

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chemie



Pivo pro konzumenty s metabolickým omezením

Bakalářská práce

Autor práce: Tomáš Vaško

Obor studia: Výživa a potraviny (ATZD)

Vedoucí práce: Ing. Matyáš Orsák, Ph.D.

© 2020 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Pivo pro konzumenty s metabolickým omezením" 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 _____

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu Ing. Matyášovi Orsákovi, Ph.D., za odborné vedení, cenné rady a vstřícný přístup, který mi byl poskytnut nejen při řešení této bakalářské práce, ale i během celého studia. Dále bych chtěl poděkovat panu doc. Ing. Ladislavovi Chládkovi, CSc., za odborné konzultace v pivovarnickém oboru, které mi byly cenným nástrojem při psaní této práce.

Pivo pro konzumenty s metabolickým omezením

Souhrn

V této bakalářské práci byl zpracován literární přehled věnující se tématu piva jako potraviny ve výživě osob s různými metabolickými omezeními. Úvodní část práce krátce dokumentuje historii výroby piva, která dokazuje jeho význam v lidské výživě. Dále byly prostudovány suroviny a technologie používané při výrobě konvenčních piv pro následné porovnání se surovinami a technologiemi využívanými při výrobě alternativních produktů pro osoby s metabolickým omezením. Také byla diskutována nově platná Vyhláška č. 248/2018 Sb., stanovující požadavky na pivo v České republice.

Největší část práce však byla věnována problematice metabolických omezení. Konkrétně se jedná o onemocnění vyvolaná lepkem (celiakie, alergie na lepek a citlivost na lepek), diabetes mellitus a pozornost byla věnována i poruchám snášenlivosti alkoholu a zdravotním komplikacím vyvolaným jeho nadměrnou konzumací. U každého onemocnění byly uvedeny informace týkající se jeho patogeneze, prognózy a možností léčby. Následně byly popsány možnosti výroby piva, jehož konzumace nezpůsobuje těmto osobám zdravotní obtíže společně s legislativními požadavky na tyto produkty.

Přestože i během výroby běžného sladu a piva dochází k částečnému znehodnocení lepku, není jeho obsah pro osoby trpící například celiakií ideální. Vyrábějí se tak piva bezlepková, která je možné vyrobit buď ze surovin, které lepek neobsahují, anebo jeho odstraněním z konvenčních piv. V zemích s velkou pivovarnickou tradicí, jako je Česká republika, se zdá být vhodnější právě druhá varianta.

Ve výživě diabetiků není zcela vyloučena žádná konkrétní potravina, tedy ani pivo. To může mít na jejich zdraví dokonce pozitivní vliv. Přesto se vyrábějí i piva s nižším obsahem sacharidů, která mohou vzbuzovat pocit jejich vhodnosti pro diabetiky. Principem výroby takovýchto piv je hluboké prokvašení, čímž ale dojde k poněkud nevhodnému zvýšení obsahu alkoholu.

Konzumace běžného piva je vyloučena u osob, u kterých požití alkoholu (ethanolu) vyvolává reakce z přecitlivělosti. Ty jsou velkým problémem především u asijské populace, kde intolerancí alkoholu trpí až 50 % jedinců. Nejen pro tyto osoby jsou vhodnou alternativou piva nealkoholická. Pro jejich výrobu existuje mnoho postupů založených na různých principech. Velmi dobrých sensorických vlastností je dosaženo při využití speciálních kvasinek označovaných jako *non-Saccharomyces*, které tvoří jen stopové množství alkoholu.

Klíčová slova: alergie; intolerance; metabolismus; složení; specifická piva; technologie výroby

Beer for Consumers with Metabolic Limitations

Summary

This bachelor's thesis comprises a literary overview covering the topic of beer in the diet of consumers with various metabolic limitations. The introduction of this work shortly describes the history of beer production, showing so its importance in human diet. Furthermore, the raw materials and technologies used in the production of conventional beer were studied in order to be compared with the raw materials and technologies used in the production of alternative products for consumers with metabolic limitations. In addition, the Regulation no. 248/2018 setting the requirements for beer in the Czech Republic, which has recently come into effect, was discussed.

However, most attention was paid to the subject of metabolic limitations, specifically the diseases caused by gluten (the coeliac disease, gluten allergy and gluten sensitivity) and diabetes mellitus. Also, the topic of alcohol hypersensitivity and health problems arising from its excessive consumption was covered. Information about its pathogenesis, prognosis and possible treatment was listed together with each disease. In addition, the possible ways of beer production that lead to products safe for the consumers with metabolic limitations were described, together with the legislative requirements for such products.

Although even during the production of conventional malt and beer, gluten undergoes significant changes, its content is not ideal for people suffering from the coeliac disease. Therefore, gluten-free types of beer are produced, either from gluten-free raw materials or by removing gluten from the conventional type of beer. In countries with long brewery tradition, such as the Czech Republic, the second option seems more appropriate.

The diabetic diet does not eliminate any specific types of food, thus not even beer, which can even have certain positive impact on its consumers' health. Despite this, beer with low content of carbohydrates is on the market and can seem more appropriate for the diabetic diet. However, the production of such beer consists in a very thorough fermentation, causing so a rather inappropriate increase in the alcohol level.

Consumption of the common type of beer is not possible for people with alcohol (ethanol) hypersensitivity, which is a significant problem especially in Asia where up to 50 per cent of the population suffers from alcohol intolerance. Non-alcoholic beer is the right option not just for this group of consumers. The non-alcoholic beer production can be based on diverse principles. Very good sensory characteristics can be achieved using the non-*Saccharomyces* yeasts that create only trace amounts of alcohol.

Keywords: allergy; composition; intolerance; metabolism; production technology; specific beers

Obsah

1	Úvod	8
2	Cíl práce.....	9
3	Literární rešerše	10
3.1	Historie výroby piva.....	10
3.1.1	Nejstarší historie	10
3.1.2	Historie výroby piva mimo Evropu	10
3.1.2.1	Mezopotámie a starověký Egypt.....	10
3.1.3	Historie výroby piva v Evropě.....	11
3.1.3.1	Antické Řecko a Řím.....	11
3.1.3.2	Keltové, Germáni a Slované	12
3.1.3.3	Historie výroby piva na území České republiky.....	13
3.2	Suroviny pro výrobu piva.....	14
3.2.1	Voda.....	14
3.2.2	Slad	15
3.2.2.1	Sladové náhražky.....	16
3.2.3	Chmel.....	17
3.2.4	Kvasinky	18
3.3	Technologie výroby piva.....	19
3.3.1	Šrotování.....	19
3.3.2	Vystírání a rmutování	19
3.3.3	Scezování.....	20
3.3.4	Chmelovar.....	20
3.3.5	Odstraňování kalů, chlazení a provzdušňování mladiny	21
3.3.6	Kvašení mladiny a zrání mladého piva.....	22
3.4	Legislativní rámec	23
3.5	Pivo a onemocnění vyvolaná lepkem.....	24
3.5.1	Lepek	24
3.5.2	Onemocnění vyvolaná lepkem	26
3.5.2.1	Celiakie.....	26
3.5.2.2	Alergie a citlivost na lepek	27
3.5.3	Technologické aspekty výroby bezlepkového piva	28

3.5.3.1	Technologické aspekty výroby bezlepkového piva z bezlepkových surovin.....	28
3.5.3.2	Technologické aspekty výroby bezlepkového piva z konvenčních surovin	29
3.5.4	Legislativní rámec.....	31
3.6	Pivo a diabetes mellitus.....	31
3.6.1	Diabetes mellitus.....	31
3.6.1.1	Mechanismus nemoci.....	31
3.6.1.2	Typy diabetu.....	32
3.6.1.3	Komplikace diabetu	33
3.6.1.4	Výživová opatření při diabetu	34
3.6.1.4.1	Pivo ve výživě diabetiků	36
3.6.1.4.2	Legislativní rámec	37
3.6.2	Speciální piva pro diabetiky	37
3.6.2.1	Technologické aspekty výroby piva se sníženým obsahem cukrů.....	38
3.7	Pivo, poruchy snášenlivosti alkoholu a zdravotní komplikace vyvolané jeho nadměrnou konzumací	39
3.7.1	Alkohol a jeho metabolismus	39
3.7.2	Alkohol a zdraví.....	40
3.7.2.1	Poruchy snášenlivosti alkoholu.....	40
3.7.2.2	Zdravotní komplikace vyvolané nadměrnou konzumací alkoholu	41
3.7.3	Nealkoholická piva	42
3.7.3.1	Technologické aspekty výroby nealkoholického piva	42
3.7.3.2	Zdravotní přínosy konzumace nealkoholického piva.....	43
3.7.3.3	Legislativní rámec	44
4	Závěr	45
5	Literatura	47
6	Seznam tabulek	53

1 Úvod

Pivo je starobylý kvašený nápoj, který je součástí lidské společnosti již od nepaměti. Je to nápoj slabě alkoholický, pro jehož výrobu se v dnešní době používá kromě vody především ječňný slad, chmel a kvasinky. Přestože se jeho podoba, a tedy i složení v různých částech světa výrazně liší, těší se globální oblibě. Například jen v Evropské unii se v roce 2018 podle European Beer Trends Statistics Report (2019) vyrobilo kolem 406 050 000 hektolitrů piva, přičemž Česká republika k této sumě přispěla svými 21 272 000 hektolitry. V naší zemi je pivo zvláště oblíbené, jelikož v témže roce zde jeho spotřeba činila 141 litrů na osobu a Česká republika tak mezi členskými státy Evropské unie zaujímá v této statistice přední postavení.

Konzumace piva souvisí s řadou všedních i nevšedních událostí a lze tak soudit jeho nemalý společenský význam. Pivo je v současnosti vnímáno jako nutričně vyvážená potravinu. de Gaetano et al. (2016) uvádějí mnohé zdravotní přínosy spojované s umírněným požíváním tohoto světově nejrozšířenějšího alkoholického nápoje, a to zejména ve vztahu ke kardiovaskulárním a neurodegenerativním chorobám. Takováto spotřeba piva je dokonce dávána do souvislosti s nižší mortalitou i v porovnání s abstinenty.

U některých osob se však vyskytují metabolická omezení, která konzumaci piva více, či méně znemožňují. V této práci je tak rozebírána především problematika metabolických omezení v kontextu s požíváním piva. Zejména se jedná o onemocnění vyvolaná lepkem, tedy o celiakii, alergii na lepek a citlivost na lepek. Dále o diabetes mellitus a prostor je věnován i poruchám snášenlivosti alkoholu a zdravotním komplikacím vyvolaných jeho nadměrnou konzumací. Tito pacienti tak mohou být o výše zmíněné zdravotní benefity ochuzeni. Mohou se také vyhýbat společenským událostem, které jsou s požíváním piva spojené, a to může vést k psychologickým a sociálním problémům. Výživová opatření, která je nutné při těchto stavech dodržovat, jsou mnohdy náročná a omezující a je tak nutné hledat nové metody, kterými lze těmto osobám zlepšit kvalitu života.

2 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce bylo studiem odborné literatury zpracovat literární přehled věnující se problematice metabolických omezení ve vztahu ke konzumaci piva. Zejména tedy dohledat relevantní informace o alternativních produktech pro osoby trpící těmito omezeními. Konkrétně zhodnotit fakta věnující se surovinám, technologiím výroby, legislativě a zdravotním dopadům těchto piv se současným porovnáním s konvenčními produkty. Dílčím cílem pak bylo objasnit historii výroby piva, a tím posoudit jeho opodstatnění ve výživě člověka.

3 Literární rešerše

3.1 Historie výroby piva

3.1.1 Nejstarší historie

Nezpochybnitelné informace týkající se problematiky vzniku výroby piva nemáme k dispozici (Basařová et al. 2011). Podle Chládky (2007) se nápoj podobný pivu, tedy jakýsi samovolně zkvašený obilný rmut, objevil nejspíše ve více kulturách nezávisle na sobě pravděpodobně v době přechodu k zemědělství, tedy v období asi 10 000 až 15 000 let př. n. l.

„Mnoho odborníků i milovníků zlatého moku se snažilo z dostupných historických poznatků odhalit možné varianty vzniku piva. Všichni se shodují v jedné věci – příprava piva nebyla vynálezem, ale výsledkem souhry náhod.“ (Basařová et al. 2011)

Zkvašený obilný nápoj mohl vzniknout tak, že v dávných dobách bylo nutné pro malé děti a bezzubé starce zrno nejprve rozžvýkat zdravými jedinci a případně dále změkčit ve vodě. Důvodem byla neznalost mletí zrna. Lidské sliny obsahují kromě enzymů i případné kvasinky. V případě, že nádoba obsahující takto upravená zrna ležela nějakou dobu v teple, mohlo dojít ke zkvašení obilného rmutu. Toto lze pozorovat nejen u dnešních primitivních národů v Africe a Polynésii, ale také staré severské ságy popisují, jak bůh Odin zakvasil první pivo pomocí svých slin (Večerníček 2009). Takovýto nápoj mohl vzniknout také díky zapomenutí nádoby, ve které byly uloženy různé obilné suroviny pro výrobu chleba ve vlhkém prostředí. Pokud nádoba ležela obdobně jako u předchozího případu určitou dobu ve vhodných podmínkách, došlo patrně k samovolnému zkvašení jejího obsahu (Kollár 2012). Je ale i možné, že podobným způsobem vyrobený předchůdce piva z divoce rostoucích plodin přiměl tehdejší lidskou populaci k přechodu od sběru k zemědělství (Večerníček 2009).

3.1.2 Historie výroby piva mimo Evropu

3.1.2.1 Mezopotámie a starověký Egypt

Národy na území Mezopotámie pěstovaly obilí již v 10. až 7. tisíciletí př. n. l. a později se začali specializovat mimo jiné na pěstování ječmene (Basařová et al. 2011). Sumerové, kteří do Mezopotámie přišli kolem roku 6000 př. n. l. (Chládek 2007), jsou prvním národem, o kterém víme, že k výrobě piva používal obilný slad, který se kromě ječmene vyráběl i z ovsu a pšenice. Výroba piva spočívala ve vykvašení směsi vzniklé z rozmělněných chlebů, sladu a vody. Hořkost nápoji nedodával chmel, ale v popelu pražené chleby (Večerníček 2009). Jelikož se zdejší piva podobala spíše kaším, používali Sumerové k jejich konzumaci ze zdobených nádob dlouhé slámky (Klugeová 2015). Kromě výživy tehdejších lidí sloužilo pivo také jako platidlo, obětní dar či léčivo (Kollár 2012). O významu piva ve starověké Mezopotámii svědčí i fakt, že o tomto nápoji nalezneme zmínky v historických písemných památkách, jako jsou Chamurapiho zákoník, Hymna bohyni Ninkasi, nebo Epos

o Gilgamešovi. V naposledy jmenovaném díle se jakási bytost jménem Enkidu stane člověkem, díky tomu, že jí chléb a pije pivo (Chládek 2007).

Nejstarší důkazy o výrobě piva ve starověkém Egyptě sahají do Předdynastického období (5500 až 3100 př. n. l.). V nádobách z této doby byly nalezeny zbytky zaslého piva. Písemné záznamy o zdejších pivovarnictví pochází z období Archaického (3100 až 2686 př. n. l.) a poukazují na velký význam tohoto nápoje v tehdejší společnosti (Hornsey 2003). Pivo bylo důležitou komoditou, která ovlivňovala zdejší ekonomiku, svědčí o tom fakt, že v pozdějším období, během vlády dynastie Ptolemaiovců (332 až 30 př. n. l.) zaštiťoval výrobu piva stát (Basařová et al. 2011). Do té doby bylo běžné vyrábět si pivo v domácích podmínkách (Chládek 2007). Úloha piva ve starověkém Egyptě byla obdobná jako v Mezopotámii. Dokonce i technologie výroby byla téměř analogická. Pivo bylo součástí každodenního života, bylo spolu s chlebem a zeleninou (především česnekem a cibulí) základní potravinou či sloužilo jako odměna dělníkům za odvedenou práci. Také mělo svou úlohu ve zdejší medicíně při léčbě širokého spektra onemocnění (Kollár 2012). Díky egyptské spiritualitě a víře v posmrtný život se v hrobkách dochovalo do dnešních dnů mnoho předmětů souvisejících s tehdejším pivovarnictvím. Jedná se především o suroviny, nádoby, ale i malby a texty (Klugeová 2015). S pivovarnickým kultem bylo spojováno mnoho bohů a bohyň, nejprve nejvyšší bůh Re (Ra), později Osiris a také bohyně Tanemit a Menket (Basařová et al. 2011). V nejstarších egyptských textech jsou zmínky o mnoha druzích piv, které byly vyrobeny pomocí různých surovin a různými metodami. Takováto piva ale sloužila nejspíše pro nevšední či náboženské události. Piva pro běžnou konzumaci byla pravděpodobně dochucována pouze plody palmy datlové (*Phoenix dactylifera* L.) (Hornsey 2003).

3.1.3 Historie výroby piva v Evropě

3.1.3.1 Antické Řecko a Řím

Pivo bylo Řekům známo minimálně z dob krétské a mykénské kultury. Výrobu tohoto nápoje převzali možná od Izraelitů, jelikož k jeho výrobě používali taktéž pražené obilí. Pivo v Řecku nicméně nebylo populární tak jako víno, patrně i kvůli nevhodné poloze k pěstování obilovin (Večerníček 2009). Pivo zde bylo nazýváno *brythos* a sloužilo jako nápoj nižších společenských vrstev (Hardwick 1995).

„Neznámější řecký lékař Hippokrates z Kou (přibližně 4. století před Kristem) používal pivo pouze jako lék proti horečce a nespavosti, ale jeho konzumu moc neholdoval.“ (Chládek 2007)

Ačkoli Římané sdíleli s Řeky jejich kulturu, byli ke konzumaci piva, které nazývali *vinum cerevisia*, vstřícnější. Vliv na to měl nejspíš i fakt, že starověký Řím byl kosmopolitní stát, a tak snáze podléhal vnějším vlivům. Navíc římsí legionáři, kteří bojovali v severních teritoriích, se naučili pít pivo od Galů a Germánů. Nejprve zde bylo pivo nápojem podmaněných barbarských národů a až později se stalo oblíbeným nápojem i u římských občanů (Večerníček 2009). Pivo měl údajně v oblibě i jeden z nejvýznamnějších panovníků

všech dob Julius Caesar. V tehdy Římem okupované Británii byly podél cest stavěny hospody, ve kterých se mohli vojáci občerstvit právě pivem (Klugeová 2015).

3.1.3.2 Keltové, Germáni a Slované

Keltové byli vyspělým starověkým národem, který se v Evropě objevil přibližně 1000 let př. n. l. O jejich přízni k pití, pravděpodobně i piva, které Keltové nazývali *korma*, se zmiňuje řecký dějepisec Polybos. Byli to dobří zemědělci, kteří na svou dobu využívali revoluční nástroje a pěstovali kromě nejvíce využívaného ječmene i pšenici, žito, proso a oves. O oblibě tohoto nápoje mezi Kelty svědčí fakt, že jsou považováni za první národ, který pil pivo z dřevěných sudů, nebo také vyobrazení jednoho z jejich bohů. Bůh Sucellus je zobrazován, jak v ruce drží dřevěné kladivo (pivovarnický nástroj) a džbán (Večerníček 2009). Archeologických nálezů popisujících výrobu piva tímto národem není mnoho. O jejich vztahu k pivu máme informace spíše od antických autorů, jako je Plinius, který se zmiňuje o tom, že k výrobě chleba Keltové používali pivní kvasnice (Hornsey 2003).

Germány považovali římská a řecká autoři až do 1. století př. n. l. za národ s Kelty totožný. Jako první se o Germánech zmínil až zeměpisec Strabón, který tyto dvě etnické skupiny od sebe odlišil. I pro tento lid bylo pivo, které nazývali *peor*, součástí jejich každodenních životů, a tak i zde nalezneme o tomto nápoji zmínky v mytologii. Spojitostí s ním nalezneme kromě již zmíněného Odina, který soupeřil ve vaření piva s bohyní Friggou i u bohů, jako jsou Thor a Loki. O životě Germánů pojednává římský historik Publius Cornelius Tacitus, který se mimo jiné ve své knize *Germania* (98 n. l.) poněkud nechvalně zmiňuje i o kvašeném obilném nápoji vyrobeném z ječmene či pšenice, který je u tohoto národa tak oblíbený. Jedná se o první písemnou zmínku pojednávající o tomto nápoji ve spojitosti s Germány (Večerníček 2009). Naopak pivní nádoby pocházející z doby 800 př. n. l., nalezené v germánském hrobě poblíž dnešního Kulmbachu, jsou považovány za nejstarší nález související s výrobou piva ve střední Evropě. Je zajímavé, že u Germánů přebíraly odpovědnost za výrobu piva ženy tak jako v pozdějším raném středověku (Klugeová 2015).

Dalším evropským etnikem, u kterého byla příprava piva v oblibě, byli Slované, pro které bylo typické vyrábět ho z ječmene, přesto, že pěstovali také oves a pšenici (Basařová et al. 2011). Slované pivo znali alespoň od roku 449 n. l., jelikož právě z té doby o něm pochází první zmínka od byzantského historika Priskose, který byl spolu se svou družinou slovanským pivem pohoštěn v oblasti dnešní Panonie během cesty k vládci Hunů Attilovi (Večerníček 2009). Slované mu říkali *kanas* a vyráběli ho obdobným způsobem jako kvas v dnešním Rusku (Chládek 2007).

Pro tyto indoevropské národy bylo běžné koření piva různými přísadami, jako byly pelyněk, šalvěj, anýz, skořice, máta, pepř, zázvor a jalovec. Keltové však údajně používali i námel, opium a strychnin (Basařová et al. 2011). Slované a Germáni patří k nejstarším uživatelům chmele. Germáni používali chmel k dochucení piva přinejmenším od 6. století n. l. a zhruba o dvě stě let později jimi byl již cíleně pěstován. Ještě před používáním chmele kořenili Germáni pivo pomocí směsi bylin, kterou označovali jako *gruit* (Večerníček 2009). Ten kromě jiného obsahoval blín, borovicové kořeny, třezalku či smrkové hoblíny (Klugeová 2015).

3.1.3.3 Historie výroby piva na území České republiky

V období kolem 10. století př. n. l. pronikly na území Čech a Moravy indoevropské kmeny. Prvním z těchto kmenů na našem území, o kterých máme přesnější informace, jsou příslušníci keltského kmene Bójů, kteří se zde usadili ve 4. století př. n. l. Kolem roku 12 př. n. l. pronikl do české kotliny germánský kmen Markomanů, který se z dějin vytrácí ve 4. století n. l. Po Germánech toto území osídlili Slované. Všechny tyto národy u nás pivo dobře znaly. Postupy výroby se u jednotlivých kultur odlišovaly a postupem času vyvíjely (Basařová et al. 2011).

Popis výroby piva v Břevnovském klášteře z roku 993 je nejstarší zmínkou vztahující se k výrobě piva na našem území. Ovšem nadační listina prvního českého krále Vratislava II. pro vyšehradskou kapitulou z roku 1088, kterou mimo jiné přiděluje zdejším kanovníkům desátek chmele pro vaření piva, je nejstarším historickým dokladem s výrobou piva související. O zdejším pěstování chmele se však ještě dříve zmiňuje ve své nadační listině kníže Břetislav I., který vládl mezi roky 1034 až 1055 (Basařová et al. 2011).

Pro středověk bylo typické zakládání královských měst (Žatec, Svitavy, nebo Plzeň) a s tím související vznik tzv. práva várečného, které náleželo pouze měšťanům. Právo várečnické měli možnost vyrábět slad i pivo, skladovat a prodávat ho. Dalším právem bylo právo mílové, náležící též měšťanům, které zakazovalo výrobu a prodej piva jednu míli od městských hradeb. Tato práva byla akceptována až do doby vlády krále Vladislava Jagellonského, kdy šlechta začala toto měšťanské právo omezovat z důvodu vlastního zájmu na výrobě piva. Spory byly ukončeny až v roce 1517 Svatováclavskou smlouvou za vlády Ludvíka Jagellonského, kterou bylo vaření piva šlechtě umožněno za předpokladu, že jej nebude v královských městech prodávat v době, kdy plynou z jeho prodeje největší zisky. Tento stav mělo jistit tzv. právo propinační (Chládek 2007). Patronem pivovarnického řemesla se u nás stal kníže svatý Václav, přesto, že dle Kristiánovy legendy konzumaci alkoholu odsuzoval. Dalším patronem byl údajný první sládek král Gambrinus, vévoda brabantský Jan I. (primus), jehož jméno vzniklo nejspíše ze slov „Jan Primus“ (Večerníček 2009).

S českým pivovarnictvím je spjato mnoho významných osobností. Lze jmenovat například Tadeáše Hájka z Hájku (1525 až 1600). Tento renesanční člověk, který působil jako osobní lékař císaře Rudolfa II. a pedagog na Univerzitě Karlově, podal ve své knize O pivě a jeho výrobě, povaze, silách a vlastnostech (*De cerevisia eiusque conficiendi ratione natura, viribus & facultatibus opusculum*) první popis výroby piva u nás. Později české pivovarnictví významně ovlivnil sládek František Ondřej Poupě (1753 až 1805), který prosazoval vaření piva z ječmene, zavedl dekokční způsob rmutování a také používání teploměru v pivovarnické praxi. V roce 1839 stoupala v Plzni poptávka po výstavbě nového měšťanského pivovaru, ve kterém by se vařilo spodně kvašené pivo, jaké se v té době dováželo z Bavorska, jelikož zde se vařila svrchně kvašená piva nízké kvality. O rok později 5. října 1842 se již v nově postaveném pivovaru uvařila první várka pod vedením bavorského sládka Josefa Grolla. Zdejší pivo získalo na obrovské popularitě a zajistilo slávu českého pivovarnictví po celém světě (Basařová et al. 2011).

3.2 Suroviny pro výrobu piva

3.2.1 Voda

Voda je hlavní pivovarnickou surovinou, její obsah v pivu se pohybuje kolem 90 % (Bamforth 2006). Pouze část vody se však využije jako surovina, zbytek slouží například k sanitaci (Kunze 2010).

Jako přírodní zdroje využívají pivovary vody spodní a povrchové. Oba zdroje obsahují jak látky rozpuštěné (ionizující soli a plyny), tak i látky suspendované (rostlinné a mikrobiologické kontaminanty). Spodní vody, tedy vody pocházející z pramenů či studní, obsahují menší množství organických látek a mikroorganismů a jsou tedy z hlediska čistoty vhodnější než vody povrchové. Přesto je nutné tyto zdroje upravit různými operacemi na základě míry znečištění (Basařová et al. 2010).

Přestože kvalita vody zásadně ovlivňuje výslednou podobu piva (Kunze 2010), tak voda pro jeho výrobu není a nemůže být dokonale čistá (Barth 2013). V pivovarníky využívaných vodách se nachází různá zastoupení, množství a poměry jednotlivých iontů a jiných látek, které mají vliv na výslednou kvalitu piva (Basařová et al. 2010). Tyto vody by však měly vždy splňovat příslušné normy pro pitnou vodu (Bamforth 2006). Některé z parametrů posuzovaných při hodnocení pitné vody jsou uvedeny v Tabulce 1.

Tabulka 1: Vybrané požadavky na pitnou vodu

Parametr	Prahová hodnota (mg/l)
dusičnany	50
dusitany	0,5
olovo	0,01
měď	2
nikl	0,02
přípravky na ochranu rostlin a biocidní přípravky	0,0001
benzen	0,001

Zdroj: upraveno podle Kunze 2010

Vždy přítomné jsou vodíkové (H^+) a hydroxidové (OH^-) ionty, které určují aktuální hodnotu pH. Sodné (Na^+) a draselné (K^+) ionty přicházejí do piva především ze sladu. Z hlediska zdravotních přínosů konzumace piva by neměl obsah sodných iontů převyšovat 150 mg/l nápoje. To ovšem neplatí pro draselné ionty, kterých je v lidské výživě nedostatek. Kontroverzním prvkem je železo, které se ve vodě vyskytuje ve formě železnatých (Fe^{2+}) a železitých (Fe^{3+}) iontů. Obsah železa ve vodě nad 0,2 mg/l zhoršuje kvalitu sladu a následně piva. Takovéto negativní účinky mají i měďnaté (Cu^{2+}) a ve vyšších koncentracích i manganaté (Mn^{2+}) ionty. Naopak v koncentracích pod 0,1 mg/l železo příznivě ovlivňuje biosyntézu enzymů dýchacího řetězce (Basařová et al. 2010). Je žádoucí, aby bylo ve varní vodě nízké zastoupení dusičnanů (NO_3^-) z důvodu možné redukce na dusitany (NO_2^-), které působí cytotoxicky. Přítomnost chloridových aniontů (Cl^-) zapříčiňuje korozi oceli, ale zároveň zjemňuje chuť výsledného nápoje. Kromě výrazné hořkosti spojené s vysokým

obsahem síranů (SO_4^{2-}) v pivu, nemá jejich obsah ve varní vodě žádný negativní vliv (Bamforth 2006).

Plyny nacházející se v přírodních vodách působí za určitých podmínek korozivně. Jedná se o oxid uhličitý, kyslík a sulfan. Kromě anorganických látek se v takových vodách mohou vyskytovat i látky organické. Nejčastěji jsou zastoupeny huminovými látkami, které nejsou na rozdíl od chlorovaných uhlovodíků vyskytujících se zejména v povrchových vodách zdraví škodlivé, ale negativně ovlivňují senzorycké vlastnosti vody a produktů z ní vyrobených (Basařová et al. 2010).

Významným kvalitativním ukazatelem vody pro výrobu piva je její tvrdost, kterou tvoří převážně ionty vápníku a hořčíku. Vápenaté a hořečnaté sírany, chloridy a křemičitany určují tvrdost vody trvalou (nekarbonátovou). Přechodnou (karbonátovou) zapříčiňuje přítomnost hydrogenuhličitanů, které lze částečně či úplně odstranit varem. Součtem obou typů dostaneme tvrdost celkovou, která se dnes vyjadřuje v mmol/l. Podle hodnoty celkové tvrdosti rozlišujeme vody měkké, středně tvrdé, tvrdé a velmi tvrdé. Měkké vody jsou vhodné pro výrobu světlých piv, zatímco tmavá piva lze uvařit i z vod tvrdých (Chládek 2007).

3.2.2 Slad

„Slad je za specifických podmínek naklíčená a usušená obilovina.“ (Basařová et al. 2010). Význam sladu spočívá v obsahu škrobu a enzymů, které ho v dalších krocích výroby piva štěpí na zkvasitelné cukry (Barth 2013).

Slad se vyrábí především z ječmene setého (*Hordeum vulgare* L.). Tento druh patří do čeledi lipnicovité (*Poaceae*) a dělí se na mnoho vnitrodruhových taxonů. Na základě morfologických znaků se člení na ječmen setý dvouřadý (*H. vulgare* convar. *distichon*), který tvoří variety nicí (*H. vulgare* convar. *vulgare* var. *nutans*), vzpřímené (*H. vulgare* convar. *vulgare* var. *erectum*), paví (*H. vulgare* convar. *vulgare* var. *breve* /*zeocrithon*/) a nahé (*H. vulgare* convar. *vulgare* var. *nudum*). Do druhé skupiny patří ječmen setý víceřadý (*H. vulgare* convar. *vulgare*), který tvoří formy čtyřřadé (*tetrastichon*) a šestiřadé (*hexastichon*) (Basařová et al. 2015). Pro účely sladování se používá nejvíce ječmen dvouřadý. V České republice je jeho jarní forma zastoupená odrūdami, jako jsou Rubín, Forum a Jubilant (Chládek 2007).

Z mnoha anatomických částí ječné obilky má pro sladařské, a tedy i pivovarnické účely, zásadní význam endosperm. Jedná se o živné pletivo obsahující především škrob, které tvoří největší hmotnostní podíl obilky. Škrob je zde uložen ve velkých (typ A) a malých (typ B) škrobových zrnech. Nejprve se tvoří velká škrobová zrna, kterých je méně, ale zaujmají větší objem. Škrob je polysacharid skládající se z menší nevětvící se molekuly amylozy (25 %) a větší větvící se molekuly amylopektinu (75 %) (Basařová et al. 2015). Základem pro obě molekuly jsou jednotky glukózy v lineárním řetězci spojené vazbou α -(1,4). V případě amylopektinu je na lineární řetězec po 26 jednotkách připojen řetězec postranní vazbou α -(1,6) (Boulton 2013).

Výroba sladu začíná čištěním uleželého ječmene od plevelů, kamenů, prachu a jiných nečistot se současným tříděním zrn podle velikosti. Následuje operace máčení, při které se zvýší obsah vody v ječné obilce z původních 12 na 45 až 48 %. Tímto řízeným zvýšením vlhkosti dojde k aktivaci metabolismu obilky, což souvisí s potřebou kyslíku a nutností

vzdušných přestávek. Po máčení je slad připraven na další technologický krok, který se nazývá klíčení. Během klíčení dochází k tvorbě enzymů a vnitřním strukturálním změnám v obilce, které jsou nezbytné pro následnou výrobu piva. Klíčící ječmen je nutno pravidelně obracet, jinak rostoucí kořínky zabrání přístupu vzduchu, což by vedlo k hnilobným procesům. Po skončení máčení získáme tzv. zelený slad, který je během procesu hvozdění zbavován přebytečné vody. Během hvozdění se dále dotvářejí chuťové a aromatické vlastnosti sladu. Konkrétních typů sladů se zde dosahuje použitím různých teplot a časů hvozdění. Slad je dále čištěn od kořínků vzniklých během klíčení a před použitím je nutné jeho třítydenní zrání (Mallett 2014).

Mezi nepoužívanější slady patří světlé slady plzeňského typu a tmavé slady typu mnichovského (bavorské slady). První skupina se používá pro výrobu světlých piv, má nižší dotahovací (sušicí) teplotu než slady mnichovské a vyznačuje se vysokou enzymatickou aktivitou, která zajišťuje rychlé a dokonalé zcukření. Oproti tomu slady mnichovského typu se používají pro výrobu piv tmavých, charakterizuje je výrazné aroma, vyšší obsah bílkovin, nižší extraktivnost a nižší enzymatická aktivita. Přejít mezi sladem plzeňským a mnichovským je slad vídeňský, jehož význam ale v posledních letech klesá. V menší míře se využívají také slady barvicí, diastatické, nakuřované, karamelové, nebo proteolytické. Takovéto slady nachází uplatnění například při výrobě piv speciálních, nebo pro dotvoření požadovaných vlastností, jako jsou barva a pěnivost (Basařová et al. 2010).

3.2.2.1 Sladové náhražky

Za sladové náhražky lze považovat všechny ostatní suroviny dodávající pivu extrakt, než je slad (Briggs et al. 2004). Jedná se především o nesladované obiloviny obsahující škrob (ječmen, pšenice, oves, kukuřice, rýže, čirok a další), nebo o sirupy vzniklé enzymatickou či kyselou hydrolyzou škrobu, které obsahují různé zastoupení konkrétních cukrů se snahou o nejbližší napodobení cukerného složení mladiny. Dále jsou to cukerné roztoky z cukrové řepy, třtiny, medu, melasy a ovocných šťáv (Basařová et al. 2015). Sladovou náhražkou je také kulér, který se vyrábí zahříváním cukru za přidání katalyzátoru (amoniaku). Význam kuléru spočívá kromě dodání extraktu i ve značných barvicích vlastnostech (Kunze 2010).

Obvykle se z ekonomických důvodů nesladovanými obilovinami nahrazuje 15 až 20 % sladu (Kunze 2010). Slad má dostatečnou enzymatickou aktivitu, aby hydrolyzoval škrob z těchto zdrojů. Problémy se zcukřením spojené s vyššími dávkami nesladovaných obilovin lze vyřešit přidáním mikrobiálních enzymů (Briggs et al. 2004). Kromě důvodu snížení nákladů spojených se surovinami se sladové náhražky používají pro zlepšení koloidní stability piva, pro výrobu bezlepkového piva (rýže, čirok) a pro docílení specifických vlastností netradičních druhů piv (Basařová et al. 2010).

Kunze (2010) tvrdí, že 85 až 90 % veškerého piva je vyrobeno za pomoci sladových náhražek. Ovšem v tradičních pivovarských zemích je používání sladových náhražek spíše výjimkou (Basařová et al. 2010). V některých zemích dokonce platí zákaz jejich používání (Briggs et al. 2004).

3.2.3 Chmel

Chmel otáčivý (*Humulus lupulus* L.) je popínavá, dvoudomá, vytrvalá rostlina, patřící do čeledi konopovité. Pro pivovarnické účely se využívají pouze samičí rostliny, konkrétně samičí sušené hlávky, které pivu dodávají hořkost a aroma. Česká republika, kde se pěstují pouze aromatické odrůdy, patří k největším pěstitelům chmele, více se vypěstuje pouze v Německu a následně ve Spojených státech amerických. V České republice se chmel pěstuje v hlavní pěstitelské oblasti Žatecké a dále v oblasti Ústecké a Tršické (Kunze 2010).

Mezi české odrůdy s největším pivovarnickým významem patří Premiant, Sládek a Agnus. Česká odrůda Kazbek, patřící mezi odolné chmely vykazující vysokou výnosovou stabilitu, má původ v planě rostoucích ruských chmelech (Nesvadba et al. 2012). Typické zbarvení révy žateckých odrůd je řadí k tzv. červeňákům. Druhou skupinu tvoří tzv. zeleňáky, které se pěstují především v Americe, Anglii a Belgii. Podle charakteru hořkosti a aroma je můžeme dělit na jemné aromatické (žatecké odrůdy) a na hořké vysokoobsažné (Chládek 2007).

Chmel při sklizni, začínající na konci srpna, která je dnes prováděna převážně mechanizovaně, obsahuje 75 až 80 % vody, a proto se musí co nejdříve zpracovat. Při sušení klesne obsah vody na 8 až 12 % působením teploty, která nesmí překročit 50 °C. Po sušení se chmel lisuje a následně stabilizuje, aby nedošlo k poškození chmele před dalším zpracováním. Chmelové šišťice obsahují lepkavý žlutý prášek lupulin, ve kterém se nachází všechny cenné látky pro výrobu piva. Pro výrobu piva se používají chmelové pelety a chmelový extrakt, sušený chmel se dnes používá jen okrajově (Kunze 2010).

Pro přípravu pelet se usušený chmel ochladí na -30 °C a drtí se. Podle hrubosti drtě se pelety dělí na různé typy. Pro výrobu nejběžnějších pelet, tedy typu 90 (90 g pelet se získá ze 100 g chmele) je požadovaná hrubost drtě 1 až 5 mm. Tento prášek je dále homogenizován a peletizován. Hotové pelety jsou co nejdříve vakuově, nebo za použití inertních plynů baleny do metalizovaných fólií a skladovány ideálně při teplotě 1 až 5 °C (Briggs et al. 2004). Dalším typem pelet je typ 45, jedná se o pelety obohacené lupulinem. Jsou zhruba dvojnásobně koncentrovanější než pelety typu 90 (Bamforth 2006). Jako extrakční činidla se pro výrobu chmelových extraktů z bezpečnostních důvodů používají jen hexan, ethanol a nejvíce oxid uhličitý (Briggs et al. 2004). Dříve se k extrakci používal dichlormethan, než byly zjištěny jeho negativní dopady na životní prostředí (Kunze 2010).

Mezi pivovarnicky významné látky chmele patří chmelové pryskyřice, polyfenoly a silice. Chmelové pryskyřice, které dodávají pivu hořkost, obsahují alfa hořké kyseliny (humulony), beta hořké kyseliny (lupulony) a specifické pryskyřice (resupony) (Chládek 2007). Podrobnější složení chmele znázorňuje Tabulka 2.

Tabulka 2: Průměrné složení chmele

Látka	Obsah (%)
voda	8-12
celkové pryskyřice	15-20
polyfenolové látky	2-6
silice	0,2-2,5
vosky a lipidy	1-3
dusíkaté látky	12-15
sacharidické látky (celulóza)	40-50
minerální látky	6-8

Zdroj: upraveno podle Kosař & Procházka 2000

3.2.4 Kvasinky

Podle Karabína et al. (2018) lze kvasinky považovat za nejstarší domestikovaný organismus. Tyto jednobuněčné, heterotrofní, eukaryotní organismy, které řadíme mezi houby, jako první pozoroval Anton van Leeuwenhoek a následně jejich význam v pivovarnictví objasnil Louis Pasteur, když v roce 1876 vydal studii o pivu (*Études sur la bière*) (Kopecká et al. 2012).

Při výrobě piva se rozlišují kvasinky spodního (*Sacharomyces pastorianus*) a svrchního (*Sacharomyces cerevisae*) kvašení (Barth 2013). Kvasinky první skupiny kvasí při 6 až 12 °C, poté flokulují (shlukují se) a následně sedimentují na dno kvasné nádoby. Tyto kvasinky lze znovu použít pro prokvašení další várky. Oproti tomu kvasinky svrchního kvašení kvasí při 10 až 25 °C a po flokulaci jsou vynášeny na povrch kvasící mladiny. Je důležité, aby flokulace započala co nejdříve po ukončení kvašení a zároveň aby neprobíhala během něj. *Sacharomyces cerevisae* se využívá i mimo potravinářství. Díky dobře prostudovanému genomu slouží jako model pro studium genetiky a metabolismu eukaryot (Kopecká et al. 2012). Těmito kvasinkami jsou vyráběna piva typu *ale*, *porter* a *stout*. Pro výrobu ležáků se naopak používají kvasinky spodního kvašení (Karabín et al. 2018).

Při kvašení vzniká kromě ethanolu a oxidu uhličitého mnoho dalších látek, které mají vliv na chuť a aroma piva. Patří mezi ně diacetyl, alifatické alkoholy, estery, mastné kyseliny a aldehydy. Zdrojem uhlíku mohou být pro kvasinky kromě sacharidů i laktát, glycerol, methanol a ethanol. Sacharidy sloužící také jako zdroj energie mohou být kromě kvašení metabolizovány aerobní respirací (Kopecká et al. 2012). V praxi se kvasinky získávají metodou, kterou vynalezl E. Ch. Hansen. Jedná se o tzv. propagaci, tedy cílené pomnožení jedné jediné buňky za účelem zisku čisté kvasničné kultury. Princip této metody spočívá v izolaci buňky z vhodného substrátu (kvasící sladiny) a jejím následném aseptickém pomnožování až do požadovaného objemu, kterým jsme schopni zakvasit várku (Kosař & Procházka 2000). Kromě všeobecně známého využití v potravinářství (výroba piva, vína, lihu, droždí) se dnes kvasinky využívají pro produkci vitaminů, enzymů, antibiotik, aminokyselin a bílkovin. V určitých případech se však jedná o patogenní organismy (Kopecká et al. 2012).

3.3 Technologie výroby piva

3.3.1 Šrotování

Samotný proces výroby piva začíná šrotováním sladu, případně sladových náhražek. Při této operaci se zrno drtí na menší části a vzniká tzv. šrot (Boulton 2013). Šrot se skládá z obalových vrstev a odhaleného endospermu, který je takto snadno přístupný vodě a umožňuje během rmutování snadný převod cukrů do sladiny (Mallett 2014). Oddělené obalové vrstvy zrna (pluchy) slouží jako filtrační vrstva při následném scezování sladiny (Boulton 2013). K tomu je zapotřebí, aby pluchy, které jsou velmi křehké, byly co nejcelistvější. Z tohoto důvodu se využívá kondiciovaného (vlhkého) šrotování, u kterého bylo prokázáno urychlení scezovacího procesu (Bamforth 2006). Nevýhoda porušených pluch spočívá také ve vyluhování nežádoucích polyfenolických látek do sladiny (Mallett 2014).

Šrotování probíhá za použití šrotovníků. Pro dosažení požadovaných vlastností šrotu lze použít různých typů těchto strojů. Šrotovníky rozlišujeme diskové, mlýnkové a válcové (Boulton 2013). Poslední skupina může být vybavena dvěma, třemi, čtyřmi, pěti, ale i šesti válci. Ve velkých pivovarech se nejvíce uplatňují šestiválcové šrotovníky s válci uspořádanými v párech nad sebou (Bamforth 2006). Šrot má menší trvanlivost než neporušený slad, neboť odhalený endosperm snadno vlhne a je proto vhodné, aby šrotování probíhalo přímo v pivovaru (Mallett 2014).

3.3.2 Vystírání a rmutování

Vystíráním se rozumí smíchání sladového šrotu, případně šrotu ze sladových náhražek, který se také označuje jako sypání s vodou. Teplota vystírací vody se odvíjí od míry rozluštění sladu, tedy čím hůře rozluštěný slad, tím nižší teplota vystírací vody a naopak. Délka vystírání závisí na použité teplotě vody, která se pohybuje mezi 20 až 62 °C, přičemž při použití dekokčního způsobu rmutování je vhodné vystírat při 35 až 38 °C. Provedením vystírky vzniká rmut (Basařová et al. 2010). Rmutování je nejkritičtější bod výroby piva, a je tak třeba dbát na správný průběh tohoto procesu, jelikož chyby, které během rmutování vzniknou, jsou závažné a komplikují následný proces výroby (Hardwick 1995).

Proces rmutování je prováděn mícháním a udržováním rmutu při různých teplotách a dodržováním různě dlouhých prodlev. Tím dochází k enzymatickému štěpení složitých organických molekul, především škrobu, na menší molekuly a k jejich následnému převodu do roztoku (Boulton 2013). V případě škrobu to jsou zkvasitelné cukry (maltóza, glukóza, maltotrióza, fruktóza) a nezkvasitelné dextriny (Karabín et al. 2018). V případě bílkovin se jedná o polypeptidy a jednotlivé aminokyseliny. Některé látky jsou využívány jako živina pro kvasinky a jiné zůstanou ve finálním výrobku, kterému dodávají jeho charakter (dextriny) (Boulton 2013).

Když rmut dosáhne první technologické rmutovací teploty (kyselinotvorné), při 35 až 38 °C dochází ke snížení jeho pH. Při 45 až 50 °C (peptonizační teplota) dochází vlivem peptidáz ke štěpení bílkovin, ale i β -glukanů a fosforečnanů. Štěpení škrobu probíhá ve dvou stupních. Nejprve se při první cukrotvorné teplotě (60 až 65 °C) uplatňuje termolabilní enzym β -amyláza, který štěpí molekulu škrobu od neredukujících konců. Kdežto

při druhé cukrotvorné teplotě (75 až 78 °C) účinkem termostabilní α -amylázy dochází ke štěpení škrobu uvnitř řetězce. Pro zcukření, tedy rozštěpení škrobu, je důležité provést během působení cukrotvorných teplot několikaminutové prodlevy. Po překročení druhé cukrotvorné teploty dosáhne dílo teploty odrmutovací (Basařová et al. 2010).

Rozlišujeme dva základní způsoby rmutování, dekokční a infuzní. Při dekokčním způsobu je rmut rozdělen na části, přičemž každá projde varem. Podle počtu částí se rozlišuje dekokce jednormutová, dvourmutová a třírmutová. U infuze, která se na rozdíl od dekokce nepoužívá pro výrobu ležáků, ale svrchně kvašených piv, se rmut nerozděluje a varu nedosáhne (Basařová et al. 2010). Mezi výhody dekokce, které se zvyrazňují s počtem rmutů, patří vyšší výtěžky, jakost a vyšší senzorická stabilita piva, nebo odstranění některých nežádoucích látek a mikroorganismů. Přednostmi infuze jsou nižší energetické náklady spojené s kratší dobou rmutování za cenu nižší barvy a horšího zcukření (Enge et al. 2005).

3.3.3 Scezování

Po skončení rmutování získáme tekutinu, která obsahuje látky rozpuštěné (sladinu) a látky nerozpuštěné (mláto), které jsou tvořeny převážně obalovými vrstvami zrna. V následném procesu výroby piva se využije pouze sladina, a je tak nutné během procesu scezování od ní mláto oddělit (Kunze 2010).

Jedná se především o fyzikální proces probíhající ve scezovací kádi či sladinovém filtru. Jak již bylo zmíněno v části o šrotování, mláto zde slouží jako filtrační materiál. Nejprve se kolem 80 až 110 minut odděluje tzv. předek, tedy sladina s největším obsahem extraktu a poté dochází k vyluhování mláta horkou vodou za vzniku zředěné sladinu (výstřelků). Poslední výstřelky, obsahující nejnižší množství extraktu, se označují jako patoky a pro následnou výrobu se obvykle nepoužívají, lze je však využít během další várky. Po smíchání předku a výstřelků získáme dílo, které je tzv. pohromadě. Pro snadný průběh scezovacího procesu je mimo jiné důležité, aby byla hrubost šrotu přizpůsobená konkrétnímu zařízení, jelikož scezování na sladinovém filtru vyžaduje jemnější šrot než scezovací kád' (Kosař & Procházka 2000).

Mláto po skončení scezování obsahuje zhruba 70 až 80 % vody. Přestože většina živin přešla během rmutování do roztoku, tak mláto v sušině stále obsahuje kolem 41 % bezdusíkatých látek, 28 % bílkovin, 17,5 % celulózy, 8,2 % tuků a 5,3 % minerálních látek. Lze ho tak využít ke krmným účelům. Nevýhodou je však absence vitaminů a rychlé kažení. Další možností je využití mláta k získání bioplynu (Kunze 2010).

3.3.4 Chmelovar

Během této operace, která trvá nejčastěji 1 až 2 hodiny, se v mladinové pánvi povaří sladina s chmelem za vzniku mladiny (Briggs et al. 2004). Dnešní mladinové pánve jsou parou vytápěné nerezové izolované nádoby (s vnějším nebo vnitřním otopem) vybavené míchadlem a zařízením pro odvod páry. Za účelem snížení energetické náročnosti chmelovaru jsou vyvíjeny nové metody. V současnosti se jedná o var za zvýšeného tlaku, nebo o zpětné využití energie z odcházejících par (Chládek 2007).

Při tomto procesu dochází k mnoha technologickým změnám. Konkrétně k převedení hořkých chmelových látek a silic do roztoku. K odparu, který vede ke koncentraci a sterilizaci

mladiny. Také vznikají aromatické a redukující sloučeniny (Šemík et al. 2003). Uplatňují se i Maillardovy reakce vedoucí k tvorbě barevných sloučenin (Boulton 2013). Během chmelovaru také dochází k vytěkání nežádoucích látek či ke tvorbě tzv. lomu, který vzniká koagulací polyfenolů s dusíkatými látkami (Šemík et al. 2003). Za účelem odstranění takovýchto zákalů lze během chmelovaru využít činidel, jako jsou irský mech, silikagel, nebo kyselina tříslová. Během chmelovaru též dochází k poklesu pH, který může být podpořen i přidáním kyseliny mléčné (Boulton 2013), síranem či chloridem vápenatým (Hardwick 1995).

3.3.5 Odstraňování kalů, chlazení a provzdušňování mladiny

Před tím, než může dojít k zakvašení mladiny, je třeba z ní odstranit chmelové kaly (Barth 2013). Důvodem je jejich negativní vliv na fermentaci, stabilitu, senzorycké vlastnosti a filtrovatelnost piva. Rozlišujeme kaly hrubé a jemné. Hrubé představují výše zmíněný lom. Jejich množství závisí na kvalitě a kvantitě použitých surovin, ale také na použité technologii výroby (Cvengroschová et al. 2004). Odstranění hrubých kalů probíhá ve vířivé kádi (Hardwick 1995). Jedná se o válcovou nádobu, do které je určitou silou tangenciálně přiváděna horká mladina, což má za následek koncentraci hrubých kalů ve středu nádoby (Boulton 2013). V případě, že byl během chmelovaru použit hlávkový chmel, je nutné zbavit mladinu jeho zbytků (Barth 2013), které se označují jako chmelové mláto (Basařová et al. 2010), a k jehož separaci se používá chmelový cíz (Chládek 2007).

Mladina zbavená hrubých kalů je dále asepticky chlazená nejčastěji pomocí deskových chladičů na zákvasnou teplotu, tedy 8 až 12 °C pro ležáky a 16 až 20 °C pro piva svrchně kvašená. Zde vznikají kaly jemné, které mají podobné složení jako hrubé kaly, jsou ale zpravidla menší než jeden mikrometr. Většina pivovarů však jemné kaly neodstraňuje (Bamforth 2006). Zchlazená mladina je náchylná na mikrobiální kontaminaci (viz Tabulka 3), která působí technologické problémy a je tak velmi důležité se zchlazenou mladinou zacházet asepticky (Barth 2013).

Tabulka 3: Technologicky nežádoucí mikroorganismy vyskytující se v různých fázích výroby

Fáze výroby	Technologicky nežádoucí mikroorganismy	
kvašení	divoké kvasinky	<i>non-Saccharomyces</i> <i>Saccharomyces</i> spp.
	<i>Pediococcus</i>	<i>Ped. inopinatus</i>
	<i>Selenomonas</i>	<i>S. lactificex</i>
	<i>Zymophilus</i>	<i>Z. raffinosivorans</i>
	<i>Rahnella</i>	<i>R. aquatilis</i>
	<i>Obesumbacterium</i>	<i>O. proteus</i>
stabilizace a balení piva	<i>Pectinatus</i>	<i>P. cerevisiophilus</i> <i>P. frisingensis</i>
	<i>Megasphaera</i>	<i>M. cerevisiae</i>
	bakterie mléčného kvašení	<i>Lactobacillus</i> spp. <i>Pediococcus</i> spp.

Zdroj: upraveno podle Vaughan et al. 2005

Kyslík je zásadní pro metabolismus kvasinek a jeho ideální obsah v mladině je 5 až 7 mg/l (Cvengroschová et al. 2004). Mladina se tak provzdušňuje pomocí sterilního kyslíku, nebo sterilního vzduchu. Sterility se dosahuje vzduchovými filtry či použitím ultrafialového záření (Hardwick 1995).

3.3.6 Kvašení mladiny a zrání mladého piva

Během hlavního kvašení a následného zrání piva dochází činností kvasinek k mnoha změnám. Tím nejpodstatnějším procesem je zkvašování cukrů enzymy kvasinek za vzniku metabolitů ethanolu, oxidu uhličitého a dalších pivovarnicky cenných sloučenin dotvářejících žádané vlastnosti piva. Dále jejich vlivem vznikají látky, které mají na jeho sensoriku a kvalitu negativní vliv. Do této skupiny látek patří především vyšší alkoholy, estery, diacetyl, sloučeniny síry a aldehydy. Během fermentace a zrání piva se také snižuje pH (přibližně na 4,2 až 4,6), redoxní potenciál a barva. Sráží se hořké chmelové látky s polyfenoly a dochází ke změnám ve složení dusíkatých látek. Obsah oxidu uhličitého stoupne na 0,45 až 0,50 % a nakonec dojde k vyčeření a zvýšení koloidní stability piva (Kunze 2010).

Při tradiční výrobě probíhá hlavní kvašení v otevřených kvasných nádobách nacházejících se v prostorách spilky, do kterých je co nejrychleji přivedena zchlazená a provzdušněná mladina, která je současně zakvašována kvasinkami v množství 0,5 l hustých kvasnic na 1 hl mladiny. Tento proces trvá 6 až 10 dní a je charakterizován čtyřmi technologickými stadii. Zhruba po prvním dni se na povrchu objeví pěna (zprašování a odrážení), po uplynutí dalších 12 hodin dojde k ještě většímu nárůstu pěny (nízké bílé kroužky), barva pěny se po 3 až 4 dnech mění na hnědou a nastává nejintenzivnější kvašení (vysoké hnědé kroužky). Nakonec dochází k přeměně pěny na tzv. deku, ve které jsou obsaženy nežádoucí látky, a kterou je proto nutné odstranit (propadání) (Kosař & Procházka 2000). U svrchně kvašených piv tento proces probíhá při vyšších teplotách a tedy rychleji. Hlavní kvašení může být ukončeno i po 3 dnech. Důsledkem toho mají svrchně kvašená piva rozdílná zastoupení esterů a jiných látek než ležáky (Hardwick 1995).

Po hlavním kvašení získáme tzv. mladé pivo (Chládek 2007), které je sudováno, tedy přepouštěno do ležáckých tanků v ležáckých sklepech, kde probíhá proces zrání. Proces zrání probíhá za mírného přetlaku (0,1 až 0,2 MPa) pro dosažení požadovaného nasycení piva oxidem uhličitým, a proto jsou ležácké tanky vybaveny hradíci přístroji. Teplota během zrání piva je postupně snižována až na 0 °C v závislosti na obsahu ubývajícího extraktu (Kosař & Procházka 2000). Se snižující se teplotou totiž stoupá koloidní stabilita piva (Boulton 2013). Celková doba tohoto procesu závisí na konkrétním druhu vyráběného piva. U dvanáctistupňového ležáku je to 70 dní (Kosař & Procházka 2000). Dříve některá svrchně kvašená piva procesem zrání vůbec neprocházela a vystavovala se již po hlavním kvašení. Dnes zrání těchto piv probíhá v tancích. Tradičním způsobem je ovšem zrání v lahvích, které probíhá ve dvou fázích. První týden pivo zraje při 15 až 20 °C a další dva týdny při 10 až 12 °C. V některých případech se při výrobě svrchně kvašených piv dodává do mladého piva během sudování kulér či tekutý cukr (Basařová et al. 2010).

Průběh kvašení ovlivňuje celá řada faktorů a jejich kombinací. Lze zmínit vliv obsahu zinku, konkrétně zinečnatého kationtu (Zn^{2+}) v mladině, který slouží jako kofaktor enzymatických reakcí. Dostačující obsah v mladině je 0,3 ppm, přičemž negativní účinky

na aktivitu kvasinek má obsah převyšující 1 ppm. Dále kvašení ovlivňuje stav a kmen kvasinek, který má zásadní vliv na chuťové prvky piva. A samozřejmě teplota kvašení, jelikož se vzrůstající teplotou vzrůstá rychlost fermentace (Hardwick 1995).

3.4 Legislativní rámec

Požadavky na pivo a nápoje na bázi piva jsou upraveny Vyhláškou č. 248/2018 Sb. ze dne 24. října 2018 o požadavcích na nápoje, kvasný ocet a droždí ve čtvrté části (§ 16 až 20). Pivo je zde definováno jako pěnivý nápoj vyrobený zkvašením mladiny připravené ze sladu, vody, neupraveného chmele nebo chmelových výrobků, který vedle kvasným procesem vzniklého ethanolu a oxidu uhličitého obsahuje i určité množství neprokvašeného extraktu. Slad lze do výše jedné třetiny hmotnosti celkového extraktu původní mladiny nahradit extraktem zejména cukru, obilného škrobu, nesladovaných obilovin nebo rýže. U piv ochucených může být obsah alkoholu zvýšen přidávkem lihovin nebo ostatních alkoholických nápojů.

Je rozděleno do sedmi skupin (*stolní, výčepní, ležák, plné, silné, nízkoalkoholické a nealkoholické*). *Stolní pivo* je pivo s extraktem původní mladiny do 6 % hmotnostních včetně. *Výčepní pivo* je pivo s extraktem původní mladiny 7 až 10 % hmotnostních. *Ležák* je spodně kvašené pivo s extraktem původní mladiny 11 až 12 % hmotnostních. *Plné pivo* je svrchně kvašené pivo s extraktem původní mladiny 11 až 12 % hmotnostních. *Silné pivo* je pivo s extraktem původní mladiny 13 % hmotnostních a vyšším. *Nízkoalkoholické pivo* je pivo s obsahem alkoholu více než 0,5 % objemových a nejvýše 1,2 % objemových. *Nealkoholické pivo* je pivo s obsahem alkoholu nejvýše 0,5 % objemových. Bližší popis je uveden v Tabulce 4.

Tabulka 4: Fyzikální a chemické požadavky na jakost piva

Ukazatel		Pivo						
		nealko- holické	nízkoalko- holické	stolní	výčepní	ležák	plné	silné
skutečné prokvašení v %	tmavá piva spodně kvašená	nestanoveno		min. 45		-	min. 45	
	ostatní piva spodně kvašená	nestanoveno		min. 50		-	min. 50	
	piva svrchně kvašená	nestanoveno		min. 50	-	min. 50		
alkohol v % obj.		max. 0,5	více než 0,5 max. 1,2	více než 1,2				
extrakt původní mladiny v % hm.		nestanoveno		max. 6	7 až 10	11 až 12	11 až 12	min. 13

Zdroj: Vyhláška č. 248/2018 Sb. upraveno

Nápoje na bázi piva jsou rozděleny do tří skupin (*kvašený sladový nápoj, míchaný nápoj z piva a atypický pivní nápoj*). *Kvašený sladový nápoj* je nápoj vyrobený ze sladiny pivovarskou technologií, který může být ochucený. *Míchaný nápoj z piva* je nápoj vyrobený smícháním piva s nealkoholickým nápojem nebo nápojovým koncentrátem pro přípravu nealkoholických nápojů. *Atypický pivní nápoj* je nápoj na bázi piva s modifikovaným podílem sladu nebo modifikovaným způsobem kvašení.

V této vyhlášce nebyla nalezena konkrétní zmínka o bezlepkovém pivu a pivu vhodném pro diabetiky. Vyhláška se však zmiňuje o *pivu z jiných obilovin*. Jedná se o pivo vyrobené s podílem extraktu z použitého sladu jiné obiloviny než ječmene vyšším než jedna třetina hmotnosti extraktu. V kapitole 3.5.3.1 je rozebírána výroba bezlepkových piv z plodin neobsahujících lepek. Je však nezbytné, aby tato piva byla připravena pouze z bezlepkových surovin.

3.5 Pivo a onemocnění vyvolaná lepkem

3.5.1 Lepek

Podle tradičního rozdělení T. B. Osborna se proteiny v obilovinách člení na albuminy (rozpustné ve vodě), globuliny (rozpustné v solných roztocích), prolaminy (rozpustné v ethanolu) a gluteliny (rozpustné v kyselinách a zásadách). Albuminy a globuliny mají funkci ochrannou, naopak monomerní prolaminy a polymerní gluteliny slouží jako zdroj dusíkatých látek při rostlinném růstu (Scherf 2019).

Některé cereálie obsahují bílkovinu zvanou lepek také známou jako gluten. Tento protein se skládá ze dvou frakcí. Z prolaminové nověji označované jako gliadinová část a z části glutelinové. Frakce jsou označovány podle latinského názvu rostliny, ze které pocházejí. Pšeničná prolaminová frakce se nazývá gliadin a zároveň propůjčuje název celé skupině prolaminových bílkovin (Mikulíková et al. 2013). Bližší charakteristika bílkovin, nacházejících se v obilovinách, je uvedena v Tabulce 5 a je z ní patrný vysoký obsah gliadinů v rostlinách používajících se pro výrobu piva.

Tabulka 5: Proteiny obilovin a jejich složení (%)

Obilovina	Albumin	Globulin	Gliadin	Glutelin
pšenice	leukosin 14,7	edestin 7,0	gliadin 32,6	glutenin 45,7
žito	44,4	10,2	sekalin 20,9	sekalinin 24,5
ječmen	12,1	8,4	hordein 25,0	hordenin 54,5
oves	20,2	avenalín 11,9	gliadin 14,0	avenin 53,9
rýže	10,8	9,7	oryzin 2,2	oryzenin 77,3
kukuřice	4,0	2,8	zein 47,9	zeanin 45,3

Zdroj: upraveno podle Mikulíková et al. 2013

Lepek (pšeničný) popsal již v roce 1745 profesor chemie na Boloňské univerzitě Jacopo Beccari v souvislosti s technologií výroby potravin. Za spouštěče celiakie byl však označen zhruba před sedmdesáti lety (Shewry 2019). V kontextu s negativními účinky na lidské zdraví se lepkem myslí proteinová frakce z pšenice, žita, ječmene a jejich hybridních druhů. Tyto hydrofobní frakce jsou charakterizovány podle opakujících se sekvencí, které obsahují značné množství glutaminu (26 až 53 %) a prolinu (10 až 29 %) (Scherf 2019).

Obsah lepku odpovídá dvojnásobku obsahu gliadinů. V pivu se vyjadřuje v mg/l a pro jeho stanovení se využívá různých imunochemických metod. Jejich nedostatkem je však spolehlivost, jelikož výsledky se na základě použité metodiky mohou lišit až o jeden řád (Basařová et al. 2010). Význam hordeinů a glutelinů v pivovarnictví spočívá v příznivém působení na tvorbu pивní pěny (Kunze 2010).

Tapia-Hernández et al. (2019) zmiňují široké využití prolaminů. Přestože mají malou nutriční hodnotu, lze je použít pro výrobu nano a mikro materiálů, které nacházejí své uplatnění v medicíně a potravinářském průmyslu. Zdrojem prolaminů jsou vedlejší zemědělské produkty, mezi které patří i pivovarské mláto. Prolaminy z různých druhů rostlin mají odlišné složení a vlastnosti. Rozdíly spočívají v molekulové hmotnosti, rozpustnosti, disulfidových vazbách, ale i v samotném zastoupení aminokyselin glutaminu a prolinu.

Gluteliny, které je velmi obtížné definovat, jsou dnes považovány za směs nepříbuzných proteinů se strukturální a metabolickou funkcí nacházejících se v buněčných membránách a stěnách. Hlavní skupinu glutelinových bílkovin tvoří prolaminové jednotky,

kteře jsou ale nerozpustné v ethanolu z důvodu jejich fixace ve vysokomolekulárních biopolymerech (Shewry 2019).

3.5.2 Onemocnění vyvolaná lepkiem

3.5.2.1 Celiakie

Celiakie je autoimunitní geneticky podmíněné dědičné onemocnění. Propuknutí této nemoci souvisí s přítomností antigenů (HLA)-DQ2 a HLA-DQ8. Ty jsou však v obecné populaci přítomny v 25 až 30 %, ale pouze asi u 3 % těchto jedinců dojde k propuknutí celiakie, což znamená, že na jejím rozvoji se podílí vliv prostředí. Mechanismus účinku spočívá v rozštěpení lepkového gliadinu na směs nestravitelných peptidů bohatých na glutamin a prolin, které vyvolají imunitní odpověď organismu (Caio et al. 2019).

Serena et al. (2019) nicméně podotýkají složitost genetického pozadí tohoto onemocnění a je tak podle ní nutno s celiakií spojovat více genů než ony dva výše zmíněné. Určitou formou prevence může být kojení mateřským mlékem. Předpokládá se, že mateřské mléko má významnou roli v budování mikrobiomu dítěte. Střevní mikrobiom má zásadní význam při udržení střevní rovnováhy a jeho dysbalance je rizikovým faktorem vzniku celiakie. Mikrobiom může být přetvářen během života jedince například působením stresu, užíváním antibiotik a infekcemi. To by vysvětlovalo rostoucí výskyt celiakie u dospělých jedinců. V souvislosti se vznikem celiakie se uvažuje s patogeny, jako jsou rotaviry, *Toxoplasma gondii*, vir hepatitidy C, nebo *Campylobacter jejuni*. Naopak zajímavým předmětem diskuze je úloha viru EBV (Epstein-Barrové) a CMV (*Cytomegalovirus*) ve vztahu k prevenci.

Věk při propuknutí nemoci nehraje roli, přičemž největší riziko propuknutí je v raném dětství při prvním setkání s lepkiem a poté ve věku mezi dvaceti a čtyřiceti lety. Nemoc se projevuje více u žen a její výskyt v západní populaci se pohybuje kolem 1 %. Naopak nízká prevalence nemoci je v subsaharské Africe. Někteří odborníci tvrdí, že za tímto nárůstem počtu nemocných může stát propagace vysoké konzumace obilovin, a tedy i lepku, spolu se zaváděním nových variant cereálií do lidské stravy. Za zvýšením prevalence může stát i fakt, že v posledních letech došlo ke změnám charakteristiky tohoto onemocnění a k zavádění nových přesných diagnostických metod. V dnešní době se pro stanovení diagnózy využívá souhrn pěti následujících podmínek, přičemž pro potvrzení nemoci stačí přítomnost čtyř z nich. Jedná se o projevy typických příznaků, jako jsou průjem, výskyt jednoho z výše zmíněných antigenů, dále pozitivní sérologické testy, patologické změny na střevech a reakce na bezlepkovou dietu (Caio et al. 2019).

Doživotní vyloučení lepku ze stravy nemocného formou bezlepkové diety je jedinou možnou léčbou celiakie. Vzhledem k tomu, že konzumace lepku poškozujee střevo nemocného, je pravděpodobné, že dochází k nedostatečnému vstřebávání různých živin a je tak nutné deficit vynahradiť nutričně vyváženým stravováním. Jako náhradu za obiloviny obsahující lepek lze využít například rýži, čirok, pohanku, amarant, kukuřici, brambory a luštěniny. Oves je otázkou diskuze (Bower et al. 2014). Ovšem dodržování bezlepkové diety u zdravých jedinců je neopodstatněné a může mít negativní zdravotní dopady (Cabanillas 2019).

Příznaky celiakie se u různých pacientů výrazně odlišují, a tak byla v roce 2011 na konferenci v Oslu nemoc rozdělena do několika skupin. Projevy střevního typu celiakie jsou nejčastěji pozorovatelné u dětí mladších tří let a vyznačující se nechutenstvím či průjmy. Extraintestinální (mimostřevní) forma je typická pro dětskou i dospělou populaci a doprovází ji chudokrevnost způsobená nedostatkem železa, vitamínu B12 a kyseliny listové. Subklinická forma je velmi těžko detekovatelná a její detekce se provádí především u rizikových skupin. Pacienti, u nichž je přítomna potenciální podoba celiakie, často nevykazují žádné příznaky, ale jsou u nich pozitivní sérologické a genetické testy. Velmi vážný je refrakterní typ celiakie, u něhož přetrvává být účinná bezlepková dieta (Caio et al. 2019).

Celiakie postihuje mnoho systémů v lidském těle a je spojována se vznikem celé řady jiných problémů a nemocí. Jedná se například o dermatitis herpetiformis, diabetes (1. typ), autismus, neplodnost, Addisonovu chorobu, onemocnění jater, abnormální činnost srdce, Downův syndrom, nebo neurologické poruchy, jako jsou neuropatie, ataxie a deprese. Velký problém představuje také riziko vzniku rakoviny (Non-Hodgkinův lymfom, adenokarcinom tenkého střeva a rakovina jícnu) důsledkem vyvolání slizničního zánětu (Bower et al. 2014).

3.5.2.2 Alergie a citlivost na lepek

Celiakie není jediné onemocnění související s patogenitou lepku. Kromě ní je známa ještě alergie na lepek (někdy označována jako alergie na pšenici) a citlivost na lepek. Předpokladem pro vznik těchto nemocí bylo relativně nedávné zavedení obilovin do lidské výživy (asi 8000 let př. n. l.). Jejich mechanismus je však odlišný. Problematika výskytu těchto chorob je do budoucna komplikována současnými snahami ve šlechtění odrůd s vysokým obsahem živin včetně lepku (Frič et al. 2013).

Za projev alergie na lepek (pšenici) jsou odpovědné imunoglobuliny E (IgE). Za vznikem stojí jako u ostatních potravinových alergií především genetika. Vliv faktorů prostředí není dosud jistě určen. Alergie na lepek se častěji vyskytuje u dětí a patří k nejvíce rozšířeným potravinovým alergiím. V evropské populaci se prevalence pohybuje pod 1 %. U 45 až 69 % dětí však tato alergie vymizí do šestého roku života. Alergenem není jen lepek, ale i jiné látky obsažené v pšenici jako například inhibitory hydrolytických enzymů obsažených v albuminech a globulinech. Mezi projevy nemoci patří angioedém, kopřivka a nevolnost. Tyto příznaky se objevují do dvou hodin po požití potravin s obsahem pšenice. Následnou fyzickou aktivitou může dojít k vyvolání závažné formy anafylaxe, která se projeví do šesti hodin. Vdechnutí mouky zvyšuje riziko vzniku astmatu a rhinitidy. Léčba spočívá v úpravě jídelníčku, nicméně v současnosti přichází v úvahu orální imunoterapie, kterou je však nutno podrobit dalšímu výzkumu (Ricci et al. 2019).

Citlivost na lepek lze popsat jako lepkem způsobené onemocnění, které nesouvisí s IgE ani s autoimunitou. Je však možné, že problematické jsou i jiné látky než jen lepek, podobně jako u alergie. Jedná se o nově popsanou chorobu, jejíž mechanismy nejsou dosud přesvědčivě vysvětleny a je tak ve vědecké komunitě stále předmětem diskuzí. Markery související s touto nemocí nebyly zjištěny, a tak diagnostika spočívá ve vyloučení celiakie a alergie na lepek se současnou reakcí na bezlepkovou dietou. Projevy, mezi které patří

ekzém, plynatost, bolesti břicha, kloubů, svalů a hlavy, se mohou projevit v rámci hodin až dní (Cabanillas 2019).

3.5.3 Technologické aspekty výroby bezlepkového piva

3.5.3.1 Technologické aspekty výroby bezlepkového piva z bezlepkových surovin

Existují tradiční nápoje vyráběné ze sladovaných či nesladovaných surovin neobsahujících lepek. Tyto nápoje ovšem nemají s obvyklým pojetím piva mnoho společného mimo jiné i proto, že nejsou chmelené. Jedná se především o japonské saké vyrobené z rýže, tradiční africké čirokové pivo a kukuřičnou chichu z oblasti And. Z bezlepkových surovin však lze vyrobit i nápoje podobné běžným pivům (Gallagher 2009).

Ceccaroni et al. (2019) tvrdí, že rýže má velký potenciál pro výrobu bezlepkového piva. Pro pivovarnické účely je výhodný její vysoký obsah škrobu. V porovnání s ječmenem je naopak nevýhodný nízký obsah bílkovin a enzymů. Výroba rýžového sladu je časově náročná a spotřebuje se během ní mnoho vody. Pro svůj nízký obsah enzymů je nutné provádět hvozdění při nižších teplotách, což má negativní dopad na barvu výsledného nápoje. Mayer et al. (2016) se ve své studii pokusili vyrobit běžnými metodami pivo z rýžového sladu. Výsledky byly slibné. Výskyt těkavých látek a chuťové vlastnosti tohoto piva byly srovnatelné s pivem vyrobenými z ječného sladu. Pěna však byla nestabilní a barva velmi světlá. Problém neúplného zcukření, který je pro rýžové slady typický, byl vyřešen přidáním kyseliny mléčné během vystírání a zvolením infuzního rmutovacího postupu.

Espinosa-Ramírez et al. (2013) zmiňují možnost náhrady ječmene čirokem. Problém opět nastává v nižším obsahu enzymů, především β -amylázy vedoucí mimo jiné k velkému (nežádoucímu) množství dextrinů v mladině. Výhodou je však nižší cena čiroku. Ve své studii se snažila dvojitým rmutováním uvařit ležák z různých druhů sladovaného a nesladovaného čiroku a výsledky porovnat s pivem vyrobeným z ječmene. Pozornost byla také věnována významu dodání enzymů. Čiroková piva bez přidaných enzymů během rmutování vykazovala nižší obsah cukrů v mladině a s tím související nižší množství alkoholu. Vhodnou optimalizací se zdá být použití amyloglukosidázy, která nedostatky odstranila nejúčinněji. Heredia-Olea et al. (2017) podotýkají možnost zvýšení obsahu enzymů včetně amyloglukosidázy v čirokovém sladu pomocí plísně *Aspergillus oryzae*. Čirokový slad naočkovaný touto plísní vykazoval větší diastatickou aktivitu a mladina z něj vyrobená byla velmi podobná mladině připravené z ječného sladu.

Rubio-Flores & Serna-Saldivar (2016) uvádějí patent, který umožňuje výrobu bezlepkového piva z neškrobových surovin. Zdroji zkvasitelných cukrů jsou med a melasa. Surogáty se s vodou a následně chmelem povaří. Koncentrace mladiny je upravena dodáním vody. Poté se přidá zdroj bílkovin spolu s výživou pro kvasinky. Tento meziproduct je okysličen a zakvašen. V Japonsku se taková piva vyrábějí fermentací cukerných sirupů a bílkovin z luštěnin, jako jsou hrách (*Pisum sativum*) a sója (*Glycine max*). Nápoj se také chmelí a dobarvuje karamellem.

Jako další vhodné plodiny se pro sladování a vaření takových piv zdají být amarant, quinoa, proso a pohanka. Každá plodina má odlišné chemické složení (viz Tabulka 6) a fyzikální vlastnosti. Lze jmenovat například teploty ztekucení škrobu, které jsou u bezlepkových plodin vyšší než u ječmene. Nejednotnost ve vlastnostech vede k rozdílné

kvalitě piv mimo jiné v oblasti sensoriky a kvality pěny. Vhodnou metodou pro docílení větší podobnosti s běžnými pivy by mohla být kombinace použití různých druhů bezlepkových surovin (Gallagher 2009). Také se jistě bude využívat poznatků genetiky za účelem odstranění rizikových peptidů z ječmene (Rubio-Flores & Serna-Saldivar 2016).

Tabulka 6: Porovnání složení čiroku, prosa a kukuřice (ve 100 g zrna při 10% vlhkosti)

Složky	Čirok	Proso	Kukuřice
bílkoviny (g)	11	10,6	9,5
tuky (g)	3,2	4,1	4,0
cukry (g)	59,3	73,2	66
vláknina (g)	14,5	neurčeno	0
vápník (mg)	26	22	16
fosfor (mg)	330	286	220
železo (mg)	10,6	20,7	3,6
vitamin B1 (thiamin) (mg)	0,30	0,30	0,33
vitamin B2 (riboflavin) (mg)	0,15	0,22	0,10
vitamin PP (vitamin B3, nikotinamid) (mg)	5,3	4,7	3,1
vitamin B12 (mg)	neurčeno	neurčeno	0,4
vitamin B5 (kyselina pantothenová) (mg)	1,2	1,25	0,65

Zdroj: upraveno podle Preedy 2009

3.5.3.2 Technologické aspekty výroby bezlepkového piva z konvenčních surovin

Již během klíčení ječmene se uplatňují enzymy, které degradují hordeiny a gluteliny. Aktivita těchto enzymů je nejvyšší právě zde a během dalších operací výroby sladu a piva se snižuje. Důležitými enzymy štěpícími tyto bílkoviny jsou cysteinové proteázy, které začínají působit při 45 °C. Kvůli nárokům na vysoké pH však působí jen částečně. Během sladování se využije pouze 10 % jejich aktivity a během rmutování ještě asi desetkrát méně (Basařová et al. 2015). Gluteliny jsou při rmutování lépe hydrolyzovány než hordeiny, které jsou z části zachyceny v mlátu a z části přechází do sladiny. Hordeiny jsou významnou součástí koloidních zákalů piva (Basařová et al. 2010), a tak lze předpokládat nižší hladiny lepku v pivech ošetřených například filtrací (Fanari et al. 2018). Je tedy zřejmé, že i při běžné technologii výroby piva dochází k částečnému štěpení, nebo odstranění lepku.

Toto tvrzení podporuje studie Mikulíkové et al. (2013), kteří zkoumali obsah gliadinu v různých českých a zahraničních pivech. Přestože většina vzorků nesplnila požadavky na označení jako „bezlepkové“, mnohé z nich vykazovaly relativně nízké obsahy gliadinu (pod 20 mg/l).

Komerční extracelulární enzym prolyl endopeptidáza původem z plísně *Aspergillus niger* se v pivovarnictví využívá jako prostředek zamezující vzniku zákalu. Zároveň bylo zjištěno, že je vysoce účinný v hydrolýze peptidů bohatých na prolin, a tak nachází

své uplatnění při výrobě bezlepkového piva. Výhodou metody je její jednoduchost a pivo vyrobené tímto způsobem vykazuje dobré sensorické vlastnosti (Kerpes et al. 2017). Enzym lze aplikovat během procesu zakvašování v množství 1 g/hl mladiny. Tato metoda je velice slibná, jelikož takto vyrobené pivo je v podstatě s nulovým obsahem lepku (Rubio-Flores & Serna-Saldivar 2016). Přesto ale bylo v posledních letech objeveno, že tímto způsobem ošetřené pivo zapříčinilo u některých pacientů s celiakií humorální odpověď na IgA či IgG protilátky. Důvod není zcela objasněn. Je možné, že v pivu zůstávají špatně detekovatelné rizikové peptidy. Jistou možností pro výrobu bezlepkového piva je také využití mikrobiální transglutaminázy (mTG) produkované bakterií *Streptomyces mobaraensis*. Je zde však riziko deamidace lepkových bílkovin. Tento mechanismus může zapříčinit imunitní odezvu organismu a je tak třeba dalšího výzkumu této metody (Kerpes et al. 2017).

Knorr et al. (2016) pozorovali rozdíly v účinnosti výroby bezlepkového piva ošetřením prolyl endopeptidázou a pomocí enzymaticky aktivního sladového extraktu. Ten byl vyroben následujícím způsobem. Ječmen (odrůda Marthe) byl máčen 3 dny (1. den 6 hodin, 2. den 4 hodiny a 3. den 3 hodiny). Vysokého obsahu peptidáz bylo dosaženo osmidenním klíčením při 18 °C a 48% vlhkosti. Hvozdnění probíhalo 16 hodin (při 45 °C), 1 hodinu (při 60 a 70 °C) a 5 hodin (při 80 °C). Slad byl dále šrotován a extrahován vodou při 4 °C celkem půl hodiny. Poměr šrotu a vody byl 1:2,5. Po filtraci proběhlo odpařování extraktu do požadované koncentrace a následovaly další úpravy. Extrakt byl přidán ve fázi před hlavním kvašením. Pivo vyrobené tímto způsobem lze označit jako „bezlepkové“. Výhodou použití takových extraktů je především fakt, že enzymy v nich obsažené jsou původem z přirozeného a levného zdroje získané tradičním sladováním. Nevýhodou je nižší enzymatická stabilita například vůči teplotám oproti prolyl endopeptidáze a špatné vlastnosti pивní pěny.

Taylor et al. (2015) zjišťovali vliv použití silikagelu a kyseliny tříslové (běžně se využívajících stabilizačních látek v pivovarnictví) na obsah hordeinů v pivu. Pivo bylo vyrobeno standardními metodami a dále filtrováno pomocí křemelinového filtru. Poté bylo přečerpáno do sudů obsahující různá množství silikagelu a kyseliny tříslové, kde leželo 15 minut při teplotě 1 °C a následně bylo opět zfiltrováno. Výsledky byly velmi zajímavé. Oba srážecí přípravky byly účinné. Při použití desetinásobku běžně využívaných dávek došlo v obou případech ke snížení hladiny hordeinů pod 6 ppm. Jako vhodnější se jeví silikagel, jelikož při jeho použití nedošlo na rozdíl od kyseliny tříslové k výrazným sensorickým změnám. Výhodou této metody je dobrá dostupnost těchto stabilizačních prostředků a možnost vyrábět širší sortiment výrobků. Dopadem silikagelu na odstranění lepku z piva se zabývali také Fanari et al. (2018) a došli k podobným výsledkům. Uvádí však možné negativní ovlivnění metabolismu kvasinek vysrážením dusíkatých látek. V tomto ohledu se jeví lépe enzymatické odstranění lepkových bílkovin.

Je možné, že problematika výroby bezlepkového piva z konvenčních surovin bude v budoucnu řešena genetickými úpravami kvasinek a jiných mikroorganismů, kteří by po fermentaci dokázali enzymaticky odstranit zbytky těchto pro některé osoby toxických bílkovin (Rubio-Flores & Serna-Saldivar 2016).

3.5.4 Legislativní rámec

Byly dohledány dva legislativní dokumenty věnující se problematice značení bezlepkových potravin, a tedy i pív. Prvním je Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 ze dne 25. října 2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům. Dle tohoto dokumentu konsolidovaného 1. 1. 2018 je povinné přítomnost lepku v potravině uvést ve složení. Obiloviny obsahující lepek jsou zde v příloze II. označeny jako látky nebo produkty vyvolávající alergie nebo nesnášenlivost. Jedná se o pšenici (například špalda a khorasan), žito, ječmen, oves nebo jejich hybridní odrůdy a výrobky z nich. To se však nevztahuje na glukózové sirupy na bázi pšenice (včetně dextrózy) a maltodextriny na bázi pšenice; a výrobků z nich, pokud jejich zpracování, kterým prošly, nezvyšuje úroveň alergenicity, kterou úřad stanovil pro příslušný základní produkt. Dále se nevztahuje na glukózové sirupy na bázi ječmene a obiloviny použité k výrobě alkoholických destilátů, včetně ethanolu zemědělského původu.

Druhým dokumentem je Prováděcí nařízení Komise (EU) č. 828/2014 ze dne 30. července 2014 o požadavcích na poskytování informací o nepřítomnosti či sníženém obsahu lepku v potravinách spotřebitelům, které doplňuje předchozí nařízení. Podle tohoto dokumentu lze používat tvrzení *bez lepku* a *velmi nízký obsah lepku*. Tvrzení *bez lepku* lze použít pouze tehdy, neobsahuje-li potravina ve stavu, v němž je prodávána konečnému spotřebiteli, více než 20 mg/kg lepku. Tvrzení *velmi nízký obsah lepku* lze použít pouze tehdy, pokud u potravin, jež sestávají z jedné nebo více složek vyrobených z pšenice, žita, ječmene, ovesa nebo jejich kříženců, které byly speciálně zpracovány tak, aby v nich byl snížen obsah lepku, nebo tyto složky obsahují, činí obsah lepku v potravině ve stavu, v němž je prodávána konečnému spotřebiteli, nejvýše 100 mg/kg.

3.6 Pivo a diabetes mellitus

3.6.1 Diabetes mellitus

3.6.1.1 Mechanismus nemoci

Diabetes mellitus je chronické metabolické onemocnění postihující širokou skupinu obyvatelstva po celém světě. Výskyt je ovšem nejvyšší ve vyspělých zemích. Diabetes postihuje základní funkce lidského těla a vede k mnoha závažným komplikacím. Tímto systémovým onemocněním se zabývá většina lékařských oborů. Přestože v posledních letech došlo k velkému rozvoji diabetologie a výzkumu mimo jiné v oblasti genetiky a fyziologie, je diabetes mellitus stále velice závažným problémem. Podle jeho typu zkracuje délku života o 30 až 50 % a zároveň významně zhoršuje jeho kvalitu (Rybka 2007).

Nemoc je zapříčiněná hromaděním glukózy v krevním řečišti vlivem nedostatečné produkce anabolického hormonu inzulínu, jehož fyziologickou funkcí je transport tohoto cukru z krve do příslušných tkání. Inzulín produkují beta buňky Langerhansových ostrůvků nacházející se ve slinivce břišní. Chemicky se jedná o bílkovinnou látku obsahující zinek, která se skládá ze dvou hlavních aminokyselinových řetězců spojených k sobě disulfidickými můstky. Z řetězce A s karboxyterminálním koncem složeného z 21 aminokyselin a z řetězce B

s aminoterminálním koncem složeného z 30 aminokyselin. Sekrece inzulinu spočívá právě ve stimulaci beta buněk Langerhansových ostrůvků hladinou glukózy v krvi (viz Tabulka 7). S rostoucí hladinou glukózy se u zdravého člověka sekrece inzulinu zvyšuje a naopak. U diabetiků je tento mechanismus poškozen a dochází k hyperglykémii, která v důsledku zapříčiňuje typické příznaky diabetu. Těmi jsou výrazný pocit žízně (polydipsie), zvýšená potřeba močit (polyurie), únava a ztráta hmotnosti (Ahmed 2017).

Tabulka 7: Faktory regulující sekreci inzulinu

	Stimulace	Inhibice
nutrienty	glukóza glukózo-dependentní látky (ketolátky, volné mastné kyseliny, arginin) nezávislé na glukóze (leucin)	-
hormony	růstový hormon GLP1 (glucagon-like-peptide 1) GIP (glukózo-dependentní inzulinotropní peptid) sekretin CCK (cholecystokinin) gastrin	somatostatin galanin NPY (neuropeptid Y) adrenalin noradrenalin calcitonin gene-related peptide prostaglandin E
nervové vlivy	parasympatikus beta-adrenergí	alfa-adrenergí
farmaka	deriváty sulfonylurey steroidní antirevmatika alfa-sympatolytika sulfonamidy	diazoxid glukokortikoidy betablokátory ethanol, fenytoin, diuretika

Zdroj: upraveno podle Edelsberger 2007

Hodnoty lačné glykémie pod 5,6 mmol/l jsou běžné pro zdravou populaci. V případě, že se hodnoty pohybují mezi 5,6 až 6,9 mmol/l, provádí se orální glukózový toleranční test. Ten spočívá v měření glykémie po dvou hodinách od podání pacientovi nalačno 75 g glukózy. V případě, že hodnoty tohoto testu vyjdou nad 11,1 mmol/l, je diagnostikován diabetes mellitus. Ten je diagnostikován i v případě, že hodnoty lačné glykémie měřené z venózní krve (nelze použít glukometr) opakovaně přesahují hodnotu 7 mmol/l (Zlatohlávek et al. 2016).

3.6.1.2 Typy diabetu

Společným znakem diabetu je tedy hyperglykémie, která však má mnoho příčin s odlišným průběhem, dědičností a komplikacemi. Na základě této skutečnosti lze rozlišit několik jeho typů (Rybka 2007). Jelikož se diabetes 1. typu vyskytuje přibližně u 8 až 10 % všech diabetiků a diabetes 2. typu dokonce až u 90 %, jedná se o nejvýznamnější dva typy této choroby (Cusimamani et al. 2010).

V případě, že je onemocnění způsobeno progresivní destrukcí beta buněk vedoucí k naprostému nedostatku inzulínu, hovoříme o diabetu 1. typu. Diabetes mellitus 1. typu se dělí na typ 1a, který je zapříčiněn imunitní destrukcí beta buněk a na typ 1b, u kterého není příčina ztráty funkce těchto buněk známa. Příznaky typické pro diabetes se projevují náhle v momentě, kdy je zničeno zhruba 90 % beta buněk. Přestože je tato nemoc typická pro mladé osoby, může se projevit kdykoliv během života. S diabetem 1. typu je spojováno především genetické pozadí pacienta (nejvíce HLA haplotypy DR3 a DR4), ale zároveň je zřejmý vliv vnějšího prostředí. Virové infekce jsou asi nejpodstatnějším vnějším faktorem. Konkrétně jsou to viry příušnic, zarděnek, nebo Coxsackie. Význam je také přisuzován brzké konzumaci kravského mléka (sérového albuminu) a lepku. Z dietních faktorů lze dále uvést konzumaci uzenin obsahující diabetogenní nitrosaminy. Pro beta buňky jsou dále toxické chemikálie jako alloxan a streptozotocin. Pacienti s tímto onemocněním musí celý život užívat inzulín (Scobie & Samaras 2012).

Naproti tomu diabetes mellitus 2. typu charakterizuje postupné zatěžování beta buněk nevhodnou stravou, která společně s absencí pohybu vede k nedostatku inzulínu a ke vzniku inzulínové rezistence. Inzulínovou rezistencí se rozumí snížená citlivost tkání vůči inzulínu, tedy i při dostatku inzulínu není glukóza dostatečně vstřebávána do buněk a opět dochází k hyperglykémii. Na rozdíl od diabetu 1. typu není manifestace tak dramatická a onemocnění je typické pro starší jedince. Společným znakem je však význam genetických a vnějších faktorů. V případě, že oba rodiče trpí diabetem 2. typu, riziko vzniku choroby u potomka stoupne přibližně o 60 %. Špatné stravovací návyky a nedostatek fyzických aktivit, související se vznikem obezity, jsou hlavním vnějším faktorem spojující se vznikem nemoci z 80 až 85 % celkového rizika (Ahmed 2017). Aplikace inzulínu není na rozdíl od 1. typu vždy nutná. Obvyklá léčba spočívá v dodržování pravidel zdravého životního stylu spolu se zavedením léků snižujících rezistenci buněk na inzulín (antidiabetik) (Cusimamani et al. 2010).

Samotnému diabetu 2. typu předchází dlouho trvající období poruchy glukózové homeostázy (prediabetes). Osoby s prediabetem vykazují vyšší hodnoty glykémie nalačno, případně vyšší hodnoty glykémie po glykemické zátěži, které ale ještě nejsou tak závažné pro diagnózu diabetu. Stejně jako u diabetu 2. typu je prediabetes zapříčiněn sníženou inzulínovou rezistencí, podobnými rizikovými faktory a podobným genetickým pozadím. Již období prediabetu vede k závažným zdravotním problémům (Štechová 2018).

3.6.1.3 Komplikace diabetu

Přestože akutní komplikace diabetu, mezi které řadíme hypoglykémii, diabetickou ketoacidózu a hyperglykemický hyperosmolární stav, jsou velmi závažnými stavy, tak k jejich výskytu oproti minulosti dochází spíše výjimečně. Důvodem je spolehlivější a přesnější selfmonitoring pacientů. Hlavní příčinou související s morbiditou a mortalitou diabetu jsou tedy cévní chronické komplikace, které jsou zapříčiněné dlouhotrvající hyperglykemií (Edelsberger 2007).

Chronické komplikace rozlišujeme na mikrovaskulární a makrovaskulární. Do první skupiny zařazujeme diabetickou retinopatii, která je nejčastější příčinou slepoty u dospělých. Diabetici jsou také více náchylní na jiné oční vady, jako je glaukom. U obou typů diabetu je tak nutné provádět pravidelné roční oční prohlídky. V určitých případech lze pomocí

laserové fotokoagulační operace zamezit dalšímu zhoršení retinopatie. Asi 40 % diabetiků trpí diabetickou nefropatií, která je charakterizována chronickou mikroalbuminurií a je nejčastějším důvodem konečného stadia onemocnění ledvin (ESRD). U diabetické retinopatie a nefropatie byl prokázán pozitivní vliv normálního krevního tlaku v prevenci a průběhu nemoci (Fonseca 2009). K dalším mikrovaskulárním komplikacím řadíme diabetickou neuropatii, která se po dvaceti letech vyskytne asi u 40 % diabetiků. Jedná se tedy o častou, a také závažnou komplikaci, která má mnoho forem a projevů. Neuropatie je způsobena hyperglykemickým poškozením nervů, uvádí se však, že poškození je způsobeno i oxidativním stresem a ischemií. Lze uvést příklad akutní bolestivé neuropatie, která se projevuje nesnesitelnou bolestí v dolní polovině těla znemožňující pohyb. Diabetická neuropatie souvisí se vznikem syndromu diabetické nohy (asi 15 % diabetiků), tedy výskytem vředů na dolních končetinách, které v nejhroších případech vedou až k amputaci (Scobie & Samaras 2012).

Ateroskleróza ve středně velkých a velkých tepnách, ke které mají diabetici dvakrát až čtyřikrát větší predispozici oproti běžné populaci (vlivem řady mechanismů související především s hyperglykemií), způsobuje makrovaskulární komplikace. Řadíme k nim ischemickou chorobu dolních končetin, ischemickou chorobu srdeční a cévní mozkové příhody. Pro všechny tyto choroby je společný vyšší výskyt u diabetiků 2. typu, naopak výše zmíněné mikrovaskulární komplikace postihují více pacienty s 1. typem diabetu (Fejfarová & Jirkovská 2009).

Velkým problémem je také mentální zdraví diabetiků. Ti jsou vystaveni radikální životní změně. Jsou nuceni začít se jinak stravovat a zavést ve svém životě pravidelnou pohybovou zátěž. Dále musejí užívat léky, vpravovat si do těla bolestivé injekce inzulínu spolu s kontrolováním hladiny glykémie. A přes toto všechno jsou zde velká rizika dalších zdravotních komplikací. Není proto divu, že až 60 % diabetiků trpí depresemi (Scobie & Samaras 2012).

3.6.1.4 Výživová opatření při diabetu

Výživa je a jistě zůstane při léčbě diabetu naprosto zásadním faktorem, a je tak nutné se jí podrobně věnovat. V dobách, kdy nebyla dostupná farmakologická léčba, byla výživa jedinou formou terapie tohoto onemocnění (Edelsberger 2007). Snahou výživových opatření je zajistit u pacienta normální hodnoty glykémie a krevního tlaku. Dále pak udržet vhodnou tělesnou hmotnost a předcházet či léčit pozdní komplikace za účelem dosažení trvale dobrého zdravotního stavu (Rušavý & Lacigová 2007).

V diabetické stravě je třeba věnovat pozornost příjmu sacharidů, jelikož se nejvíce podílejí na řízení glykémie. To ale neznamená se sacharidům vyhýbat. Sacharidy by měly tvořit 45 až 65 % z celkového energetického příjmu a pocházet z potravin, jako jsou celozrnné výrobky, luštěniny a ovoce. Podstatný je také dostatečný příjem vlákniny (20 až 35 g/den), která také reguluje hladinu glukózy v krvi (Ferraro 2016). Vysoký příjem bílkovin není vhodný u pacientů s mikroalbuminurií a nefropatií. Podstatný je jejich příjem ze surovin neobsahující tuk. Bílkoviny nemají zásadní vliv na glykémii a jejich ideální zastoupení by mělo být tvořeno 10 až 20 % z celkového energetického příjmu (Fonseca 2009). Pro diabetiky je nevhodný nadměrný příjem tuků obsahující nasycené mastné kyseliny kvůli

jejich asociaci s cholesterolem a následnými kardiovaskulárními problémy. Tuky by tak neměly přesáhnout více než 30 % z celkového energetického příjmu, přičemž nasycené mastné kyseliny by měly být zastoupeny nanejvýš z jedné třetiny. Zdroje jako ořechy, avokádo či řepkový, olivový a rybí olej obsahují monoenoové mastné kyseliny, které mají naopak zdravotně pozitivní účinky i ve vztahu ke glykémii (Scobie & Samaras 2012).

Potřeba mikronutrientů je u diabetiků podobná jako u zbytku populace a není tak ve většině případů nutná jejich suplementace. V případě, že diabetik trpí nefropatií a vysokým krevním tlakem, je třeba snížit denní příjem sodíku na dva gramy (Fonseca 2009). Zároveň však platí, že diabetici mají větší sklony k nedostatku vitamínu D. U diabetiků jsou rovněž časté různé formy anémií. Nejčastěji se setkáváme s nedostatkem železa, vitamínu B12 a kyseliny listové v závislosti na typu nemoci. Tyto deficity je nutné kompenzovat (Hillson 2015).

Výživa diabetiků se tedy velmi podobá racionálnímu stravování. Dieta však není univerzální pro všechny pacienty, jelikož se odvíjí od řady faktorů, jako jsou pohlaví, stáří, hmotnost, pohybová činnost a typ diabetu. Odlišnost ve výživě diabetiků 1. a 2. typu spočívá zejména v celkovém množství přijatých sacharidů a energie. Dále se u 1. typu doporučuje konzumace většího množství porcí (šesti) kvůli riziku vzniku hypoglykémie, která může nastat důsledkem aplikace inzulínu (Rybka 2007). Další rozdíly ve výživě mezi 1. a 2. typem diabetu jsou uvedeny v Tabulce 8.

Tabulka 8: Dietní strategie pro diabetes 1. a 2. typu

Faktor	Diabetes mellitus 1. typu	Diabetes mellitus 2. typu (bez inzulínu)
celková energie	při hubnutí někdy zvýšená	redukována u obézních
vliv diety	v kombinaci s inzulínovou léčbou	často jediná terapie
sacharidy	rozdělené ekvivalentně do porcí jídel nebo podle selfmonitoringu	není nutné přesné rozdělení do porcí
důslednost v dietě	žádoucí pro kompenzaci	žádoucí pro redukcii hmotnosti
časy jídel	přesné dodržování při konvenční inzulínové terapii, volnější u intenzivní léčby	dodržování žádoucí, ale ne nezbytné
svačiny a 2. večeře	často nutné	většinou nejsou nutné, vhodný interval 4-5 h mezi jídly k normalizaci postprandiální glykémie
další jídlo při cvičení	většinou nutné	jen při léčbě vyššími dávkami perorálních antidiabetik nebo inzulínu

Zdroj: upraveno podle Edelsberger 2007

3.6.1.4.1 Pivo ve výživě diabetiků

Riziko nadměrné konzumace alkoholu (ethanolu) je u diabetiků spojováno zejména s hypoglykemií, která může vést až k úmrtí (Scobie & Samaras 2012). Glukóza se vlivem přítomnosti alkoholu nedokáže dostatečně uvolňovat z jaterního glykogenu, čímž dochází k poklesu hladiny krevního cukru. Proto by diabetici neměli pít alkohol nalačno. Dalším nedostatkem může být vysoká energetická hodnota alkoholu. Přiměřená spotřeba, která představuje zhruba jednu až dvě sklenice piva denně, je však akceptovatelná (Hillson 2015). Uvádí se, že střídavá konzumace alkoholu nevykazuje akutní působení na glykémii. Navíc je takovéto požívání alkoholu dokonce spojováno s nižším výskytem řady kardiovaskulárních komplikací, jako je ischemická choroba srdeční. Tento jev je připisovaný schopnosti alkoholu snižovat agregaci trombocytů nebo zvyšovat fibrinolytickou aktivitu krve. Vliv alkoholu na mikrovaskulární komplikace diabetu ale zůstává neobjasněný (Howard et al. 2004).

Obsah sacharidů v pivu je velmi variabilní. Obecně se jich v pivu nachází mezi 20 až 30 g/l. Jsou to především zbytkové zkvasitelné sacharidy, jako jsou glukóza, fruktóza, maltóza či maltotrióza a o různé skupiny nezkvasitelných dextrinů, které jsou ovšem dobře štěpeny v trávicím traktu pankreatickou lipázou. Zároveň se v pivu v menší míře přirozeně vyskytují i arabinoxylany a β -glukany. Nové pivovarnické technologie se snaží o vyšší výskyt těchto sacharidů v pivu pro jejich zdravotně přínosné působení (Preedy 2009).

V případě β -glukanů se jedná o nestejnorodou skupinu neškrobových polysacharidů, které řadíme k rozpustné vláknině. Jsou tvořeny D-glukózovými molekulami, které jsou k sobě spojeny β -glykosidickou vazbou. V závislosti na zdroji se liší svojí strukturou, a tedy i vlastnostmi. Jejich zdroji jsou především ječmen, oves a kvasinky. U β -glukanů nacházíme řadu pozitivních vlastností v prevenci a léčbě diabetu. Patří mezi ně schopnost snížit hladinu cholesterolu či postprandiální glukózovou a inzulinovou odpověď. Dále snižují schopnost enterocytů absorbovat glukózu a zpomalují vyprazdňování žaludku, čímž zmírňují pocit hladu. Tyto mechanismy jsou důsledkem jejich snadné schopnosti fermentace a tvorby vysoce viskózních roztoků ve střevě. β -glukany jsou tedy pro svůj přírodní původ, bezpečnost a dostupnost zajímavou alternativou v kontrole diabetu (Bozbulut & Sanlier 2019). Hlavními necelulózovými polysacharidy v obilovinách jsou arabinoxylany, které označujeme také jako pentosany. Řadíme je k vláknině a jsou složeny především z molekul xylózy a arabinózy. Mají mnoho zdravotně přínosných působení. Pozitivně ovlivňují zdraví pacientů se sníženou tolerancí glukózy, zmírňují následky diabetu 2. typu a snižují hladinu cholesterolu. Dále mají významné imunomodulační účinky, které by mohly být přínosné v prevenci imunitně podmíněných onemocnění, jako je diabetes mellitus 1. typu (Mendis & Simsek 2014).

Schopnost potravin zvýšit hladinu glukózy v krvi udává glykemický index. Čím vyšší je jeho hodnota, tím více a rychleji glykémie stoupá, a naopak. Glukóza má glykemický index 100 (Ferraro 2016), přičemž glykemický index piva je dokonce 110. Z toho vyplývá negativní vliv konzumace piva na kontrolu glykémie. Na druhou stranu se nedoporučuje stavět diabetickou dietu pouze na základě glykemického indexu, protože jeho efekt na hladinu krevního cukru je ovlivněn i jinými faktory, jako jsou fyzická aktivita, nebo citlivost tkání vůči inzulinu (Zlatohlávek et al. 2016). Bamforth (2005) uvádí nedostatky této metody ve vztahu k pivu. Pro stanovení glykemického indexu je nutné, aby proband před měřením glykémie nalačno během 15 minut zkonsumoval 50 g sacharidů obsažených v ekvivalentním

množství potravin. U piva s nízkým obsahem cukru by to znamenalo značnou zátěž organismu. V těchto případech se tak volí testování s 10 g, které již není objektivní.

Chmel obsahuje fytochemikálie, které vykazují řadu vlastností mající uplatnění při prevenci a zmírnění průběhu diabetu. Jedná se například o vyzrálé hořké chmelové kyseliny (v originále: *matured hop bitter acids*) a iso- α -kyseliny, které pozitivně ovlivňují toleranci glukózy a metabolismus lipidů. Další významnou skupinou látek jsou flavonoidy, jako xanthohumol a quercetin. Tyto fytochemikálie snižují inzulinovou rezistenci a zároveň vykazují antihyperlipidemické a hypoglykemické účinky. Všechny tyto látky také napomáhají udržovat zdravou tělesnou hmotnost. Výhodou zmíněných sloučenin je jejich bezpečnost, která byla prověřena během staletí používání chmele v léčitelství, nebo při výrobě piva (Dostálek et al. 2017). Costa et al. (2017) sledovali efekt flavonoidů xanthohumolu a 8-prenylnaringeninů získaných z piva na metabolismus myši s diabetem 2. typu. Výsledky byly pozoruhodné. U pokusných zvířat došlo ke zlepšení citlivosti vůči inzulinu, snížení hladiny krevního cukru, cholesterolu a triacylglycerolů. Zároveň nedošlo k nárůstu tělesné hmotnosti. Kromě toho se také snížila exprese lipogenních enzymů. Zařazení těchto látek do stravy diabetiků by tak mohlo vést ke zlepšení jejich zdravotního stavu.

3.6.1.4.2 Legislativní rámec

Problematika značení potravin pro diabetiky je zmíněna ve Vyhlášce č. 417/2016 Sb. ze dne 13. prosince 2016 o některých způsobech označování potravin. Prezentace potravin jako „dia“ je zde považována za zavádějící údaj ve smyslu článku 7 Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011.

Podle Rybky (2007) jsou takto označované potraviny pro diabetiky dokonce nevhodné, jelikož obsahují velké množství nasycených tuků. Navíc se svým energetickým obsahem výrazně neliší od ostatních výrobků stejného typu a také jsou obvykle dražší. Není tedy pravdou, že by tyto potraviny měly lepší vliv na zdraví diabetika než potraviny bez tohoto označení.

Pravidla značení specifických potravin lze nalézt také v Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1924/2006 ze dne 20. prosince 2006 o výživových a zdravotních tvrzeních při označování potravin.

3.6.2 Speciální piva pro diabetiky

Z výše uvedeného vyplývá, že střídavá konzumace běžných piv je u osob s diabetem možná. Dokonce může mít i určité pozitivní dopady na jejich zdraví. Přesto se vyrábějí i piva, která obsahují nižší množství sacharidů. Na českém trhu lze zakoupit pivo Staropramen Děčko, Gambrinus Dry a Primátor Diamant. Tato piva skrze své názvy mohou vzbuzovat v zákaznících dojem, že se jedná o potraviny určené přímo pro výživu diabetiků. Uplatnění ale jistě najdou ve výživě všech osob, které vyhledávají potraviny s nižší energetickou hodnotou.

Takováto piva spadala podle Vyhlášky č. 57/2003 Sb. ze dne 18. února 2003 do skupiny *pivo se sníženým obsahem cukrů*. Tímto termínem se rozumí hluboce prokvašené pivo s obsahem zatěžujících sacharidů do 0,75 g/100 ml a bílkovin do 0,4 g/100 ml. Tyto produkty také musely být označeny tabulkou s nutričními hodnotami.

Tato vyhláška byla nahrazena dnes platnou Vyhláškou č. 248/2018 Sb. (diskutována v kapitole 3.4), ve které tato skupina piv již neexistuje. Na základě údajů uvedených na etiketách výše zmíněných značek piv (viz Tabulka 9), lze soudit, že tato piva tak dle současně platné vyhlášky spadají do skupiny *piv výčepních*.

Tabulka 9: Porovnání jednotlivých piv se sníženým obsahem cukrů

	Staropramen Děčko	Gambrinus Dry	Primátor Diamant
výživové hodnoty (ve 100 ml)			
- energie (kJ/kcal)	133/32	113/27	-
- sacharidy (g)	0,8	1,0	-
- z toho cukry (g)	< 0,5	0,6	-
- bílkoviny (g)	< 0,5	< 0,5	-
- sůl (g)	0,01	0	-
- alkohol (% obj.)	4,0	4,0	4,0
označení	pivo výčepní světlé	pivo výčepní světlé	světlé výčepní pivo

Zdroj: údaje převzaty z etiket výrobků

Při hledání literatury k této skupině výrobků bylo zjištěno, že piva, na která jsou kladeny podobné nároky, se v zahraničí označují jako *low carbohydrate beers* (Park et al. 2014), *light beers* (Blanco et al. 2014) či *low calorie beers* (Yeo & Liu 2014).

3.6.2.1 Technologické aspekty výroby piva se sníženým obsahem cukrů

Basařová et al. (2010) podrobně shrnují možnosti výroby piva se sníženým obsahem cukrů. Principem všech technologií je záměrná přeměna co největšího množství škrobu na zkvasitelné sacharidy a ty následně v co největší míře zkvasit na alkohol. Zásadní roli tak zde hrají amylolytické enzymy a kvasinky. Je tedy nutné použít dobře rozluštěné slady obsahující dostatečné množství α -amyláz s vysokou diastatickou mohutností. Rozštěpení škrobu lze podpořit i přidáním externích amylolytických enzymů, a to jak během procesu vaření, tak během kvašení piva. Zde je také možný přídavek sladové moučky či sladového výluhu. Z důvodu důkladného prokvašení je v této fázi výroby vhodné použít vysokou dávku kvasnic.

Na základě e-mailové komunikace s panem podsládkem Tomášem Dvořákem z pivovaru Primátor a.s., ze dne 12. listopadu 2019, mi byly sděleny informace týkající se výroby piva s názvem Diamant, který spadá do rozebírané kategorie piv. Extrakt původní mladiny tohoto piva se pohybuje kolem 8 %. Technologie výroby spočívá v přidání surogátu, konkrétně směsi fruktóзовého a glukózo-fruktóзовého sirupu během vaření mladiny. Surogace ovšem nesmí přesáhnout 15 až 20 % celkového sypání. Přidání takovýchto jednoduchých cukrů dostatečně stimuluje metabolismus kvasinek. To má za následek téměř úplné prokvašení všech sacharidů v mladině s výjimkou dextrinů již ve fázi hlavního kvašení. Zdanlivé prokvašení je tedy v rozmezí 85 až 100 %, přičemž se pohybuje spíše v horní

hranici. Důsledkem takového prokvašení je však relativně vysoký obsah alkoholu. Během následného ležení piva pak nedochází k žádným specifickým operacím. Obsah sacharidů v hotovém pivu se pohybuje okolo 1,3 g/100 ml. Bylo také upozorněno na fakt, že při výrobě je nutné se pečlivě věnovat hygieně a sanitaci, jelikož jsou tato piva velice náchylná k získání negativních sensorických vjemů.

3.7 Pivo, poruchy snášenlivosti alkoholu a zdravotní komplikace vyvolané jeho nadměrnou konzumací

3.7.1 Alkohol a jeho metabolismus

Alkohol či ethanol, nebo také ethylalkohol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) je čirá a bezbarvá kapalina s omamnými účinky. Získává se buď fermentací cukrů (alkohol v nápojích), nebo synteticky hydratací ethylenu. Synteticky vyrobený alkohol se používá jako součást nemrznoucích směsí, rozpouštědlo, nebo germicid (Manahan 2003). Řadíme ho k alifatickým alkoholům a jedná se o molekulu s vysokou energetickou hodnotou. Oxidací jednoho gramu alkoholu je uvolněno 29 kJ (7 kcal) energie. Neměl by však být hodnocen jako plnohodnotná součást výživy mimo jiné i pro jeho schopnost ovlivňovat účinky jiných látek, jako jsou některé léky či oxid uhelnatý (Ahmed 2017).

Díky svým vlastnostem, jako jsou malá molekulová hmotnost nebo dobrá rozpustnost ve vodě, je vstřebáván již v ústech a jícnu. Mnohem větší množství (20 až 70 %) je však absorbováno v žaludku a proximální části střeva. Určitá část požitého alkoholu (do 7,5 %) se z těla vyloučí také dechem, močí a potem. Rychlost vstřebání a následná distribuce je značně individuální. Zatímco vstřebání ovlivňuje například přítomnost potravy v žaludku či rychlosti jeho vyprazdňování, tak distribuce je závislá především na přítomnosti vody v různých tkáních. To vysvětluje fakt, že u žen, u kterých je obsah tělesné vody nižší, je jeho koncentrace v krvi vyšší než u mužů při požití ekvivalentní dávky. Samotná metabolizace probíhá zejména oxidativně, a to nejen v játrech (přes 90 %), ale i v trávicí trubici (Elamin et al. 2013). Zde se uplatňují zejména dva enzymy. A to alkoholdehydrogenáza a aldehyddehydrogenáza. Prvně jmenovaný enzym se podílí na přeměně alkoholu na acetaldehyd, který je následně aldehyddehydrogenázou metabolizován na oxid uhličitý a vodu. Aktivita alkoholdehydrogenázy snižuje za hodinu koncentraci alkoholu v krvi asi o 4,5 mmol/l (Schuckit 2009). Vliv koncentrace alkoholu v krvi na organismus znázorňuje Tabulka 10.

Tabulka 10: Vztah mezi koncentrací ethanolu v krvi a jeho účinky

Koncentrace (mg/l)	Účinky
0-500	mírná euforie; snížená funkce jemné motoriky
500-1500	euforie; zpomalené reakce; zhoršený úsudek; snížené motorické funkce
1500-3000	intoxikace; porucha rovnováhy, řeči a visu; snížené reakční schopnosti; emoční nestabilita
3000-5000	silná intoxikace; porucha vědomí; hypotenze; podchlazení; dechová deprese; záchvaty; kóma; smrt

Zdroj: upraveno podle Ahmed 2017

3.7.2 Alkohol a zdraví

3.7.2.1 Poruchy snášenlivosti alkoholu

U citlivých osob vyvolává konzumace alkoholických nápojů řadu nežádoucích účinků, jako jsou kopřivka, angioedém, návaly horka, astma či anafylaxe vyvolaná fyzickou zátěží. Tato hypersenzitivita může a nemusí být imunologického původu. Reakce na alkoholické nápoje jsou poměrně časté, zatímco imunologicky podmíněná citlivost na samotný alkohol (ethanol) je vzácná. Neustále se měnící kritéria hodnocení těchto reakcí však komplikují jejich klasifikaci (Gonzalez-Quintela et al. 2004). Kromě alkoholu obsahují alkoholické nápoje velké množství jiných sloučenin, které mohou stát za nepříznivými projevy. Největší význam je přisuzován biogenním aminům a siričitanům ve vínu, které mohou vyvolat alergickou reakci. U piva se jedná především o obiloviny a kvasinky (Vally & Thompson 2003).

Proces alergické reakce na samotnou expozici alkoholu není zcela objasněn. Kvůli jeho nízké molekulové hmotnosti je pravděpodobné, že specifickou imunitní odpověď dokáže vyvolat až po navázání na jinou látku o vysoké molekulární hmotnosti. I mírné požití alkoholu zvyšuje hladinu imunoglobulinů E (IgE) v séru a je zde tak možná souvislost s rozvojem jiných alergií. Jev však není zcela pochopen a jeho klinický dopad se nezdá být velký (Gonzalez-Quintela et al. 2004). U asijské populace je běžná intolerance alkoholu postihující až 50 % tamních jedinců. Patogeneze spočívá ve snížené funkci enzymu (acetaldehyddehydrogenázy), který metabolizuje acetaldehyd na kyselinu octovou. Právě zvýšená hladina acetaldehydu způsobuje typické symptomy, jako jsou tachykardie, zčervenání obličeje, periferní vazodilatace, nevolnost a bronchokonstrikce. Inhibice acetaldehyddehydrogenázy pomocí léků (disulfiram) nachází uplatnění v léčbě alkoholismu. I velmi malé množství požitého alkoholu při současném užívání disulfiramu vyvolá velmi nepříjemné účinky (Vally & Thompson 2003).

V porovnání s množstvím zkonsumovaného alkoholu se tyto reakce přecitlivělosti nezdají být příliš časté. Mohou se však vyskytnout kdykoliv během života a v některých případech jsou velmi závažné. Podobné příznaky vyvolávají také jiné látky, ale i fyziologické a patologické stavy. Z tohoto důvodu je diagnostika značně komplikovaná. Léčba spočívá

zejména ve vyhýbání se jakékoli expozici alkoholu, přičemž akutní komplikace lze řešit pomocí antihistaminik a glukokortikoidů (Sticherling & Brasch 1999).

3.7.2.2 Zdravotní komplikace vyvolané nadměrnou konzumací alkoholu

Nadměrné požívání alkoholu, které může být zapříčiněné například závislostí na něm, je spojováno s vysokou morbiditou a mortalitou. Tento jev se častěji vyskytuje u mužské populace, a to zejména ve vyspělých zemích. Nepřiměřená konzumace alkoholu v mnoha ohledech negativně ovlivňuje kvalitu života a skrze velké množství zdravotních dopadů, které jsou s ní spojené, zkracuje jeho délku o více než deset let. Faktory, které ovlivňují toto rizikové chování, jsou původu genetického i environmentálního, přičemž se uvádí, že geny mají vliv z 40 až 60 %. Polymorfismy genů, které odpovídají za tvorbu enzymů metabolizující ethanol, zvyšují citlivost vůči němu, a tím snižují rizikové chování ve vztahu ke konzumaci alkoholu. Mezi faktory vnějšího prostředí lze zařadit dostupnost alkoholu, tlak okolí, nebo legislativní podmínky (Schuckit 2009).

Jedním z mnoha orgánů, který je neúměrným požíváním alkoholu značně poškozen, je srdce. Alkoholici jsou náchylní k srdečním arytmiím a k levostrannému srdečnímu selhání. 10 až 15 % alkoholiků po deseti letech těžké konzumace alkoholu trpí akutní pankreatitidou. V případě recidivy je pravděpodobné, že dochází k progresivnímu zjizvení tkáně pankreatu, což v důsledku může způsobit endokrinní a exokrinní nedostatečnost. Velkým problémem je také riziko vzniku rakoviny, a to zejména orofaryngu, jícnu, jater, prsu a tlustého střeva. Riziko vzniku některých těchto forem karcinomů souvisí se současným kouřením a nedostatkem mikronutrientů, jako jsou vitamin A, zinek, nebo kyselina listová. Absence takovýchto látek může být způsobena samotným alkoholismem, jelikož patří mezi rizikové faktory vzniku anémie. Příčinou anémie může být u alkoholiků okultní krvácení z epizodické gastritidy a podobně (Caballero et al. 2016). Onemocnění jater způsobená alkoholem jsou nejčastější příčinou problémů s játry vůbec. Asi u 90 % chronických alkoholiků je přítomna určitá forma steatózy (ukládání tuku v hepatocytech), kterou však lze abstinencí potlačit. V případě pokračujícího užívání alkoholu dochází ke vzniku alkoholické steatohepatitidy (hepatocelulární poškození), která přechází v jaterní fibrózu a cirhózu, doprovázenou komplikacemi, jako jsou jaterní encefalopatie a selhání ledvin. Neabstinující pacienti s cirhózou mají predispozici k propuknutí alkoholické hepatitidy charakterizovanou 30 až 50% úmrtností po třech měsících. Raná stadia onemocnění jater spojená s alkoholem jsou málokdy podchycena včas a jsou spojována s vysokou mírou komplikací. V posledních 40 letech nedošlo k výrazným pokrokům v jejich léčbě a hlavní terapií je tak stále abstinence (Farooq & Bataller 2016). Je zajímavé, že takováto poškození mnoha orgánů lidského těla pozorujeme právě u ethanolu, a ne u jiných návykových látek (Caballero et al. 2016).

Zneužívání alkoholu má nicméně negativní dopady i na zdraví duševní. Více než 20 % osob s psychickým onemocněním současně propadá jeho nadměrné spotřebě. Alkohol tedy tato onemocnění buď zapříčiňuje anebo zhoršuje jejich průběh. K těmto psychickým poruchám řadíme deprese, úzkosti (agorafobie), schizofrenii, poruchy osobnosti, nebo bipolární poruchu. Naposledy jmenované onemocnění se společně s alkoholismem vyskytuje více než jakékoliv jiné. Léčba těchto poruch je obtížná a komplexní, jelikož musí být

zaměřena jak na omezení příjmu alkoholu, tak na konkrétní psychiatrický problém (Westreich 2005).

3.7.3 Nealkoholická piva

3.7.3.1 Technologické aspekty výroby nealkoholického piva

Existuje řada postupů, kterými lze snížit obsah alkoholu v pivu. Ty lze rozdělit do dvou hlavních skupin. Principem první skupiny je zamezení tvorby alkoholu během samotné výroby piva (biologické metody). Toho lze docílit úpravou rmutovacího procesu s cílem snížit obsah zkvasitelných cukrů v mladině. Zde je využíváno vyšších rmutovacích teplot, při kterých je β -amyláza již neaktivní, zatímco α -amyláza štěpí škrob na kratší, nicméně hůře zkvasitelné řetězce. Mezi biologické metody patří také modifikace kvašení. Zde lze uvést postup, při kterém jsou kvasinky inaktivovány (snížením teploty), nebo odstraněny (odstředěním) těsně předtím, než začnou produkovat alkohol. Druhou skupinu tvoří metody založené na odstranění alkoholu z piva, které ho již obsahuje (fyzikální metody). Sem řadíme mimo jiné rektifikaci, reverzní osmózu, dialýzu, osmotickou destilaci a pervaporaci (Jackowski & Trusek 2018).

U biologických a fyzikálních metod rozlišujeme mnoho dalších postupů, které se od sebe v různých parametrech odlišují. Mezi výhody biologických metod patří zejména nižší náklady spojené s nižšími nároky na nová technologická zařízení, ale i s použitím menšího množství surovin a kratší dobou výroby. Naopak mezi přednosti metod fyzikálních náleží lepší organoleptické vlastnosti a možnost odstranit z piva téměř veškerý alkohol, který lze dále využít při výrobě octa (Brányik et al. 2012). Jako vhodná se tak zdá být kombinace těchto dvou metod (Jackowski & Trusek 2018). Účinnost jednotlivých postupů z hlediska obsahu alkoholu je znázorněna v Tabulce 11.

Tabulka 11: Obsah alkoholu v nealkoholických pivech vyrobených různými technologiemi

Postup	Obsah alkoholu % (v/v)
zastavení fermentace a ředění	0,3-1,0
použití speciálních kvasnic (<i>S. Ludwigi</i>)	0,48
rektifikace	0,1
reverzní osmóza	0,4
dialýza	0,4

Zdroj: upraveno podle Preedy 2009

Sohrabvandi et al. (2010) zmiňují existenci metod založených na úplné absenci fermentace a na ředění mladiny. Princip první metody spočívá v přípravě mladiny, která je místo kvašení obohacena přísadami, které by při něm přirozeně vznikly. Piva vyrobená tímto způsobem však vykazují špatné sensorické vlastnosti. Pro jejich nulový obsah alkoholu a snadnost výroby jsou vyráběna v islámských zemích. Metoda ředění spočívá v kvašení mladiny s vysokou stupňovitostí, která se po separaci kvasinek ředí pomocí demineralizované vody do požadovaného obsahu alkoholu a ostatních složek. Následuje úprava pH organickými kyselinami a sycení oxidem uhličitým.

Největší podobnost s běžnými pivy vykazují nealkoholická piva vyrobená pomocí speciálních kvasničných kmenů, které přirozeně tvoří pouze malé množství alkoholu. Negativum této biologické metody spočívá zejména v omezené dostupnosti těchto kmenů (Čapková 2008). V úvahu přicházejí druhy, které řadíme ke skupině kvasinek označované jako non-*Saccharomyces*. Jedná se o *Scheffersomyces shehatae* (dříve *Candida shehatae*), *Saccharomycodes ludwigii*, *Pichia kluyveri*, *Zygosaccharomyces rouxii* a *Wickerhamomyces anomalus* (dříve *Pichia anomala*). Takovéto kvasinky produkují dostatečné množství aromatických látek (esterů a vyšších alkoholů) při současné nízké produkci alkoholu (ethanolu) a aldehydů (Capece et al. 2018).

3.7.3.2 Zdravotní přínosy konzumace nealkoholického piva

Mezi zdravotní výhody konzumace nealkoholického piva v porovnání s běžnými pivy patří jistě jeho uplatnění ve výživě osob, u kterých je požívání alkoholu zcela vyloučené. Těmi jsou těhotné ženy, nemocné osoby (obezita, jaterní a kardiovaskulární choroby), ale i sportovci. V případě mírného pití piva (10 až 15 g ethanolu/den) se však u zdravých jedinců jeví jako vhodnější volba právě pivo alkoholické. Takováto spotřeba alkoholu je spojována s nižší morbiditou a mortalitou v porovnání s alkoholiky, ale i abstinenty. K tomu přispívá řada pozitivních účinků, mezi které řadíme mimo jiné antiinfekční vlastnosti. V případě nadměrného pití negativní dopady převyšují ty pozitivní a zde je jistě zdravější variantou pivo nealkoholické (Sohrabvandi et al. 2010). Je totiž pravděpodobné, že za většinou pozitivních zdravotních efektů spojených s požíváním piva stojí právě velké množství jeho nealkoholických složek. Význam je přisuzován mnohým minerálním látkám, přičemž je hojně zastoupen křemík, což se jeví jako vhodná ochrana před osteoporózou. Především ze sladu, ale i z chmele přechází do piva skupina látek se širokou škálou zdravotně přínosných účinků. Jedná se o polyfenolické sloučeniny, jako jsou flavonoidy, chalkony, katechiny a fenolové kyseliny. Některé tyto látky vykazují antiangiogenní, antikarcinogenní, antidiabetické a estrogenní vlastnosti (Osorio-Paz et al. 2019).

Zdravotně přínosnými dopady nealkoholického piva se zabývali Franco et al. (2015), kteří zjišťovali vliv jeho konzumace na neuroendokrinní hladiny melatoninu, kortizolu a serotoninu, a tedy i jeho možné anxiolytické působení. To je přisuzováno chmelovým složkám. Zejména hořkým chmelovým kyselinám a aminokyselině lysinu, jehož hladiny se v nealkoholických pivech pohybují okolo 12 mg/100 ml. U sledovaných osob, kterým bylo jednou denně v době večere během 14 dnů podáváno 330 ml nealkoholického piva, skutečně došlo ke zlepšení úzkostných stavů. Ze sledovaných hladin hormonů došlo k výrazným změnám pouze u serotoninu. Lze tak konstatovat jistý potenciál tohoto nápoje v řešení úzkostí spojených především s metabolismem serotoninu. Alvarez et al. (2009) uvádějí možnost využití nealkoholického piva jako preventivního dietního opatření zamezující vzniku chorob spojujících se s oxidačním stresem. K této skupině onemocnění řadíme i aterosklerózu. V jeho studii byl sledován efekt konzumace nealkoholického piva na parametry spojené s tímto onemocněním u postmenopauzálních žen. Požívání 250 ml nealkoholického piva dvakrát denně během 45 dnů skutečně vedlo ke snížení oxidačního stresu. Nebyl však pozorován významný vliv na zánětlivé mediátory podílející se na patofyziologii aterosklerózy.

3.7.3.3 Legislativní rámec

Brányik et al. (2012) uvádějí rozdílné požadavky na značení takovýchto piv v různých částech světa. V Evropské unii se rozlišují *piva nealkoholická (alcohol free beers)*, která smí obsahovat alkohol ve výši maximálně 0,5 % objemových a *piva s nízkým obsahem alkoholu (low-alcohol beers)*, u kterých je hranice povoleného obsahu alkoholu 1,2 % objemových. Ve Spojených státech je situace odlišná. Pivo, které se zde nazývá *near-beer* či *non-alcoholic beer*, odpovídá (co se obsahu alkoholu týče) evropskému nealkoholickému pivu. Pivo zde označené jako *alcohol-free beer* však nesmí obsahovat žádný alkohol. Hranici 0,05 % objemových není možné překročit v zemích, kde je konzumace alkoholu omezoována z náboženských důvodů. V České republice jsou požadavky na tato piva upravena Vyhláškou č. 248/2018 Sb. Tato vyhláška je diskutována v kapitole 3.4 a odpovídá požadavkům EU.

4 Závěr

Bezlepková dieta vyžaduje naprosté vyloučení lepku ze stravy nemocného. U piva lze jeho absence docílit dvěma základními postupy. První je založen na výrobě ze surovin neobsahujících lepek. Nejčastěji jsou to plodiny jako rýže, kukuřice, čirok, proso, quinoa, amarant a pohanka. Lze ale využít i různých cukerných roztoků (med či melasa). Tyto plodiny mnohdy vykazují nižší nároky na pěstování a zároveň vyšší obsah škrobu v porovnání s ječmenem. Naopak problematický je jejich zpravidla nižší obsah dusíkatých látek, a tedy i technologicky důležitých enzymů. Pro tato piva jsou typické nedostatky zejména v jejich chuťovém profilu a ve stabilitě pěny. Vhodnou optimalizací by mohla být kombinace různých bezlepkových plodin.

Principem druhého postupu je odstranění lepku z piva, pro jehož výrobu byly použity konvenční (lepek obsahující) plodiny. Toho je docíleno zejména srážecími a enzymatickými metodami. Srážecí činidla (silikagel či kyselina třísllová) na sebe dovedou navázat lepkové bílkoviny, které je pak možné z piva odstranit filtrací. Metoda je levná a účinná. Problémem může být negativní ovlivnění sensoriky (kyselina třísllová) a činnosti kvasinek (silikagel). U enzymatického ošetření se zdá být jako nejúčinnější využití prolyl endopeptidázy získané z plísně *Aspergillus niger*. Metoda je velmi jednoduchá a takto vyrobená piva neobsahují téměř žádný lepek se současně dobrými sensorickými vlastnostmi. Přesto bylo nedávno zjištěno, že takto vyrobená piva mohou u některých pacientů vyvolat humorální odpověď na IgA či IgG protilátky. Budoucí výzkum v této oblasti by se tak měl věnovat zdokonalení imunochemických metod, pomocí kterých se lepek v potravinách stanovuje.

Zajímavým poznatkem je fakt, že i při běžné výrobě sladu a piva dochází k částečné degradaci lepkových bílkovin. A to buď přirozeně se vyskytujícími sladovými enzymy, jako jsou cysteinové proteázy anebo pomocí doplňkových výrobních operací, jako je filtrace. Filtrovaná piva tak jistě nejsou pro celiaky ideální, lze v nich ale předpokládat nižší obsahy lepku. V tradičních pivovarnických zemích se jeví být vhodnější variantou postupy založené na odstranění lepku z piva vyrobeného z konvenčních surovin. Na druhou stranu současné trendy v pivovarnictví dávají prostor i netradičním výrobkům, a je tak možné, že i produkty z bezlepkových surovin si najdou své spotřebitele.

Pro diabetiky je výživa naprosto zásadní. Není však univerzální, jelikož se odvíjí od řady faktorů, jako je například typ diabetu. Obecně se nevylučuje konzumace žádné konkrétní složky obsažené v potravinách. I to je možná důvod, proč je podle Vyhlášky č. 417/2016 Sb. zakázané označovat potraviny jako „dia“, tedy vhodné pro diabetiky. Diabetici by se totiž měli řídit pravidly racionálního stravování, a ty konzumaci piva nevylučují.

Existují i studie, které dokonce dokládají určité zdravotně pozitivní dopady mírného požívání piva ve vztahu k diabetikům. Za takovéto účinky jsou odpovědný zejména některé druhy neškrobových sacharidů (β -glukany či arabinoxylany) a některé chmelové látky jako iso- α -kyseliny, xanthohumol, quercetin a 8-prenylnarigenin. Tyto látky jsou schopny řadou mechanismů zlepšovat průběh diabetu tím, že udržují vhodnou glykémii, snižují inzulinovou rezistenci, zmírňují pocit hladu a podobně.

Přesto se vyrábějí i piva s nižším obsahem sacharidů, která mohou v mnohých zákaznících vzbuzovat pocit jejich vhodnosti pro tyto pacienty. Existuje mnoho způsobů,

kterými lze tato piva vyrobit. Principem všech je ale hluboké prokvašení. To znamená, že i přes nízký obsah sacharidů (cukrů) obsahují relativně vysoké hladiny alkoholu. Přestože se uvádí možné protektivní účinky mírné spotřeby alkoholu před kardiovaskulárními riziky i u diabetiků, nadměrná konzumace může způsobit nežádoucí hypoglykémii. Budoucí výzkum by se tak mohl věnovat oblasti výroby piva se sníženým obsahem cukrů a alkoholu se současným zachováním přijatelného chuťového profilu. Takovéto produkty by mohly najít uplatnění i při redukčních dietách a podobně.

U některých osob vyvolává požití alkoholu (ethanolu) reakce z přecitlivělosti. Tato hypersensitivita může a nemusí být imunologického původu. Imunologicky podmíněná přecitlivělost na expozici alkoholu je poměrně vzácná. Naopak častým problémem zejména u asijské populace je alkoholová intolerance, která postihuje až polovinu tamních jedinců. Ta je způsobená sníženou funkcí enzymu acetaldehyddehydrogenázy, který za fyziologických podmínek metabolizuje alkohol. Z globálního hlediska je však větším problémem nadměrná konzumace alkoholu. Ta se vyskytuje více ve vyspělých zemích a je spojována s vysokou morbiditou a mortalitou. Skrze velké množství zdravotních komplikací zkracuje délku života o více než 10 let.

Alternativou pro tyto skupiny osob tak mohou být nealkoholická piva. Existuje mnoho dobře zavedených postupů pro jejich výrobu. Ty lze rozdělit do dvou hlavních skupin, a to na metody biologické a fyzikální. U biologických metod je snaha o zamezení tvorby alkoholu během samotné výroby piva. Principem metod fyzikálních je pak jeho odstranění z piva, které alkohol již obsahuje. Každý technologický postup přináší své výhody, ale i nevýhody a je zde tak možnost jejich kombinace. Jako slibné se dnes jeví použití speciálních kvasničných kmenů, které souhrnně označujeme *non-Saccharomyces*. Tyto kvasinky tvoří pouze zanedbatelné množství alkoholu při současném zachování dobrých organoleptických vlastností.

Na základě prostudování historických souvislostí lze soudit, že konzumace piva má ve výživě člověka své místo. Pivu vzdáleně podobné nápoje se začaly vyrábět nejspíše již v době přechodu od lovu a sběru k zemědělství (10 000 až 15 000 let př. n. l.). V pozdějších starověkých kulturách mělo dokonce význam zásadní, jelikož spolu s chlebem sloužilo jako základní potravina. Je třeba si ale uvědomit, že toto majoritní zastoupení potravin, obsahujících lepek v lidské stravě, mělo patrně za následek vznik jeho patogenity. Metody výroby piva, a tedy i jeho složení, se s postupem věků vyvíjely a pivo začalo mít spíše společenský význam.

5 Literatura

- Ahmed N. 2017. *Clinical Biochemistry*. Oxford University Press, Oxford.
- Alvarez JRM, Bellés VV, López-Jaén AB, Marín AV, Codoñer-Franch P. 2009. Effects of alcohol-free beer on lipid profile and parameters of oxidative stress and inflammation in elderly women. *Nutrition* **25**:182-187.
- Bamforth CW. 2005. Beer, Carbohydrates and Diet. *Journal of the Institute of Brewing* **111**:259-264.
- Bamforth CW. 2006. *Brewing: new technologies*. CRC Press, Boca Raton.
- Barth R. 2013. *The Chemistry of Beer: the science in the suds*. Wiley, Hoboken. [Elektronická monografie].
- Basařová G, et al. 2015. *Sladařství: teorie a praxe výroby sladu*. Havlíček Brain Team, Praha.
- Basařová G, Hlaváček I, Basař P, Hlaváček J. 2011. *České pivo*. Havlíček Brain Team, Praha.
- Basařová G, Šavel J, Basař P, Lejsek T. 2010. *Pivovarství: teorie a praxe výroby piva*. VŠCHT, Praha.
- Blanco CA, Caballero I, Barrios R, Rojas A. 2014. Innovations in the brewing industry: light beer. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* **65**:655-660.
- Boulton Ch. 2013. *Encyclopaedia of Brewing*. Wiley, Chichester. [Elektronická monografie].
- Bower SL, Sharrett MK, Plogsted S. 2014. *Celiac Disease: a guide to living with gluten intolerance*. Demos Health, New York. [Elektronická monografie].
- Bozbulut R, Sanlier N. 2019. Promising effects of β -glucans on glyceamic control in diabetes. *Trends in Food Science & Technology* **83**:159-166.
- Brányik T, Silva DP, Baszczyński M, Lehnert R, Almeida e Silva JB. 2012. A review of methods of low alcohol and alcohol-free beer production. *Journal of Food Engineering* **108**:493-506.
- Briggs DE, Boulton ChA, Brookes PA, Stevens R. 2004. *Brewing: science and practice*. CRC Press, Boca Raton.
- Caballero B, Finglas PM, Toldrá F. 2016. *Encyclopedia of Food and Health*. Elsevier, Oxford. [Elektronická monografie].
- Cabanillas B. 2019. Gluten-related disorders: Celiac disease, wheat allergy, and nonceliac gluten sensitivity. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*
DOI: 10.1080/10408398.2019.1651689.

- Caio G, Volta U, Sapone A, Leffler DA, De Giorgio R, Catassi C, Fasano A. 2019. Celiac disease: a comprehensive current review. *BMC Medicine* DOI: 10.1186/s12916-019-1380-z.
- Capece A, Romaniello R, Siesto G, Romano P. 2018. Conventional and Non-Conventional Yeasts in Beer Production. *Fermentation* DOI: 10.3390/fermentation4020038.
- Ceccaroni D, Marconi O, Sileoni V, Wray E, Peretti G. 2019. Rice malting optimization for the production of top-fermented gluten-free beer. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **99**:2726-2734.
- Costa R, Rodrigues I, Guardão L, Rocha-Rodrigues S, Silva C, Magalhães J, Ferreira-de-Almeida M, Negrão R, Soares R. 2017. Xanthohumol and 8-prenylnaringenin ameliorate diabetic-related metabolic dysfunctions in mice. *Journal of Nutritional Biochemistry* **45**:39-47.
- Cusimamani EF, Viehmannová I, Lachman J, Hamouz K, Pulkrábek J, Brunerová L. 2010. *Netradiční plodiny pro diabetiky*. Grada Publishing, Praha.
- Cvengroschová M, Šepel'ová G, Šmogrovičová D. 2004. Vplyv obsahu kalov, kyselíka a pH mladiny na priebeh fermentácie. *Kvasný průmysl* **50**:298-301.
- Čapková V. 2008. Nealkoholické pivo - fenomén dneška? *Kvasný průmysl* **54**:160-161.
- de Gaetano G, et al. 2016. Effects of moderate beer consumption on health and disease: A consensus document. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases* **26**:443-467.
- Dostálek P, Karabín M, Jelínek L. 2017. Hop Phytochemicals and Their Potential Role in Metabolic Syndrome Prevention and Therapy. *Molecules* DOI: 10.3390/molecules22101761.
- Edelsberger T. 2007. *Diabetes v tabulkách*. Maxdorf, Praha.
- Elamin EE, Masclee AA, Dekker J, Jonkers DM. 2013. Ethanol metabolism and its effects on the intestinal epithelial barrier. *Nutrition Reviews* **71**:483-499.
- Enge J, Šemík P, Korbel J, Šrogl J, Sekora M. 2005. Technologické aspekty infuzního a dekokčního způsobu rmutování. *Kvasný průmysl* **51**:158-165.
- Espinosa-Ramírez J, Pérez-Carrillo E, Serna-Saldívar SO. 2013. Production of Lager Beers from Different Types of Sorghum Malts and Adjuncts Supplemented with β -Amylase or Amyloglucosidase. *Journal of the American Society of Brewing Chemists* **71**:208-213.
- Evropská komise. 2014. *Prováděcí nařízení Komise (EU) č. 828/2014 ze dne 30. července 2014 o požadavcích na poskytování informací o nepřítomnosti či sníženém obsahu lepku v potravinách spotřebitelům*. Úřední věstník Evropské unie L 228.

- Evropský parlament a Rada (ES). 2006. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1924/2006 ze dne 20. prosince 2006 o výživových a zdravotních tvrzeních při označování potravin. Úřední věstník Evropské unie L 404.
- Evropský parlament a Rada (EU). 2011. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 ze dne 25. října 2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům. Úřední věstník Evropské unie L 304.
- Fanari M, Forteschi M, Sanna M, Zinellu M, Porcu MC, Pretti L. 2018. Comparison of enzymatic and precipitation treatments for gluten-free craft beers production. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* **49**:76-81.
- Farooq MO, Bataller R. 2016. Pathogenesis and Management of Alcoholic Liver Disease. *Digestive Diseases* **34**:347-355.
- Fejfarová V, Jirkovská A. 2009. Makrovaskulární komplikace diabetu. *Interní medicína pro praxi* **11**:390-394.
- Ferraro K. 2016. Diet and Disease: nutrition for heart disease, diabetes, and metabolic stress. Momentum Press, New York. [Elektronická monografie].
- Fonseca V. 2009. Diabetes: improving patient care. Oxford University Press, Oxford. [Elektronická monografie].
- Franco L, Galán C, Bravo R, Bejarano I, Peñas-Lledo E, Rodríguez AB, Barriga C, Cubero J. 2015. Effect of Non-Alcohol Beer on Anxiety: Relationship of 5-HIAA. *Neurochemical Journal* **9**:149-152.
- Frič P, Zavoral M, Dvořáková T. 2013. Choroby způsobené lepem. *Vnitřní lékařství* **59**:376-383.
- Gallagher E. 2009. Gluten-Free Food Science and Technology. Wiley, Chichester.
- Gonzalez-Quintela A, Vidal C, Gude F. 2004. Alcohol, IgE and allergy. *Addiction Biology* **9**:195-204.
- Hardwick WA. 1995. Handbook of Brewing. Dekker, New York.
- Heredia-Olea E, Cortés-Ceballos E, Serna-Saldívar SO. 2017. Malting Sorghum with *Aspergillus oryzae* Enhances Gluten-Free Wort Yield and Extract. *Journal of the American Society of Brewing Chemists* **75**:116-121.
- Hillson R. 2015. Diabetes Care: a practical manual. Oxford University Press, Oxford. [Elektronická monografie].
- Hornsey IS. 2003. A History of Beer and Brewing. The Royal Society of Chemistry, Cambridge. [Elektronická monografie].

- Howard AA, Arnsten JH, Gourevitch MN. 2004. Effect of Alcohol Consumption on Diabetes Mellitus. *Annals of Internal Medicine* **140**:211-219.
- Chládek L. 2007. *Pivovarnictví*. Grada Publishing, Praha.
- Jackowski M, Trusek A. 2018. Non-alcoholic beer production – an overview. *Polish Journal of Chemical Technology* **20**:32-38.
- Karabín M, Jelínek L, Kotrba P, Cejnar R, Dostálek P. 2018. Enhancing the performance of brewing yeasts. *Biotechnology Advances* **36**:691-706.
- Kerpes R, Fischer S, Becker T. 2017. The production of gluten-free beer: Degradation of hordeins during malting and brewing and the application of modern process technology focusing on endogenous malt peptidases. *Trends in Food Science & Technology* **67**:129-138.
- Klugeová H. 2015. *Léčivá síla piva*. Naše vojsko, Praha.
- Knorr V, Wieser H, Koehler P. 2016. Production of gluten-free beer by peptidase treatment. *European Food Research and Technology* **242**:1129-1140.
- Kollár A. 2012. *Pivo: zdraví, souvislost, žízeň, obezita, alkoholismus, kuriozity*. Akademické nakladatelství CERM, Brno.
- Kopecká J, Matoulková D, Němec M. 2012. Kvasinky a jejich využití. *Kvasný průmysl* **58**:326-335.
- Kosař K, Procházka S. 2000. *Technologie výroby sladu a piva*. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha.
- Kunze W. 2010. *Technology Brewing & Malting*. VLB, Berlin.
- Mallett J. 2014. *Malt: a practical guide from field to brewhouse*. Brewers Publications, Boulder. [Elektronická monografie].
- Manahan SE. 2003. *Toxicological Chemistry and Biochemistry*. CRC Press, Boca Raton.
- Mayer H, Ceccaroni D, Marconi O, Sileoni V, Perretti G, Fantozzi P. 2016. Development of an all rice malt beer: A gluten free alternative. *LWT - Food Science and Technology* **67**:67-73.
- Mendis M, Simsek S. 2014. Arabinoxylans and human health. *Food Hydrocolloids* **42**:239-243.
- Mikulíková R, Svoboda Z, Benešová K, Běláková S. 2013. Pivo a celiakie. *Kvasný průmysl* **59**:321-323.

- Ministerstvo zemědělství. 2003. Vyhláška č. 57 ze dne 18. února 2003. Pages 873-879 in Sbíрка zákonů České republiky, 2003, částka 21. Česká republika.
- Ministerstvo zemědělství. 2016. Vyhláška č. 417 ze dne 13. prosince 2016 o některých způsobech označování potravin. Pages 6442-6448 in Sbíрка zákonů České republiky, 2016, částka 170. Česká republika.
- Ministerstvo zemědělství. 2018. Vyhláška č. 248 ze dne 24. října 2018 o požadavcích na nápoje, kvasný ocet a droždí. Pages 4274-4305 in Sbíрка zákonů České republiky, 2018, částka 125. Česká republika.
- Nesvadba V, Polončíková Z, Henychová A. 2012. Šlechtění chmele v České republice. Kvasný průmysl **58**:36-39.
- Osorio-Paz I, Brunauer R, Alavez S. 2019. Beer and its non-alcoholic compounds in health and disease. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*
DOI: 10.1080/10408398.2019.1696278.
- Park J, Lee J, Choi S, Ko H, Kim I, Lee HB, Bai S. 2014. Construction of dextrin and isomaltose-assimilating brewer's yeasts for production of low-carbohydrate beer. *Biotechnology Letters* DOI: 10.1007/s10529-014-1530-5.
- Preedy VR. 2009. *Beer in Health and Disease Prevention*. Elsevier, Amsterdam. [Elektronická monografie].
- Ricci G, Andreozzi L, Cipriani F, Giannetti A, Gallucci M, Caffarelli C. 2019. Wheat Allergy in Children: A Comprehensive Update. *Medicina* DOI: 10.3390/medicina55070400.
- Rubio-Flores M, Serna-Saldivar SO. 2016. Technological and Engineering Trends for Production of Gluten-Free Beers. *Food Engineering Reviews* **8**:468-482.
- Rušavý Z, Lacigová S. 2007. Novinky v dietních doporučeních pro diabetiky. *Interní medicína pro praxi* **9**:110-113.
- Rybka J. 2007. *Diabetes mellitus: komplikace a přidružená onemocnění*. Grada Publishing, Praha. [Elektronická monografie].
- Scobie IN, Samaras K. 2012. *Fast Facts: diabetes mellitus*. Health Press, Oxford. [Elektronická monografie].
- Serena G, Lima R, Fasano A. 2019. Genetic and Environmental Contributors for Celiac Disease. *Current Allergy and Asthma Reports* DOI: 10.1007/s11882-019-0871-5.
- Shewry P. 2019. What Is Gluten – Why Is It Special? *Frontiers in Nutrition*
DOI: 10.3389/fnut.2019.00101.

- Scherf KA. 2019. Immunoreactive cereal proteins in wheat allergy, non-celiac gluten/wheat sensitivity (NCGS) and celiac disease. *Current Opinion in Food Science* **25**:35-41.
- Schuckit MA. 2009. Alcohol-use disorders. *Lancet* **373**:492-501.
- Sohrabvandi S, Mousavi SM, Razavi SH, Mortazavian AM, Rezaei K. 2010. Alcohol-free Beer: Methods of Production, Sensorial Defects, and Healthful Effects. *Food Reviews International* **26**:335-352.
- Sticherling M, Brasch J. 1999. Alcohol: Intolerance Syndromes, Urticarial and Anaphylactoid Reactions. *Clinics in Dermatology* **17**:417-422.
- Šemík P, Sekora M, Kovanda Š. 2003. Možnosti ovlivnění kvalitativních parametrů mladiny připravené rozdílným způsobem chmelovaru. *Kvasný průmysl* **49**:296-303.
- Štechová K. 2018. Prediabetes. *Interní medicína pro praxi* **20**:183-188.
- Tapia-Hernández JA, Del-Toro-Sánchez CL, Cinco-Moroyoqui FJ, Juárez-Onofre JE, Ruiz-Cruz S, Carvajal-Millan E, López-Ahumanda GA, Castro-Enriquez DD, Barreras-Urbina CG, Rodríguez-Felix F. 2019. Prolamins from cereal by-products: Classification, extraction, characterization and its applications in micro- and nanofabrication. *Trends in Food Science & Technology* **90**:111-132.
- Taylor JP, Jacop F, Arendt EK. 2015. Fundamental study on the impact of silica gel and tannic acid on hordein levels in beer. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* **31**:177-184.
- The Brewers of Europe. 2019. European Beer Trends Statistics Report 2019 Edition. The Brewers of Europe, Brussels. Available from <https://brewersofeurope.org/uploads/mycms-files/documents/publications/2019/european-beer-trends-2019-web.pdf> (accessed February 2020).
- Vally H, Thompson PJ. 2003. Allergic and asthmatic reactions to alcoholic drinks. *Addiction Biology* **8**:3-11.
- Vaughan A, O'Sullivan T, van Sinderen D. 2005. Enhancing the Microbiological Stability of Malt and Beer – A Review. *Journal of the Institute of Brewing* **111**:355-371.
- Večerníček JN. 2009. Dějiny piva: od zrození po konec středověku. Computer Press, Brno.
- Westreich LM. 2005. Alcohol and Mental Illness. *Primary Psychiatry* **12**:41-46.
- Yeo HQ, Liu S. 2014. An overview of selected specialty beers: developments, challenges and prospects. *International Journal of Food Science and Technology* **49**:1607-1618.
- Zlatohlávek L, et al. 2016. *Klinická dietologie a výživa*. Current Media, Praha.

6 Seznam tabulek

Tabulka 1: Vybrané požadavky na pitnou vodu	14
Tabulka 2: Průměrné složení chmele	18
Tabulka 3: Technologicky nežádoucí mikroorganismy vyskytující se v různých fázích výroby	21
Tabulka 4: Fyzikální a chemické požadavky na jakost piva	24
Tabulka 5: Proteiny obilovin a jejich složení (%)	25
Tabulka 6: Porovnání složení čiroku, prosa a kukuřice (ve 100 g zrna při 10% vlhkosti).....	29
Tabulka 7: Faktory regulující sekreci inzulínu	32
Tabulka 8: Dietní strategie pro diabetes 1. a 2. typu	35
Tabulka 9: Porovnání jednotlivých piv se sníženým obsahem cukrů.....	38
Tabulka 10: Vztah mezi koncentrací ethanolu v krvi a jeho účinky	40
Tabulka 11: Obsah alkoholu v nealkoholických pivech vyrobených různými technologiemi.	42