

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2019

Pavla Adámková

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická

Využití obilovin pro výrobu nápojů

Pavla Adámková

Bakalářská práce

2019

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavla Adámková**
Osobní číslo: **C15078**
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Hodnocení a analýza potravin**
Název tématu: **Využití obilovin pro výrobu nápojů**
Zadávající katedra: **Katedra analytické chemie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Proveďte literární rešerši zabývající se problematikou nápojů, a to jak alkoholických, tak i nealkoholických, vyrobených z cereálních surovin.
2. Uveďte základní technologické postupy vedoucí k výrobě obilných nápojů včetně charakteristiky výchozích surovin.
3. Definujte základní složky cereálií a jejich fyziologické účinky na lidský organizmus. Diskutujte zdravotní aspekty související s konzumací výše uvedených nápojů, a to jak pozitivní, tak i případné negativní včetně vlivu alkoholu jako takového.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Podle pokynů vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Martin Adam, Ph.D.

Katedra analytické chemie

Datum zadání bakalářské práce:

5. února 2019

Termín odevzdání bakalářské práce:

4. července 2019



prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.
děkan

L.S.



prof. Ing. Karel Ventura, CSc.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 20. února 2019

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne

Pavla Adámková

Chtěla bych poděkovat vedoucímu mé práce doc. Ing. Martinu Adamovi, Ph.D. za profesionální přístup, cenné rady a trpělivost při vypracování bakalářské práce.

Současně bych ráda poděkovala své rodině a příteli za psychickou a finanční podporu během celého studia.

ANOTACE

Tato bakalářská práce se zabývá využitím obilovin pro výrobu alkoholických i nealkoholických nápojů. Práce se zaměřuje na popis obilovin, morfologickou stavbu a složení obilného zrna. Dále se zabývá výrobou jednotlivých druhů nápojů. V závěrečné části jsou zhodnoceny účinky požívání alkoholu na lidský organismus.

KLÍČOVÁ SLOVA

Obiloviny, kvasný líh, whisky, pivo, sládkovy limonády, účinky alkoholu

TITLE

The use of cereals for the production of beverages

ANOTATION

This bachelor thesis deals with the use of cereals for the production of alcoholic and non-alcoholic beverages. The work focuses on the description of cereals, morphological state and composition of cereal grain. It also deals with the production of individual types of drinks. In the final part the effects of alcohol consumption on human organism are evaluated.

KEYWORDS

Cereals; Fermenting alcohol; Whiskey; Beer; Brewers lemonade; Effects of alcohol

Obsah

Seznam ilustrací a tabulek	10
Seznam použitých zkratk	11
Seznam příloh	12
Úvod	13
1 Obiloviny	14
1.1 Vlastnosti obilovin	15
1.2 Struktura obilného zrna	15
1.3 Chemické složení obilného zrna	17
1.3.1 Sacharidy	18
1.3.2 Bílkoviny	19
1.3.3 Lipidy	20
1.3.4 Vitamíny	21
1.3.5 Minerální látky	21
1.4 Zástupci obilovin používaných v potravinářství	22
1.4.1 Produkce obilovin	22
1.4.2 Pšenice	23
1.4.3 Ječmen	24
1.4.4 Žito	25
1.4.5 Triticale	26
1.4.6 Oves	26
1.4.7 Kukuřice	27
2 Alkoholické nápoje z obilovin	28
2.1 Kvasný líh (ethanol)	28
2.1.1 Suroviny pro výrobu ethanolu	28
2.1.2 Technologický postup výroby kvasného lihu	29
2.2 Whisky	32

2.2.1	Klíčení ječmene (sladování).....	32
2.2.2	Kvašení sladu.....	33
2.2.3	Destilace whisky.....	34
2.2.4	Zrání v sudech	34
2.3	Pivo	34
2.3.1	Suroviny pro výrobu piva.....	35
2.3.2	Technologický postup výroby piva	36
2.3.3	Závěrečné úpravy piva	40
3	Nealkoholické nápoje	41
4	Konzumace alkoholických nápojů	42
4.1	Negativní účinky.....	42
4.2	Pozitivní účinky	43
4.3	Účinky alkoholu v závislosti na pohlaví.....	44
5	Závěr.....	45
	Seznam použité literatury	46
	Přílohy	51

Seznam ilustrací a tabulek

Obrázek 1: Druhy obilovin [3]	14
Obrázek 2: Tvary a přibližné rozměry zrn obilovin [1]	16
Obrázek 3: Stavba obilného zrna [9]	17
Obrázek 4: Grafické znázornění produkce obilovin v roce 2018 pro ČR [22]	23
Obrázek 5: Zrno pšenice obecné [24]	24
Obrázek 6: Zrno ječmene [26]	25
Obrázek 7: Zrno žita setého [27]	25
Obrázek 8: Zrno triticales [29]	26
Obrázek 9: Zrno ovsa setého [30]	27
Obrázek 10: Zrno kukuřice [32]	27
Obrázek 11: Kvasinky <i>Saccharomyces cerevisiae</i> [37]	29
Obrázek 12: Schéma zem. lihovaru využ. tlakový způsob přípravy zápary [33]	32
Obrázek 13: Sušírna s pagodovitou střechou [46]	33
Obrázek 14: Chmelová hlávka [50]	35
Obrázek 15: Pěstování chmele na závěsné konstrukci [50]	35
Obrázek 16: Rmutovací kotel [54]	37
Obrázek 17: Kvasné kádě (spilka) [55]	40
Obrázek 18: Sládkova limonáda [56]	41
Obrázek 19: Spotřeba alkoholických nápojů a piva v ČR [62]	43
Tabulka 1: Druhy obilovin používané v potravinářství [1]	14
Tabulka 2: Hlavní složky části zrna pšenice [4]	17

Seznam použitých zkratk

AMK aminokyseliny

MK mastné kyseliny

MO mikroorganismy

EU Evropská unie

Seznam příloh

Příloha 1: Schéma výroby piva [64]	51
---	----

Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá výrobou alkoholických a nealkoholických nápojů, kdy mezi hlavní suroviny použité pro výrobu patří obiloviny. Obiloviny jsou zemědělské plodiny, které jsou hojně pěstovány po celém světě a známé již z dávné historie. Obsahují řadu lidskému tělu prospěšných látek. Pro nápojový průmysl je využíváno hned několik druhů obilovin. Mezi jeden z nejvýznamnějších druhů patří sladovnický ječmen, který je používán pro výrobu oblíbeného nápoje konzumovaného v České republice – piva.

První část této práce je zaměřena na popis obilovin. Zabývá se stavbou a složením obilného zrna a účinkem jednotlivých složek na lidský organismus. Dále jsou popsány jednotlivé druhy a jejich produkce v České republice pro rok 2018.

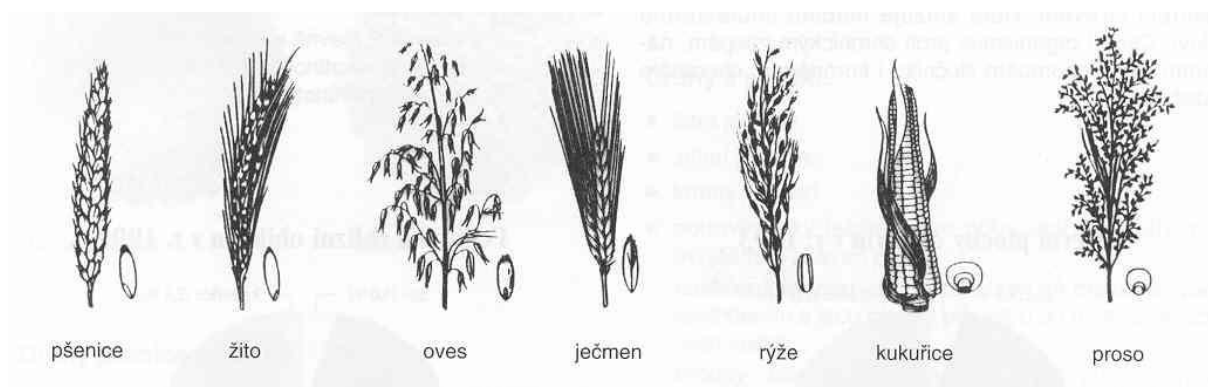
Výroba alkoholických a nealkoholických nápojů je popsána v další části práce. Je zaměřena na popis jednotlivých surovin pro výrobu a samotný technologický postup.

Závěrečná část této práce je věnována účinkům alkoholu na lidský organismus, a to jak negativním, tak pozitivním.

1 Obiloviny

Obiloviny neboli cereálie se řadí botanicky mezi traviny (*Gramineae*). Většina obilovin patří do čeledi lipnicovité (*Poaceae*). Jedná se o pšenici, žito, oves, ječmen a kukuřici (viz Obr. 1, Tab. 1). Výjimku tvoří například pohanka, která patří do čeledi rdesnovité (*Polygonaceae*). Původ obilovin z čeledi lipnicovité předurčuje jejich podobnost ve struktuře a tvorbě zrna, ale také v jeho chemickém složení.

Obiloviny jsou známé již z evropského pravěku, mladší doby kamenné, doby bronzové, staré Babylonie, starého faraonského Egypta a staré Číny. Protože jsou relativně laciným zdrojem živin, pěstují se na celém světě ve velkém. Produkce jednotlivých druhů obilovin se může rok od roku lišit v závislosti na počasí a zásobách. Obiloviny patří mezi strategické suroviny, bez kterých se lidstvo téměř neobejde, a jejich obchod patří k jednomu z velmi významných [1,2].



Obrázek 1: Druhy obilovin [3]

Tabulka 1: Druhy obilovin používané v potravinářství [1]

Pšenice obecná	<i>Triticum aestivum</i> L.	Oves setý	<i>Avena sativa</i>
Pšenice tvrdá	<i>Triticum durum</i> Desf.	Rýže setá	<i>Oryza sativa</i>
Žito seté	<i>Secale cereale</i>	Kukuřice setá	<i>Zea mays</i>
Triticale (žitovec)	<i>Triticale</i>	Proso seté	<i>Panicum miliaceum</i>
Ječmen víceřadý	<i>Hordeum vulgare</i> L.	Čirok	<i>Sorghum bicolor</i> (L.)
Ječmen dvouřadý	<i>Hordeum distichum</i>		

1.1 Vlastnosti obilovin

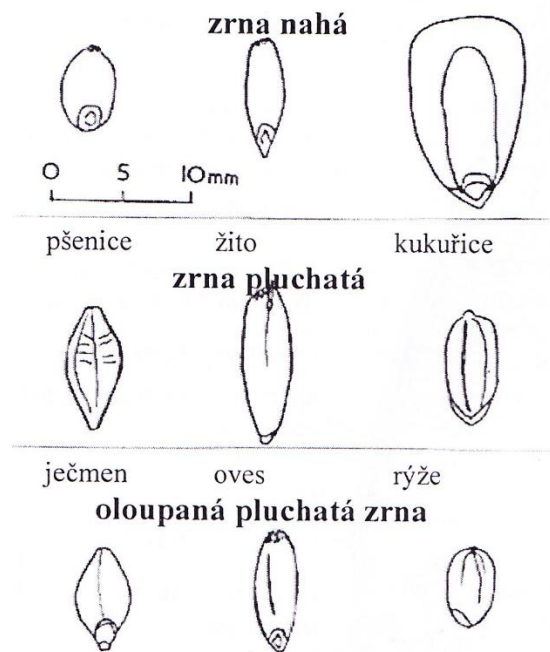
Obiloviny, stejně jako ostatní biologické materiály, vykazují znaky živého organismu (dýchají, rozmnožují se). Jedná se o mnohobuněčný organismus, který se skládá z eukaryotických buněk.

Základní vlastnosti obilné masy

- a) Fyzikální: sypkost, samotřídění, plnost, kyprost, mechanická odolnost, sorpční vlastnosti, tepelná a elektrická vodivost.
- b) Chemické: obsah volné vody a její aktivita, obsah jednotlivých dalších energetických i neenergetických živin.
- c) Biologické: obilní masa se skládá převážně z živých organismů, ve kterých podle podmínek probíhají životní procesy – dýchání, dozrávání, rozmnožování mikroorganismů, klíčení a samozáhřev.
- d) Kombinované: slehávání obilí.
- e) Technologické: potravinářské – pekařské nebo mlynářské [2].

1.2 Struktura obilného zrna

Morfologická skladba zrna obilovin je u všech druhů přibližně stejná. Liší se především tvarem, velikostí a podílem jednotlivých vrstev. Tvary zrna mohou být tenké protáhlé až téměř kulaté, zastoupení a pořadí jednotlivých vrstev je shodné. Charakteristické pro každý druh obilovin je to, zda má zrno pluchy, nebo je bezpluché (nahé a nahozrné) (viz Obr. 2). Rozměry zrn stejného druhu obilovin se mohou lišit v závislosti na odrůdě, klimatických podmínkách daného roku a lokality (dešťové srážky, sluneční svit, teplotní profil a nadmořská výška), kvalitě půdy a použité agrotechnice (přihnojování a dodržování agrotechnických termínů) [2,4].

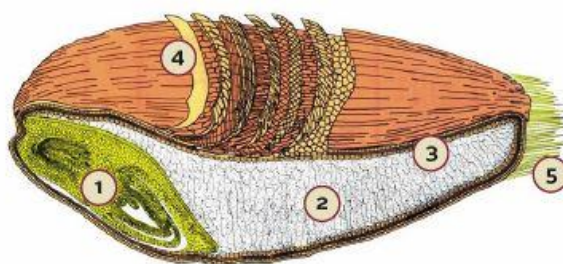


Obrázek 2: Tvary a přibližné rozměry zrn obilovin [1]

Obilné zrno se skládá z několika částí (viz Obr. 3), které se liší velikostí, tvarem a chemickým složením (obsahem jednotlivých živin). Jednotlivé části mají své specifické funkce a dávají tak obilovině určité vlastnosti [2].

Vrchní část obilného zrna jsou obalové vrstvy. Dále se skládá z klíčku (embrya), endospermu a aleuronové vrstvy, která tvoří nejsvrchnější vrstvu endospermu. Klíček tvoří nejmenší část, přibližně 2–3 % z celého zrna. Je nositelem genetické informace a tím i zárodkem nové rostliny. Při mlýnském zpracování je klíček oddělován. Díky vysokému obsahu tuků je možné ho využívat jako zdroj oleje. Endosperm je vnitřní částí zrna a tvoří největší podíl a zároveň je technologicky nejvýznamnější. Obsahuje důležité zásobní látky pro klíčící rostlinu. Podstatnou část endospermu tvoří polysacharid škrob (asi 65–70 %), který je přítomný ve škrobových granulích. Další důležitou složkou je bílkovina lepek, který tvoří přibližně jen 10 %. Množství škrobu a lepku v endospermu je závislé na druhu a odrůdě obiloviny. Endosperm je obalen aleuronovou vrstvou, která obsahuje vysoké množství bílkovin a často bývá počítána do celkového endospermu. Vrchní část zrna tvoří obalové vrstvy, které ho chrání před vnějšími vlivy a při klíčení zůstávají prakticky neporušené. Mají vysoký obsah celulózy, hemicelulózy a minerálů. Obalové vrstvy se spolu s aleuronovou vrstvou označují jako otruby, které jsou díky obsahu vlákniny výživově výhodné, ale v potravinářství

technologicky nevýznamné, protože mají zhoršující účinky na kvalitu a zpracovatelnost těsta [5–8].



Obilka: 1 klíček; 2 endosperm; 3 aleuronová vrstva; 4 obalové vrstvy; 5 chlupy (trichomy)

Obrázek 3: Stavba obilného zrna [9]

1.3 Chemické složení obilného zrna

Znalost chemického složení obilovin je rozhodující pro jejich efektivní využívání. Výživové složky zrn jsou důležité pro klíčení a následný růst nových rostlin. Skladování a zpracování může složení změnit. Tyto změny nemusí být žádoucí, přestože při dalším zpracování dochází k různým chemickým změnám. V závěru lze říct, že chemické složení obilovin ovlivňuje výživu lidí a zvířat, kteří je konzumují [10].

Hlavní základní složky zrn v pořadí podle množství jsou sacharidy a bílkoviny. V malých množstvích zrna obsahují také obvyklé složky živých tkání, což jsou lipidy a minerální látky, v nepatrném množství také složky, které mají různé růstové regulační a genetické funkce (viz Tab. 2) [11].

Tabulka 2: Hlavní složky části zrna pšenice [4]

Chemická složka	Obsah složky v části zrna (hm. %)			
	Celé zrna	Aleuronová vrstva	Klíček	Endosperm
Bílkoviny	10–17	23–33	36–42	9–14
Škrob	60–70	0	0	78–84
Celulóza	2,5–3,3	12–20	3–5	0,13–0,18
Ostatní sacharidy	3–6	3–5	22–28	3–4
Lipidy	2,0–2,5	7,0–8,5	12–16	0,5–0,7
Minerální látky	1,4–2,3	9–11	5–6	0,3–0,5

1.3.1 Sacharidy

Sacharidy lze rozdělit podle počtu cukerných jednotek na jednoduché (mono-, di- a oligosacharidy) a složené (polysacharidy). Dále podle struktury a funkce se rozlišují polysacharidy stavební, které tvoří buněčné stěny rostlinných pletiv a pro člověka jsou nestravitelné, a polysacharidy zásobní, které rostlině slouží jako zdroj energie [4].

Obilné zrno obsahuje jednoduché cukry až vysokomolekulární sacharidy, které se objevují téměř ve všech částech zrna. Podíl sacharidů se liší pro jednotlivé druhy a odrůdy obilovin, množství se může lišit i v závislosti na klimatických, půdních a dalších agrotechnických podmínkách [1,4].

1.3.1.1 Monosacharidy a oligosacharidy

Monosacharidy jsou nejjednodušší sacharidy. Ve zralých zrnech se vyskytují pouze v nepatrném množství, hlavně v obilném klíčku. Jsou velmi důležité jako stavební jednotky oligosacharidů a polysacharidů. Nejdůležitější monosacharidy v obilovinách jsou pentózy (arabinóza, xylóza a ribóza) a hexózy (glukóza, fruktóza, galaktóza a manóza).

Oligosacharidy obsahují dvě až osm molekul monosacharidů, které jsou spojeny glykosidickou vazbou. Ve zralém, suchém a neporušeném zrnech se oligosacharidy nacházejí jen ve velmi malém množství, a to především maltóza a sacharóza. Sacharóza se vyskytuje především v nezralém zrně [10,11].

1.3.1.2 Polysacharidy

Polysacharidy patří mezi nejvýznamnější sacharidy v obilném zrnech. Štěpení zásobních polysacharidů, zejména škrobu, využívají živé systémy k pokrytí částí svých energetických potřeb v období růstu nové rostliny. Stavební polysacharidy jsou důležité pro základ buněčných stěn. Jedná se např. o celulózu, hemicelulózu a lignin [11].

Škrob je hlavním zdrojem energie pro člověka, zvířata a vzniká fotosyntézou rostlin. Jedná se o směs lineárního polymeru amyulózy a velmi rozvětveného amylopektinu. Amyulóza je tvořena převážně α -1,4-glykosidickými vazbami, které spojují více než 2000 glukózových jednotek. Amylopektin má navíc několik stovek větví spojených α -1,6-glykosidovou vazbou. V obilném zrnech je škrob uložen ve formě granulí, které mají velikost přibližně 1 až 100 μ m. Velikost a tvar škrobových zrn se liší u různých druhů a odrůd obilovin, podle těchto vlastností je možné identifikovat, který druh škrobu produkoval. Škrobová zrna se neskládají pouze ze sacharidů, ale v závislosti na jejich původu mohou obsahovat i různé množství minerálních

látek a lipidů. Množství těchto látek ovlivňují i podmínky růstu a způsob získávání škrobu [6,12]. Škrobová zrna tvoří podle velikosti od nejmenšího k největšímu řadu: oves, rýže, kukuřice, ječmen, pšenice a žito [13].

Sacharidy v lidské stravě zajišťují především velký zdroj energie a její rezervu, která se uvolňuje při námaze nebo hladovění. Spolu s bílkovinami a lipidy patří k hlavním živinám. Přibližně 75 % příjmu energie ze sacharidů poskytují polysacharidy a 25 % oligosacharidy s monosacharidy. Dále jsou důležité pro udržování stálé hladiny krevního cukru, brání odbourávání bílkovin a při nadbytku jsou zdrojem pro tvorbu tělesného tuku. Sacharidy se dělí na využitelné a nevyužitelné v tenkém střevě. Nestravitelné polysacharidy se označují jako vláknina a jedná se především o celulózu, hemicelulózu, pektin a lignin.

Vláknina se dělí na rozpustnou a nerozpustnou. Konzumace vlákniny má příznivý vliv na lidský organismus. Je důležitá pro správnou funkci střevního traktu, zamezuje zácpě a napomáhá rychlejšímu odstraňování nežádoucích látek. Má minimální energetickou hodnotu, ovlivňuje metabolismus a dále má příznivý vliv na hladinu tukových látek v krvi. Přítomností vlákniny ve stravě se zpomaluje štěpení škrobů a tím i vstřebávání glukózy, to následně vede i ke snížení hladiny inzulinu a prevenci cukrovky [14,15]. Rozpustná vláknina může snižovat riziko kardiovaskulárních onemocnění. Nerozpustná vláknina může přispívat ke snížení rizika rakoviny střev a konečníku [16].

1.3.2 Bílkoviny

V přírodě existuje obrovské množství bílkovin. Všechny jsou složeny ze stejných relativně jednoduchých jednotek aminokyselin (dále AMK) spojených peptidovou vazbou. Dvacet druhů AMK je v bílkovinách uspořádáno v různých sekvencích, které mají různé délky [10].

Bílkoviny obsažené v obilovinách jsou velmi důležitým zdrojem živin v lidské stravě a také významným zdrojem esenciálních AMK v krmivech pro zvířata. Obilné bílkoviny plní různé role například při určování využití obilných zrn. Obsah bílkovin je důležitým ukazatelem pšenice při následném použití v pekařském průmyslu a u ječmene pro skladování a vaření piva [17]. Na základě rozpustnosti jsou obilné bílkoviny rozděleny dle Osbornovy frakcionace do čtyřech skupin: rozpustné ve vodě (albuminy), rozpustné ve zředěném roztoku soli (globuliny), rozpustné ve vodném ethanolu (prolaminy) a rozpustné ve zředěné kyselině nebo zásadě (gluteliny).

Nejvíce zastoupenou AMK v obilovinách je glutamin a druhou nejvíce zastoupenou AMK je prolin. Velmi nízký je obsah lysinu, proto nejsou obiloviny dostatečným zdrojem bílkovin. Technologicky nejvýznamnější bílkoviny jsou obsaženy v endospermu a jedná se o prolaminy a gluteliny. Prolaminy a gluteliny nejsou rozpustné ve vodě, ale bobtnají a vytvářejí vysoce viskózní koloidní gely (roztoky). Pšeniční prolaminy a gluteliny bobtnají jen omezeně a při mechanické energii, která se vytváří hnětením. Při hnětení se začíná tvořit lepek. Lepek je důležitý pro pšeničné těsto, je zodpovědný za jeho tažnost a pružnost [11].

Bílkoviny jsou nezbytnou složkou lidské stravy, protože zajišťují hlavní zdroj dusíku. Jsou důležité pro výstavbu a obnovu tkání a zároveň jsou zdrojem energie. Nedostatečný příjem může způsobovat poruchy duševního a tělesného vývoje, snížení odolnosti proti infekcím a složitější hojení ran [14]. Bílkoviny obsažené v obilovinách nemají dostatečný obsah AMK pro výživově vyváženou stravu, proto je potřeba bílkoviny přijímat i z jiných zdrojů [16].

1.3.3 Lipidy

Lipidy jsou látky, které jsou nerozpustné ve vodě, ale jsou rozpustné v organických rozpouštědlech, jako je chloroform, diethylether a benzen. Ve svých molekulách obsahují dlouhé uhlovodíkové řetězce a jsou běžně přítomné v živých organismech nebo jsou z nich odvozeny [10].

V obilném zrně jsou lipidy obsaženy ve velmi malém množství především v klíčku. Zjištěný obsah a složení lipidů v obilném zrně je v menší míře závislý na stavu vzorku (vlhkost, velikost zrn, odrůda, klimatické a agrotechnické podmínky) [6]. Ve většině případů obsahují lipidy v obilovinách velké množství nenasycených mastných kyselin (dále MK), které jsou v neporušeném zrně chráněny před oxidací. Při mletí je proto důležité odstranit klíčky, aby se snížila koncentrace lipidů na minimum. Tím dojde ke snížení rizika oxidačního žluknutí a prodlouží se trvanlivost mouky [17].

Lipidy jsou vysokým zdrojem energie, kterou lidský organismus potřebuje pro energetickou a látkovou přeměnu v těle. Slouží jako stavební součást buněk a mají velký význam pro růst a obnovu buněk. Bez základních esenciálních MK se neobejdou žádné buněčné membrány, protože zajišťují jejich vodotěsnost a funkčnost všech orgánů i mozku. Živočišné tuky jsou zdrojem nenasycených MK, které zvyšují riziko aterosklerózy a vzniku krevních sraženin, protože mohou zhoršovat některé vlastnosti krve. Rostlinné tuky jsou zdrojem nenasycených MK [15].

1.3.4 Vitamíny

Vitamíny zahrnují různorodou skupinu organických sloučenin. Rozdělují se do dvou skupin na vitamíny rozpustné ve vodě (B a C) a vitamíny rozpustné v tucích (A, D, E a K).

Obsah vitamínů rozpustných v tucích je u obilovin nízký z důvodu obsahu lipidů pouze v obilném klíčku. Výjimkou je kukuřice, která má vysoký obsah vitamínů A a E. Vitamín E ale není stabilní vůči světlu, teplu a vzduchu. Z toho vyplývá, že téměř všechny metody zpracování obilných zrn nepříznivě ovlivňují jeho koncentraci. Obilné produkty jsou dobrým zdrojem vitamínu B, a to včetně thiaminu, riboflavinu a niacinu, ale neobsahují žádný vitamín C [6,18].

Vitamíny jsou běžnou součástí lidského organismu. Většina působí jako katalyzátory, které usnadňují biochemické reakce probíhající v lidském těle. Funkce každého vitamínu v organismu je specifická a nelze ji nahradit žádnou jinou látkou. Organismus není schopný sám produkovat dostatečné množství vitamínů pro zajištění fyziologických potřeb, proto je potřeba vitamíny získávat z potravy [15]. Množství vitamínů, které potřebuje lidský organismus k zajištění normálních fyziologických funkcí, je závislé na mnoha faktorech (stáří, pohlaví, zdravotní stav, životní styl, stravovací návyky, aktivita atd.). Vitamíny rozpustné ve vodě jsou v těle ukládány jen v potřebném množství a přebytek je vylučován močí. Při nedostatku některého vitamínu dochází k hypovitaminóze nebo až k avitaminóze což může být přechodný nebo úplný nedostatek určitého vitamínu. Tyto nedostatky se pro každý vitamín projevují specificky [19].

1.3.5 Minerální látky

Minerální látky jsou některé chemické prvky obsažené v potravinách. Dělí se na majoritní prvky (Na, K, Mg, Ca, Cl, P a S), minoritní prvky (Fe a Zn) a stopové prvky (Al, As, B, Cd, Co, Cr, Cu, F, Hg, I, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sn, Zn a Fe). Obvykle se definují jako prvky obsažené v popelu po úplné oxidaci organického podílu na oxid uhličitý a vodu. Minerální podíl tvoří u většiny potravin přibližně 0,5–3 hm % [19].

Minerální látky v obilných zrnech, které zůstanou po spalování v popelu, jsou převážně draslík, fosfor a malé množství hořčíku, vápníku, sodíku, železa a stopových prvků. Fosforečnan draselný je obsažen převážně ve formě KH_2PO_4 a K_2HPO_4 . Obsah minerálních látek se liší podle druhu a odrůdy obiloviny a velikosti zrna. Malá zrna jsou bohatší na minerální látky než větší, která jsou z velké části naplněna škrobem [6,7].

Vápník, fosforečnan a hořčík jsou potřebné pro správnou stavbu kostí a zubů, jod je důležitý pro správnou funkci hormonů štítné žlázy. V tělních tekutinách udržují minerální látky

správné pH a pomáhají řídit nervové impulzy a kontrolovat svalovou kontrakci. Jedná se např. o sodík a draslík v krvi a intracelulárních tekutinách. Běžná strava složená ze směsi rostlinných i živočišných potravin by měla dostatečně pokrýt potřebu všech minerálních látek, které lidský organismus potřebuje. Pokud je některý prvek ve stravě na nízké úrovni, může se projevit nutriční deficit se specifickými symptomy, např. nedostatek železa může způsobovat chudokrevnost a tím nedostatek hemoglobinu, který je potřebný pro transport kyslíku v těle. Nadměrný příjem některých prvků může mít také negativní účinky na zdraví, např. zvýšený příjem sodíku může mít za následek vysoký krevní tlak a zvýšení rizika mrtvice [20].

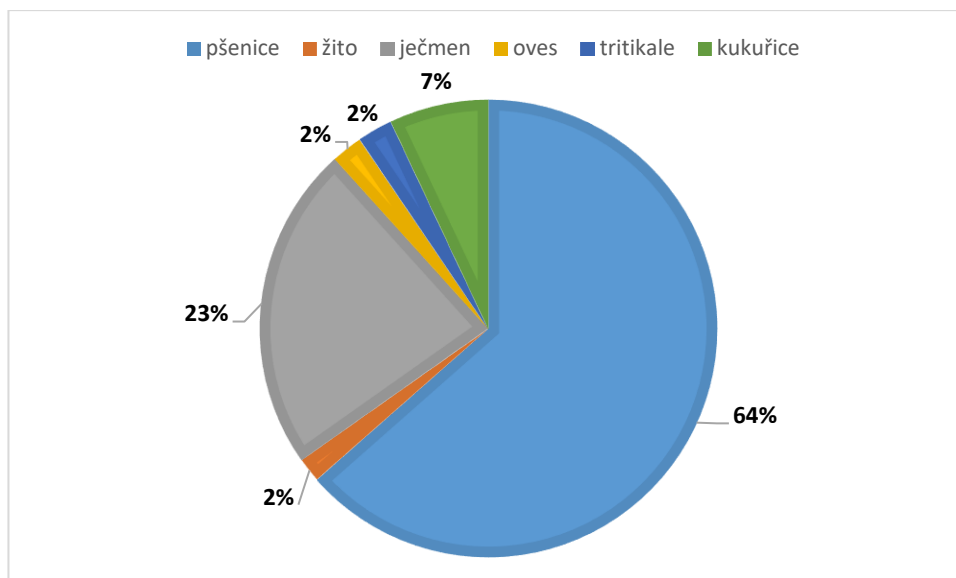
1.4 Zástupci obilovin používaných v potravinářství

1.4.1 Produkce obilovin

Světová produkce obilovin dosáhla v roce 2016/2017 odhadem 2069 mil. tun. Nejrozšířenější obilovinou ve světovém měřítku byla kukuřice, kdy její podíl z celkové produkce činil 36,4 %. Další hojně pěstovanou obilovinou byla pšenice (30 %). Ihned po pšenici následuje rýže (20 %), ječmen (6,6 %), čirok (2,9 %), oves (1,1 %) a žito (0,7 %).

Pro příklad produkce pšenice je největším producentem a významným výrobcem Evropská unie (dále EU). Z celkové světové produkce pšenice tvoří právě EU 20,6 %. Následuje Čína (17,2 %), Indie (12,5 %), USA (9 %), Rusko (7,8 %), Kanada (3,9 %) a Austrálie (3,6 %). Zbytek produkce tvoří ostatní státy [21].

V České republice v roce 2018 byla celková produkce obilovin 6,97 mil. tun (viz Obr. 4). Sklizeň pšenice byla 4,417 mil. tun, z toho 4,22 mil. tun byla pšenice ozimá a zbylých 0,19 mil. tun pšenice jarní. Ječmene se v tomto roce sklídilo 1,6 mil. tun, z toho 0,51 mil. tun ječmene ozimého a 1,09 mil. tun ječmene jarního (sladovnického). Sklizeň kukuřice na zrno byla 0,49 mil. tun, triticales 0,172 mil. tun, oves 0,152 mil. tun a žito 0,120 mil. tun [22].



Obrázek 4: Grafické znázornění produkce obilovin v roce 2018 pro ČR [22]

1.4.2 Pšenice

Pšenice je starověká plodina, jejíž počátky nejsou jasné, ale pravděpodobně oblast zeměpisného původu spadá na Střední východ. Jedná se jednoletou travinu, která představuje jednu z nejdůležitějších polních plodin na světě, protože je konzumována velkou částí světové populace a má významný vliv na nutriční výživu a zdraví.

Existují tři hlavní druhy pšenice, které se liší základním počtem chromozomů. První z nich je *Triticum monococcum* (pšenice jednozrná), jejíž použití spadá až do neolitu a v Evropě se stále do určité míry pěstuje. Další v pořadí je *Triticum durum* Desf. (pšenice tvrdá), která se hojně pěstuje po celé Evropě a má ideální vlastnosti pro výrobu těstovin. Poslední ze tří druhů je *Triticum aestivum* L. (pšenice obecná) (viz Obr. 5), která je v dnešní době nejvíce pěstovaným druhem pšenice.

Pšenice na rozdíl od ostatních obilovin má vysoký obsah glutenových bílkovin (lepku), které jsou důležité pro tvorbu viskoelastického těsta, což je důležité při výrobě těstovin, kynutého pečiva a zejména při pečení chleba. Dále je využívána jako přísada v pivovarském průmyslu. Pšenice poskytuje esenciální AMK, vitamíny a minerální látky, které jsou důležité v lidské výživě. Při konzumaci celozrnných výrobků obsahuje tělu prospěšnou vlákninu [12,23].



Obrázek 5: Zrno pšenice obecné [24]

1.4.3 Ječmen

Ječmen je roční obilná tráva (viz Obr. 6), která má celosvětový význam. Je čtvrtou nejrozšířenější obilovinou na světě. Díky své vysoké toleranci k širokému spektru klimatických podmínek a nadmořských výšek je pěstován v mnoha oblastech světa, nejvíce na severní polokouli. Ve srovnání s ostatními obilovinami je odolnější vůči suchu [23,25].

Významný a nejčastěji pěstovaný je *Hordeum vulgare* L. (ječmen šestiřadý) a *Hordeum distichon* (ječmen dvouřadý). Šestiřadý ječmen je více odolný vůči teplotním extrémům. Odrůdy mohou být jak ozimé, tak jarní. Ozimé ječmeny se vysévají na podzim a sklízí se začátkem léta. Jarní odrůdy se vysévají na jaře a sklízí koncem léta.

Velký význam má ječmen pro sladařský a pivovarnický průmysl. O ječmen začal být velký zájem v lidské stravě z důvodu studií, které ukázaly, že je výborným zdrojem vlákniny. Obsahuje komplexní sacharidy, má nízký obsah tuku a je středně vyvážený obsahem bílkovin, minerálních látek a vitamínů (zejména vitamín E). Další použití ječmene je tedy do snídaňových cereálií nebo jako náhražky kávy. Vzhledem k většímu zaměření spotřebitelů a výrobců na fyziologické a nutriční vlastnosti vedlejších produktů existují nové příležitosti začlenění ječmene do potravin pro lidskou stravu [12,23].



Obrázek 6: Zrno ječmene [26]

1.4.4 Žito

Žito seté (viz Obr. 7) se v Evropě pěstuje již od starověku a momentálně představuje pouze přibližně 1 % světové produkce obilovin. Nejvíce se pěstuje v zemích, kde je oblíbený žitný chléb. Geneticky je příbuzné pšenici a ječmenu.

Jedná se o velmi odolnou obilovinu, která je vytrvalá a více odolná vůči mrazu a suchu nežli pšenice. Ze všech obilovin je nejvíce odolné mrazu, a proto se žito často pěstuje v podmínkách, kde jiné obiloviny selhávají.

Živiny v žitu jsou stejné jako u ostatních obilovin: škrob, vláknina a bílkoviny. Oproti pšenici obsahuje méně škrobu, více surových bílkovin, a naopak více volných cukrů, ze kterých dominuje sacharóza a více vlákniny. Hned po pšenici je důležité v potravinářství pro výrobu chleba a dále při výrobě žitné whisky a krmiv pro hospodářská zvířata [12,23].



Obrázek 7: Zrno žita setého [27]

1.4.5 Triticale

Obilovina triticales (viz Obr. 8), neboli žitovec, byla vyvinuta křížením žita (samčí rodič) a pšenice (samičí rodič). Důvodem křížení bylo sloučení pozitivních vlastností žita a pšenice dohromady. Jednalo se o toleranci žita k drsnějším podmínkám pěstování, jako odolnost vůči zimě a schopnost prospívat i v chudších půdách, a všestranné použití pšenice v potravinářství. Triticale je celkově více svými vlastnostmi podobné spíše pšenici.

Triticale má lepší aminokyselinovou rovnováhu, a to zejména díky vysokému obsahu lysinu, což má za následek vyšší biologickou hodnotu než pšeničný protein. Jako další živiny obsahuje také škrob a vitamíny (např. vitamín B1).

Většinou je používáno jako krmivo pro hospodářská zvířata. Vzhledem k nízkému obsahu lepku se nepoužívá v pekárenském průmyslu. Naopak ve sladovnictví a pivovarnictví by mohlo fungovat dobře díky vysoké úrovni α -amylázy. Kromě krmiva se triticales používá pro výrobu bioethanolu, kde představuje velmi efektivní plodinu ve srovnání s pšenicí a žitem [23,28].



Obrázek 8: Zrno triticales [29]

1.4.6 Oves

Oves má dlouhý a nejistý rodokmen, ale nejpravděpodobněji jeho počátky sahají až ke starověkému Řecku. Tvoří menší složku celosvětové produkce obilovin a mezi nejdůležitější druhy patří oves setý (*Avena sativa*) (viz Obr. 9). Největšími producenty jsou Rusko, Kanada a USA.

Oves má význam v lidské výživě, protože je dobrým zdrojem vlákniny, esenciálních AMK, nenasycených MK (kyseliny: olejová, linolová a linoleová), vitamínů (např. vitamín B1)

a minerálních látek (fosfor a železo). Jeho chemické složky mohou snižovat hladinu cholesterolu v krvi a absorpci glukózy ve střevě.

Používá se jako krmivo hospodářských zvířat, zejména koní a krav, v potravinářství především do snídanových cereálií, a to především jako ovesné otruby a ovesné vločky. V pivovarnictví se může používat ke zlepšování příjemných chuťových vlastností konečného produktu [12,23].



Obrázek 9: Zrno ovsa setého [30]

1.4.7 Kukuřice

Kukuřice (*Zea mays*) (viz Obr. 10) pochází již z dob před 10 000 lety z oblasti Střední Ameriky. Po objevení Ameriky se rychle rozšířila do Evropy, Asie a Afriky. Má zodpovědnost za rozvinutí zemědělství. Současně je pěstována po celém světě, nejvíce v zemích, jako jsou USA, Čína Brazílie. Představuje více než jednu čtvrtinu celosvětové produkce obilovin.

V mnoha oblastech zeměkoule se využívá jako základní surovina. Podstatná část produkce se používá pro krmiva hospodářských zvířat. Dále se kukuřice využívá pro výrobu potravin pro lidskou spotřebu a v nápojovém průmyslu, velký význam má i ve výrobě bioethanolu [12,31].



Obrázek 10: Zrno kukuřice [32]

2 Alkoholické nápoje z obilovin

2.1 Kvasný líh (ethanol)

Výroba kvasného lihu, destilátů a různých lihovin patří k tradičním fermentačním výrobám. Název líh se vztahuje ke sloučenině ze skupiny primárních alkoholů, kterou je ethanol. Tuto sloučeninu je možné vyrobit jak čistě chemickým způsobem, tak daleko běžněji používanou mikrobiologickou cestou neboli kvasným způsobem [33].

Ethanol neboli ethylalkohol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) se může označovat také jako alkohol, lihovina, obilný alkohol nebo absolutní alkohol. V závislosti na obsahu vody, způsobu výroby a konečném použití na trhu existuje několik druhů ethnanolových produktů. Ethanol se často používá pro tinktury a farmaceutické přípravky jako rozpouštědlo nebo v potravinářství jako konzervační činidlo, dále je důležitou složkou alkoholických nápojů, které jsou vyráběny fermentací z kvasitelných sacharidů. V potravinářství je možné používat pouze kvasný ethanol, nikoli syntetický [34].

Ethanol je za normálních podmínek čirá, těkavá a hořlavá kapalina. Jeho vůně je charakteristická stejně jako chuť po zředění s vodou [35].

2.1.1 Suroviny pro výrobu ethanolu

Obiloviny jsou v řadě států hlavní surovinou pro výrobu lihu, kdy nejvíce se zpracovává kukuřice a žito. Na našem území bylo dříve pro výrobu lihu používáno pouze poškozené obilí, zejména houbou *Claviceps purpurea* neboli Paličkovici nachovou (námel). Dále je možné používat pro výrobu i pšenici. V posledních letech se s úspěchem používá kříženec pšenice a žita – tritikale, které je snadněji zpracovatelné a dává dobré výtěžky lihu [33].

Výroba lihu ze škrobnatých surovin je složitější, protože škrob musí být nejprve přeměněn na jednoduchý z kvasitelný sacharid, který jsou schopny mikroorganismy (dále MO) produkovat ethanol přímo zkvašovat [35].

2.1.1.1 Kvasinky – mikroorganismy

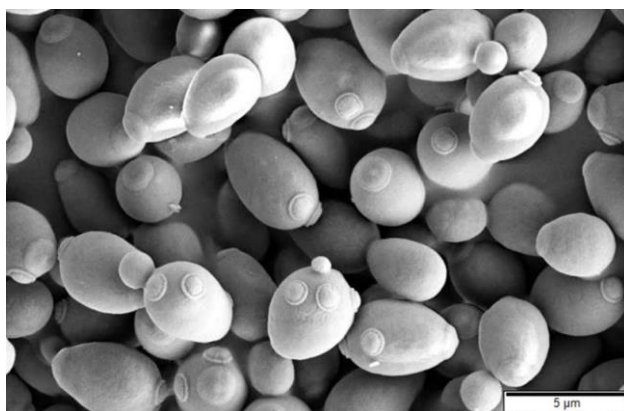
Kvasinky jsou jednobuněčné houby, které se rozmnožují především pučením. K výrobě alkoholických nápojů se používají již po staletí. Jsou nejčastěji používanými MO k průmyslové výrobě ethanolu. Nejvíce používaným kmenem s velmi vysokou produktivitou jsou *Saccharomyces cerevisiae* (*Candida utilis* atd.). Výroba ethanolu s použitím kvasinek, tzv. kvasného lihu, se vyznačuje vysokou selektivitou, nízkým vznikem vedlejších produktů

a vysokým výtěžkem ethanolu. Dále se vyznačují vysokou rychlostí fermentace, dobrou tolerancí ke zvýšeným koncentracím ethanolu a nižší hodnotou pH. Významná je i životaschopnost a genetická stabilita kvasinkových buněk za vysokých teplot při procesu výroby ethanolu [34].

2.1.1.2 *Saccharomyces cerevisiae*

Saccharomyces cerevisiae (viz Obr. 11) přeměňuje glukózu, maltózu a sacharózu na ethanol. Pentózy, laktózu a celobiózu nejsou schopny přeměňovat na ethanol. Kvasným procesem vznikají dva moly ethanolu a dva moly CO₂ z jednoho molu glukózy. *S. cerevisiae* jsou jedním z nejznámějších bezpečných MO. Díky tomu jsou ideální pro výrobu alkoholických nápojů (víno, pivo a kvasný líh) a pro kynutí v pekařském průmyslu.

Kvasinky *S. cerevisiae* mají několik příznivých vlastností pro fermentaci ethanolu. Ve srovnání s bakteriemi jsou vysoce odolné proti ethanolu a toxickým látkám a jsou schopny fermentace sacharidů za nízkých hodnot pH, čímž se snižuje riziko kontaminace. Z glukózy a sacharózy jsou schopny produkovat ethanol i při jeho vyšších koncentracích [36].



Obrázek 11: Kvasinky *Saccharomyces cerevisiae* [37]

2.1.2 Technologický postup výroby kvasného lihu

2.1.2.1 Zpracování škrobnatých surovin

Škrob jako polysacharid se musí před fermentací hydrolyzovat na glukózu nebo maltózu, aby dosáhl velikosti, která umožňuje projít přes buněčnou membránu kvasinek. Hydrolýza probíhá jen s α -amylázou a β -amylázou. Jako technické prostředky se používají enzymové preparáty [38].

2.1.2.2 Příprava zápar

Prvním krokem (viz Obr. 12) při zpracování obilí jako škrobnatých surovin je mechanické rozmělnění a zpřístupnění zrn škrobu působením amylolytických enzymů nebo enzymových preparátů. Působením α -amylázy dochází nejprve ke ztekutění škrobu a následně účinkem β -amylázy dojde ke zcukernění škrobu.

Pro přípravu zápar se používají dva základní způsoby, a to tlakový a beztlakový způsob. Častěji se využívá beztlakový způsob z důvodu použití termostabilních α -amyláz.

Tlakový způsob výroby se používá k uvolnění a zmazovatění škrobu ze zrn obilovin při teplotě 120 °C a tlaku 0,2-0,5 MPa. Nejvíce používaným je Henzeův pařák, který má objem 4,5-6,5 m³. Při paření je velkou výhodou, že dochází současně k vysterilizování zápary (vhodné při použití havarovaných substrátů). Následuje vyhánění díla do zapařovací kádě za současného chlazení a přidavku ztekučujících enzymů.

Beztlakový způsob může probíhat, pokud jsou zrna obilí namlety na částice určité velikosti, přibližně 0,4-2,0 mm. Mletí obilí může probíhat za sucha i mokra, přičemž mokré mletí má výhodu, že dochází zároveň k bobtnání škrobových zrn. Podle vlastností enzymů je dílo vyhříváno na 65 °C nebo při použití termostabilní α -amylázy na 90-95 °C. Při těchto teplotách dochází ke zmazovatění a ztekutění škrobu.

Po tlakovém nebo beztlakovém způsobu a po mírném ochlazení v zapařovací kádi na teplotu 55-65 °C dochází působením β -amylázy a amyloglukosidázy ke zcukernění (škrob je postupně převeden na zkvasitelný sacharid) [33].

2.1.2.3 Propagace kvasinek

Kvasinky je možné získat různými způsoby. Jedním ze způsobů jsou propagační stanice, kde se rozmnožuje čistá kultura kvasinek ve sterilním provozním substrátu. Používají se tři fermentory, které jsou vybaveny aparaturou na sterilní práci a dochází k protlačování zápary do dalšího stupně. Obsahem posledního propagačního tanku se naočkuje kvasná kád', ve které se kvasinky dále rozmnožují již v nesterilním prostředí.

Dalším způsobem je získání kvasinek vrácením nebo odseparováním z vytvořených zápar. V kádi, do které se protlačí přibližně 5-10 % zápary oddělené od tuhých částic, se nechá zkvašovat zápara tak, že vzniká pouze málo alkoholu. Kvasinky se tak rozmnožují v podmínkách, které jsou nepříznivé pro bakterie. Hodnota pH se udržuje na 2,2-3,2 a teplota se sníží na 20-25 °C. Tyto podmínky tvoří vynikající ochranu před kontaminací, proto se tato provozní kultura může rozmnožovat a udržovat i několik let [38].

2.1.2.4 Zkvašování zápary

Zkvašování zápary probíhá v kvasných kádích, které jsou umístěné v izolovaných místnostech se stálou teplotou. Velikost kvasné kádě se volí podle denní produkce zápary (150-200 hl), na 100 kg obilí se počítá s kvasným prostorem 6 hl. Během kvašení probíhají tři typické fáze, jejich průběh může celkově trvat až tři dny.

První fází je rozkvašování. Jedná se o rozmnožování kvasinek, které nastává prakticky ihned, bez toho, aby bylo možné ho pozorovat, protože vznikající CO₂ je ihned pohlcován záparou. Po nasycení zápary dochází k výraznému vývoji plynů a nepatrnému vzestupu teploty. Tento proces trvá 20-30 hodin.

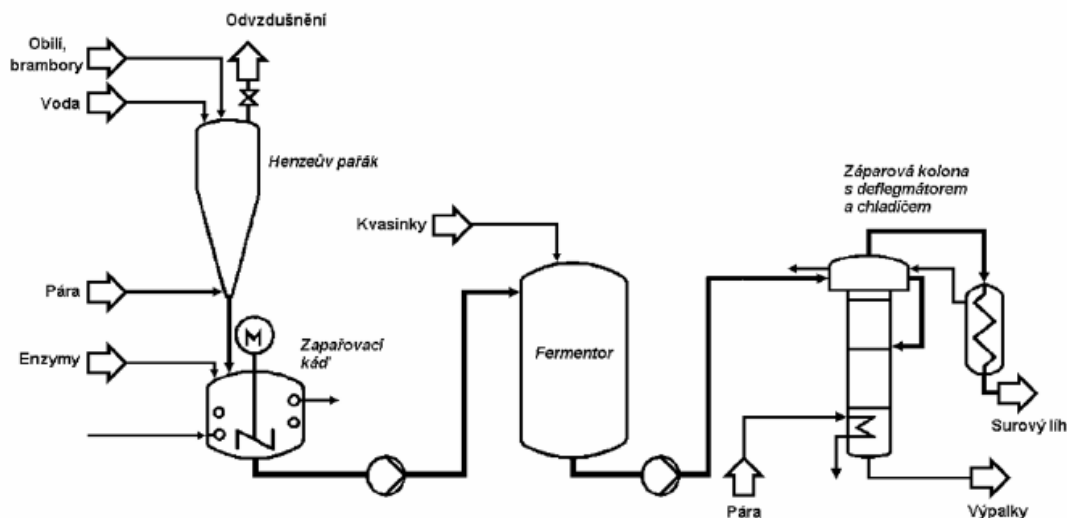
Druhou fází je hlavní kvašení, které nastupuje při prokvašení přibližně 35-40 % cukru. Zápara obsahuje zhruba 4-5 % ethanolu. Díky vznikajícímu alkoholu dochází k ustávení rozmnožování kvasinek. V této fázi je kvašení ve stádiu nejvyšší intenzity. Obsah ethanolu a teplota zápary se zvyšuje. Tato fáze trvá přibližně 24 hodin.

Třetí a zároveň poslední fází je dokvašování. Teplota zápary klesá o 1-2 °C a je nutné hlídání kyselosti. Poslední fáze trvá přibližně 24 hodin [39].

2.1.2.5 Destilace lihu

Destilace je technika, která umožňuje separaci homogenních směsí na základě rozdílné těkavosti (bodů varu). Používá se při výrobě lihovin, kde dochází k ohřívání rmutů (v případě kvasného lihu k zahřívání zkvašených zápar), které obsahují ethanol. Páry ethanolu se uvolňují a následně kondenzují v chladiči [40].

Destilace ethanolu probíhá, dokud nedojde k dosažení azeotropické směsi. Azeotropická směs je směs dvou nebo více kapalin v takovém poměru, který již není možné rozdělit jednoduchou destilací. U azeotropu mají páry stejný poměr složek jako původní směsi. Pokud se jedná o směs ethanol/voda, nastává tento případ při obsahu ethanolu 97,2 obj% nebo 95,6 obj%. Jednoduchou destilací je proto možné dosáhnout pouze azeotropické koncentrace ethanolu. Destilační aparáty, které se používají v praxi, mohou pracovat periodicky nebo kontinuálně. Surový líc se dále zpracovává tzv. rafinací, kterou se docílí získání čistého lihu [38,41].



Obrázek 12: Schéma zemědělského lihovaru využívající tlakový způsob přípravy zápary [33]

2.2 Whisky

Whisky je destilát, vyrobený ze zkvašené zápary z obilovin. Skotská a irská whisky je vyrobená ze sladového ječmene. Škrob z ječmene je přeměněn na zkvasitelné cukry pomocí klíčení, a především pomocí rmutování. Bourbon whisky je vyrobena ze směsi obilí, přičemž alespoň 51 % musí tvořit kukuřice. Dalším druhem je žitná whisky, kdy žito musí tvořit alespoň 51 %. Procesem sladování se uvolňují enzymy, které jsou potřebné pro přeměnu škrobu na zkvasitelné sacharidy. Zkvašená mladina se destiluje. Poté se whisky nechává zrát v dřevěných sudech. Doba zrání je pro každou whisky specifická [42].

Destilace lihovin produkovaných zkvašováním obilovin je proces, který pochází již z historie. Historické důkazy destilace sladovnického ječmene ve Skotsku pochází již z doby poloviny šestnáctého století, ale proces destilace byl legalizován až v roce 1830. Od doby legalizace destilace byl proces vyvíjen, a proto je v dnešní době k dispozici řada unikátních produktů.

Vrcholovým výrobcem whisky je Skotsko, jedná se specifický o produkt této země. Aby mohla být lihovina specifikována jako skotská, musí pocházet ze sladových, popřípadě i nesladových obilovin, u kterých není definováno, zdali musí pocházet z oblasti Skotska. Zrání v dubových sudech musí trvat nejméně tři roky [43].

2.2.1 Klíčení ječmene (sladování)

Škrob v zrnech ječmene je potřeba přeměnit na zkvasitelné sacharidy. Tento proces se nazývá sladování. K získání sladu následují tři kroky. V prvním kroku jsou zrna ječmene po

dobu dvou dnů namočená ve vodě, kde dochází k zahájení klíčení. Teplota vody se pohybuje v rozmezí 4–18 °C. Obsah vlhkosti v zrnech se zvyšuje z 12 % na přibližně 45 %. Důležité je, aby voda byla často měněna a zrna byla provzdušňována. Poté, co začnou zrna znatelně klíčit, dojde k vypuštění vody a zrna jsou přemístěna na místo, kde se nechávají klíčit. Klíčení probíhá 4–5 dnů, kdy je nutné slad pravidelně otáčet, aby se zajistila rovnoměrná klíčivost. K udržení teploty se používá ochlazený vlhký vzduch na teplotu 10–18 °C. Klíčením dochází k produkci amyláz, které začínají přeměňovat škrob přítomný v zrně ječmene na jednoduché zkrasitelné sacharidy, zejména na maltózu. Proces sladování se ukončuje hvozděním (sušením) (viz Obr.13) naklíčených zrn, kdy dochází k zastavení klíčivosti. Ke hvozdění se používá teplý suchý vzduch o teplotě 49–66 °C a probíhá ve dvou stupních. V prvním stupni je obsah vlhkosti snížen na 8–14 % a poté se teplota zvýší, dokud se vlhkost nesníží na přibližně 4 %. Tímto postupem ohřevu se snižuje nadměrná destrukce enzymů [44,45].



Obrázek 13: Sušírna s pagodovitou střechou [46]

2.2.2 Kvašení sladu

Před samotným kvašením je nutné nejprve usušený slad rozemlet nebo rozdrtit na šrot. Poté je namočen do horké vody, kde dochází k rozštěpení zbytků škrobu na zkrasitelné cukry. Horká voda vyplaví rozpuštěné sacharidy. Vyždímané zbytky sladu jsou použity jako krmivo pro hospodářská zvířata. Mléčně zakalená tekutina se používá k následnému kvašení [47].

Před kvašením je potřeba tekutinu ochladit na teplotu 20–21 °C. Poté jsou přidány připravené kultury kvasinek, které tolerují vysoký obsah alkoholu (např. *Saccharomyces cerevisiae*). Kvasinky jsou vybírány i podle toho, aby produkovaly vhodné příchutě. Po 36–48 hodinách je v kvasné kádi obsah alkoholu kolem 8 %. Teplota se zvýšila přibližně na 30 °C, důsledkem tepla vznikajícího při metabolismu kvasinek [10].

2.2.3 Destilace whisky

Jak již bylo uvedeno výše, destilace je rozdělování homogenních směsí kapalin na základě jejich bodu varu. Pro destilaci whisky se používají měděné nádoby, které mohou pracovat i nepřetržitě. Tvar a velikost těchto nádob je určována podle požadovaného konečného charakteru whisky. Destilace whisky se provádí dvakrát. Ačkoliv po první destilaci je získána lihovina, která je čistější a má podstatně vyšší obsah alkoholu než počáteční destilovaná směs, je potřeba provést destilaci druhou. V druhé destilaci je již získána bezbarvá lihovina o požadované čistotě a obsah alkoholu se pohybuje kolem 70 % [48].

2.2.4 Zrání v sudech

Lihovina se následně po destilaci zředí vodou. Voda musí být použita stejná v celém procesu výroby whisky. Ředění probíhá, dokud není dosaženo obsahu alkoholu na úrovni přibližně 64 %. Takto zředěná lihovina se dekantuje do sudů, ve kterých probíhá dlouhý a pomalý proces zrání whisky. Alkohol obsažený v lihovině čerpá chuť a barvu ze sudů, které jsou ve velké míře vyrobeny z dubového dřeva. Během minimálně tří let se z bezbarvé lihoviny stává lihovina, která má zlatě jantarovou barvu a příjemnou chuť. Během procesu zrání se vypaří přibližně 2 % whisky. Vypaření naznačuje, že sudy dobře dýchají. Tato ztráta se mezi výrobci lihovin nazývá „andělský podíl“. Poté, co se whisky stáčí do lahví, je zároveň ukončen proces zrání [48].

2.3 Pivo

Pivo je alkoholický nápoj, jehož vaření začalo již v dávné historii, pravděpodobně krátce poté, co začali lidé pěstovat obilí. Jedná se o nápoj, který je vyráběn alkoholovým kvašením pivovarskými kvasinkami. Kvašení může probíhat svrchně nebo spodně. Nejčastěji se pivo vaří ze sladového ječmene, ale může být použita i pšenice. Kvalita vody je pro výrobu piva velmi důležitá, protože ovlivňuje chuť a charakter piva (tvoří přibližně 90 % objemu piva). Chmel se při výrobě používá zejména k ochucování [40,49].

2.3.1 Suroviny pro výrobu piva

2.3.1.1 Chmel

Chmel otáčivý (*Humulus lupulus* L.) (viz Obr. 14 a 15) patří do čeledi *Cannabinaceae*. Roste v mírných klimatických podmínkách. Rostlina chmele je velmi náročná na světlo, vláhu a teplotu. Pro pivovarské účely se používá pouze rostliny samičí. Hlavní částí rostliny chmele je kořenová soustava, réva s pazochy a listy s květenstvím. Květenství se v průběhu zrání mění na chmelové hlávky. Pěstování chmele probíhá zavěšené na konstrukci, kde se pne po drátu do výše 7–8 metrů. Pro pivovarské účely se sklízí chmelové hlávky. Pro pivovarské využití jsou nejdůležitější chmelové pryskyřice, chmelové silice a polyfenoly. Nejdůležitější látkou obsaženou v pryskyřicích jsou α -hořké kyseliny (humulon, kohumulon a adhumulon), které vykazují silnou hořkost. Chmelové silice tvoří aroma piva. Chmelové polyfenoly přispívají k plnosti a řízu piva, zároveň působí jako antioxidanty během výroby a skladování [11].



Obrázek 14: Chmelová hlávka [50]



Obrázek 15: Pěstování chmele na závěsné konstrukci [50]

2.3.1.2 Voda

Voda se při výrobě piva používá jako jedna ze základních surovin. Svými vlastnostmi musí splňovat požadavky na pitnou vodu (z hlediska zdravotní a hygienické nezávadnosti). Z přírodních vod mohou pivovary používat spodní nebo povrchové vody. Tyto vody mohou obsahovat rozpuštěné a suspendované látky. Mezi rozpuštěné látky patří ionizující soli a rozpuštěné plyny (O_2 , N_2 , CO_2 , SO_2 atd.). Suspendované látky mohou být řasy, zlomky rostlinných organismů, nepatogenní i patogenní MO a organické i anorganické kalící látky.

Spodní vody získávají výrobci z pramenů, studní nebo vrtů. V porovnání s povrchovými vodami obsahují méně organických látek a MO. Odlišné jsou i v obsahu plynů a obsah iontových příměsí bývá u spodních vod vyšší.

Povrchové vody jsou na tom z hlediska čistoty hůře než vody spodní. Mají větší obsah suspendovaných látek a často i nepřístupné hladiny rozpuštěných anorganických a organických kontaminantů. Povrchové vody požadují větší nároky na úpravu před použitím než vody spodní [51].

2.3.1.3 Požadavky na sladovnický ječmen

Důležitou vlastností je obsah dusíku. Příliš nízká hladina dusíku omezuje růst kvasinek v procesu kvašení. Problémem může být naopak i příliš velké množství dusíku, než je požadovaná hodnota. To může mít za následek podporu mikrobiálního zejména bakteriálního znehodnocení finálního produktu. Dále musí být obilí pečlivě vysušeno a skladováno tak, aby se zabránilo nechtěnému klíčení [52].

2.3.2 Technologický postup výroby piva

První fází výroby piva je výroba mladiny (viz příloha 1). Používá se slad, jehož výroba byla již popsána v kapitole o výrobě whisky. V pivovarství je výroba mladiny prvním souborem kroků při výrobě piva. Jednotlivé kroky jsou: šrotování, vystírání a rmutování, scezování a vyslazování a chmelovar. Po chmelovaru se musí mladina upravit tak, aby byla připravena na následné zakvašení [11].

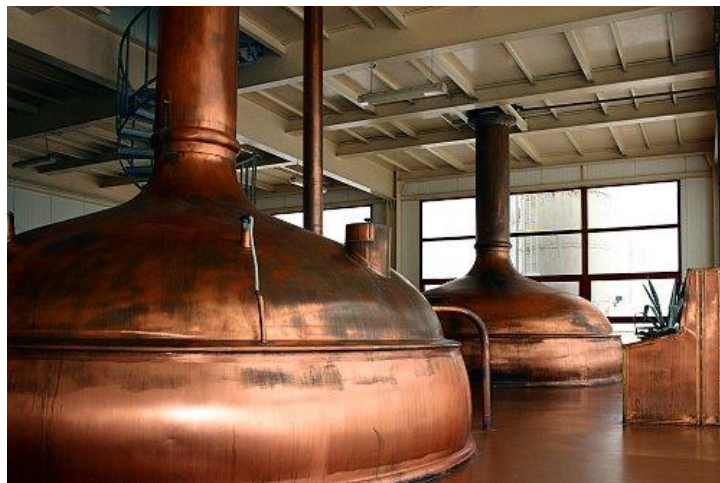
2.3.2.1 Šrotování (mletí)

Nejprve je potřeba na příjmové lince zbavit slad prachu a ostatních nežádoucích nečistot. Šrotování je možné provádět za sucha, za sucha po kondicionování nebo za mokra. Jedná se o mechanický proces desintegrace sladového zrna, při kterém je cíl dokonale vymlít endosperm sladu na vhodný poměr částic. Tradiční víceválcové mlýny v pivovarech produkují jemnou sladovou mouku s minimálním poškozením slupek, které je možné použít jako filtrační média k vyčištění mladiny po rmutování. Některé pivovary změnilly válcové mlýny za kladívkové, které docílí jemnější pomletí zrna sladu. Poměr jednotlivých frakcí šrotu ovlivňuje rychlost rmutování a scezování. Čím jemněji je pomletý šrot, tím má větší specifický povrch a působení enzymů sladu je během rmutování účinnější. Naopak příliš jemný šrot může zpomalit proces scezování sladiny přes vrstvu mláta tím, že dochází k ucpávání filtračních kanálků. Proto je důležité šrotování přizpůsobit kvalitě sladu [11,47].

2.3.2.2 Vystírání a rmutování

Vystírání je smíchání sladového šrotu a vody. Množství sladu, které je použité pro jednu várku výroby, se nazývá sypání. Objem použité vody se nazývá nálev. Poměr vody a sladového šrotu určuje sypání i druh vyráběného piva. Dobře rozluštěné slady se vystírají při teplotách 35-38 °C. Někdy se provádí zapářka. Jedná se o vyhřátí části vystírací vody k varu. Po skončení vystírání se přičerpá horká voda a za intenzivního míchání se zvýší teplota vystírky na peptonizační teplotu [33].

Účelem rmutování (viz Obr. 16) je extrakce škrobu, bílkovin, peptidů a dalších složek ze sladu. Druhým účelem je příprava extraktu tak, aby byl zkvasitelný zajištěním nezbytné enzymatické hydrolyzy výše uvedených složek na zkvasitelné sacharidy. Pouze menší část sladového extraktu je rozpustná, zbytek tohoto extraktu je potřeba převést do rozpustné formy. Rmutování se provádí sérií časů, ohřevů a odpočinků při nastavených teplotách. Tento postup se volí tak, aby bylo dosaženo optimálních katalytických podmínek s ohledem na typ vyráběného piva. Teploty je důležité volit tak, aby odpovídaly optimálním teplotám pro činnost různých skupin enzymů. Počáteční teplotu je možné zvolit na 50–57 °C, při této teplotě dochází k bobtnání a mazovatění škrobu. Tato teplota se po 15–20 minutách postupně zvyšuje na 72–75 °C. V tomto kroku se jedná o teplotu, při které dochází k ztekucení škrobu. Pro tento proces je důležitá přítomnost α -amylázy. Posledním krokem je zcukření, kdy je důležitá β -amyláza. Optimální teplota procesu je 60–65 °C. Zcukření škrobu se kontroluje jodovou zkouškou [11,53].



Obrázek 16: Rmutovací kotel [54]

2.3.2.3 Scezování a vyslazování

Scezování mladiny je fyzikální proces. Nejprve dojde k oddělení předku (roztok obsahující extraktivní látky sladu) od zbytků sladového šrotu neboli mláta. Poté následuje vyluhování extraktu zachyceného v mlátě horkou vodou neboli vyslazování. Cílem scezování je získání čiré sladiny a co nejvíce extraktu, který do procesu přinesly veškeré suroviny [51].

Scezování se provádí ve scezovací kádi. Kádě jsou vybaveny dvojitým děrovaným dnem a systémem odvodních trubek, které jsou spojeny kohouty scezovací baterie. Možné, ale méně využívané je použití sladinového filtru, který pracuje na principu rámového plachetkového filtru. Ve scezovací kádi se sladina odděluje od mláta klasickou filtrací, kde je vsuvka usazených pluch a dalších nerozpustných zbytků sladu.

Vyslazování mláta se provádí horkou vodou o teplotě 75 °C. Dochází k vyluhování posledních zbytků rozpustných extraktů. Zfiltrovaný roztok extraktu získaný při vyslazování se nazývá výstřelek. Předek ze scezování a výstřelek se shromažďují v mladinové pánvi. Postupným zahříváním se zvyšuje teplota tak, aby došlo co nejrychleji k varu [33].

2.3.2.4 Chmelovar

Chmelovar je vaření sladiny s chmelem, při kterém probíhá několik fyzikálních, chemických i biochemických reakcí. Nejprve je cílem odpařit přebytečnou vodu a tím docílit zahuštění mladiny podle typu piva. Důležité je i odpaření těkavých látek (chmelové silice, oxidační produkty atd.). Dále dochází k inaktivaci enzymů, které se účastnily procesu výroby sladiny, tím dochází k vytvoření charakteristického složení sacharidů. Poté je nutné mladinu sterilizovat teplem do stupně technické sterility, aby byla zajištěna biologická čistota pro kvašení. Další krok je odstranění vysokomolekulárních bílkovinných složek. Posledním cílem chmelovaru je převedení důležitých chmelových látek do roztoku a chemická přeměna za účelem dosažení požadované hořkosti a aroma mladiny [33,51].

Dávkuje se více forem a odrůd chmele dvakrát až třikrát podle typu vyráběného piva. Na začátku chmelovaru se přidává chmelový extrakt, následně granulovaný nebo přímo hlávkový chmel pro docílení požadované hořkosti. Na konci se dávkuje jemný aromatický chmel pro dosažení požadovaného aroma [33].

2.3.2.5 Mladinová linka

Během chmelovaru se vytvoří hrubý kal, který musí být z mladiny odstraněn. Pokud by nedošlo k odstranění, zanášel by povrch kvasinek, způsoboval hrubou hořkost a zhoršoval

pěnovost piva. K odstranění se používají talířové odstředivky, dekantéry anebo vířivé kádě. Po odstranění kalu je mladina chlazená. Původní teplota je 95 °C a k ochlazení na 5–10 °C se používají jednostupňové nebo dvoustupňové deskové chladiče [11]

2.3.2.6 Kvašení a dokvašování piva

Kvašení mladiny probíhá ve dvou stupních. První stupeň se nazývá hlavní kvašení. Tento proces se řídí na potřebnou koncentraci a zkvasí se podstatná část využitelných látek z mladiny. Prakticky se jedná o přeměnu zkvasitelných sacharidů z mladiny (glukóza, maltóza a maltotrióza) na ethanol a oxid uhličitý procesem anaerobního kvašení (bez přístupu vzduchu). V průběhu kvašení je důležitý i vznik senzorycky aktivních vedlejších produktů. Mají zásadní význam pro chuťový charakter piva. Jedná se o estery, alkoholy a MK a také v přiměřeném poměru přirozený antioxidant oxid siřičitý. Tradiční kvašení probíhá ve spilkách (viz Obr. 17), což jsou místnosti, ve kterých jsou umístěny kvasné kádě. Spilky musí být větrané, aby se nehromadil oxid uhličitý, a chlazené na teplotu 5–10 °C. Podle vzhledu povrchu kvasící mladiny se určují jednotlivá stádia kvašení: zaprašování a odrážení (bílá pěna se objevuje po 12–15 hodinách od zakvašení), nejintenzivnější kvašení nízké, bílé kroužky (po 26–36 hodinách, hustá bílá pěna) a vysoké hnědé kroužky (po 72–76 hodinách, kaly obarvují pěnu). Poslední stádium je propadání deky (sedimentace kvasinek a snižování výšky pěny). Tmavá vrstva pěny se sbírá a mladé pivo je připraveno k přečerpání do ležáckého tanku. Kvasinky na dně se sbírají a propírají studenou vodou. Takto připravené mohou být následně znovu použity (max. 3–4krát). Celková doba hlavního kvašení se pohybuje od 6 do 10 dnů.

Druhou fází kvašení je dokvašování a ležení piva. Probíhá pod mírným tlakem a dochází ke spotřebě zbývajících zkvasitelných sacharidů, což má za následek nasycení piva vznikajícím oxidem uhličitým. Dále probíhají děje k vyčření piva (vyučování a sedimentace kalů a kvasinek) a získá se rovnováha senzoryckého charakteru piva. Dokvašování probíhá v ležatých válcových nádobách, které jsou umístěny v ležáckém sklepě při teplotě 2 až 3 °C po dobu 1–10 týdnů [11,51].



Obrázek 17: Kvasné kádě (spilka) [55]

2.3.3 Závěrečné úpravy piva

Závěrečné úpravy se provádí za účelem vyhovět spotřebitelským a komerčním požadavkům na vzhled a trvanlivost výrobku.

Filtrace se provádí, aby byly odstraněny zbytky neusazených MO a koloidních částic. Tím získá pivo svou čírost. Nejčastěji se provádí na deskových naplavovacích filtrech.

Další úpravou je pasterace. Jedná se o tepelné ošetření piva, aby byla zvýšena jeho biologická stabilita. Používá se teplota 62 °C. Lahve a plechovky jsou ponořeny v tunelových pastérech.

Stáčení piva je konečná fáze výroby. V České republice se pivo stáčí do cisteren pro export, do sudů, lahví a plechovek pro národní obchodní síť. Během stáčení nesmí dojít ke ztrátám oxidu uhličitého, aby nedošlo k poškození kvality piva. Dále je potřeba zamezit styku piva s kyslíkem. Stáčení probíhá pod tlakem oxidu uhličitého do obalů, které jsou předplněny oxidem uhličitým, nebo směsí oxidu uhličitého a dusíku. Dusík se uplatňuje jako ochranný plyn z důvodu příznivého vlivu na pivní pěnu [11,33].

3 Nealkoholické nápoje

Mezi nealkoholické nápoje vyráběné z obilovin patří jednoznačně Sládkovy limonády (viz Obr. 18), které vyrábí v České republice firma Staropramen. Postup výroby pro tyto nápoje je v následujícím textu popsán jen obecně. Důvodem je nezveřejněný přesný postup výroby těchto limonád.

Sládkovy limonády, jak již z názvu vyplývá, se vyrábí z ječného sladu (z ječmene). Ten tvoří základní surovinu a dodává limonádám jemné sladové aroma a zlatavou barvu. V druhém kroku dochází k vaření sladu, kdy sládcí používají desítky let prověřený postup, který limonádám dodává chuťový základ. Ve třetím kroku se nechá uvařený slad projít specifickým procesem kvašení, při kterém nedochází ke vzniku alkoholu. V posledním kroku se do limonád přidává oxid uhličitý. Před stáčením se do ovocných druhů limonád přidává např. jablečná šťáva. Takto připravené limonády jsou stáčeny do skleněných lahví nebo plechovek [56].



Obrázek 18: Sládkova limonáda [56]

4 Konzumace alkoholických nápojů

Definice alkoholických nápojů podle zákona č. 37/1989 Sb. o ochraně před alkoholismem a jinými toxikomaniemi: „Alkoholickými nápoji jsou lihoviny, destiláty, víno, pivo a jiné nápoje, které obsahují více než 0,75 objemového procenta alkoholu.“ [57].

Alkohol je běžně konzumován v alkoholických nápojích. Po chemické stránce se jedná o ethanol (ethylalkohol). Je často považován za méně nebezpečnou látku, než ve skutečnosti je, protože jeho konzumace je obecně tolerována. Užívání alkoholických nápojů je omezeno zákonem. V České republice je dostupný pro většinu populace (věková hranice pro prodej a konzumaci je 18 let) (viz Obr. 19). Alkohol má na lidský organismus poměrně velké množství účinků, které jsou převážně negativní [58].

4.1 Negativní účinky

Při konzumaci malého množství alkoholu se nejprve mohou projevovat povzbuzujícími účinky. Další konzumací dochází k uvolňování zábran a zhoršení celkového úsudku. Ethanol obsažený v alkoholickém nápoji je vstřebáván sliznicemi. Konzumace alkoholu zároveň s některými druhy léků může mít za následek snížení tolerance k alkoholu nebo naopak alkohol zvyšuje citlivost organismu na tyto léky. Další fází konzumace alkoholu může být únava, uvolnění svalů, obtížná nesrozumitelná řeč, narušení motorického centra a tím i nejistý pohyb [59].

Je prokázáno, že vysoká konzumace alkoholu znamená zvýšené riziko zdravotních následků. Má přímý i nepřímý škodlivý vliv na velký počet orgánů. Mezi tyto následky nadměrné konzumace může patřit rozvíjení demence, několik druhů rakoviny (prsů, konečnicku a horního trávicího traktu) a cirhóza jater. Dalším negativním účinkem může být ovlivnění psychické rovnováhy jedince. Dále může nadměrná konzumace vést k vzniku syndromu závislosti na alkoholu – alkoholismu [60].

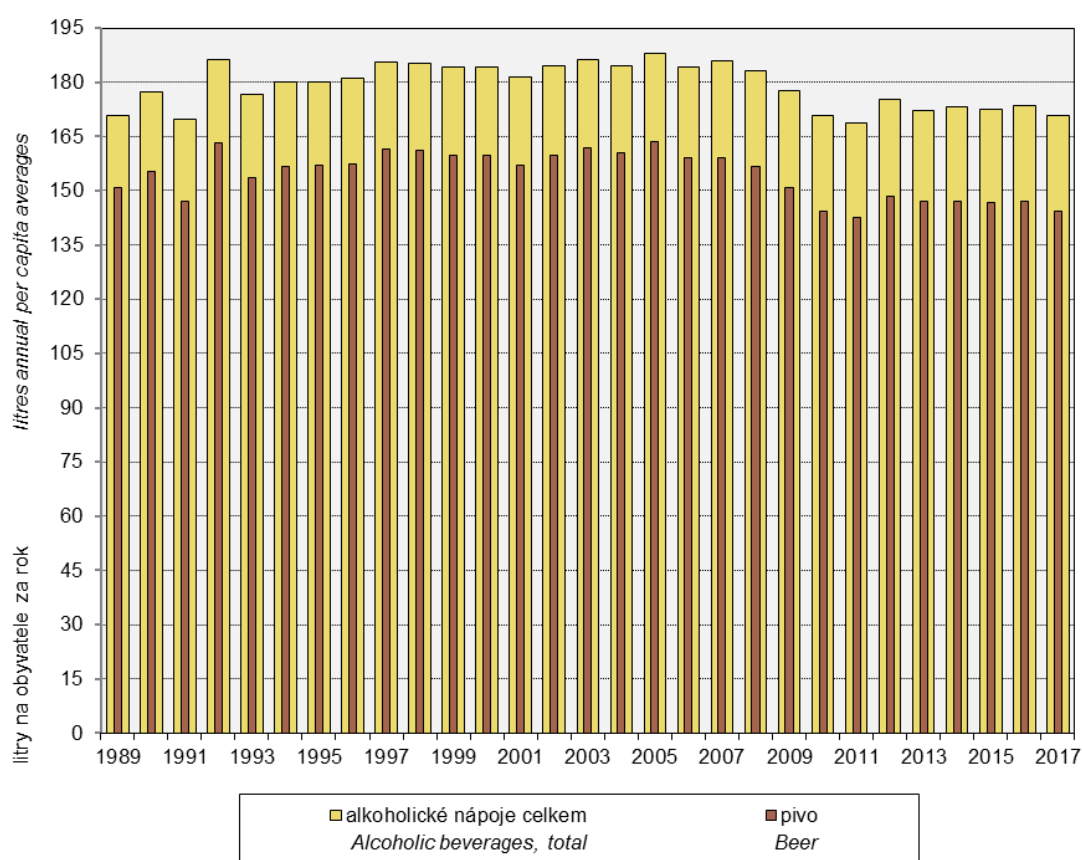
Podle zákona č.37/1989 Sb. o ochraně před alkoholismem a jinými toxikomaniemi je osoba závislá na alkoholu, pokud není schopna se natrvalo zdržet konzumace nadměrného nebo jinak škodlivého množství alkoholu a tím si způsobuje vážnou poruchu na zdraví a narušuje společenské vztahy [57].

Závislost na alkoholu neboli alkoholismus je chronické onemocnění. Jedince, který trpí závislostí, postihuje nejen po stránce fyzické a psychické, ale i po stránce sociální. Jedná se o psychickou i fyzickou závislost, kterou provází abstinenční příznaky. Závislí jedinci neboli

alkoholici přestávají vnímat míru množství alkoholu, který mohou konzumovat. Jelikož se jedná o chronické onemocnění, je nutná správně zvolená léčba [61].

4.2 Pozitivní účinky

Při mírné konzumaci alkoholických nápojů se může za pozitivní účinek považovat snížení rizika kardiovaskulárních onemocnění. Ovšem mnoho studií uvádí, že snížení tohoto rizika je potvrzeno jen z 25–30 %. Tento pozitivní účinek je ovlivněn i věkem a pohlavím konzumenta alkoholických nápojů [60].



Obrázek 19: Spotřeba alkoholických nápojů a piva v ČR [62]

4.3 Účinky alkoholu v závislosti na pohlaví

Uvádí se, že ženám stačí nižší dávka alkoholu nežli mužům. Z tohoto tvrzení vyplývá skutečnost, že ženy jsou při užití stejného množství alkoholu dříve a více intoxikované než muži. Je to způsobeno rozdílem aktivity enzymu alkoholdehydrogenázy v žaludeční tkáni, která rozkládá alkohol ještě předtím, než se dostane do krevního oběhu. U žen je aktivita tohoto enzymu 4x nižší než u mužů. Dalším faktorem je množství tuku, kterého mají ženy v těle více, a množství vody, které mají ženy naopak méně než muži. Protože je alkohol rozpustný ve vodě, v ženském těle dochází rychleji ke zvyšování jeho koncentrace [63].

5 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo provést literární rešerši za účelem získání informací na téma využití obilovin pro výrobu nápojů.

V úvodní části této práce jsou popsány obiloviny a jejich historie. Obilovina, která je nejvíce využívána pro výrobu nápojů je v první řadě sladovnický ječmen. Dále se práce zabývá popisem obilného zrna, jeho složením a morfologickou stavbou, což je důležité pro další zpracování zrna. Následně jsou definovány i jednotlivé složky cereálií a jejich fyziologické účinky na lidský organismus. Největší složku obilného zrna tvoří škrob, který je technologicky významný. Příznivé účinky na lidský organismus mají např. sacharidy a lipidy, které slouží jako zdroj energie. Dále je důležitý i obsah bílkovin jako zdroj dusíku pro stavbu tkání. V poslední části kapitoly o obilovinách jsou popsány jednotlivé druhy a jejich význam a použití.

V hlavní části práce jsou popsány výroby nápojů, kdy jednou z hlavních složek jsou obiloviny. V této práci se jedná o kvasný líh, whisky a pivo. Velký význam v konzumaci alkoholických nápojů má pivo a skotská whisky, které se řadí do seznamu neoblíbenějších alkoholických nápojů. Jako příklad nealkoholických nápojů jsou popsány Sládkovy limonády. U jednotlivých nápojů jsou popsány výchozí suroviny a následně technologický postup výroby.

Závěrečná část je zaměřena na účinky alkoholu na lidský organismus. U negativních účinků se jedná o škodlivý vliv na velkou řadu orgánů, zvýšené riziko vzniku rakoviny a rozvoj demence. Mezi následky nadměrné konzumace alkoholu patří i chronické onemocnění alkoholismus. Za pozitivní účinky je možné považovat snížení rizika kardiovaskulárních onemocnění, ovšem jen při velmi mírné konzumaci alkoholických nápojů. Nakonec je porovnán účinek alkoholu na ženy a muže, kdy se uvádí, že ženám stačí menší množství alkoholu nežli mužům ke vzniku opilosti nebo intoxikace alkoholem.

Seznam použité literatury

- [1] PŘÍHODA, J., P. SKŘIVAN a M. HRUŠKOVÁ. *Cereální chemie a technologie I*. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2003. ISBN 80-7080-530-7.
- [2] MARTINEK, V. a P. FILIP. *Mlýnařská technologie svazek 2: Skladování a příprava surovin*. Praha: Svaz průmyslových mlýnů ČR, 2012. ISBN 978-80-239-9475-9.
- [3] *Obiloviny* [online]. [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <http://papu.ssss.cz/w/kp/p/pv/1/druhyobilovi.htm>
- [4] SLUKOVÁ, M., P. SKŘIVAN a M. HRUŠKOVÁ. *Cereální chemie a technologie*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2017. ISBN 978-80-7592-000-3
- [5] KADLEC, P. *Technologie potravin I*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2002. ISBN 80-7080-509-9.
- [6] W. SEIBEL, O. KIM CHUNG, D. WEIPERT, S. PARK, CEREALS v *Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry* (Barbara Elvers, Ed.), 7. vydání, VCH: Weinheim 2011; sv. 8, str. 1–40
- [7] KENT, N. L. a A. D. EVERS. *Technology of Cereals*. 4th Edition. Oxford: Pergamon press, 1994. ISBN 978-1-85573-361-9.
- [8] CHEN, J. a A. ROSENTHAL. *Modifying Food Texture*. Volume 2. Cambridge: Elsevier, 2015. ISBN 978-1-78242-334-8.
- [9] *Vlaštovička* [online]. [cit. 2019-03-24]. Dostupné z: <http://www.vlastovicka.cz/cz/pekarina/detail/od-obilky-k-mouce-aneb-jak-vznika-mouka-v-ceskych-mlynech/365>
- [10] KENT, N. L., K. A. ROSENTRATER a A. D. EVERS. *Kent's technology of cereals*. 5th Edition. Cambridge: Woodhead Pub., 2018. ISBN 978-0-08-100529-3.
- [11] KADLEC, P., K. MELZOCH a M. VOLDŘICH. *Co byste měli vědět o výrobě potravin?* Ostrava: Key Publishing s.r.o., 2009. ISBN 978-80-7418-051-4.
- [12] MORRIS, P. C. a J. H. BRYCE. *Cereal biotechnology*. Cambridge: CRC Press/Woodhead Pub., 2000. ISBN 0849308992.
- [13] HAMPL, J. *Cereální chemie a technologie I*. 2. vyd., Praha: VŠCHT Praha, 1988
- [14] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin I*. 2. vyd., Tábor: OSSIS, 2002. ISBN 80-86659-00-3.
- [15] *Informační centrum bezpečnosti potravin* [online]. ČR: Ministerstvo zemědělství, 2008 [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/>

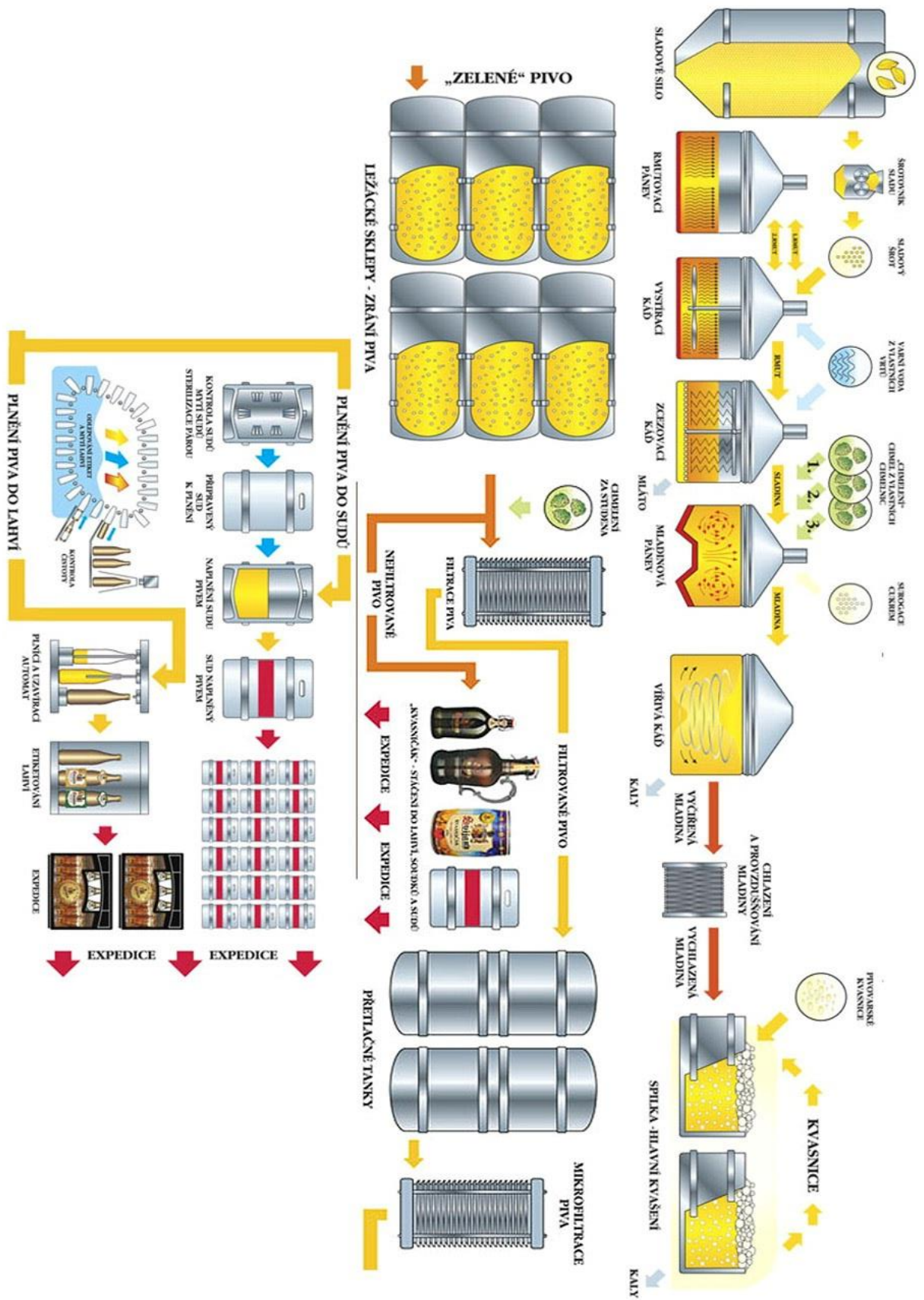
- [16] OWENS, G. *Cereals processing technology*. Cambridge: Woodhead Pub., 2001. ISBN 0849312191.
- [17] C. W. WRIGLEY v *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology* (Seidel, A., Ed.), 5. vydání, Wiley: Hoboken 2004; sv. 26, str. 262-294
- [18] CABALLERO, B., L. C. TRUGO a P. M. FINGLAS. *Encyclopedia of food sciences and nutrition*. 2nd edition. New York: Academic Press, 2003. ISBN 0-12-227057-6.
- [19] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin 2*, 2. vyd. upr., Tábor: OSSIS, 2002. ISBN 80-86659-01-1.
- [20] HENRY, C. J. K. a C. CHAPMAN. *The nutrition handbook for food processors*. Cambridge: Woodhead Pub., 2002. ISBN 0849315433
- [21] *Úroda* [online]. [cit. 2019-06-14]. Dostupné z: <https://www.uroda.cz/roste-produkce-i-spotreba-obilovin/>
- [22] *Český statistický úřad* [online]. [cit. 2019-06-14]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/definitivni-udaje-o-sklizni-zemedelskych-plodin-2018>
- [23] ARENDT, E. K. a E. ZANNINI. *Cereal grains for the food and beverage industries*. Cambridge: Woodhead pub., 2013. ISBN 978-0-85709-413-1.
- [24] *Pšenice obecná* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/psenice.htm>
- [25] CONSIDINE, G. D. a P. H. KULIK. *Van Nostrand's scientific encyclopedia*. 9th edition. New York: John Wiley, 2002. ISBN 9780471332305.
- [26] *Ječmen* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/jecmen.htm>
- [27] *Žito seté* [online]. [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/zito.htm>
- [28] ZHU, F.: *Food chemistry* 241, 468-479 (2018)
- [29] *Triticale* [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <https://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/triticale.htm>
- [30] *Oves setý* [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <https://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/oves.htm>
- [31] SERNA-SALDIVAR, S. O. *Corn: Chemistry and Technology*. 3rd edition. Elsevier Science, 2018. ISBN 978-0-12-811971-6.

- [32] *Kukuřice* [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <https://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/kukurice.htm>
- [33] KADLEC, P. a kolektiv. *Technologie potravin II*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2002. ISBN 80-7080-510-2.
- [34] N. KOSTARIC, Z. DUVNJAK, A. FARKAS, H. SAHM, S. BRINGER-MEYER, O. GOEBEL, D. MAYER., Ethanol v *Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry* (Barbara Elvers, Ed.), 7. vydání, VCH: Weinheim 2011; sv. 13, str. 333–403
- [35] J. E. LOGSDON, Ethanol v *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology* (Seidel, A., Ed.), 5. vydání, Wiley: Hoboken 2004; sv. 10, str. 528-558
- [36] TOJO, S. a T. HIRASAWA. *Research approaches to sustainable biomass systems*. Oxford: Academic Press, 2014. ISBN 978-0-12-404609-2.
- [37] *Wikipedia* [online]. [cit. 2019-06-14]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Saccharomyces_cerevisiae#/media/File:Saccharomyces_cerevisiae_SEM.jpg
- [38] DRDÁK, M., J. KAROVIČOVÁ, E. MÓROVÁ a J. STUDNICKÝ. *Základy potravinářských technologií*. Bratislava: Malé Centrum, 1996. ISBN 8096706411.
- [39] PELIKÁN, M., D. MÍŠA a F. DUDÁŠ. *Technologie kvasného průmyslu*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1996. ISBN 80-7157-240-3.
- [40] International Food Information Service. *Dictionary of food science and technology*. 2nd edition. IFIS: Wiley-Blackwell, 2009. ISBN 978-1-4051-8740-4.
- [41] FELLOWS, P. *Food processing technology*. 4th edition. Boston: Woodhead Pub., 2017. ISBN 978-0-08-101907-8.
- [42] SCHASCHKE, C. *A dictionary of chemical engineering*. Oxford: Oxford University Press, 2014. Oxford paperback reference. ISBN 978-0-19-965145-0.
- [43] SELLEY, R. C., L. R. M. COCKS a I. R. PLIMER. *Encyclopedia of geology*. Boston: Elsevier, 2005. ISBN 978-0-12-636380-7.
- [44] KÜCK, H.-U a N. FRANKENBERG-DINKEL. *Biotechnology*. Boston: Walter de Gruyter GmbH & Co., 2015. De Gruyter textbook. ISBN 978-3-11-034110-2.
- [45] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. *2014 ASHRAE Handbook – Refrigeration*. SI Edition. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE), 2014. ISBN 978-1-936504-72-5.

- [46] *Výroba whisky* [online]. [cit. 2019-06-14]. Dostupné z: <https://www.alkoholium.cz/jak-se-vyrabi-whisky-krok-za-krokem/>
- [47] ROBINSON, R. K., C. A. BATT a P. D. PATEL. *Encyclopedia of food microbiology*. San Diego: Academic Press, 2000. ISBN 978-0-12-227070-3.
- [48] MOTARJEMI, Y., G. MOY a E. C. D. TODD. *Encyclopedia of food safety*. Boston: Elsevier, Academic Press, 2014. ISBN 9780124200326.
- [49] Experts from The Mayo Clinic; Experts from UCLA Center for Human Nutrition; Experts from Dole Food Company. *Encyclopedia of foods*. San Diego, Calif.: Academic Press, 2002. ISBN 978-0-12-219803-8.
- [50] *Chmel* [online]. [cit. 2019-06-14]. Dostupné z: <http://www.pivniklenoty.cz/vse-o-pivu/zajimavosti-o-pivu/chmel/>
- [51] BASAŘOVÁ, G., J. ŠAVEL, P. BASAŘ a T. LEJSEK. *Pivovarství: teorie a praxe výroby piva*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2010. ISBN 978-80-7080-734-7.
- [52] DOYLE, M. P. a R. BUCHANAN. *Food microbiology*. 4th edition. Washington, DC: ASM Press, 2013. ISBN 978-1-55581-626-1.
- [53] ESKIN, N. A. M. a F. SHAHIDI. *Biochemistry of foods*. 3th edition. Amsterdam: Academic Press, an imprint of Elsevier, 2013. ISBN 978-0-12-242352-9.
- [54] *Výroba piva* [online]. [cit. 2019-06-14]. Dostupné z: <https://www.alkoholium.cz/slozity-postup-vareni-piva-plzenskeho-typu/>
- [55] *Spilka* [online]. [cit. 2019-06-14]. Dostupné z: <http://www.pivovar.sk/katalog-pivovaru/svijany/spilka-450/>
- [56] *Staropramen sládkovy limonády* [online]. [cit. 2019-06-14]. Dostupné z: <https://sladkovalimonada.cz/>
- [57] *Zákony pro lidi* [online]. [cit. 2019-06-14]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1989-37#cast1>
- [58] *Alkohol* [online]. [cit. 2019-06-13]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/76531.aspx>
- [59] EAGLESON, M. *Concise encyclopedia chemistry*. 2nd edition. New York: Walter de Gruyter, 1994. ISBN 978-0-89925-457-9.
- [60] GRONBAEK, M.: *Journal of Internal Medicine* 265 (4), 407-420 (2009).

- [61] HARTL, P. a H. HARTLOVÁ. *Psychologický slovník*. Praha: Portál, 2000. ISBN 80-7178-303-x.
- [62] *Český statistický úřad* [online]. [cit. 2019-06-14]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/spotreba-potravin-2017>
- [63] *Klinika adiktologie* [online]. [cit. 2019-06-14]. Dostupné z: <http://www.adiktologie.cz/cz/articles/detail/72/3296/Vzorke-uzivani-alkoholu-u-zen-a-muzu>
- [64] *České pivo* [online]. [cit. 2019-06-14]. Dostupné z: <https://ceskepivo-ceskezlato.cz/pivovarnictvi/18/>

Přílohy



Příloha 1: Schéma výroby piva [64]