dále mají pozitivní vliv na snižování krevního tlaku a v prevenci obezity (Arendt & Zannini 2013).

Celulosa tvoří přibližně 6 % sušiny zrna ječmene a je obsažena hlavně v pluchách, ve stopovém množství se nachází v oplodí, osemeni a klíčku. Je tvořena molekulami glukosy, které jsou vázány  $\beta$ -1,4 glykosidovými vazbami. Hlavní stavební jednotkou je disacharid cellobiosa. Celulosa je bez chuti, bez zápachu a ve vodě nerozpustná. Při scezování a vyslazování mladiny působí jako součást filtrační vrstvy vytvořené mlátem (Wunderlich et Back, 2008).

Hemicelulosy jsou sloučeniny, které se nacházejí v buněčných stěnách rostlin, kde zpevňují a vyplňují prostor mezi celulosovými vlákny. Hemicelulosa tvoří přibližně 75 % hmoty buněčných stěn endospermu ječného zrna a v aleuronové vrstvě asi 25 % (Wunderlich et Back, 2008).

$\beta$ -glukany jsou řetězce glukopyranosových jednotek, které jsou vázány ze 70 % glykosidovými vazbami  $\beta$ -1,4 a z 30 % glykosidovými vazbami  $\beta$ -1,3. Tyto vazby propůjčují molekule pružný charakter se schopnostmi kontrakce či pružnosti. V ječmeni se obsah  $\beta$ -glukanů pohybuje v rozmezí 5 až 6 %, ve sladu je obsah  $\beta$ -glukanů přibližně 1 %, během varného procesu piva jejich obsah dále klesá (Jin et al. 2004).

Sacharidy obsažené v chmelu nemají ve výrobě piva zásadní technologický význam. Sušený chmel obsahuje 2 až 4 % monosacharidů, nízké množství di-, tri- a oligosacharidů a přibližně 1 až 2 % pektinových látek (Pfenninger et al. 1979).

### **3.2.2 Lipidy**

Lipidy jsou v pivovarnictví důležité zejména v metabolismu kvasinek při fermentaci, ale také jsou zodpovědné za chuť piva, protože inhibují vznik chuťově aktivních esterů. Během fermentace jsou nezbytné především vyšší nenasycené mastné kyseliny, které jsou důležité pro růst a funkci membrán pivovarských kvasinek (Cozzolino et Degner, 2016). Lipidům a volným

masným kyselinám je přisuzován negativní vliv na stabilitu pěny (Ishibashi et al. 1997; Leiper et al. 2003a, b; Iimure et al. 2009; Iimure et al. 2010).

Lipidy jsou velmi různorodá skupina, kterou spojují jejich hydrofobní vlastnosti. Do této skupiny patří významné látky, jako jsou například mastné kyseliny, acylglyceroly, fosfolipidy a lipoproteiny. (Kaukovirta-Norja et al. 1997).

V ječmeni jsou lipidy přítomny v aleuronové vrstvě a v klíčku obilky. Představují přibližně 3 % sušiny a stejný obsah lipidů je přítomen i ve sladu (Wunderlich et Back, 2008). Nejdůležitějšími masnými kyselinami v zrna ječmene jsou palmitová kyselina, olejová kyselina, linolová kyselina a linolenová kyselina. Největší podíl mezi masnými kyselinami představuje linolová kyselina a to 50-60 % (Zavřelová, 2014).

Ve chmelu se lipidy vyskytují v koncentracích přibližně 3 %. Jedná se o alkoholy, estery, kyseliny a steroidní látky, které nemají zásadní technologický význam při výrobě piva (Pfenninger et al. 1979)

### **3.2.3 Dusíkaté látky**

Při výrobě piva mají dusíkaté látky pozitivní, ale i negativní význam v návaznosti na jejich fyzikálně-chemické vlastnosti. Pozitivní význam mají nejen na pěnivost a stabilitu pěny, ale také na plnost chuti piva. Dále jsou nezbytné pro metabolismus kvasinek. Významným proteinem je protein přenášející lipidy (LTP-Lipid Transfer Protein), který má schopnost vázat lipidy a tím zabraňuje jejich negativním vlastnostem v pěnivosti piva (Evans & Sheehan 2002). Pozitivní vliv na stabilitu pěny mají také látky pocházející z chmele, zejména iso- $\alpha$ -hořké kyseliny (Van Nierop et al. 2004; Robinson et al. 2007). Naopak negativně se dusíkaté látky projevují tvorbou zákalů (Gupta et al. 2010). Základním aminokyselinám je přisuzován negativní vliv na stabilitu pěny (Ishibashi et al. 1997; Leiper et al. 2003a, b; Iimure et al. 2009; Iimure et al. 2010).

Celkový obsah dusíkatých látek v ječmeni není stabilní. Jejich množství může kolísat od 8 % do 12 %. Do hotového piva se dostane přibližně jedna třetina z celkového množství bílkovin. Ačkoliv je jejich množství v pivě malé, bílkoviny mají znatelný vliv na kvalitu piva. Z tohoto důvodu by se hodnota obsahu bílkovin v ječmeni měla pohybovat v rozmezí od 10,5 % do 11,7 %. Obsah dusíkatých látek v ječmeni se nedá ovlivnit výběrem odrůdy, protože více

než 80 % variability znaku je ovlivněno agroekologickými podmínkami ročníku (tab. 1), (Prokeš, 2000).

**Tabulka 1:** Průměrné hodnoty obsahu bílkovin v ječmeni sklizní 1981-1999 (Prokeš, 2000).

Rok sklizně	Obsah bílkovin [%]	Rok sklizně	Obsah bílkovin [%]
1981	11,5	1991	11.2
1982	12,2	1992	11.2
1983	11,4	1993	12.0
1984	11,4	1994	11.3
1985	11,1	1995	11.3
1986	11,1	1996	11.1
1987	11,3	1997	11.2
1988	11,5	1998	11.3
1989	10,7	1999	10.7
1990	11,4		

Dusíkaté látky v ječmeni jsou nezbytné pro kvalitu sladu a výsledného piva. Jedná se o velmi rozmanitý komplex sloučenin, do kterého patří například nerozpustné vysokomolekulární složky, polypeptidy rozdílné struktury a jednoduché aminokyseliny. Dusíkaté látky v zrně lze rozdělit na proteidy, proteiny a nebílkovinné dusíkaté látky. Proteidy jsou bílkoviny složené, které se dělí na glykoproteidy, fosfoproteidy a nukleoproteidy. Naopak proteiny jsou bílkoviny jednoduché. Do této skupiny patří albuminy, globuliny, prolaminy a gluteliny. Mezi nebílkovinné dusíkaté látky se řadí aminokyseliny, aminy a amidy. Každý protein je rozpoznatelný podle počtu a druhu aminokyselin, ze kterých je složen. Zásadní jsou jejich vlastnosti, jako je například pořadí aminokyselin, jejich spojení a prostorová struktura aminokyselin v proteinové molekule a také způsob jakým jsou uspořádány. Podle funkčních vlastností rozdělujeme jednoduché bílkoviny na bílkoviny protoplasmatické - strukturální (albuminy a globuliny) a bílkoviny zásobní (prolaminy a gluteliny). Jednoduché bílkoviny představují přibližně 92 % z celkového množství bílkovin ječmene a podle rozpustnosti jsou děleny na čtyři skupiny (Prokeš, 2000).

Albuminy jsou vysokomolekulární bílkoviny, které jsou rozpustné ve vodě a ve slabých roztocích soli. Celkový obsah albuminů v ječmeni se podle různých autorů pohybuje mezi 11% a 12,1% z celkového obsahu bílkovin (Prokeš, 2000). Globuliny jsou také rozpustné v roztocích solí, avšak ve vodě jsou nerozpustné. Jejich koagulace probíhá při teplotě 90°C. Přítomny jsou čtyři základní složky,  $\alpha$ -globulin,  $\beta$ -globulin,  $\gamma$ -globulin a  $\delta$ -globulin. Prolaminy jsou



nerozpustné ve vodě a roztocích solí, rozpouštějí se v 50 až 90% roztoku ethanolu. Prolaminy tvoří přibližně 37 % z celkového množství proteinů ječmene (Steiner et al., 2011). Jedná se o velmi heterogenní skupinu sloučenin. Ječný prolamin hordein má pět základních komponent, dva z nich  $\delta$ -hordein a  $\epsilon$ -hordein, které jsou součástí koloidních zákalů piva. Gluteliny se nacházejí v buněčných stěnách a jsou rozpustné pouze v alkalických roztocích. Obsah glutelinů se v ječmeni pohybuje v rozmezí 30-54,5 %. Gluteliny jsou odbourávány a odstraněny společně s mlátem (Prokeš, 2000).

Obsah dusíkatých látek ve chmelu je závislý na více faktorech, jako je odrůda, podmínky vegetace a sklizně. V závislosti na těchto faktorech se obsah pohybuje v rozmezí 12 až 18 % v sušině (Pfenninger et al. 1979).

### **3.2.4 Polyfenolické látky**

Polyfenolické látky sladu a chmelu mají vliv na antioxidační aktivitu a senzorickou stabilitu piva. Přibližně 70-80 % polyfenolů piva pochází z ječného sladu a zbývajících 20-30 % připadá na chmelové polyfenoly (Olšovská et al. 2014). Polyfenolické látky jsou sekundární metabolity, které chrání rostliny před patogeny a škůdci a podílejí se na růstu a rozmnožování rostlin (Treutter 2005). Vysoký podíl polyfenolických látek obsažených v ječmenu se nachází v obalových částech zrna. Polyfenolické látky tvoří 0,1-0,6 % hmotnosti sušiny ječmene (Siebert, 2006) a 4 % hmotnosti sušiny chmelu. Množství a složení polyfenolů v zrně ječmene a chmelu se liší v závislosti na genetických vlastnostech odrůdy a environmentálních faktorech (Benitez et al. 1997, Malik, 2012). V zrně ječmene a v chmelu se nacházejí různé skupiny fytochemikálií, které mohou být volné, vázané nebo v konjugované formě. Podle Zindulky (2008) můžeme fenolické látky rozdělit na flavonoidy a nonflavonoidy. Mezi nonflavonoidy se řadí fenolové kyseliny, stilbeny, taniny a lignany. Autorské kolektivy Tedesco et al. (2005) a Vinson et al. (2003) stanovily obsah polyfenolických látek v komerčně prodávaných pivech, tento obsah se pohybuje v rozmezí 32-426 mg/l. Vinson et al. (2003) seřadil vybrané pивní styly podle obsahu polyfenolických látek: ale > ležák > stolní pivo > nealkoholické pivo.

#### **3.2.4.1 Fenolové kyseliny**

Fenolové kyseliny se dělí do dvou skupin: hydroxybenzoové kyseliny a hydroxyskořicové kyseliny. Mezi hydroxybenzoové kyseliny patří například gallová,  $p$ -hydroxybenzoová, vanilová a syringová kyselina. Hydroxyskořicové kyseliny obsahují 3 až 6 atomů uhlíku a řadí se mezi ně kumarová, felurová, kávová a sinapová kyselina (Dykes and

Rooney, 2007). Fenolové kyseliny se vyskytují v ječmeni v nejvyšší koncentraci ve vázané formě, následovány konjugovanou formou a v nejnižší koncentraci se vyskytují ve volné formě (Bonoli et al., 2004). Množství volných fenolových kyselin v ječmeni se pohybuje rozmezí 4,6-23 µg/g. Fenolové kyseliny v konjugovaných formách se vyskytují v množství 86-198 µg/g. Ve vázané formě se fenolové kyseliny vyskytují v nejvyšším množství a to přibližně 133-523 µg/g (tab. 2) (Holtekjølen et al., 2006; Abdel - Aal et al., 2012). Z celkového množství polyfenolických látek chmelu, tvoří deriváty hydroxybenzoové kyseliny méně než 0,01 % a deriváty hydroxyskořicové kyseliny tvoří 0,01-0,03 % (Almaguer et al. 2014).

**Tabulka 2:** Celkový obsah a složení volných, vázaných a konjugovaných forem fenolových kyselin v ječmeni (Andersson et al., 2008).

Fenolová kyselina	Volná forma (µg/g)	Konjugovaná forma (µg/g)	Vázaná forma (µg/g)
ρ-hydroxybenzoová kyselina	n.	5,8-26,7	0,5-5,4
Vanilová kyselina	1,45-4,71	8,9-30,2	0,5-7,5
Syringová kyselina	0,45-3,74	2,2-10,0	0,0-3,0
2,4-dihydroxybenzoová kyselina	0,04-2,62	6,8-61,8	11,1-74,4
Sinapová kyselina	n.	12,4-24,4	8,9-17,8
Felurová kyselina	1,32-5,87	21,7-42,5	104,3-365,4
ρ-kumarová kyselina	0,57-7,01	1,7-13,1	2,7-109,7
o-kumarová kyselina	0,27-1,31	1,2-3,2	2,7-4,7

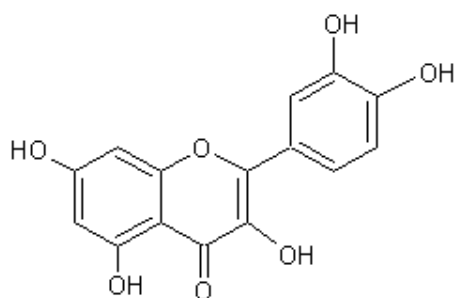
n. = nezjištěno

### 3.2.4.2 Flavonoidy

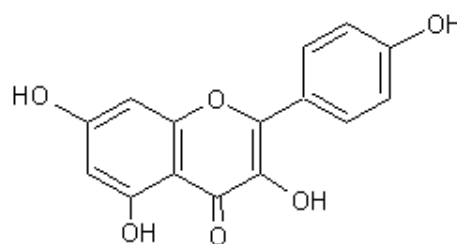
Další významnou a velmi rozšířenou polyfenolickou skupinou jsou flavonoidy (Robards et al. 1999). Klinické studie (Gani et al., 2012; Tang et al., 2016) dokazují, že flavonoidy mají pozitivní vliv na lidské zdraví, zejména pak na snižování rizika vzniku rakoviny a ischemické choroby srdce. Mezi hlavní druhy flavonoidů v zrna ječmene a chmelových hlávkách se řadí flavonoly, flavanoly, anthokyaniny a proanthokyanidiny (tab. 3). Nejčastěji se flavonoidy vyskytují ve formě glykosidů, ve kterých jsou cukernými složkami D-glukosa a L-rhamnosa. Mezi flavonoly se řadí například kvercetin, kempferol a myricetin (Obr. 3) (Karabín et al. 2016).

**Tabulka 3:** Obsah vybraných flavonoidů obsažených v ječmeni, chmelu a pивě (Preedy 2009).

Flavonoid	Pivo (mg/l)	Chmel (mg/kg)	Ječmen (mg/kg)
<b>Flavonoly</b>			
Kempferol	≤16,4		109
Kempferol-3-glukosid		310-620	
Kempferol-3-rhamnosid	≤1,0		231
Kvercetin	≤10,0		
Myricetin	≤ 0,5		
<b>Flavanoly</b>			
Katechin	≤7,3	260	30-95
Epikatechin	≤1,8	194	
<b>Proanthokyanidiny</b>			
Prokyanidin B3	≤3,6		63-350
Prodelfidin B3	≤4,5		48-450
Prodelfidin B9	≤3,9		



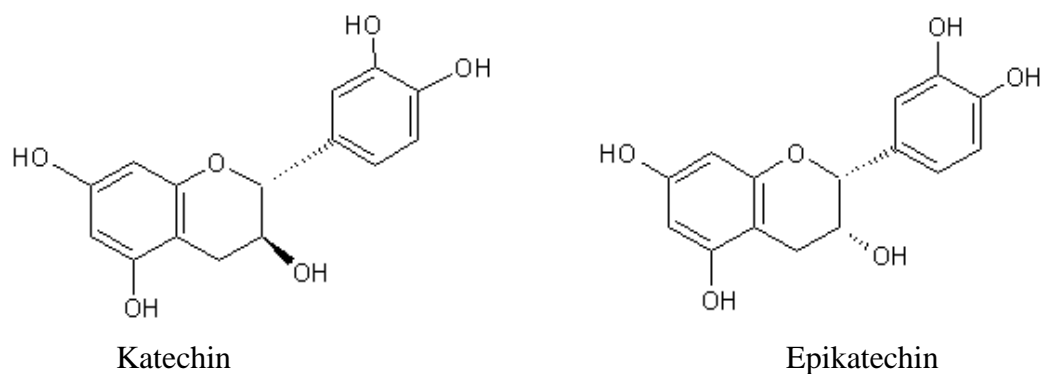
Kvercetin



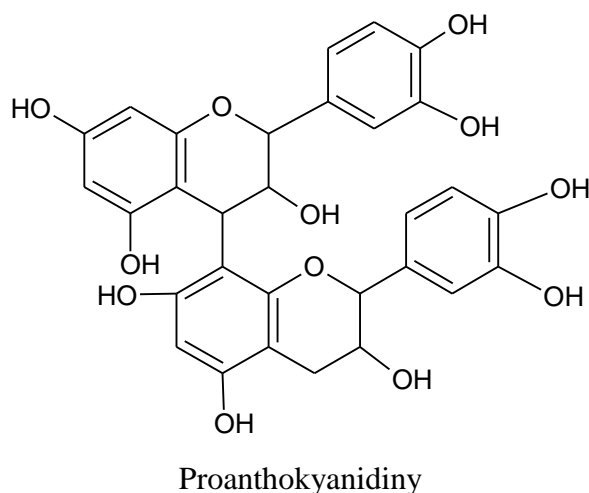
Kempferol

**Obr. 3:** Chemická struktura flavonolů.

Další skupinou flavonoidů jsou flavanoly, mezi které patří katechiny, epikatechiny a flavan-3-oly (Obr. 4). Flavanoly jsou stavebními látkami pro dimery, trimery a další polymerní struktury. Tyto polymery vznikají během stárnutí chmele, kdy monomerní sloučeniny samovolně kondenzují ve větší molekuly za působení kyslíku, světla a tepla a jsou známy jako proanthokyanidiny (Obr. 5) či kondenzované taniny (Almaguer et al. 2014). Anthokyaniny jsou přítomny v zrna ječmene v oplodí, kde se vyskytují jako deriváty glykosidů, jedná se o kyanidin-3-glukosid, penidin-3-glukosid a delfinidin-3-glukosid (Abdel - Aal et al., 2006; 2012). Liu (2013) uvádí, že obsah flavonoidů v ječmeni je závislý na odstínu barvy zrna, modrá a fialová zrna mají vyšší obsah flavonoidů než zrna s černým odstínem.



**Obr. 4:** Chemická struktura flavanolů.



**Obr. 5:** Chemická struktura proanthokyanidiny.

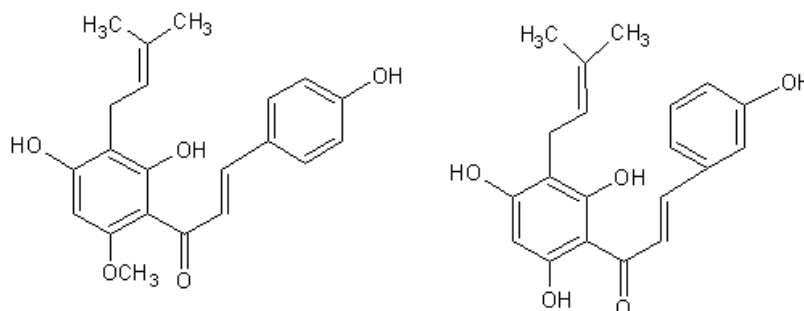
### 3.2.4.3 Lignany

Lignany jsou další polyfenolickou složkou, vyskytující se v rostlinách, kde působí jako přirozené ochranné látky proti patogenům. Lignany vyvolávají široké spektrum biologických aktivit. Působí pozitivně jako antioxidanty, antikarcinogenní látky, dále mohou zmírňovat výskyt srdečních chorob (Prasad et al., 2016; Rhee et al., 2016). Strukturou jsou lignany podobné hormonu estrogenu, v těle se mohou vázat na estrogenové receptory a tím tak navozovat estrogení účinek. Z tohoto důvodu jsou řazeny mezi estrogény (Blitz et al. 2007).

### 3.2.4.4 Prenylované flavonoidy

V posledních dvou dekáдах jsou prenylované flavonoidy velmi diskutovány, zejména díky jejich biologickým aktivitám, které prokazují pozitivní vliv na lidské zdraví (Karabín et al. 2016). Hlavní složkou prenylovaných flavonoidů v čerstvém chmelu je xanthohumol, který tvoří 80 až 90 % z celkového množství prenylflavonoidů, v menším množství je zastoupen

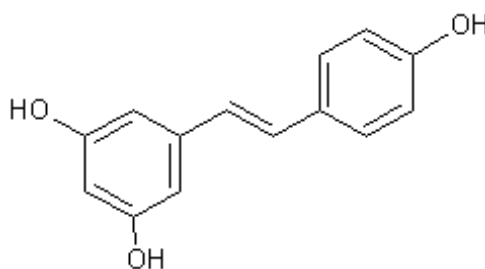
desmethylxanthohumol, který tvoří 2 až 3 % z celkového množství prenylflavonoidů. Xanthohumol a desmethylxanthohumol (Obr. 6) podléhají během varního procesu izomeraci a vznikají jejich izomery, isoxanthomul z xanthohumolu a z desmethylxanthohumolu vznikají dvě sloučeniny v poměru 1 : 1, jedná se o 6-prenylnaringenin a 8-prenylnaringenin. Sloučenina 8-prenylnaringenin je fytoestrogen a je považována za jeden z nejvýznamnějších fytoestrogenů přítomných v rostlinách. Fytoestrogeny jsou rostlinné hormony a mohou působit jako prevence kardiovaskulárních a karcinogenních onemocnění (Biendl & Pinzl 2009).



**Obr. 6:** Chemická struktura xanthohumolu a desmethylxanthohumolu.

#### 3.2.4.5 Resveratrol

Callemien et al. (2005) zmínili přítomnost tří kardioprotektivních stilbenů, které jsou obsaženy ve chmelu, jedná se o *trans*-resveratrol (Obr. 7), *trans*- a *cis*-piceid. Od té doby proběhlo stovky výzkumů, které potvrdily pozitivní účinky resveratrolu na lidské zdraví. Resveratrol má zejména antikancerogenní, protizánětlivé a kardioprotektivní účinky (Tsai et al. 2017). Podobně jako ostatní složky obsažené v chmelu, tak i jejich obsah je závislý na mnoha faktorech. Jsou známy především pozitivní účinky resveratrolu v červeném víně (Ndlovu & Caleb 2019). Obsah *trans*-resveratrolu v chmelových šišticích je mnohem nižší než hroznech vinné révy a odpovídá přibližně 2 mg/kg, což může být 10 až 100× nižší koncentrace než je přítomna hroznech vinné révy. *Trans*-resveratrol má hydrofobnější charakter než ostatní chmelové polyfenolické látky, tudíž se snižuje jeho výskyt v hotovém pivu. Chiva-Blanch et al. (2010) provedli analýzu 110 vzorků komerčně prodávaných piv a zjistili, že nejvíce zastoupeným stilbenem v pivu je *trans*-resveratrol, přičemž nejvyšší obsah činil 66,74 µg/ml této látky.



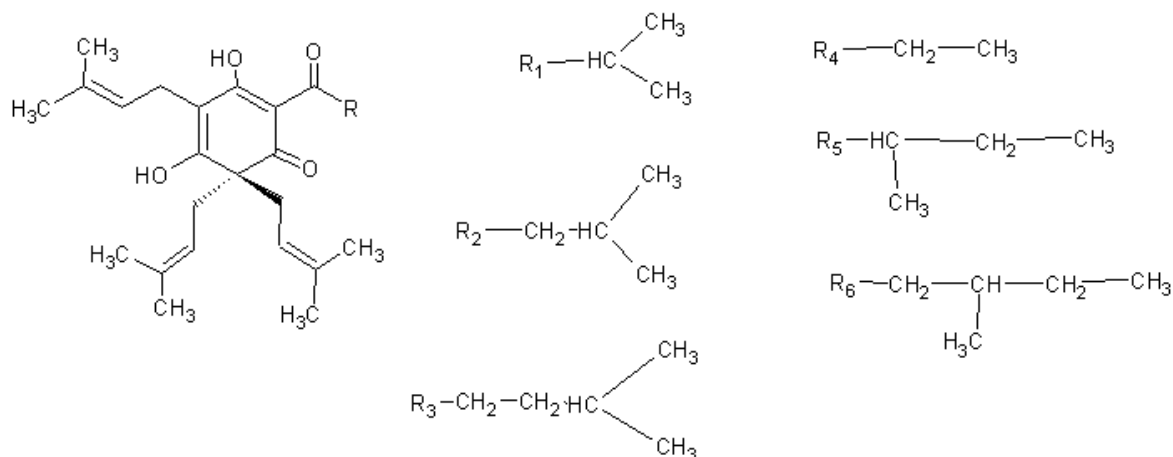
**Obr. 7:** Chemická struktura *trans*-resveratrolu.

### 3.2.5 Chmelové pryskyřice

Chmelové pryskyřice patří mezi nejdůležitější složky chmele. V závislosti na odrůdě a podmínkách pěstování může celkový obsah chmelových pryskyřic dosahovat od 15 do 30 % z celkové hmotnosti sušeného chmele. Základními složkami chmelových pryskyřic jsou specifické měkké, nespecifické měkké a tvrdé chmelové pryskyřice. Mezi měkké chmelové pryskyřice patří  $\alpha$ -hořké kyseliny a  $\beta$ -hořké kyseliny. Jedná se o látky chemicky podobné, které jsou velmi citlivé na oxidační změny. Zejména nejdůležitější  $\alpha$ -hořké kyseliny se mohou snadno změnit v nespecifické až tvrdé pryskyřice mající nižší pivovarskou hodnotu (Hough et al. 2012).

#### 3.2.5.1 $\alpha$ -Hořké kyseliny

Nejdůležitější složkou chmele jsou  $\alpha$ -hořké kyseliny, které jsou součástí chmelových pryskyřic. Jsou zodpovědné za typickou hořkou chuť piva, avšak ve výsledném pivě se  $\alpha$ -hořké kyseliny nacházejí pouze ve stopovém množství.  $\alpha$ -hořké kyseliny jsou tvořeny směsí analogů humulonů, kterými jsou kohomulon, adhumulon, prehumulon, posthumulon a adprehumulon (Obr. 8). Čistý humulon je světle žlutá pevná látka, s bodem tání v rozmezí 70-72 °C, rozpustný v organických rozpouštědlech. Jeho analogy jsou převážně olejovité kapaliny (Verzele 1986). Celkové množství  $\alpha$ -hořkých kyselin a jejich analogů je velmi proměnlivé a je závislé na řadě faktorů, záleží především na odrůdě, pěstebním místě, ročníku, podmínkách sklizně a v neposlední řadě na podmínkách skladování (Almaguer et al. 2014).

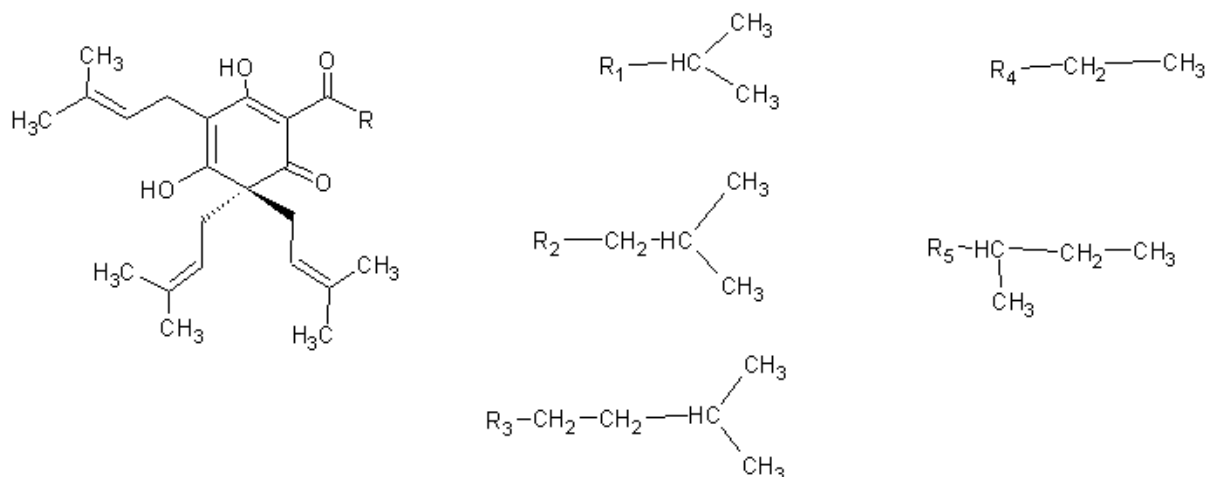


**Obr 8:** Struktura  $\alpha$ -hořkých kyselin. R-analogy  $\alpha$ -hořkých kyselin: R<sub>1</sub>-kohomulon, R<sub>2</sub>-humulon, R<sub>3</sub>-prehumulon, R<sub>4</sub>-posthumulon, R<sub>5</sub>-adhumulon a R<sub>6</sub>-adprehumulon.

Po přidání dávky chmele do varního procesu, jsou  $\alpha$ -hořké kyseliny extrahovány a tepelně izomerizovány a vznikají tak iso- $\alpha$ -hořké kyseliny. Izomerací z každého analogu  $\alpha$ -hořkých kyselin vznikají diastereoizomery, které se vyskytují v *cis* a *trans* formách (Almaguer et al. 2014).

### 3.2.5.2 $\beta$ -Hořké kyseliny

Další složkou chmelových pryskyřic jsou  $\beta$ -hořké kyseliny, které jsou složeny z lupulonu a jeho čtyř kongenerů: kolupulon, adlupulon, prelupulon a postlupulon (Obr. 9).  $\beta$ -hořké kyseliny jsou bezbarvé, krystalické soustavy hydrofobního charakteru (Verzele 1986). Mladina má nízkou hodnotu pH a  $\beta$ -hořké kyseliny jsou v ní velmi špatně rozpustné a na rozdíl od  $\alpha$ -hořkých kyselin nepodléhají izomeraci, což má za následek, že se do výsledného piva dostane pouze stopové množství  $\beta$ -hořkých kyselin (Haseleu et al. 2009; Almaguer et al. 2014).



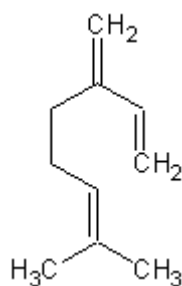
**Obr 9:** Struktura  $\beta$ -hořkých kyselin. R-analogy  $\beta$ -hořkých kyselin: R<sub>1</sub>-kolupulon, R<sub>2</sub>-lupulon, R<sub>3</sub>-prelupulon, R<sub>4</sub>-postlupulon a R<sub>5</sub>-adlupulon.

### 3.2.6 Chmelové silice

Další významnou složkou chmele jsou chmelové silice, které dávají chmelu svou charakteristickou vůni a aroma. Chmelové silice tvoří 0,5 až 3,0 % hmotnosti chmelu. Jedná se o směs několika set látek různého chemického složení. Zastoupení a množství jednotlivých složek je ovlivněno několika faktory, jako jsou například genetické vlastnosti odrůdy, podmínky pěstování, sklizně a skladování. Silice se tvoří v konečných fázích zrání rostliny. Chmelové silice se dají rozdělit do tří jednotlivých skupin: uhlovodíková frakce, kyslíkatá frakce a frakce sirných sloučenin (Briggs et al. 2004).

Uhlovodíková frakce obsahuje alifatické uhlovodíky, monoterpeny a seskviterpeny. V čerstvém chmelu tvoří uhlovodíková frakce největší podíl ze všech chmelových silic, přibližně 70 až 80 %. Nejvýznamnější součástí uhlovodíkové frakce jsou monoterpeny ( $\beta$ -myrcen,  $\alpha$ - a  $\beta$ -pinen,  $\beta$ -ocimen, limonen) a seskviterpeny ( $\beta$ -farnesen,  $\alpha$ -humulen,  $\beta$ -karyofylen). Nejdůležitějším a nejvíce zastoupeným monoterpenem je  $\beta$ -myrcen, tvoří 30 až 60 % celkového obsahu chmelových silic.  $\beta$ -myrcen (Obr. 10) je hlavní složkou, která je zodpovědná za pronikavou vůni čerstvého chmele (Thompson et al. 2010). Rozpustnost uhlovodíkových silic je ve sladince velmi nízká, většina těchto silic se během chmelovaru odpaří a ve výsledném pivu se vyskytují pouze ve stopovém množství (Biendl et al. 2015).





**Obr. 10:**  $\beta$ -myrcen

Kyslíkatá frakce tvoří přibližně 30 % z celkového množství chmelových silic. Je tvořena směsí terpenových, seskviterpenových, alifatických a aromatických alkoholů, aldehydů, ketonů, kyselin, epoxidů a esterů. Jsou lépe rozpustné ve vodě než silice uhlovodíkové frakce, tudíž je jejich obsah ve výsledném pivu vyšší a mají tak výrazný vliv na aroma (Almaguer *et al.*, 2014).

Sírná frakce se v chmelových silicích vyskytuje pouze ve stopovém množství. Tvoří přibližně 0,1 % z celkového množství chmelových silic, nicméně sírné sloučeniny mají negativní projev jako chuťové a vonné látky, k negativnímu projevu dochází již při nízkých koncentracích. Negativní vliv na vůni a chuť piva je přisuzována jednoduchým sírným sloučeninám a sírným sloučeninám terpenových sulfidů, polysulfidů a thioesterů. Jedná se například o sulfan, methanthiol, dimethylsulfid, dimethyldisulfid, dimethyltrisulfid, dimethyltetrasulfid (Lermusieau & Collin 2003). Tyto sloučeniny mohou způsobovat nežádoucí sensorické vady výsledného piva, které mohou způsobovat například cibulovou vůni nebo vůni vařené zeleniny (Almaguer *et al.*, 2014).

### 3.3 Význam piva ve výživě

Pivo je nápoj, který se číší velké oblíbenosti a je konzumován po celém světě. Velké oblíbenosti se pivo dostává zejména díky jeho charakteristické chuti a sensorickým vlastnostem. V neposlední řadě i díky jeho výživovým vlastnostem. Při pravidelné a umírněné konzumaci má pozitivní vliv na lidské zdraví. Z dietetického hlediska obsahuje pivo bílkoviny, vitamíny skupiny B a minerální látky (Sohrabvandi *et al.* 2012).

#### 3.3.1 Energetická hodnota

Významným údajem v dietetice je energetická hodnota piva. Je zapotřebí brát v úvahu určitou diverzitu mezi jednotlivými pivními styly, které se od sebe mohou odlišovat například

použitými surovinami, varním procesem a zejména také obsahem alkoholu ve výsledném pivě (tab. 4). Nejhojněji zastoupenými pivy, jsou piva, která mají 3-6 % alkoholu. Významným energetickým ukazatelem je zejména energetická hodnota 1 g ethanolu, která odpovídá 7 kcal (Bamforth 2004).

**Tabulka 4:** Energetické hodnoty vybraných druhů piv (Hughes & Baxter 2007).

Pivní styl	Energetická hodnota (kcal/100ml)
Stolní pivo	20-26
Ležák	20-30
Ale	25-38
Stout	35-70

### 3.3.2 Vitamíny

Obsah jednotlivých vitamínů v pivu je závislý na použitých surovinách a také na samotném varním procesu. Při mírné a pravidelné konzumaci piva lze pivo považovat za zdroj vitamínů, zejména vitamínů rozpustných ve vodě (tab. 5) (Sohrabvandi et al. 2012). Vitamíny rozpustné v tucích se ve výsledném pivě nevyskytují, protože během varního procesu a fermentace dochází k jejich ztrátám společně s nerozpustnými složkami piva. Některá piva mohou obsahovat vitamín C, který může být do piva dodáván z důvodu ochrany piva před případnou oxidací (Bamforth 2004).

**Tabulka 5:** Obsah vybraných vitamínů rozpustných ve vodě, které jsou přítomny v pivě (Bamforth 2004).

Vitamín (µg/L)	Ležák	Ale
Biotin	7-11	11-12
Nikotinová kyselina	4494-8607	7500-7753
Pantothénová kyselina	1093-1535	1375-1808
Pyridoxin	329-709	341-546
Riboflavin	219-420	331-575
Thiamin	15-58	59-181

### 3.3.3 Minerální látky

Ke správné funkci lidského organismu je zapotřebí dostatečné množství minerálních látek. Deficit minerálních látek může vést k závažným zdravotním potížím, proto lze pivo považovat za vhodný zdroj některých minerálních látek. Obsah jednotlivých minerálních látek je závislý na použitých surovinách, zejména na vodě, ale také na sladu, chmelu a pivovarských kvasnicích (Styburski et al. 2018). Přibližně 75 % minerálních látek obsažených v pivě pochází ze sladu a 25 % minerálních látek pochází z vody, pivovarské kvasnice a chmel nejsou tak významnými zdroji minerálních látek vzhledem k jejich použitému množství na výrobu piva (Montanari et al., 2009).

Styburski et al. (2018) provedli studii, ve které byl zkoumán obsah vápníku, chloru, draslíku a fosforu. Analýze bylo podrobena 52 lahvovaných piv různých pivních stylů. Obsah vápníku se pohyboval v rozmezí 0,04-0,31 g/l. Doporučený denní příjem pro vápník je v České republice pro dospělou populaci 1 g/den (Stránský & Kohout 2011). Vápník je v porovnání s ostatními minerálními látkami nejhojněji zastoupeným prvkem v lidském těle, nejvíce je přítomen v tvrdých tkáních. Vstřebatelnost vápníku z potravy je ovlivněna různými faktory, například vláknina a kofein snižují jeho vstřebatelnost (Heaney 2002) naopak laktóza a některé aminokyseliny jeho vstřebatelnost zvyšují (Civitelli et al. 1992; Abrams et al. 2002). Nedostatek vápníku může způsobovat osteomalacii a osteoporózu (Holick 2014; Kim et al. 2014a). Obsah draslíku v pivě se pohyboval v rozmezí 0,064-0,191 g/l (Styburski et al. 2018). Doporučený denní příjem pro draslík je v České republice pro dospělou osobu 2-3 g/den. Draslík je hlavním kationtem intercelulární tekutiny, který je odpovědný za regulaci správné činnosti nervů a svalů. Nedostatek draslíku může způsobovat oslabení či paralýzu svalů, naopak nadbytek draslíku může mít za následek zástavu srdce (Stránský & Kohout 2011). Dále byl stanovován obsah fosforu, jeho nejvyšší obsah byl 0,036 g/l (Styburski et al. 2018). Doporučený denní příjem pro fosfor v České republice pro dospělou osobu odpovídá 700 mg/den. Podobně jako vápník je i fosfor přítomen v tvrdých tkáních. Fosfor je složkou nukleových kyselin, adenosintrifosfátu (ATP) a fosforylovaných metabolitů v metabolických procesech. Nedostatek fosforu může způsobovat osteomalacii.

Obsah chloru odpovídal 0,1 g/l (Styburski et al. 2018). Doporučený denní příjem chloru v České republice pro dospělou osobu odpovídá 830 mg/den. Chlor má významnou roli v transformaci vody a elektrolytů, ale také při tvorbě žaludečních šťáv (Stránský & Kohout 2011).

### 3.3.4 Sacharidy

Sacharidy, které jsou obsaženy v pivě, jsou převážně zbytkové cukry, které nebyly rozloženy během fermentace a dextriny. Pivovarské kvasnice jsou schopny využít sacharózu, glukózu, fruktózu, maltózu a maltotriozu, přičemž vyšší oligosacharidy nejsou schopny rozložit a ty tak přecházejí do piva. Monosacharidy, které nebyly rozloženy fermentací, se v pivu nacházejí ve stopovém množství, jedná se především o D-ribózu, L-arabinózu, D-xylózu, D-manózu, D-galaktózu, dále jsou přítomny také některé disacharidy a trisacharidy. Celkový obsah sacharidů v pivu je variabilní a napříč různými pivními styly se liší (tab. 6) (Cortacero-Ramírez et al. 2003; Preedy 2009). Pivo obsahuje také vlákninu, průměrné hodnoty jsou v rozmezí 0,3-1 g/100 ml (Hughes & Baxter 2007).

**Tabulka 6:** Celkový obsah sacharidů ve vybraných pivních stylech (Hughes & Baxter 2007).

Pivní styl	Celkový obsah sacharidů (g/l)
Stolní pivo	2-9
Ležák	10-30
Ale	15-60

### 3.3.5 Bílkoviny

Bílkoviny obsažené v pivu pocházejí především ze sladu. Vysokomolekulární bílkoviny jsou během varního procesu vysráženy a odstraněny, zatímco většina volných aminokyselin je využita během fermentace (Bobalova & Chmelik 2007). Abernathy et al.(2009) provedli studii, ve které byl analyzován obsah bílkovin v pivu. Průměrná hodnota obsahu bílkovin u světlých piv plzeňského typu pocházející z jejich lokální produkce byla  $1,60 \pm 0,03$  mg/ml, přičemž průměrný obsah bílkovin u světlých piv plzeňského typu, pocházející ze zahraniční produkce dosahoval  $2,61 \pm 0,07$  mg/ml.

### 3.3.6 Lipidy

Hlavním zdrojem lipidů v pivu je ječný slad. Lipidy v pivu se nacházejí ve formě mastných kyselin, diacylglycerolu a triacylglycerolu. Vzhledem k celkovému obsahu lipidů v ječmenu a chmelu se lipidy v hotovém pivu nacházejí pouze ve stopovém množství. Během

fermentace dochází k nárůstu některých mastných kyselin, zejména kaprylové a kaprionové kyseliny. Celkový obsah mastných kyselin v pivu je přibližně 15-30 mg/l (Preedy 2009).

### **3.3.7 Pitný režim**

Velmi důležitou roli má pivo nepochybně v pitném režimu. Doporučený denní příjem tekutin pro dospělou populaci odpovídá 2 650 ml (Stránský & Kohout 2011). Při umírněné konzumaci piva, lze pivo považovat za vhodný zdroj tekutin a do určité míry i za zdroj živin (Bamforth 2004).

## **3.4 Negativní vliv piva na lidské zdraví**

Pivo je nápoj obsahující alkohol a proto jeho nadměrná a neumírněná konzumace ve větším množství zvyšuje riziko vzniku řady onemocnění, jako jsou například kardiovaskulární onemocnění, cirhóza, kolorektální karcinom, rakovina prsu, demence a v neposlední řadě závislost na alkoholu a sní související sociální problémy (Grönbaek 2009). Nadměrná konzumace alkoholu odpovídá množství přesahující hranici 60 g alkoholu za den pro muže a  $\geq 40$  g za den alkoholu pro ženy. Za umírněnou konzumaci alkoholu, které je připisován pozitivní vliv na lidské zdraví odpovídá příjem alkoholu nepřesahující množství 20 gramů za den pro muže a 10 g za den pro ženy (Stránský & Kohout 2011; Molina et al. 2014). Pro srovnání 12-15 g alkoholu odpovídá 240-300 ml piva o objemovém obsahu alkoholu 5 %, 100-125 ml vína o objemovém obsahu alkoholu 12 % nebo 30-37,5 ml lihovin o objemovém obsahu alkoholu 40 % (Iacovoni et al. 2010).

### **3.4.1 Vliv alkoholu na kardiovaskulární systém**

Srdeční myocyty jsou excitovatelné buňky s komplexními signálními a kontraktilními strukturami, které jsou vysoce citlivé na toxické účinky alkoholu a mají nízkou schopnost regenerace po odumření buněk (Krenz & Korthuis 2012). Alkohol má akutní a chronické důsledky, které jsou většinou závislé na dávce alkoholu (Kajander et al. 2001). Tyto důsledky mohou být reverzibilní v případě snížení dávek alkoholu či úplné abstinence (Nicolás et al. 2002). Míra poškození srdečních myocytů je závislá na dávce alkoholu, ale je také dána genetickým pozadím jedince (Drogan et al. 2012)

#### **3.4.1.1 Akutní důsledky**

Experimentální modely prokázaly akutní arytmiogenní a negativní inotropní účinky, které byly zapříčiněny vysokými dávkami alkoholu (Walsh et al. 2002).

Příležitostní a zároveň nadměrná konzumace alkoholu je spojena s rozvojem řady akutních arytmií, těmto arytmiím lze předejít abstinencí alkoholu (Van de Wiel & De Lange 2008; George & Figueredo 2010; Tonelo et al. 2013; Larsson et al. 2014). Atriální extrasystoly a fibrilace síní jsou nejčastější arytmie pozorované v důsledku příležitostní a nadměrné konzumace alkoholu (Ettinger et al. 1978; Tonelo et al. 2013), větší zdravotní hrozbu představují ventrikulární extrasystoly a tachykardie, které mohou vést k náhlému úmrtí (Wannamethee & Shaper 1992; George & Figueredo 2010). U jedinců s normální funkcí srdce je akutní arytmogenní účinek velmi ojedinělý, jeho výskyt je spojován s alkoholovou dilatační kardiomyopatií. U chronických alkoholiků vyvolává náhlá abstinence stav *delirium tremens*, během kterého dochází k srdeční arytmií (Fernández-Solà et al. 1997; Urbano-Márquez & Fernández-Solà 2004; Kloner & Rezkalla 2007). Srdeční arytmie zapříčiněná neumírněnou konzumací alkoholu, může způsobit zvýšenou sekreci katecholaminů, která má za následek prodloužení vedení intervalu QT (čas potřebný pro ventrikulární depolarizaci a repolarizaci) (George & Figueredo 2010). Fibrilace síní je nejčastější arytmie, která je spojována s chronickým příjmem alkoholu, který je vyšší než 36 gramů za den (Tonelo et al. 2013).

#### 3.4.1.2 Chronické důsledky

Nejčastější forma onemocnění vyvolaného alkoholem je kardiomyopatie, pro toto onemocnění je charakteristický snížený minutový srdeční výdej, snížená kontraktilita myokardu a dilatace srdečních oddílů. Onemocnění srdce způsobené konzumací alkoholu se obvykle projevuje přibližně po deseti letech nadměrné konzumace alkoholu (Moushmouth & Abi-Mansour 1991; Guzzo-Merello et al. 2014; Piano & Phillips 2014). Vliv alkoholu na funkci levé srdeční komory je závislý na dávce alkoholu, k projevu příznaků může dojít až po několika letech (Urbano-Marquez et al. 1989), vývoj dilatační kardiomyopatie, kdy je porušeno čerpání krve může vést k městnavému srdečnímu selhání a určitých případech dochází k náhlé smrti (Urbano-Márquez & Fernández-Solà 2004). Nadměrné konzumaci alkoholu je přisuzováno 23-47 % případů dilatační kardiomyopatie v rozvinutých zemích (Guzzo-Merello et al. 2014), které je spojována s vysokou mírou morbiditity a úmrtnosti (Walsh et al. 2002).

Nadměrná a dlouhodobá konzumace alkoholu vyvolává rozsáhlé arteriální poškození tepen koronárních, mozkových, periferních tepen a zvyšuje individuální rizikové faktory kardiovaskulárních onemocnění (Kim et al. 2014b). Ateroskleróza je onemocnění, které je

zapříčiněné nejen nadměrnou konzumací alkoholu, ale i dalšími rizikovými faktory jako je například zvýšená hladina cholesterolu v krvi, hypertenze a obezita (Sanz et al. 2013).

### **3.4.2 Onemocnění jater**

Alkoholické poškození jater je jednou z nejčastějších příčin onemocnění jater. Mezi tyto onemocnění patří alkoholická steatóza (ztučnění jater), akutní alkoholická hepatitida, alkoholická steatohepatitida, chronická hepatitida s jaterní fibrózou a cirhózou (O'shea et al. 2010; Ratziu et al. 2010).

Riziko vzniku alkoholické steatózy je spojováno s konzumací 30-50 g alkoholu za den po dobu 5-10 let. Náchylnost ke vzniku alkoholické steatózy není u všech konzumentů alkoholu stejná a je ovlivněná predispozičními faktory jedince. Například genetický polymorfismus alkoholdehydrogenázy a její interakce s geny podílejícími se na tvorbě a vychytávání volných radikálů ovlivňují náchylnost ke vzniku alkoholické steatózy. Mezi další predispoziční faktory zvyšující riziko onemocnění jater patří například obezita, *diabetes mellitus* a také v neposlední řadě infekce virem hepatitidy typu C (O'shea et al. 2010; Ratziu et al. 2010).

### **3.4.3 Kognitivní poruchy a demence**

Demence je duševní onemocnění, které vzniká především ve vyšším věku. Riziko výskytu demence se zvyšuje společně s věkem, zejména po 65. roku života. Přibližně u 20 % jednotlivců starších 80 let se toto onemocnění projevuje. Nejběžnějším typem demence je Alzheimerova choroba, pro kterou je typická vysoká míra morbidity a mortality. Snížení rizika projevu tohoto onemocnění je spojováno se zdravým životním stylem (Sofi et al. 2013).

Nadměrná konzumace alkoholu je považována za rizikový faktor, který vede ke vzniku demence. Alkohol a jeho metabolit acetaldehyd mají přímý neurotoxický efekt vedoucí k trvalému strukturálnímu a funkčnímu poškození mozku. Za rizikové faktory je považována nadměrná konzumace alkoholu v kombinaci s cévními onemocněními, jako jsou například vysoký krevní tlak, cévní mozková příhoda a fibrilace síní (Oslin et al. 1998; Gupta & Warner 2008; Ridley et al. 2013). Podle studie Deng et al. (2006) závisí také na daném alkoholickém nápoji, například umírněná konzumace vína má pozitivní vliv na snižování rizika výskytu demence, naopak umírněná konzumace piva zvyšuje riziko výskytu demence.

### 3.4.4 Riziko vzniku rakoviny

Nadměrná konzumace alkoholu v přibližném množství 50 g za den zvyšuje riziko vzniku rakoviny ústní dutiny, hltanu, jícnu, hrtanu, tlustého střeva, konečníku, jater a prsu. Pro všechny druhy rakoviny způsobené nadměrnou konzumací alkoholu existuje vztah mezi dávkou a rizikem vzniku rakoviny (Altieri et al. 2002; Marron et al. 2009). U jedinců, kteří nadměrně konzumují alkohol, je 10 až 15× vyšší riziko výskytu rakovin spojených s nadměrnou konzumací alkoholu, než je tomu u abstinentů či jedinců, kteří konzumují alkohol v mírném množství (Petri et al. 2004). Relativní riziko vzniku rakoviny zapříčiněné nadměrnou konzumací alkoholu se liší mezi jednotlivými rasami, vyšší relativní riziko je typické pro Asiaty než pro europoidní a negroidní rasy.(Galeone et al. 2012). Galeone et al. (2012) vypracovali meta-analýzu z údajů kohortových studií a studií případů a kontrol, zabývající se vznikem rakoviny dutiny ústní a rakoviny hltanu. Z této meta-analýzy vyplývá, že relativní riziko vzniku rakoviny dutiny ústní a rakoviny hltanu vzniká už i při umírněné konzumaci alkoholu. Hodnota relativního rizika vzniku onemocnění byla rovna 1,62 ve studiích pocházejících z Asie, přičemž ve studiích pocházejících z Evropy a Ameriky byla tato hodnota rovna 1,27, což představuje nižší relativní riziko vzniku rakoviny dutiny ústní a rakoviny hltanu zapříčiněné konzumací alkoholu u europoidní rasy. Romieu et al. (2011) vypracovali meta-analýzu, zabývající se relativním rizikem vzniku kolorektálního karcinomu při neumírněné konzumaci alkoholu. Meta-analýza byla zpracována z dostupných údajů kohortových studií a studií případů a kontrol, které byly prováděny v Evropě a v Asii. V této meta-analýze bylo zjištěno relativní riziko vzniku kolorektálního karcinomu, které ve studiích pocházejících z Asie bylo rovno 1,81, naopak ve studiích pocházejících z Evropy byla hodnota relativního rizika vzniku kolorektálního karcinomu nižší a to 1,16.

### 3.4.5 *Diabetes mellitus*

Pro jedince nemocné *diabetem* není pivo vhodné zejména pro svůj obsah sacharidů s vysokým glykemickým indexem a alkoholu. Konzumace piva způsobuje hyperglykémii. Po odeznění úvodní hyperglykemie dochází k blokování jaterní glukoneogeneze přítomným alkoholem a zvyšuje se riziko odložené hypoglykemie (Franc et al. 2018). Sacharidy obsažené v pivu mají glykemický index roven 120, přičemž převyšují hodnotu glykemického indexu glukózy, jejíž hodnota je rovna 100. Tato skutečnost má za následek velmi rychlé vstřebávání sacharidů a intenzivní stimulaci tvorby inzulinu. Jedinci nemocní *diabetem* nejsou této reakce schopni a v důsledku konzumace piva dochází k vysoké hyperglykémii. Prudký vzestup glykémie není možno kontrolovat pomocí subkutánně aplikovaných inzulinů a perorálních



antidiabetik. V důsledku dlouhodobého působení hyperglykémie je vznik mikrovaskulárních komplikací, například nefropatie, retinopatie a neuropatie (Szabó 2009). Mezi negativní účinky alkoholu na jedince s diabetem patří blokáda jaterní glykogenolýzy a glukoneogeneze, u nemocných léčených inzulinem může docházet k pozdní hypoglykemii. Jedinci závislí na alkoholu a zároveň nemocní diabetem mohou být ohroženi na životě ketoacidózou (Emanuele et al. 1998). Konzumace alkoholu je příčinou úmrtí se stoupající tendencí u dospělých jedinců s diabetem mellitus 1. typu (Harjutsalo et al. 2011).

### **3.4.6 Osteoporóza**

Nadměrná konzumace alkoholu, životní styl, fyzická aktivita a kouření tabákových výrobků mají vliv na hustotu kostní tkáně. Při nadměrné konzumaci alkoholu dochází k zvýšenému vylučování vápníku močí. V důsledku nadměrné konzumace alkoholu může dojít ke změnám v hydroxylaci vitamínu D a k poklesu produkce vitamín D vázající protein, které mohou snížit produkci vitamínu D a také ovlivnit metabolismus vápníku. Tento sled událostí může vést k osteoporóze, která je spojována s malnutricií, malabsorpčí nebo s jaterní cirhózou (Díaz Curiel & Torrijos Eslava 2012).

## **3.5 Pozitivní vliv piva na lidské zdraví**

Umírněná konzumace piva může mít pozitivní vliv na snižování rizika vzniku celé řady civilizačních onemocnění, zejména pak na riziko kardiovaskulárních chorob, hypertenzi, diabetes a některé druhy rakoviny. Tyto pozitivní účinky piva na lidské zdraví jsou připisovány především zvýšené antioxidační kapacitě, změnám lipidového profilu a protizánětlivým účinkům tohoto celosvětově oblíbeného nápoje (Arranz et al. 2012). Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, tak umírněná konzumace piva, respektive alkoholu představuje množství 20 g alkoholu za den pro muže a 10 g alkoholu za den pro ženy (Stránský & Kohout 2011)

### **3.5.1 Antioxidační účinky piva**

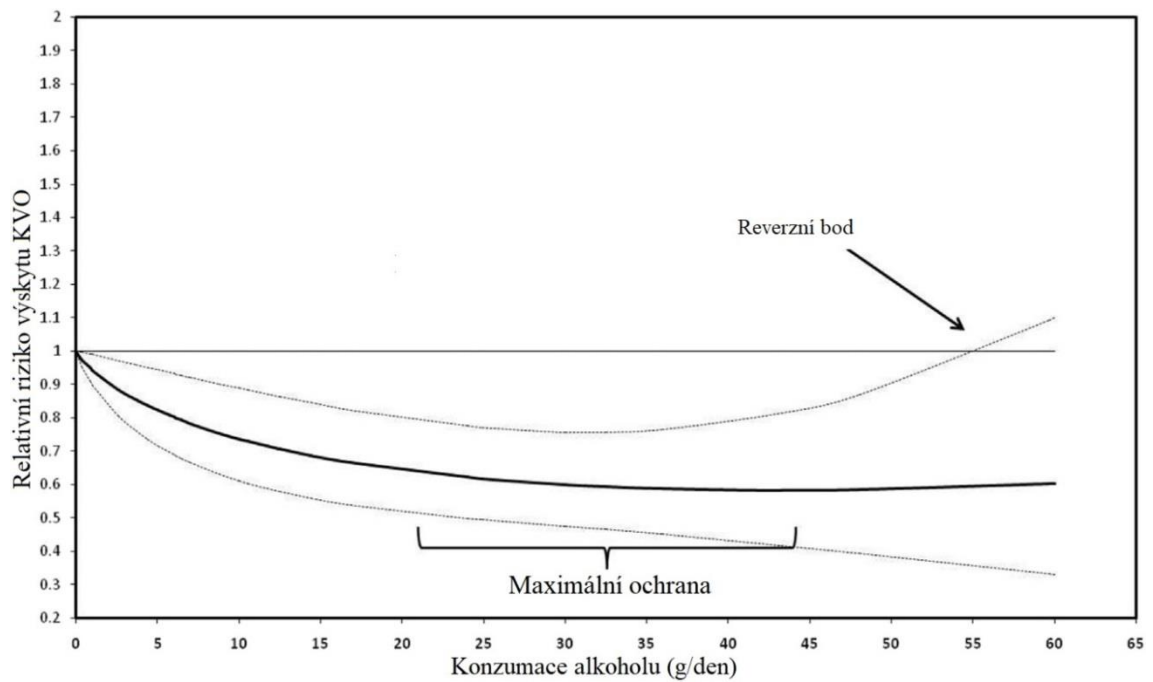
Pivo obsahuje sloučeniny, které jsou známy jejich antioxidační vlastnostmi. Lidský organismus reaguje na oxidační stres aktivací své endogenní ochrany. Tato odezva sama o sobě může být nedostatečná, a proto má klíčovou roli příjem exogenních antioxidantů při zesilování těchto ochranných faktorů. Konzumace potravin obsahující životně důležité antioxidanty, které přispívají k udržení rovnováhy mezi oxidanty a antioxidanty (Codoñer-Franch et al. 2013)

Pivo je nápoj s vysokou antioxidační kapacitou, díky svému obsahu polyfenolických látek a vitamínů. Antioxidační kapacita piva byla široce studována a z výsledků provedených studií lze pivo považovat za potencionální prevenci různých onemocnění (Gerhauser et al. 2003; Sohrabvandi et al. 2012).

Bylo provedeno několik *in vitro* studií, které se zabývali antioxidační kapacitou piva (Vinson et al. 2003; Rivero et al. 2005; Tedesco et al. 2005). Tyto studie ukázaly různé hodnoty antioxidační kapacity různých druhů piv, vyšší hodnoty byly stanoveny pro tmavá piva a piva typu stout než pro světlá a nealkoholická piva (Rivero et al. 2005). Tato zjištění mohou být přisuzována obsahu melanoidinu a polyfenolů ve zkoumaných pivech. Byla pozorována pozitivní korelace mezi obsahem polyfenolických látek a antioxidační kapacitou piva (Tedesco et al. 2005). *In vitro* studie vlivu piva na biomarkery oxidačního stresu ukázala, že pivo má ochranný účinek proti poškození DNA, preventivně působí proti prasknutí řetězce a vzniku modifikovaných bází, jako je 8-hydroxy-2'-deoxyguanosin (Rivero et al. 2005). Studie provedené na zvířatech prokázaly, že konzumace piva chrání před oxidačním stresem vyvolaným protinádorovým lékem adriamycinem (Valls-Belles et al. 2008). Je třeba brát v úvahu, že účinky *in vivo* závisí na biologické dostupnosti sloučenin přítomných v pivu a také na způsobu jejich metabolismu. Biologická dostupnost různých polyfenolů se výrazně liší, fenolické sloučeniny mohou podléhat glukoronidaci a sulfataci, čímž se mění jejich biologická aktivita (Manach et al. 2004; Del Rio et al. 2013). Fenolové kyseliny jsou lidmi nejnáze absorbovány, následovány flavanoly, flavonony a flavonoly, jako jsou například kvercetinové glukosidy, proanthokyanidiny mají tendenci být nejméně absorbovány (Manach et al. 2005).

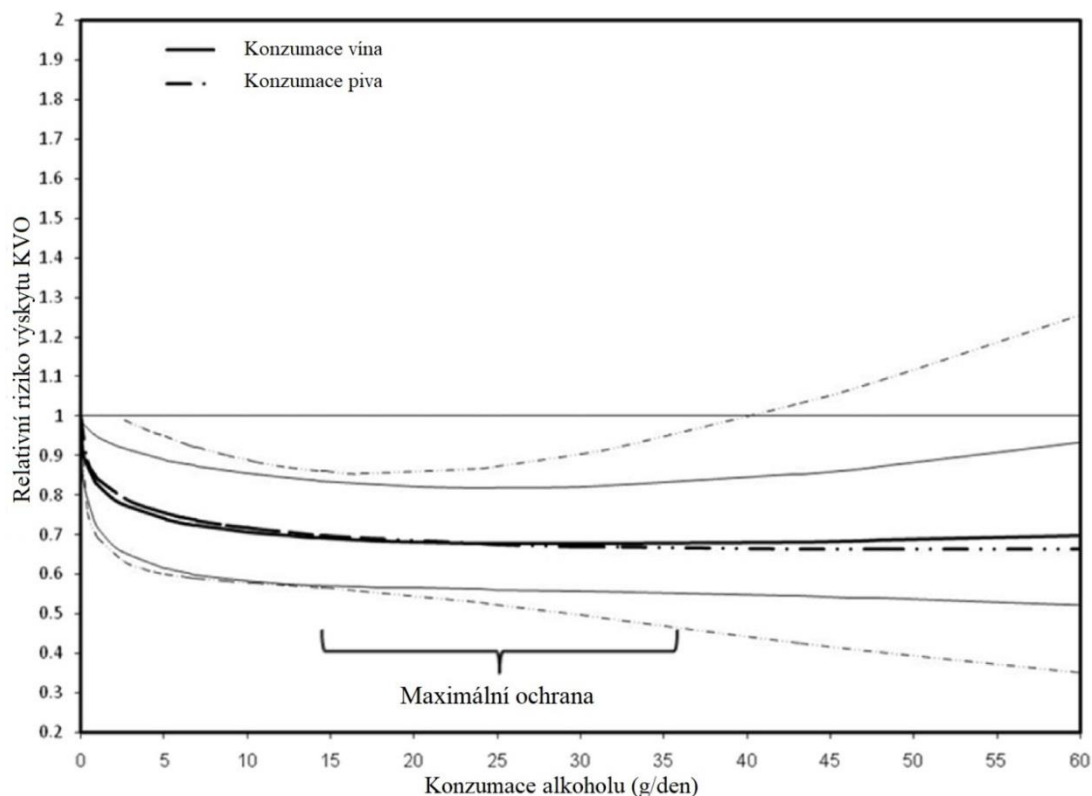
### **3.5.2 Pozitivní účinek piva na kardiovaskulární onemocnění**

Umírněná konzumace piva u zdravých a dospělých jedinců působí jako prevence vzniku kardiovaskulárních onemocnění. Tato skutečnost je založena na epidemiologických důkazech, které vycházejí z inverzní asociace mezi umírněnou konzumací piva a kardiovaskulárními onemocněními. Costanzo et al. (2011) vypracovali rozsáhlou meta-analýzu, která se zaměřila na konzumaci alkoholických nápojů a vycházela z dat 16 studií, ve které bylo zahrnuto téměř 290 000 zdravých jedinců. Tato meta-analýza potvrdila výrazné snížení relativního rizika kardiovaskulárních chorob při konzumaci vína, ale také potvrdila závislost relativního rizika výskytu kardiovaskulárních onemocnění na umírněné konzumaci piva, tato závislost je vyjádřena křivkou ve tvaru písmene J (Obr. 11).



**Obr. 11:** Relativní riziko výskytu kardiovaskulárních onemocnění v závislosti na konzumaci alkoholu. KVO – kardiovaskulární onemocnění (Costanzo et al. 2011).

V této meta-analýze byla uvedena paralelní (Obr. 12) a oddělená spotřeba piva a vína, ze které vyplívá podobný účinek piva a vína ve snižování relativního rizika výskytu kardiovaskulárních onemocnění. U 33 % jedinců byl nejvyšší kardioprotektivní účinek při umírněné konzumaci, která odpovídala 25 gramům alkoholu za den. Z této meta-analýzy vyplynulo, že konzumace lihovin nemá výrazný vliv na redukci relativního rizika výskytu kardiovaskulárních onemocnění.



**Obr. 12:** Porovnání konzumace piva a vína v závislosti na riziko výskytu kardiovaskulárních onemocnění. KVO – kardiovaskulární onemocnění (Costanzo et al. 2011).

Pravděpodobně z toho důvodu, že lihoviny neobsahují takové množství polyfenolických látek, kterým je přisuzován kardioprotektivní účinek (Estruch et al. 2004; Sacanella et al. 2007; Chiva-Blanch et al. 2015). Hlavní pozitivní účinek na prevenci výskytu kardiovaskulárních onemocnění je připisován umírněné konzumaci vína a piva, především jejich společnému obsahu a to alkoholu a polyfenolickým látkám (Arranz et al. 2012).

Umírněná konzumace piva působí pozitivně proti ateroskleróze, zejména z antioxidačních protizánětlivých účinků, které jsou připisovány právě polyfenolickým látkám obsaženým v pivě. Prevence výskytu ischemické choroby srdeční, kardiovaskulárních onemocnění, trombózy a fibrinolýzy je připisována nejen polyfenolickým látkám, ale i účinku alkoholu na rizikové faktory kardiovaskulárních onemocnění, mezi které patří například *diabetes mellitus*, zvýšená hladina LDL (nízkodenzitní lipoprotein) cholesterolu, nízká hladina HDL (vysokodenzitní lipoprotein) cholesterolu v krvi. Pravděpodobný kardioprotektivní účinek alkoholu představuje zvyšování hladiny HDL cholesterolu v krvi, snižování agregace trombocytů, redukce hladiny fibrinogenů a zvýšení citlivosti na inzulin (Di Castelnuovo et al. 2009; Arranz et al. 2012; Klatsky 2015).

### 3.5.2.1 Účinek polyfenolických látek

Polyfenolické látky a jejich metabolity se podílejí na snižování výskytu kardiovaskulárních onemocnění (Estruch et al. 2004; Sacanella et al. 2007). Tresserra-Rimbau et al. (2014) vypracovali studii, která prokázala nižší celkovou mortalitu a nižší riziko výskytu kardiovaskulárních onemocnění u jedinců, kteří měli vyšší příjem polyfenolických látek, nežli jedinci s nižším příjmem polyfenolických látek. Polyfenolické látky obsažené v pivu snižují krevní tlak, přičemž zvyšují koncentraci oxidu dusného v plazmě (Chiva-Blanch et al. 2015). *In vitro* studie a studie provedené na zvířatech prokazují, že sloučeniny odvozené od benzoové kyseliny, skořicové kyseliny, katechinů, proanthokyanidinů, humulonů (Gerhäuser 2005) a prenylovaných flavonoidů, jsou hlavními antioxidanty v pivu (Stevens & Page 2004). Protizánětlivý účinek biologicky aktivních sloučenin piva spočívá zejména v inhibici indukovatelné syntázy oxidu dusnatého (iNOS) a inhibici aktivity cyklooxygenázy 1 (COX-1) (Milligan et al. 2000; Gerhäuser 2005).

### 3.5.2.2 Účinek alkoholu

Pozitivní či negativní účinek alkoholu je závislý na množství zkonsumovaného alkoholu. Nižší riziko výskytu infarktu myokardu je spojováno s účinkem mírné konzumace alkoholu na zvyšování hladiny HDL cholesterolu v krvi, zvýšení citlivosti na inzulin a snižování agregace trombocytů. Alkohol zvyšuje hladinu HDL cholesterolu v krvi, výjimku představují jedinci s onemocněním jater. Mezi HDL cholesterolem a rizikem ischemické choroby srdeční platí inverzní vztah, kdy dochází k odstraňování lipidových usazenin ve velkých krevních cévách. HDL se váže s cholesterolem v tkáních a může napomáhat v prevenci oxidace LDL částic, které mohou způsobovat aterosklerózu (Di Castelnuovo et al. 2009).

Cévní mozková příhoda je úzce spojována s konzumací alkoholu (Patra et al. 2010). Umírněná konzumace alkoholu snižuje riziko vzniku cévní mozkové příhody, naopak nadměrná konzumace toto riziko značně zvyšuje. Přiměřená konzumace alkoholu má antitrombotický efekt, který vede ke snižování rizika výskytu ischemické cévní mozkové příhody (Mukamal et al. 2005; Matsumoto et al. 2014). Reynolds et al. (2003) sestavili meta-analýzu, ze které vyplývá, že nízká konzumace alkoholu <12 g za den snižuje relativní riziko výskytu cévní mozkové příhody a ischemické cévní mozkové příhody. Hodnota relativního rizika výskytu cévní mozkové příhody byla rovna 0,83 a hodnota relativního rizika výskytu ischemické cévní příhody byla 0,80.

Výskyt aterosklerózy je nižší u jedinců, kteří konzumují alkohol v mírných dávkách, naopak u úplných abstinentů se toto onemocnění vyskytuje častěji (Wakabayashi & Sotoda 2014). Byl popsán vztah mezi konzumací alkoholu a tuhostí cévní stěny, tento vztah je popsán křivkou ve tvaru písmena J. Pozitivní vliv na tuhost cévní stěny je přisuzován konzumaci alkoholu, která nepřesahuje množství 20 g za den pro muže (Sasaki et al. 2013).

Chronický zánět zvyšuje riziko výskytu kardiovaskulárních onemocnění, za zánětlivé onemocnění je částečně považována ateroskleróza (Libby et al. 2002). Alkohol má protizánětlivý účinek při konzumaci <20 g za den, avšak při nadměrné konzumaci má opačný efekt (Brien et al. 2011; González-Reimers et al. 2014).

Alkohol inhibuje promotory srážení krve, zahrnující zejména lepivost destiček a hladinu fibrinogenu. Mírná konzumace alkoholu ovlivňuje fibrinolytický systém, zvýšením aktivity inhibitoru plazminogenu a snížením aktivity aktivátoru plazminogenu v postprandiálním období (5 hodin po jídle). U jedinců, kteří konzumují alkohol v umírněném množství, zejména při večeři, by tento fakt mohl vysvětlovat snížení výskytu ranních kardiovaskulárních příhod (Arranz et al. 2012).

Konzumace alkoholu ovlivňuje metabolismus glukózy (Koloverou et al. 2015). Umírněná konzumace inhibuje glukoneogenezi, glykogenolýzu, zvyšuje citlivost na inzulín a tím snižují riziko výskytu *diabetes mellitus* 2. typu (Ajani et al. 2000; Pietraszek et al. 2010). Studie provedena v Řecku, které se účastnili muži a ženy konzumující <10 g alkoholu za den, prokázala nižší riziko výskytu diabetu o 53 % oproti abstinentům (Koloverou et al. 2015). Z toho vyplývá, že umírněná konzumace a snižuje riziko vzniku kardiovaskulárních onemocnění a také *diabetes mellitus* 2. typu (Shai et al. 2007).

### **3.5.3 Antikancerogenní a antimutagenní účinky**

Konzumace alkoholu je řazena mezi 10 nejčastějších příčin, které zapříčiňují výskyt kancerogenních onemocnění. Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny klasifikovala alkohol jako kancerogenní pro člověka (Cancer 2010).

Studie provedené na zvířatech a *in vitro* studie naznačují, že konzumace piva inhibuje indukovanou karcinogenitu tlustého střeva (Nozawa et al. 2004). Většina těchto studií se zabývala fenolickými sloučeninami, které mohou potenciálně působit jako prevence rakoviny. V tomto ohledu bylo zjištěno, že kromě své antioxidační aktivity, mají fenolové kyseliny, flavanoly a flavony chemopreventivní účinky, které mají schopnost modulovat detoxikační

enzymy a inhibovat enzymy, které jsou zapojeny do zánětlivých procesů, například iNOS a COX-1 (Gerhauser et al. 2003). Antioxidační aktivita a antikancerogenní účinky ostatních polyfenolických látek obsažených pivu, jako je například kvercetin a jeho metabolity a felurová kyselina byly popsány v *in vitro* a *in vivo* studiích (Chen et al. 2014). Kempferol obsažený v pivu má antikancerogenní účinek, díky jeho schopnosti působit jako lapač volných radikálů a zachovávat aktivitu antioxidačních enzymů a metabolismus glutathionu. Dále má také antiproliferativní účinky a mimo jiné indukuje apoptózu a má angiogenní účinek (Song et al. 2015).

Xanthohumol, isoxanthohumol, 8-prenylnaringenin, humulony, flavanony a proanthokyanidiny obsažené v pivu jsou považovány za antikancerogenní látky, které mohou působit v tlustém střevu (Arranz et al. 2012). Ačkoliv je příjem xanthohumolu konzumací piva nízký, jeho výhoda spočívá v jeho lipofilním charakteru, díky tomu má vyšší biologickou aktivitu než ostatní polyfenolické látky obsažené v pivu. *In vitro* a *in vivo* studie prokázaly protizánětlivé, antioxidační a antikancerogenní účinky xanthohumolu. Mezi jeho známé mechanismy působení patří inaktivace prokarcinogenů, indukce detoxikačních enzymů, inhibice růstu tumoru v důsledku jeho protizánětlivých a angiogenních účinnů (Ming et al. 2013; Negrão et al. 2013; Chen et al. 2014). U karcinomu tlustého střeva bylo prokázáno, že xanthohumol významně indukuje apoptózu regulací Bcl-2 a aktivuje kaskády kaspázy. Jeho angiogenní a protizánětlivé účinky jsou spojovány s inhibicí dráhy Akt/NF- $\kappa$ B a jsou schopny inhibovat produkci NO (oxid dusnatý) potlačením iNOS. *In vitro* a *in vivo* studie prokázaly, že humulony obsažené v pivu působí preventivně proti růstu nádorů a metastáz (Shimamura et al. 2001).

Nepřímý protektivní účinek piva s ohledem na mutagenезi je spojován s inhibicí procesu tvorby heterocyklických aminů v důsledku inhibice tvorby aduktu DNA (Nozawa et al. 2004; Arimoto-Kobayashi et al. 2005). Xanthohumol a 8-prenylnaringenin inhibují tvorbu prokarcinogenů, které se obvykle nacházejí v masu po tepelné úpravě (Miranda et al. 2000).

#### **3.5.4 Snižování rizika výskytu demence**

Umírněná konzumace alkoholu je spojována s redukcí výskytu rizika demence u jedinců starších 55 let (Ruitenbergh et al. 2002). Bylo prokázáno, že konzumace 1-6 alkoholických nápojů za týden souvisí s nižším rizikem výskytu demence u jedinců starších 55 let, nežli u jedinců starších 55 let, kteří jsou abstinenti (Mukamal et al. 2003). Jeden alkoholický

nápoj představuje 12-15 g alkoholu, což odpovídá 240-300 ml piva o objemovém obsahu alkoholu 5 % (Iacovoni et al. 2010). Fenolové kyseliny obsažené v pivu mají relativně vysokou antioxidační kapacitu a mohou poskytnout ochranu proti chorobám, které souvisejí s oxidačním stresem, včetně neurodegenerativních onemocnění (Nardini et al. 2006). Křemík je další složkou obsaženou v pivu, která je spojována s prevencí neurodegenerativních onemocnění v důsledku schopnosti snižovat toxické hladiny hliníku (Granero et al. 2004). Hliník je jedním z faktorů, které mohou přispět k projevu neurodegenerativních onemocnění, protože je zodpovědný za zvýšení oxidačního stresu v mozku. V tomto ohledu bylo prokázáno, že umírněná konzumace piva jako zdroje křemíku snižuje toxicitu spojenou s hliníkem, snížením biologické dostupnosti hliníku v zažívacím traktu a snížením renální resorpce hliníku, čímž zabraňuje jeho akumulaci v mozku (González-Muñoz et al. 2008).

### **3.5.5 Vliv piva na osteoporózu**

Osteoporóza je onemocnění, které je charakterizováno nízkou hustotou kostní tkáně a zhoršením kostní tkáně, což má za následek zvýšenou křehkost kostí. Toto onemocnění má zvýšenou prevalenci u postmenopauzálních žen v důsledku nedostatku sekrece kalcitoninu. Byl studován vztah mezi konzumací piva a hustotou kostní tkáně a bylo zjištěno, že umírněná konzumace piva je spojena se zvýšením hustoty minerálů v kostech u postmenopauzálních žen, pravděpodobně v důsledku bioaktivních sloučenin přítomných v pivu (Tucker et al. 2009). Jednou z těchto sloučenin je křemík, který má klíčovou roli v růstu a vývoji kostí a chrupavek (Reffitt et al. 2003; Sripanyakorn et al. 2004). Sripanyakorn et al. (2004) zjistili, že hladina křemíku v séru a moči zdravých jedinců po konzumaci piva výrazně vzrostla, s absorpcí 50 %, což naznačuje, že křemík obsažený v pivu je biologicky dostupný a že je převážně vylučován močí. Flavony, které se také nacházejí v pivu, mají estrogenní účinky a stimulují sekreci kalcitoninu (Harkness et al. 2004). Fytoestrogeny jsou skupinou látek s podobnou strukturou jako sloučeniny, které se váží na estrogenové receptory a vykazují estrogenní a antiestrogenní účinky, z tohoto důvodu jsou považovány za terapeutickou možnost léčby osteoporózy. Například prenylovaný flavonoid 8-prenylaringenin, který se nachází v pivu, vykazuje silnou fytoestrogenní aktivitu, která je dokonce vyšší než genistein a daidzein, což významně přispívá k ochraně kostí (Ming et al. 2013).

### **3.5.6 Další pozitivní účinky konzumace piva**

Homocystein je aminokyselina získaná demethylací methioninu přijímaného ve stravě. Vysoké koncentrace této aminokyseliny v krvi jsou známy jako hyperhomocysteinémie a jsou



spojovány s kardiovaskulárními onemocněními. Ačkoliv příjem alkoholu může zvyšovat hladiny homocysteinu v krvi, některé studie spojují konzumaci piva s nižšími hladinami homocysteinu, pravděpodobně kvůli obsahu listové kyseliny a vitamínu B<sub>6</sub>, což přispívá k ochrannému účinku proti kardiovaskulárním onemocněním (van der Gaag et al. 2000; Mayer Jr et al. 2001).

Metabolický syndrom zahrnuje skupinu vysoce rizikových onemocnění, jako je vysoký krevní tlak, abdominální obezita, dyslipidémie. Bylo pozorováno, že xanthohumol právě xanthohumol obsažený ve chmelu může zmírnit některé aspekty metabolického syndromu. Mezi jinými jeho účinky byla sledována schopnost snižovat hmotnost a hladinu glukózy v krvi u obézních potkanů, kteří byli krmeni xanthohumolem (Legette et al. 2013).

Byla provedena studie, ve které byly popsány imunomodulační účinky po mírné konzumaci piva. Bylo zjištěno, že konzumace 330 ml piva u žen a 660 ml u mužů, vede ke zvýšení hladiny T-lymfocytů CD3<sup>+</sup> spolu s hladinami imunoglobulinů IgG, IgM, IgA a interleukinů IL-2, IL-4, IL-10. Tyto zvýšené hladiny byly pozorovány častěji u žen než u mužů (Romeo et al. 2007). Studie provedené na hlodavcích prokázaly, že konzumace piva podporuje nespecifickou imunitu (Sohrabvandi et al. 2012).

### **3.5.7 Nealkoholické pivo**

Nealkoholické pivo je vhodný nápoj zejména pro situace, ve kterých není vhodná konzumace klasického, alkoholického piva. Nealkoholické pivo obsahuje stejné biologicky aktivní látky jako klasické pivo, avšak v nižším množství. Při výrobě nealkoholického piva je alkohol odstraňován destilací, reverzní osmózou, odpařováním a dialýzou. Během těchto procesů dochází ke značným ztrátám nealkoholických složek piva, jako jsou polyfenolické látky a další biologicky aktivní látky, jejich výsledný obsah závisí na daném procesu odstranění alkoholu (Blanco et al. 2016). Nealkoholické pivo obsahuje přibližně 120 mg/l polyfenolických látek, přičemž klasické pivo obsahují 280-520 mg/l (Scalbert 2009). Neexistuje žádné výživové doporučení, které by omezovalo denní konzumaci nealkoholického piva, takže je možné dosáhnout na množství polyfenolických látek obsažených v klasickém pivu konzumací nealkoholického piva.

Několik *in vitro* studií a studie provedené na zvířatech se zabývalo biologickými účinky polyfenolických látek v klasickém i nealkoholickém pivu. Tyto polyfenolické látky působí protizánětlivě (Winkler et al. 2006; Negrão et al. 2010; Martinez et al. 2011), mají antioxidační

aktivitu (Vilahur et al. 2012) a inhibují srážení krevních destiček (Crescente et al. 2009).

Ve zkřížené studii, které se zúčastnilo 33 mužů se zvýšeným rizikem výskytu kardiovaskulárních onemocnění, kteří byli náhodně rozděleni do skupin. Jedna skupina konzumovala pivo v množství, které odpovídalo 30 g alkoholu za den, naopak druhá skupina přijímala ekvivalentní množství polyfenolických látek konzumací nealkoholického piva, tento výzkum trval po dobu 4 týdnů. Systolický krevní tlak, hladina homocysteinu v krvi a některé biomarkery zánětů, například E-selektin a faktor nádorové nekrózy, dosahovali nižších hodnot pouze u jedinců, kteří konzumovali nealkoholické pivo (Chiva-Blanch et al. 2015).

### 3.5.7.1 Kojící ženy

Energetické požadavky jsou během gravidity mnohem vyšší. Průměrné dodatečné energetické náklady v těhotenství byly odhadnuty přibližně na 80 000 kcal, což zapříčiňuje předávkování volnými radikály a také zvýšení oxidačního stresu během těhotenství. Kromě toho novorozenec přechází z intrauterinního do extrauterinního prostředí, ve kterém je parciální tlak kyslíku vyšší, což znamená indukci volných radikálů. V důsledku těchto událostí jsou matka i dítě vystaveny vysokému oxidačnímu stresu, s nadprodukcí reaktivních kyslíkových forem během porodu a v prvních dnech života novorozence (Robles et al. 2001).

Nejpřirozenější potravou pro novorozence je mateřské mléko a jeho kvalita závisí na mnoha faktorech, zejména na nutričních. Strava bohatá na potraviny s antioxidačním účinkem podporuje snížení oxidačního stresu jak u matky, tak u kojence. Byla provedena studie, ve které byla dieta kojících žen doplněna o nealkoholické pivo ve snaze snížit oxidační stres u kojících žen a kojenců. Kojící ženy v této studii konzumovaly 660 ml nealkoholického piva po dobu 30 dnů. Po uplynutí 30 dnů bylo pozorováno, že mateřské mléko od matek, které měly dietu doplněnou o nealkoholické pivo, vykazovalo vyšší antioxidační aktivitu, vyšší hladinu endogenních antioxidantů a nižší oxidační poškození. Byla provedena analýza vzorků moči kojenců, která ukázala, že snížení oxidačního poškození, které je typické pro vývoj novorozenců bylo výraznější a rychlejší u novorozenců, kteří byli kojeni mateřským mlékem matek, které měly dietu doplněnou o nealkoholické pivo. Tato studie prokázala, že matky konzumující nealkoholické pivo a jejich děti vykazují nižší úroveň oxidačního poškození (Codoñer-Franch et al. 2013).

## 4 Závěr

Kardiovaskulární onemocnění s nádorovými onemocněními jsou nejčastějšími příčinami úmrtí lidí na světě. Konzumace piva značně ovlivňuje výskyt těchto onemocnění a onemocněním jim podobným. Provedené vědecké studie ukazují, že vztah mezi konzumací piva a jeho pozitivním či negativním vlivem na lidské zdraví, závisí vždy na množství zkonsumovaného piva případně jiného alkoholického nápoje.

Nadměrná a neumírněná konzumace piva a alkoholu má negativní vliv na zvyšování rizika celé řady onemocnění, jako jsou například kardiovaskulární onemocnění, kognitivní poruchy, onemocnění jater, kolorektální karcinom, rakovina prsu a závislost na alkoholu a sní související sociální problémy.

Pivo je nápoj bohatý na biologicky aktivní sloučeniny a jeho umírněná konzumace má pozitivní vliv na lidské zdraví. Pivo vykazuje významnou úroveň antioxidační kapacity, což je zapříčiněno především přítomností fenolových sloučenin. Tyto sloučeniny společně s alkoholem mají preventivní účinky proti kardiovaskulárním onemocněním, zejména díky zvyšování hladiny HDL cholesterolu v krvi, snižování agregace trombocytů, redukce hladiny fibrinogenů a zvýšení citlivosti na inzulin. Polyfenolické látky obsažené v pivu mohou potencionálně působit jako prevence vzniku rakoviny, v důsledku jejich antikancerogenních, antimutagenních a angiogenních vlastností. Umírněná konzumace piva poskytuje ochranu proti chorobám, které souvisejí s oxidačním stresem, včetně neurodegenerativních onemocnění. V pivu je dále obsažen křemík, který je spojován s prevencí neurodegenerativních onemocnění v souvislosti s jeho schopností snižovat toxické hladiny hliníku. Přiměřená konzumace piva má pozitivní vliv na zvyšování hustoty minerálů v kostech u postmenopauzálních žen. Výše zmíněné informace potvrzují hypotézu této bakalářské práce, že pivo jako alkoholický nápoj má mimo negativních účinků na lidské zdraví také pozitivní vliv a to zejména na kardiovaskulární onemocnění.

## 5 Literatura

- Abdel-Aal EM, Choo TM, Dhillon S, Rabalski I. 2012. Free and Bound Phenolic Acids and Total Phenolics in Black, Blue, and Yellow Barley and Their Contribution to Free Radical Scavenging Capacity. *Cereal Chemistry* **89**:198-204.
- Abdel-Aal ESM, Young JC, Rabalski I. 2006. Anthocyanin composition in black, blue, pink, purple, and red cereal grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **54**:4696-4704.
- Abernathy DG, Spedding G, Starcher B. 2009. Analysis of protein and total usable nitrogen in beer and wine using a microwell ninhydrin assay. *Journal of the Institute of Brewing* **115**:122-127.
- Abrams SA, Griffin IJ, Davila PM. 2002. Calcium and zinc absorption from lactose-containing and lactose-free infant formulas. *The American journal of clinical nutrition* **76**:442-446.
- Ajani UA, Gaziano JM, Lotufo PA, Liu S, Hennekens CH, Buring JE, Manson JE. 2000. Alcohol consumption and risk of coronary heart disease by *diabetes* status. *Circulation* **102**:500-505.
- Almaguer C, Schonberger C, Gastl M, Arendt EK, Becker T. 2014. *Humulus lupulus* - a story that begs to be told. A review. *Journal of the Institute of Brewing* **120**:289-314.
- Altieri A, Bosetti C, Talamini R, Gallus S, Franceschi S, Levi F, Dal Maso L, Negri E, La Vecchia C. 2002. Cessation of smoking and drinking and the risk of laryngeal cancer. *British journal of cancer* **87**:1227.
- Andersson AAM, et al. 2008. Phytochemical and Dietary Fiber Components in Barley Varieties in the HEALTHGRAIN Diversity Screen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **56**:9767-9776.
- Arendt EK, Zannini E. 2013. *Cereal grains for the food and beverage industries*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge.
- Arimoto-Kobayashi S, Takata J, Nakandakari N, Fujioka R, Okamoto K, Konuma T. 2005. Inhibitory effects of heterocyclic amine-induced DNA adduct formation in mouse liver and lungs by beer. *Journal of agricultural and food chemistry* **53**:812-815.

- Arranz S, Chiva-Blanch G, Valderas-Martínez P, Medina-Remón A, Lamuela-Raventós RM, Estruch R. 2012. Wine, beer, alcohol and polyphenols on cardiovascular disease and cancer. *Nutrients* **4**:759-781.
- Bamforth CW. 2004. Beer: Health and nutrition. Blackwell Science, Ames, Iowa.
- Barone M, Tanzi S, Lofano K, Scavo MP, Guido R, Demarinis L, Principi MB, Bucci A, Di Leo A. 2008. Estrogens, phytoestrogens and colorectal neoproliferative lesions. *Genes & nutrition* **3**:7.
- Benitez J, Forster A, De Keukeleire D, Moir M, Sharpe F, Verhagen L, Westwood K. 1997. European brewery convention manual of good practice: hops and hop products. Fachverlag Hans Carl, Nürnberg, Germany.
- Biendl M, Engelhard B, Forster A, Gahr A, Lutz A, Mitter W, Schmidt R, Schönberger C 2015. Hops: their cultivation, composition and usage. Fachverlag Hans Carl.
- Biendl M, Pinzl C. 2009. Hops and health. Master Brewers Association of the Americas Technical Quarterly **46**:1-7.
- Blanco CA, Andrés-Iglesias C, Montero O. 2016. Low-alcohol beers: Flavor compounds, defects, and improvement strategies. *Critical reviews in food science and nutrition* **56**:1379-1388.
- Blitz CL, Murphy SP, Au DLM. 2007. Adding lignan values to a food composition database. *Journal of food composition and analysis* **20**:99-105.
- Bobalova J, Chmelik J. 2007. Proteomic identification of technologically modified proteins in malt by combination of protein fractionation using convective interaction media and matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry. *Journal of Chromatography a* **1163**:80-85.
- Bonoli M, Verardo V, Marconi E, Caboni MF. 2004. Phenols in barley (*Hordeum vulgare* L.) flour: Comparative spectrophotometric study among extraction methods of free and bound phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **52**:5195-5200.
- Brien SE, Ronksley PE, Turner BJ, Mukamal KJ, Ghali WA. 2011. Effect of alcohol consumption on biological markers associated with risk of coronary heart disease:

- systematic review and meta-analysis of interventional studies. *Bmj* **342**:d636.
- Briggs DE, Brookes P, Stevens R, Boulton C. 2004. *Brewing: science and practice*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge .
- Burton GW, Ingold KU. 1989. Vitamin E as an *in Vitro* and in Vivo Antioxidant. *Annals of the New York Academy of Sciences* **570**:7-22.
- Cabras I, Higgins DM. 2016. Beer, brewing, and business history. *Business History* **58**:609-624.
- Cancer IAFRo 2010. *Alcohol consumption and ethyl carbamate*. IARC Press, International Agency for Research on Cancer.
- Chen W, Becker T, Qian F, Ring J. 2014. Beer and beer compounds: physiological effects on skin health. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology* **28**:142-150.
- Chiva-Blanch G, Magraner E, Condines X, Valderas-Martínez P, Roth I, Arranz S, Casas R, Navarro M, Hervas A, Sisó A. 2015. Effects of alcohol and polyphenols from beer on atherosclerotic biomarkers in high cardiovascular risk men: a randomized feeding trial. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases* **25**:36-45.
- Chung W-G, Miranda CL, Stevens JF, Maier CS. 2009. Hop proanthocyanidins induce apoptosis, protein carbonylation, and cytoskeleton disorganization in human colorectal adenocarcinoma cells via reactive oxygen species. *Food and chemical toxicology* **47**:827-836.
- Civitelli R, Villareal D, Agnusdei D, Nardi P, Avioli L, Gennari C. 1992. Dietary L-lysine and calcium metabolism in humans. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)* **8**:400-405.
- Codoñer-Franch P, Hernández-Aguilar MT, Navarro-Ruiz A, López-Jaén AB, Borja-Herrero C, Valls-Bellés V. 2013a. Diet supplementation during early lactation with non-alcoholic beer increases the antioxidant properties of breastmilk and decreases the oxidative damage in breastfeeding mothers. *Breastfeeding Medicine* **8**:164-169.
- Codoñer-Franch P, Hernández-Aguilar MT, Navarro-Ruiz A, López-Jaén AB, Borja-Herrero

- C, Valls-Bellés V. 2013b. Diet supplementation during early lactation with non-alcoholic beer increases the antioxidant properties of breastmilk and decreases the oxidative damage in breastfeeding mothers. *Breastfeeding Medicine* **8**:164-169.
- Cortacero-Ramírez S, de Castro MH-B, Segura-Carretero A, Cruces-Blanco C, Fernandez-Gutierrez A. 2003a. Analysis of beer components by capillary electrophoretic methods. *TrAC Trends in Analytical Chemistry* **22**:440-455.
- Cortacero-Ramírez S, de Castro MH-B, Segura-Carretero A, Cruces-Blanco C, Fernandez-Gutierrez A. 2003b. Analysis of beer components by capillary electrophoretic methods. *TrAC Trends in Analytical Chemistry* **22**:440-455.
- Costanzo S, Di Castelnuovo A, Donati MB, Iacoviello L, De Gaetano G. 2011. Wine, beer or spirit drinking in relation to fatal and non-fatal cardiovascular events: a meta-analysis. *European journal of epidemiology* **26**:833-850.
- Cozzolino D, Degner S. 2016. An overview on the role of lipids and fatty acids in barley grain and their products during beer brewing. *Food Research International* **81**:114-121.
- Crescente M, Jessen G, Momi S, Höltje H-D, Gresele P, Cerletti C, De Gaetano G. 2009. Interactions of gallic acid, resveratrol, quercetin and aspirin at the platelet cyclooxygenase-1 level Functional and modelling studies. *Thrombosis and haemostasis* **102**:336-346.
- Český statistický úřad. 2018 Spotřeba alkoholických nápojů na 1 obyvatele v České republice. ČSÚ. Available from: <https://www.czso.cz/csu/czso/cr od roku 1989 alkohol> (accessed March 2019).
- Del Rio D, Rodriguez-Mateos A, Spencer JP, Tognolini M, Borges G, Crozier A. 2013. Dietary (poly) phenolics in human health: structures, bioavailability, and evidence of protective effects against chronic diseases. *Antioxidants & redox signaling* **18**:1818-1892.
- Deng J, Zhou DH, Li J, Wang YJ, Gao C, Chen Me. 2006. A 2-year follow-up study of alcohol consumption and risk of dementia. *Clinical neurology and neurosurgery* **108**:378-383.
- Di Castelnuovo A, Costanzo S, Di Giuseppe R, De Gaetano G, Iacoviello L. 2009a. Alcohol consumption and cardiovascular risk: mechanisms of action and epidemiologic

- perspectives. *Future cardiology* **5**:467-477.
- Di Castelnuovo A, Costanzo S, Di Giuseppe R, De Gaetano G, Iacoviello L. 2009b. Alcohol consumption and cardiovascular risk: mechanisms of action and epidemiologic perspectives. *Future cardiology* **5**:467-477.
- Drogan D, Sheldrick AJ, Schütze M, Knüppel S, Andersohn F, Di Giuseppe R, Herrmann B, Willich SN, Garbe E, Bergmann MM. 2012. Alcohol consumption, genetic variants in alcohol dehydrogenases, and risk of cardiovascular diseases: a prospective study and meta-analysis. *PLoS One* **7**:e32176.
- Dykes L, Rooney LW. 2007. Phenolic compounds in cereal grains and their health benefits. *Cereal Foods World* **52**:105-111.
- Díaz Curiel M, Torrijos Eslava A. 2012. Acción de la cerveza sobre el hueso. *Revista de Osteoporosis y Metabolismo Mineral* **4**.
- Emanuele NV, Swade TF, Emanuele MA. 1998. Consequences of alcohol use in diabetics. *Alcohol Health & Research World* **22**:211-220.
- Esslinger HM 2009. *Handbook of brewing: processes, technology, markets*. John Wiley & Sons.
- Estruch R, Sacanella E, Badia E, Antúnez E, Nicolás JM, Fernández-Solá J, Rotilio D, De Gaetano G, Rubin E, Urbano-Márquez A. 2004. Different effects of red wine and gin consumption on inflammatory biomarkers of atherosclerosis: a prospective randomized crossover trial: effects of wine on inflammatory markers. *Atherosclerosis* **175**:117-123.
- Ettinger PO, Wu CF, De La Cruz Jr C, Weisse AB, Ahmed SS, Regan TJ. 1978. Arrhythmias and the "Holiday Heart": alcohol-associated cardiac rhythm disorders. *American heart journal* **95**:555-562.
- Evans DE, Sheehan MC. 2002. Don't be fobbed off: The substance of beer foam-A review. *Journal of the American Society of Brewing Chemists* **60**:47-57.
- Fernández-Solà J, Estruch R, Urbano-Marquez A. 1997. Alcohol and heart muscle disease. *Addiction Biology* **2**:9-17.



- Feskanich D, Korrick SA, Greenspan SL, Rosen HN, Colditz GA. 1999. Moderate alcohol consumption and bone density among postmenopausal women. *Journal of Women's Health* **8**:65-73.
- Fogarasi AL, Kun S, Tanko G, Stefanovits-Banyai E, Hegyesne-Vecseri B. 2015. A comparative assessment of antioxidant properties, total phenolic content of einkorn, wheat, barley and their malts. *Food Chemistry* **167**:1-6.
- Franc A, Muselík J, Vetchý D. 2018. Pivo se sníženým obsahem cukru a alkoholu vhodné pro diabetiky. *Česká a slovenská farmacie*. **67**:212-215.
- Galeone C, et al. 2012. A Meta-analysis of Alcohol Drinking and Oral and Pharyngeal Cancers: Results from Subgroup Analyses. *Alcohol and Alcoholism* **48**:107-118.
- Ganry O, Baudoin C, Fardellone P. 2000. Effect of alcohol intake on bone mineral density in elderly women: the EPIDOS study. *American journal of epidemiology* **151**:773-780.
- George A, Figueredo VM. 2010. Alcohol and arrhythmias: a comprehensive review. *Journal of cardiovascular medicine* **11**:221-228.
- Gerhauser C, Alt A, Heiss E, Gamal-Eldeen A, Klimo K, Knauff J, Neumann I, Scherf H-R, Frank N, Bartsch H. 2002. Cancer Chemopreventive Activity of Xanthohumol, a Natural Product Derived from Hop 1 Support for this work has been provided by Verein zur Förderung der Krebsforschung in Deutschland eV and by Wissenschaftsförderung der Deutschen Brauwirtschaft eV These data were presented, in part, at the 92nd annual meeting of the American Association of Cancer Research, March 24–28, 2001 in New Orleans, LA (64). 1. *Molecular cancer therapeutics* **1**:959-969.
- Gerhauser C, Klimo K, Heiss E, Neumann I, Gamal-Eldeen A, Knauff J, Liu GY, Sitthimonchai S, Frank N. 2003. Mechanism-based in vitro screening of potential cancer chemopreventive agents. *Mutat Res* **523-524**:163-172.
- Gerhäuser C. 2005. Beer constituents as potential cancer chemopreventive agents. *European Journal of Cancer* **41**:1941-1954.
- González-Muñoz M, Pena A, Meseguer I. 2008. Role of beer as a possible protective factor in preventing Alzheimer's disease. *Food and Chemical Toxicology* **46**:49-56.

- González-Reimers E, Santolaria-Fernández F, Martín-González MC, Fernández-Rodríguez CM, Quintero-Platt G. 2014. Alcoholism: a systemic proinflammatory condition. *World Journal of Gastroenterology: WJG* **20**:14660.
- Granero S, Vicente M, Aguilar V, Martínez-Para M, Domingo J. 2004. Effects of beer as a source of dietary silicon on aluminum absorption and retention in mice. *Trace Elements and Electrolytes* **21**:28-32.
- Grønbaek M. 2009. The positive and negative health effects of alcohol-and the public health implications. *Journal of internal medicine* **265**:407-420.
- Gupta M, Abu-Ghannam N, Gallagher E. 2010. Barley for brewing: Characteristic changes during malting, brewing and applications of its by-products. *Comprehensive reviews in food science and food safety* **9**:318-328.
- Gupta S, Warner J. 2008. Alcohol-related dementia: a 21st-century silent epidemic? *The British Journal of Psychiatry* **193**:351-353.
- Guzzo-Merello G, Cobo-Marcos M, Gallego-Delgado M, Garcia-Pavia P. 2014. Alcoholic cardiomyopathy. *World journal of cardiology* **6**:771.
- Harjutsalo V, Forsblom C, Groop P-H. 2011. Time trends in mortality in patients with type 1 diabetes: nationwide population based cohort study. *Bmj* **343**:d5364.
- Harkness LS, Fiedler K, Sehgal AR, Oravec D, Lerner E. 2004. Decreased bone resorption with soy isoflavone supplementation in postmenopausal women. *Journal of Women's Health* **13**:1000-1007.
- Haseleu G, Intelmann D, Hofmann T. 2009. Identification and RP-HPLC-ESI-MS/MS quantitation of bitter-tasting  $\beta$ -acid transformation products in beer. *Journal of agricultural and food chemistry* **57**:7480-7489.
- Heaney R. 2002. Effects of caffeine on bone and the calcium economy. *Food and chemical toxicology* **40**:1263-1270.
- Holick MF. 2014. Osteomalacia and rickets. *Rheumatology* **16**:1997-2005.
- Holtekjolen AK, Kinitz C, Knutsen SH. 2006. Flavanol and bound phenolic acid contents in

- different barley varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **54**:2253-2260.
- Hough JS, Briggs DE, Stevens R, Young TW 2012. *Malting and Brewing Science: volume II hopped wort and beer*. Springer.
- Hughes PS, Baxter ED 2007. *Beer: Quality, safety and nutritional aspects*. Royal Society of Chemistry.
- Iacovoni A, De Maria R, Gavazzi A. 2010. Alcoholic cardiomyopathy. *Journal of cardiovascular medicine* **11**:884-892.
- Idehen E, Tang Y, Sang SM. 2017. Bioactive phytochemicals in barley. *Journal of Food and Drug Analysis* **25**:148-161.
- Iimure T, Nankaku N, Hirota N, Tiansu Z, Hoki T, Kihara M, Hayashi K, Ito K, Sato K. 2010. Construction of a novel beer proteome map and its use in beer quality control. *Food Chemistry* **118**:566-574.
- Iimure T, Nankaku N, Watanabe-Sugimoto M, Hirota N, Tiansu Z, Kihara M, Hayashi K, Ito K, Sato K. 2009. Identification of novel haze-active beer proteins by proteome analysis. *Journal of cereal science* **49**:141-147.
- Investigators WGfWshI. 2002. Risks and Benefits of Estrogen Plus Progestin in Healthy Postmenopausal Women Principal Results From the Women's Health Initiative Randomized Controlled Trial. *JAMA* **288**:321-333.
- Ishibashi Y, Kakui T, Terano Y, Hon-No E, Kogin A, Nakatani K. 1997. Application of ELISA to quantitative evaluation of foam-active protein in the malting and brewing processes. *Journal of the American Society of Brewing Chemists* **55**:20-23.
- Jin Y-L, Speers RA, Paulson AT, Stewart RJ. 2004. Barley beta-glucans and their degradation during malting and brewing. *Technical Quarterly-Master Brewers Association of the Americas* **41**:231-240.
- Kajander O, Kupari M, Laippala P, Savolainen V, Pajarinen J, Penttilä A, Karhunen P. 2001. Dose dependent but non-linear effects of alcohol on the left and right ventricle. *Heart* **86**:417-423.

- Karabín M, Hudcová T, Jelínek L, Dostálek P. 2016. Biologically active compounds from hops and prospects for their use. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **15**:542-567.
- Kaukovirta-Norja A, Reinikainen P, Olkku J, Laakso S. 1997. Starch lipids of barley and malt. *Cereal chemistry* **74**:733-738.
- Kim KM, Choi SH, Lim S, Moon JH, Kim JH, Kim SW, Jang HC, Shin CS. 2014a. Interactions between dietary calcium intake and bone mineral density or bone geometry in a low calcium intake population (KNHANES IV 2008–2010). *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* **99**:2409-2417.
- Kim M, Shin J, Kweon S-S, Shin D, Lee Y-H, Chun B-Y, Choi B. 2014b. Harmful and beneficial relationships between alcohol consumption and subclinical atherosclerosis. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases* **24**:767-776.
- Klatsky A. 2015. Alcohol and cardiovascular diseases: where do we stand today? *Journal of internal medicine* **278**:238-250.
- Kloner RA, Rezkalla SH. 2007. To drink or not to drink? That is the question. *Circulation* **116**:1306-1317.
- Koloverou E, Panagiotakos D, Pitsavos C, Chrysohoou C, Georgousopoulou E, Metaxa V, Stefanadis C, Group AS. 2015. Effects of alcohol consumption and the metabolic syndrome on 10-year incidence of *diabetes*: the ATTICA study. *Diabetes & metabolism* **41**:152-159.
- Koppes LL, Dekker JM, Hendriks HF, Bouter LM, Heine RJ. 2005. Moderate alcohol consumption lowers the risk of type 2 diabetes: a meta-analysis of prospective observational studies. *Diabetes care* **28**:719-725.
- Krenz M, Korthuis RJ. 2012. Moderate ethanol ingestion and cardiovascular protection: from epidemiologic associations to cellular mechanisms. *Journal of molecular and cellular cardiology* **52**:93-104.
- Krofta K. 2003. Comparison of quality parameters of Czech and foreign hop varieties. *Plant Soil and Environment* **49**:261-268.

- Larsson SC, Drca N, Wolk A. 2014. Alcohol consumption and risk of atrial fibrillation: a prospective study and dose-response meta-analysis. *Journal of the American College of Cardiology* **64**:281-289.
- Legette LL, Luna AYM, Reed RL, Miranda CL, Bobe G, Proteau RR, Stevens JF. 2013. Xanthohumol lowers body weight and fasting plasma glucose in obese male Zucker fa/fa rats. *Phytochemistry* **91**:236-241.
- Leiper KA, Stewart GG, McKeown IP. 2003a. Beer polypeptides and silica gel Part I. Polypeptides involved in haze formation. *Journal of the Institute of Brewing* **109**:57-72.
- Leiper KA, Stewart GG, McKeown IP. 2003b. Beer polypeptides and silica gel part II. polypeptides involved in foam formation. *Journal of the Institute of Brewing* **109**:73-79.
- Lermusieau G, Collin S. 2003. Volatile sulfur compounds in hops and residual concentrations in beer-A review. *Journal of the American Society of Brewing Chemists* **61**:109-113.
- Libby P, Ridker PM, Maseri A. 2002. Inflammation and atherosclerosis. *Circulation* **105**:1135-1143.
- Liu ZH, Liu YX, Pu ZE, Wang JR, Zheng YL, Li YH, Wei YM. 2013. Regulation, evolution, and functionality of flavonoids in cereal crops. *Biotechnology Letters* **35**:1765-1780.
- Malik AH 2012. Governing grain protein concentration and composition in wheat and barley [DSc. Thesis]. Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp.
- Manach C, Scalbert A, Morand C, Rémésy C, Jiménez L. 2004. Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American journal of clinical nutrition* **79**:727-747.
- Manach C, Williamson G, Morand C, Scalbert A, Rémésy C. 2005. Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. I. Review of 97 bioavailability studies. *The American journal of clinical nutrition* **81**:230S-242S.
- Marron M, Boffetta P, Zhang Z-F, Zaridze D, Wünsch-Filho V, Winn DM, Wei Q, Talamini R, Szeszenia-Dabrowska N, Sturgis EM. 2009. Cessation of alcohol drinking, tobacco smoking and the reversal of head and neck cancer risk. *International journal of epidemiology* **39**:182-196.

- Martinez N, Urpi-Sarda M, Martinez-Gonzalez MA, Andres-Lacueva C, Mitjavila MT. 2011. Dealcoholised beers reduce atherosclerosis and expression of adhesion molecules in apoE-deficient mice. *British journal of nutrition* **105**:721-730.
- Matsumoto C, Miedema MD, Ofman P, Gaziano JM, Sesso HD. 2014. An expanding knowledge of the mechanisms and effects of alcohol consumption on cardiovascular disease. *Journal of cardiopulmonary rehabilitation and prevention* **34**:159-171.
- Mayer Jr O, Šimon J, Rosolova H. 2001. A population study of the influence of beer consumption on folate and homocysteine concentrations. *European Journal of Clinical Nutrition* **55**:605.
- Mikyška A, Hartman I, Hašková D. 2011. Polyfenolové látky a antioxidační vlastnosti odrůd ječmene doporučených pro České pivo Polyphenol. *Kvasný průmysl* **57**:182-189.
- Milligan S, Kalita J, Pocock V, Heyerick A, De Cooman L, Rong H, De Keukeleire D. 2002. Oestrogenic activity of the hop phyto-oestrogen, 8-prenylnaringenin. *Reproduction-Cambridge* **123**:235-242.
- Milligan S, Kalita J, Pocock V, Van De Kauter V, Stevens J, Deinzer M, Rong H, De Keukeleire D. 2000. The endocrine activities of 8-prenylnaringenin and related hop (*Humulus lupulus* L.) flavonoids. *The journal of clinical endocrinology & metabolism* **85**:4912-4915.
- Ming L-G, Lv X, Ma X-N, Ge B-F, Zhen P, Song P, Zhou J, Ma H-P, Xian CJ, Chen K-M. 2013. The prenyl group contributes to activities of phytoestrogen 8-prenylnaringenin in enhancing bone formation and inhibiting bone resorption in vitro. *Endocrinology* **154**:1202-1214.
- Miranda CL, Yang Y-H, Henderson MC, Stevens JF, Santana-Rios G, Deinzer ML, Buhler DR. 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**:1297-1302.
- Molina PE, Gardner JD, Souza-Smith FM, Whitaker AM. 2014. Alcohol abuse: critical pathophysiological processes and contribution to disease burden. *Physiology* **29**:203-215.

- Moushmouth B, Abi-Mansour P. 1991. Alcohol and the heart: the long-term effects of alcohol on the cardiovascular system. *Archives of internal medicine* **151**:36-42.
- Mukamal KJ, Ascherio A, Mittleman MA, Conigrave KM, Camargo CA, Kawachi I, Stampfer MJ, Willett WC, Rimm EB. 2005. Alcohol and risk for ischemic stroke in men: the role of drinking patterns and usual beverage. *Annals of internal medicine* **142**:11-19.
- Mukamal KJ, Kuller LH, Fitzpatrick AL, Longstreth Jr WT, Mittleman MA, Siscovick DS. 2003. Prospective study of alcohol consumption and risk of dementia in older adults. *Jama* **289**:1405-1413.
- Nardini M, Natella F, Scaccini C, Ghiselli A. 2006. Phenolic acids from beer are absorbed and extensively metabolized in humans. *The Journal of nutritional biochemistry* **17**:14-22.
- Ndlovu T, Caleb O. 2019. French and Mediterranean-style diets: Contradictions, misconceptions and scientific facts-A review. *Food research international (Ottawa, Ont.)* **116**:840-858.
- Negrão R, Costa R, Duarte D, Taveira Gomes T, Mendanha M, Moura L, Vasques L, Azevedo I, Soares R. 2010. Angiogenesis and inflammation signaling are targets of beer polyphenols on vascular cells. *Journal of cellular biochemistry* **111**:1270-1279.
- Negrão R, Duarte D, Costa R, Soares R. 2013. Isoxanthohumol modulates angiogenesis and inflammation via vascular endothelial growth factor receptor, tumor necrosis factor alpha and nuclear factor kappa B pathways. *Biofactors* **39**:608-622.
- Nesaretnam K, Yew WW, Wahid MB. 2007. Tocotrienols and cancer: Beyond antioxidant activity. *European Journal of Lipid Science and Technology* **109**:445-452.
- Neve R. 1991. Hops. Chapman and Hall, London. Hops. Chapman and Hall, London.:-.
- Nicolás JM, Fernández-Solà J, Estruch R, Paré JC, Sacanella E, Urbano-Márquez A, Rubin E. 2002. The effect of controlled drinking in alcoholic cardiomyopathy. *Annals of internal medicine* **136**:192-200.
- Niki E, Kawakami A, Saito M, Yamamoto Y, Tsuchiya J, Kamiya Y. 1985. Oxidation of Lipids Effect of Phytyl Side-Chain of Vitamin E on its Antioxidant Activity. *Journal of Biological Chemistry* **260**:2191-2196.

- Nozawa H, Yoshida A, Tajima O, Katayama M, Sonobe H, Wakabayashi K, Kondo K. 2004. Intake of beer inhibits azoxymethane-induced colonic carcinogenesis in male Fischer 344 rats. *International Journal of Cancer* **108**:404-411.
- O'shea RS, Dasarathy S, McCullough AJ, Gastroenterology. 2010. Alcoholic liver disease. *Hepatology* **51**:307-328.
- Olšovská J, Čejka P, Sigler K, Honigová V. 2014a. The Phenomenon of Czech Beer: a review. *Czech Journal of Food Sciences* **32**:309-319.
- Oslin D, Atkinson RM, Smith DM, Hendrie H. 1998. Alcohol related dementia: proposed clinical criteria. *International journal of geriatric psychiatry* **13**:203-212.
- Patra J, Taylor B, Irving H, Roerecke M, Baliunas D, Mohapatra S, Rehm J. 2010. Alcohol consumption and the risk of morbidity and mortality for different stroke types-a systematic review and meta-analysis. *BMC public health* **10**:258.
- Perrocheau L, Rogniaux H, Boivin P, Marion D. 2005. Probing heat-stable water-soluble proteins from barley to malt and beer. *Proteomics* **5**:2849-2858.
- Petri AL, Tjønneland A, Gamborg M, Johansen D, Høidrup S, Sørensen TI, Grønbæk M. 2004. Alcohol intake, type of beverage, and risk of breast cancer in pre-and postmenopausal women. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research* **28**:1084-1090.
- Pfenninger H, Schur F, Anderegg P. 1979. Composition and analysis of hops and derived products. *Brewing Science*. Academia Press New York, NY.
- Piano MR, Phillips SA. 2014. Alcoholic cardiomyopathy: pathophysiologic insights. *Cardiovascular toxicology* **14**:291-308.
- Pietraszek A, Gregersen S, Hermansen K. 2010. Alcohol and type 2 diabetes. A review. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases* **20**:366-375.
- Prasad K, Jadhav A. 2016. Prevention and Treatment of Atherosclerosis with Flaxseed-Derived Compound Secoisolariciresinol Diglucoside. *Current Pharmaceutical Design* **22**:214-220.
- Preedy VR 2009. Beer in health and disease prevention. Academic Press, Amsterdam.



- Prokeš J. 2000. Technologický význam dusíkatých látek v ječmeni a sladu. *Kvasný průmysl* **10**:277-279.
- Ratziu V, Bellentani S, Cortez-Pinto H, Day C, Marchesini G. 2010. A position statement on NAFLD/NASH based on the EASL 2009 special conference. *Journal of hepatology* **53**:372-384.
- Reffitt D, Ogston N, Jugdaohsingh R, Cheung H, Evans BAJ, Thompson R, Powell J, Hampson G. 2003. Orthosilicic acid stimulates collagen type 1 synthesis and osteoblastic differentiation in human osteoblast-like cells in vitro. *Bone* **32**:127-135.
- Reynolds K, Lewis B, Nolen JDL, Kinney GL, Sathya B, He J. 2003. Alcohol consumption and risk of stroke: a meta-analysis. *Jama* **289**:579-588.
- Rhee Y. 2016. Flaxseed secoisolariciresinol diglucoside and enterolactone down-regulated epigenetic modification associated gene expression in murine adipocytes. *Journal of Functional Foods* **23**:523-531.
- Ridley NJ, Draper B, Withall A. 2013. Alcohol-related dementia: an update of the evidence. *Alzheimer's research & therapy* **5**:3.
- Rivero D, Pérez-Magariño S, González-Sanjosé ML, Valls-Belles V, Codoñer P, Muñoz P. 2005. Inhibition of induced DNA oxidative damage by beers: Correlation with the content of polyphenols and melanoidins. *Journal of agricultural and food chemistry* **53**:3637-3642.
- Robards K, Prenzler PD, Tucker G, Swatsitang P, Glover W. 1999. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food chemistry* **66**:401-436.
- Robinson LH, Healy P, Stewart DC, Eglinton JK, Ford CM, Evans DE. 2007. The identification of a barley haze active protein that influences beer haze stability: the genetic basis of a barley malt haze active protein. *Journal of cereal science* **45**:335-342.
- Robles R, Palomino N, Robles A. 2001. Oxidative stress in the neonate. *Early human development* **65**:S75-S81.
- Romeo J, Wärnberg J, Nova E, Díaz LE, González-Gross M, Marcos A. 2007. Changes in the immune system after moderate beer consumption. *Annals of Nutrition and Metabolism*

51:359-366.

- Romieu I, et al. 2011. Alcohol drinking and colorectal cancer risk: an overall and dose–response meta-analysis of published studies. *Annals of Oncology* **22**:1958-1972.
- Ruitenbergh A, van Swieten JC, Witteman JC, Mehta KM, van Duijn CM, Hofman A, Breteler MM. 2002. Alcohol consumption and risk of dementia: the Rotterdam Study. *The Lancet* **359**:281-286.
- Sacanella E, Vázquez-Agell M, Mena MP, Antúnez E, Fernández-Solá J, Nicolás JM, Lamuela-Raventós RM, Ros E, Estruch R. 2007a. Down-regulation of adhesion molecules and other inflammatory biomarkers after moderate wine consumption in healthy women: a randomized trial. *The American journal of clinical nutrition* **86**:1463-1469.
- Sacanella E, Vázquez-Agell M, Mena MP, Antúnez E, Fernández-Solá J, Nicolás JM, Lamuela-Raventós RM, Ros E, Estruch R. 2007b. Down-regulation of adhesion molecules and other inflammatory biomarkers after moderate wine consumption in healthy women: a randomized trial. *The American journal of clinical nutrition* **86**:1463-1469.
- Sanz J, Moreno PR, Fuster V. 2013. The year in atherothrombosis. *Journal of the American College of Cardiology* **62**:1131-1143.
- Sasaki S, Yoshioka E, Saijo Y, Kita T, Okada E, Tamakoshi A, Kishi R. 2013. Relation between alcohol consumption and arterial stiffness: A cross-sectional study of middle-aged Japanese women and men. *Alcohol* **47**:643-649.
- Scalbert A. 2009a. Phenol-Explorer: database on polyphenol content in foods.
- Sen CK, Khanna S, Roy S. 2007. Tocotrienols in health and disease: The other half of the natural vitamin E family. *Molecular Aspects of Medicine* **28**:692-728.
- Shai I, Wainstein J, Harman-Boehm I, Raz I, Fraser D, Rudich A, Stampfer MJ. 2007. Glycemic effects of moderate alcohol intake among patients with type 2 diabetes: a multicenter, randomized, clinical intervention trial. *Diabetes Care* **30**:3011-3016.
- Sharpe F, Laws D. 1981. The essential oil of hops a review. *Journal of the Institute of Brewing* **87**:96-107.

- Shimamura M, Hazato T, Ashino H, Yamamoto Y, Iwasaki E, Tobe H, Yamamoto K, Yamamoto S. 2001. Inhibition of angiogenesis by humulone, a bitter acid from beer hop. *Biochemical and biophysical research communications* **289**:220-224.
- Siebert KJ. 2006. Haze formation in beverages. *Lwt-Food Science and Technology* **39**:987-994.
- Sofi F, Macchi C, Casini A. 2013. Mediterranean diet and minimizing neurodegeneration. *Current Nutrition Reports* **2**:75-80.
- Sohrabvandi S, Mortazavian AM, Rezaei K. 2012a. Health-Related Aspects of Beer: A Review. *International Journal of Food Properties* **15**:350-373.
- Song H, Bao J, Wei Y, Chen Y, Mao X, Li J, Yang Z, Xue Y. 2015. Kaempferol inhibits gastric cancer tumor growth: An in vitro and in vivo study. *Oncology reports* **33**:868-874.
- Sripanyakorn S, Jugdaohsingh R, Elliott H, Walker C, Mehta P, Shoukru S, Thompson RP, Powell JJ. 2004. The silicon content of beer and its bioavailability in healthy volunteers. *British Journal of Nutrition* **91**:403-409.
- Stevens JF, Page JE. 2004. Xanthohumol and related prenylflavonoids from hops and beer: to your good health! *Phytochemistry* **65**:1317-1330.
- Stránský M, Kohout P. 2011. Referenční hodnoty pro příjem živin. *Výživa servis sro*: Prague, Czech Republic.
- Styburski D, Janda K, Baranowska-Bosiacka I, Lukomska A, Dec K, Goschorska M, Michalkiewicz B, Zietek P, Gutowska I. 2018. Beer as a potential source of macroelements in a diet: the analysis of calcium, chlorine, potassium, and phosphorus content in a popular low-alcoholic drink. *European Food Research and Technology* **244**:1853-1860.
- Szabó MM. 2009. Studie Advance-větev léčby glykémie: význam intenzivní intervence hyperglykémie pro rozvoj vaskulárních komplikací diabetu. *Medicína pro praxi* **6**:17-21.
- Tang Y, Li XH, Chen PX, Zhang B, Hernandez M, Zhang H, Marcone MF, Liu RH, Tsao R. 2014. Lipids, Tocopherols, and Carotenoids in Leaves of Amaranth and Quinoa

- Cultivars and a New Approach to Overall Evaluation of Nutritional Quality Traits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **62**:12610-12619.
- Tang Y, Li XH, Zhang B, Chen PX, Liu RH, Tsao R. 2015. Characterisation of phenolics, betanins and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* Willd. genotypes. *Food Chemistry* **166**:380-388.
- Taylor JRN, Dlamini BC, Kruger J. 2013. 125th Anniversary Review: The science of the tropical cereals sorghum, maize and rice in relation to lager beer brewing. *Journal of the Institute of Brewing* **119**:1-14.
- Tedesco I, Nappo A, Petitto F, Iacomino G, Nazzaro F, Palumbo R, Russo GL. 2005. Antioxidant and cytotoxic properties of lyophilized beer extracts on HL-60 cell line. *Nutrition and cancer* **52**:74-83.
- Thompson ML, Marriott R, Dowle A, Grogan G. 2010. Biotransformation of  $\beta$ -myrcene to geraniol by a strain of *Rhodococcus erythropolis* isolated by selective enrichment from hop plants. *Applied microbiology and biotechnology* **85**:721-730.
- Tonelo D, Providência R, Gonçalves L. 2013. Holiday heart syndrome revisited after 34 years. *Arquivos brasileiros de cardiologia* **101**:183-189.
- Tresserra-Rimbau A, Rimm EB, Medina-Remón A, Martínez-González MA, López-Sabater MC, Covas MI, Corella D, Salas-Salvadó J, Gómez-Gracia E, Lapetra J. 2014. Polyphenol intake and mortality risk: a re-analysis of the PREDIMED trial. *Bmc Medicine* **12**:77.
- Treutter D. 2005. Significance of flavonoids in plant resistance and enhancement of their biosynthesis. *Plant biology* **7**:581-591.
- Tsai H-Y, Ho C-T, Chen Y-K. 2017. Biological actions and molecular effects of resveratrol, pterostilbene, and 3'-hydroxypterostilbene. *Journal of food and drug analysis* **25**:134-147.
- Tucker KL, Jugdaohsingh R, Powell JJ, Qiao N, Hannan MT, Sripanyakorn S, Cupples LA, Kiel DP. 2009. Effects of beer, wine, and liquor intakes on bone mineral density in older men and women. *The American journal of clinical nutrition* **89**:1188-1196.

- Urbano-Marquez A, Estruch R, Navarro-Lopez F, Grau JM, Mont L, Rubin E. 1989. The effects of alcoholism on skeletal and cardiac muscle. *New England Journal of Medicine* **320**:409-415.
- Urbano-Márquez A, Fernández-Solà J. 2004. Effects of alcohol on skeletal and cardiac muscle. *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine* **30**:689-707.
- Valls-Belles V, del Carmen Torres M, Boix L, Muñiz P, Gonzalez-SanJose ML, Codoñer-Franch P. 2008a.  $\alpha$ -Tocopherol, MDA–HNE and 8-OHdG levels in liver and heart mitochondria of adriamycin-treated rats fed with alcohol-free beer. *Toxicology* **249**:97-101.
- Van de Wiel A, De Lange D. 2008. Cardiovascular risk is more related to drinking pattern than to the type of alcoholic drinks. *Neth J Med* **66**:467-473.
- Van der Gaag MS, Ubbink JB, Sillanaukee P, Nikkari S, Hendriks HF. 2000. Effect of consumption of red wine, spirits, and beer on serum homocysteine. *The Lancet* **355**:1522.
- Van Nierop SN, Evans DE, Axcell BC, Cantrell IC, Rautenbach M. 2004. Impact of different wort boiling temperatures on the beer foam stabilizing properties of lipid transfer protein 1. *Journal of agricultural and food chemistry* **52**:3120-3129.
- Verzele M. 1986. 100-Years of Hop Chemistry and its Relevance to Brewing. *Journal of the Institute of Brewing* **92**:32-48.
- Vilahur G, Casani L, Guerra JM, Badimon L. 2012. Intake of fermented beverages protect against acute myocardial injury: target organ cardiac effects and vasculoprotective effects. *Basic research in cardiology* **107**:291.
- Vinson JA, Mandarano M, Hirst M, Trevithick JR, Bose P. 2003. Phenol antioxidant quantity and quality in foods: beers and the effect of two types of beer on an animal model of atherosclerosis. *Journal of agricultural and food chemistry* **51**:5528-5533.
- Wakabayashi I, Sotoda Y. 2014. Alcohol drinking and peripheral arterial disease of lower extremity. *Nihon Arukoru Yakubutsu Igakkai zasshi= Japanese journal of alcohol*

studies & drug dependence **49**:13-27.

Walsh CR, Larson MG, Evans JC, Djousse L, Ellison RC, Vasan RS, Levy D. 2002. Alcohol consumption and risk for congestive heart failure in the Framingham Heart Study. *Annals of internal medicine* **136**:181-191.

Wannamethee G, Shaper A. 1992. Alcohol and sudden cardiac death. *Heart* **68**:443-448.

Winkler C, Wirleitner B, Schroecksnadel K, Schennach H, Fuchs D. 2006. Beer down-regulates activated peripheral blood mononuclear cells in vitro. *International immunopharmacology* **6**:390-395.

Wunderlich S, Back W. 2009. Overview of manufacturing beer: ingredients, processes, and quality criteria. Pages 3-16. *Beer in health and disease prevention*. Elsevier.

Zavřelová M. 2014. Složení zrna ječmene z hlediska potravinářského využití. *Kvasný Průmysl* **60**:127-130.

Zendulka O. 2008. Polyfenoly ve výživě jako možná prevence nádorových onemocnění [DSc. Thesis]. Masarykova univerzita, Brno.