

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B 4131 Zemědělství

Studijní obor: Agropodnikání

Katedra: Katedra veterinárních disciplin a kvality produktů

Vedoucí katedry: prof. Ing. Jan Trávníček, CSc.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
Porovnání tradiční výroby piva s moderními  
technologiemi

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Iveta Češková

Autor: Anna Flosová

České Budějovice, duben 2011

## Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/ 1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne 15.4.2011

Podpis studenta

## Poděkování

Chtěla bych poděkovat vedoucí bakalářské práce Ing. Ivetě Češkové za vedení práce a cenné rady a připomínky.

## **Abstrakt**

Předložená bakalářská práce se zabývá porovnáním tradiční výroby piva s moderními technologiemi. Z obsáhlé teorie technologie výrovy piva je těžiště práce věnováno pivovarským kvasinkám a procesu kvašení piva, které v průběhu vývoje výroby piva zaznamenaly největší pokrok.

Kapitola zpracovávající pivovarské kvasinky se zabývá jejich taxonomií, morfologií a cytologií, složením, rozmnožováním a druhy pivovarských kvasinek, kde jsou charakterizovány kvasinky pro spodní a svrchní kvašení. Téma dále zpracovává sbírky pivovarských kvasinek a stresové faktory kvasinek.

Ve stěžejní kapitole o kvašení mladiny, je zpracováno hlavní kvašení s uvedením průběhu a faktorů hlavního kvašení a použitých technologií. V dalších částech kapitoly je pojednáno o dokvašování a zrání piva a kvašení a dokvašování ve velkoobjemových nádobách s bližší specifikací výroby piva v cylindrokónických tancích (CKT).

### **Klíčová slova:**

pivo, pivovarské kvasinky, kvašení piva, spodní kvašení, svrchní kvašení, mladina, cylindrokónický tank

## **Abstract**

Presented Bachelor thesis was focused on comparison of traditional beer production with modern technologies. From comprehensive theory of beer brewing technology was the main point of the work devoted to brewer's yeast and beer fermentation process, which has made the greatest progress during the development of beer production technology.

Chapter about brewer's yeast is dealing with their taxonomy, morphology and cytology, structure, reproduction and types of yeast, bottom and top fermenting yeast. Brewer's yeast collection and stress factors of the yeast are mentioned in the work.

The crucial chapter about wort fermentation is talking about main fermentation process with indication of the factors influencing the fermentation and used technologies. Next parts of the chapter are dealing with aging of the beer and beer maturation and fermentation and aging in large containers with more specifications of beer production in cylindrical-conical tanks (CCT).

### **Key words:**

beer, brewer's yeast, beer fermentation, bottom fermentation, top fermentation, wort, cylindrical-conical tank

## **OBSAH**

1. Úvod.....	- 8 -
2. Suroviny pro výrobu piva.....	- 9 -
2.1. Slad.....	- 9 -
2.2. Chmel.....	- 10 -
2.3. Voda.....	- 10 -
3. Příprava mladiny.....	- 11 -
4. Pivovarské kvasinky .....	- 13 -
4.1. Taxonomie kvasinek .....	- 13 -
4.2. Morfologie a cytologie.....	- 14 -
4.3. Chemické složení.....	- 14 -
4.4. Rozmnožování pivovarských kvasinek.....	- 14 -
4.5. Druhy pivovarských kvasinek .....	- 15 -
4.5.1. Kvasinky pro svrchní kvašení.....	- 15 -
4.5.2. Kvasinky pro spodní kvašení.....	- 16 -
4.6. Sbíрка pivovarských kvasinek .....	- 16 -
4.6.2. Sbírkové kmeny .....	- 17 -
4.7. Stresové faktory kvasinek .....	- 18 -
5. Kvašení mladiny .....	- 20 -
5.1. Historie.....	- 20 -
5.2. Hlavní kvašení .....	- 22 -
5.2.1.1. Zakvašování a provzdušňování .....	- 23 -
5.2.1.2. Stádia hlavního kvašení .....	- 24 -
5.2.1.3. Sedimentace a sběr kvasnic.....	- 24 -
5.2.2. Faktory ovlivňující průběh hlavního kvašení .....	- 25 -
5.2.2.1. Složení mladiny.....	- 26 -
5.2.2.2. Teplota a tlak při kvašení .....	- 26 -
5.2.2.3. Nasycení zakvašované mladiny kyslíkem .....	- 27 -
5.2.3. Spilka.....	- 27 -

5.2.4.	Kvasné kádě.....	- 28 -
5.3.	Dokvašování a zrání piva .....	- 28 -
5.4.	Kvašení a dokvašování ve velkoobjemových nádobách .....	- 29 -
5.4.2.	Druhy velkoobjemových nádob .....	- 30 -
5.5.	Výroba piva v cylindrokónických tancích (CKT) .....	- 32 -
5.5.1.1.	Chlazení CKT .....	- 33 -
5.5.1.2.	Velikost CKT .....	- 34 -
5.5.2.	Technologie výroby piva v CKT .....	- 34 -
5.6.	System HGB (High Gravity Brewing).....	- 35 -
6.	Filtrace piva.....	- 36 -
7.	Pasterace piva .....	- 36 -
8.	Stáčení piva .....	- 37 -
9.	Legislativa .....	- 38 -
10.	Velké a malé pivovary nacházející se na území České Republiky .....	- 39 -
11.	Závěr.....	- 41 -
12.	Použité zdroje.....	- 42 -
13.	Seznam zkratek .....	- 45 -

## 1. Úvod

Co bychom si měli vybavit pod pojmem pivo? Bílá, hebká pěna na orosené sklenici, pod níž se nachází jiskrný mok jantarové barvy, osobité vůně a jemně nahořklé chuti.

Tento dnes světově oblíbený nápoj započal svou cestu ke slávě ve staré Mezopotámii, kde byl vyráběn z různých druhů obilovin a bylin. Postupem času došli lidé k závěru, že optimálními surovinami jsou slad, chmel a voda. Začalo se vařit pivo v domácnostech na základě nejdůležitějšího středověkého městského práva a to Práva várečného. S vývojem vědy a techniky se postupně zahajovala průmyslová velkovýroba téměř v té podobě, jak ji známe dnes z menších a domácích minipivovarů. Rozvoj moderních věd a hlavně techniky je nezastavitelný, a proto do mnohých „pivařů“ se dává nejistota, zda i při moderních výroбах bude pivo stále tak dobré?!

Proto se ve své práci zabývám porovnáním tradiční výroby piva s moderními technologiemi. Zaměřuji se na historický vývoj a mapuji současné technologie aplikované pro výrobu piva a jejich dopad na kvalitu výsledného produktu. Vzhledem k rozsáhlosti tohoto tématu se blíže soustředuji na proces kvašení, který je z mého hlediska nejdůležitější součástí výroby piva.



## 2. Suroviny pro výrobu piva

### 2.1. Slad

Sladařství je potravinářské průmyslové odvětví zabývající se výrobou sladu jako hlavní suroviny pro pivovarský průmysl. Hlavními produkty jsou světlé, tmavé a speciální slady. Pro výrobu sladu jsou základními surovinami ječmen a voda (Kadlec et al., 2002).

Rozvoj pěstování sladovnického ječmene na území dnešní České Republiky i v řadě evropských a zámořských zemí je spojen s pěstováním této obiloviny ve značné míře již od 11. století na moravské Hané. V Evropě i na našem území převládala až do konce 18. století výroba sladů z pšenice seté (*Triticum aestivum*). Původně si slad pro svoji potřebu vyráběl každý pivovar, prodával se nebo se vyvážel surový ječmen. V polovině 19. století s nástupem průmyslové výroby zaznamenala i výroba sladu velký modernizační pokrok. Byly zakládány samostatné obchodní sladovny, které prodávali slad nejen domácím pivovarům, ale vyvážely ho do celého světa (Basařová a Hlaváček, 1999, Basařová et al., 2010).

#### 2.1.1. *Výroba sladu*

Slad se vyrábí řízeným procesem klíčení a hvozdnění, při kterém se hromadí v zrna enzymy, aromatické a barevné látky potřebné k výrobě určitého druhu piva. Výrobu sladu lze rozdělit do 5 výrobních fází:

- Příjem, čištění, třídění a skladování ječmene
- Máčení ječmene
- Klíčení ječmene
- Hvozdnění a úprava sladu
- Druhy sladů

Na druhu sladu závisí kvalita výsledného produktu, proto je velmi důležitá kontrola jeho jakosti (Pelikán a Sáková, 2001).

## 2.2. Chmel

Chmel otáčivý (*Humulus lupulus*) je vytrvalá, popínavá rostlina pěstovaná v monokultuře na témže stanovišti 25 a více let. Rozšířen je v celé Evropě i v ostatních světadílech. Římské prameny z prvního století našeho letopočtu se o chmelu zmiňují jako o oblíbené zahradní zelenině. Mladé postranní výhonky se prodávaly na trzích a v kuchyni zpracovávaly podobně jako chřest. Chmel je jedna ze základních surovin pro výrobu piva, významným způsobem spoluvytváří jeho sensorické vlastnosti a ovlivňuje i další kvalitativní parametry (Prugar et al., 2008).

## 2.3. Voda

Voda je ve sladařském a pivovarském průmyslu důležitou surovinou, neboť přímo ovlivňuje kvalitu piva a má jinak široké uplatnění a spotřebuje se jí celkově velké množství. (Kadlec et al., 2002) V dobách domácí výroby se pro přípravu piva používala voda bez zásadních úprav ze zdrojů, které byly v blízkosti. K docílení čistoty zařízení a výrobku se voda pro přípravu piva i vymývání nádob opakovaně převařovala. V době řemeslné výroby byly stále hlavním zdrojem vody studny nebo vodní plochy a toky v blízkosti právovárečných a nákladnických domů. Úpravy varní vody se začaly uplatňovat s rozvojem průmyslové výroby od poloviny 19. století. Prvé úpravy se týkaly odželezňování vod a snížení tzv. tvrdosti. V současnosti je k dispozici řada moderních postupů úpravy varních vod s možností zajištění standardního zastoupení nejvýznamnějších iontů v technologii (Basařová a Hlaváček, 1999). Podle technologického postupu a vyspělosti technického zařízení se spotřebuje na výrobu 1t sladu 10 – 15 hl vody (Kadlec et al., 2002). Vodu dělíme dle účelu použití do tří skupin:

- Varní voda, která se používá pro přípravu piva. Musí splňovat požadavky pro pitnou vodu.
- Mycí a sterilační voda, která musí být bez mikroorganismů, chemických kontaminantů a nesmí zapáchat, proto se doporučuje chlorovat.
- Provozní voda musí odpovídat standardům stanoveným pro jednotlivé operace a zařízení.

(Basařová et al., 2010)

### 3. Příprava mladiny

Mladina se připravuje ve varně pivovaru ze sladu, z vody a chmele. Podmínky přípravy z hlediska složení a surovin se volí podle druhu vyráběného piva (Basařová et al., 2010).

Příprava mladiny se dělí na několik fází:

- Šrotování sladu – v dřívějších dobách se slad namačkával převážně tlučením ve hmoždířích. Zajištění mletí sladu přímo v pivovaru vzniklo z iniciativy Františka Ondřeje Poupěte, následně prodělala konstrukce šrotovníků velký vývoj (Basařová et al., 2010).

Jemnost šrotu má vliv na činnost sladových enzymů, k jemnějším částicím mají lepší přístup, když je ale šrot příliš jemný způsobuje ucpávání filtračních kanálků při scezování (Pelikán a Sáková, 2001).

- Vystírání a rmutování – vystírání je proces, při kterém se smíchá sladový šrot se studenou vodou a později se přidává horká voda, aby konečná teplota dosáhla 35 – 38 °C (Pelikán a Sáková, 2001).

Rmutování slouží k rozštěpení a převedení extraktu do roztoku působením enzymů za postupného vyhřívání vystírky ve rmutovací kádi. Optimální teploty pro rmutování jsou 55 – 60 °C a dále je také důležité optimální pH, které by nemělo klesnout pod 5,4. Cílem rmutování je dokonalé zcukření škrobu (Pelikán a Sáková, 2001).

Dříve byla užívána pro rmutování a chmelovar jedna nádoba, obvykle železná nebo měděná. S přechodem na průmyslovou výrobu se začaly využívat jednoduché varní soupravy a následně v polovině 20. Století se instalovaly varny se čtyřmi nádobami (Basařová et al., 2010).

- Scezování a vyslazování mláta – účelem scezování je oddělení extraktu (sladiny) od pevných nerozpustných zbytků mláta. Vyslazování mláta slouží k vyloužení posledních zbytků rozpuštěného extraktu. Obě operace se prování ve scezovací kádi (Pelikán a Sáková, 2001).

Mláto se od sladiny dříve oddělovalo cezením přes slaměný věchet, v 18. století bylo zajišťováno jednoduchým dřevěným zařízením s kovovou perforovanou vložkou. Po druhé světové válce se proces scezování začal

výrazně automatizovat, až po dnešní výpočetní technikou dokonale řízený provoz separace mláta na moderních scezovacích kádích a filtrech (Basařová et al., 2010).

- Chmelovar – cílem chmelovaru je převedení hořkých látek chmele do mladiny, sterilizace a zahuštění mladiny. Dávka chmele se přidává zpravidla na třikrát podle kvality a druhu vyráběného piva (Pelikán a Sáková, 2001). Původní způsob chmelení se prováděl upraženou, téměř černou hmotou z hlávkového chmele a sladiny. Tento postup byl však nahrazen chmelem svařeným za mírných podmínek se sladinou, což přispělo ke snížení barvy světlých piv. Dnes již málo pivovarů používá hlávkový chmel a převažuje chmelení granulami nebo různými druhy chmelových extraktů (Basařová et al., 2010).
- Chlazení mladiny – z mladiny je nutné odstranit hrubé a jemné kaly, provzdušnit mladinu a zchladit mladinu na zákvasnou teplotu 5 – 7 °C (Pelikán a Sáková, 2001). Pradávnými způsoby se chlazení mladiny na zákvasnou teplotu provádělo tak, že se horká mladina nalila do dřevěných mělkých nádob. V 19. století byl tento proces nahrazen dvoustupňovým postupem na otevřených zařízeních, kde se v první fázi mladina ochladila na mělkých železných vanách zvaných stoky na teplotu okolo 60 °C. Mladina se pak dochladičila na otevřených sprchových, později uzavřených protiproudových chladičích (Basařová et al., 2010).

## 4. Pivovarské kvasinky

Kvasinky mají prvořadý význam při kvašení mladiny, neboť ovlivňují chemické složení piva, jeho trvanlivost a organoleptické vlastnosti. Velkou pozornost kvašení a jeho vedlejším produktům věnoval Louis Pasteur (1822 – 1895). Na základě experimentálně získaných poznatků zjistil, že každé kvašení vyžaduje vlastní mikroorganismus a v podstatě je to život bez kyslíku (Bendová a Kahler, 1981).

Původní název rodu pivovarských kvasinek pochází z roku 1837 od Schwanna (*Zuckerpils* – cukerná houba). Tyto kvasinky v roce 1838 označil berlínský botanik J. F. Meyen názvem *Saccharomyces cerevisiae*, což je vlastně latinský ekvivalent původního označení, spojený s druhovým názvem souvisejícím s latinským názvem pro pivo. Specifikaci rodu upřesnil roku 1870 Rees (Basařová et al., 2010).

### 4.1. Taxonomie kvasinek

Kvasinky jsou jednobuněčné organismy řadící se do nadříše *Eukaryota*, říše houby (*Fungi*). V systému hub patří kvasinky mezi *Eumycota*, do pododdělení *Ascomycotina* (vřeckovýtrusné houby). V rámci systému vřeckovýtrusných hub jsou pivovarské kvasinky zařazovány do třídy *Endomycetes* a čeledi *Saccharomycetaceae* (Matoušková a Šavel, 2007, Šavel, 2002).

V pivovarnictví se využívá druh *Sacharomyces cerevisiae* subsp. *uvarum*. Buňky jsou oválné nebo kulaté, u diploidních buněk se tvoří pseudomycelium, u triploidních nebo aneuploidních bývá pseudomycelium rudimentární, buňky jsou větší. U pivovarských kmenů se spory zpravidla netvoří nebo jejich počet je nižší a nevitální (Matoušková a Šavel, 2007).

V rámci druhu *Sacharomyces cerevisiae* existuje asi 1 000 technologických kmenů s různými vlastnostmi (Šavel, 2002).

Za jeden z nejdůležitějších biochemických znaků pivovarských kvasinek se považuje schopnost zkvašovat sacharidy za tvorby etanolu a oxidu uhličitého. Tato

schopnost závisí nejen na přítomnosti příslušného enzymového systému, ale také na systému, umožňujícím vstup sacharidů do buněk (Šavel, 1998).

#### 4.2. Morfologie a cytologie

Pivovarské kvasinky mají zpravidla oválný, řidčeji kulatý tvar, který se spolu s jejich velikostí mění v závislosti na kultivačních podmínkách. Buňky bývají 6 až 10  $\mu\text{m}$  dlouhé a 5 až 8  $\mu\text{m}$  široké. Z toho se odvozuje, že při kvašení mladiny běžnou dávkou hustých kvasnic je v 1 ml přibližně 15 milionů buněk (Bendová a Kahler, 1981).

#### 4.3. Chemické složení

Kvasničná buňka je tvořena z 65 – 85% vodou. Větší část obsahu vody je tvořena intravaskulární, vázanou vodou uvnitř buněk. Menší část je voda hydratační a volná, vázaná povrchovými silami. Složení sušiny kvasničné buňky je proměnlivé v závislosti na fyziologickém stavu a stáří kultury a mění se i se změnami složení substrátu. Základní složky sušiny pivovarských kvasinkách jsou uvedeny v Tab. 1 (Basařová a Čepička, 1986).

**Tab. 1** Základní chemické složení sušiny pivovarských kvasinek (Basařová a Čepička, 1986)

Složka	Obsah (%)
Sacharidy	15 – 37
Dusíkaté látky	45 – 60
Lipidy	2 – 12
Minerální látky	6 – 12
Vitamíny, Kofaktory	stopy

#### 4.4. Rozmnožování pivovarských kvasinek

Kvasinky se rozmnožují vegetativně – pučením, a za nepříznivých podmínek pohlavně – sporulací. Počet pučení jedné mateřské buňky dosahuje průměrně asi 20 cyklů a může být kontrolován mikroskopicky, protože po každém pučení zůstává na povrchu buňky jizva, přes kterou již neprobíhá transport živin a metabolitů (Kosař et al., 2000).

Reprodukce pivovarských kvasinek závisí i na vlivu vnějších činitelů, jako je stáří buněk, teplota, obsah kyslíku v živné půdě a její složení. Dále je všeobecně známý vliv teploty s optimem 25 °C pro rozmnožování pivovarských kvasinek. Je však třeba rozlišovat technologicky únosnou maximální teplotu, která je u spodních pivovarských kvasinek nižší (12 – 13 °C) (Bendová a Kahler, 1981).

#### **4.5. Druhy pivovarských kvasinek**

Pojem pivovarské kvasinky zahrnuje dva druhy, *Saccharomyces carlsbergensis Hansen* a *Saccharomyces cerevisiae Hansen*, liší se vzájemně především typem zkvašování rafinosy. Po technologické stránce se oba druhy liší typem kvašení (Bendová a Kahler, 1981).

Pivovarské kvasinky během metabolických procesů produkují etanol, oxid uhličitý a celé řady dalších vedlejších produktů, které přispívají k dochucení a dokončení piva (Goldammer, 2008).

##### **4.5.1. Kvasinky pro svrchní kvašení**

Svrchní kvašení vyvolávají především kvasinky druhu *Saccharomyces cerevisiae*, které se vyznačuje tím, že většina kvasinek je vynášena vznikajícím CO<sub>2</sub> k hladině kvasící mladiny a tvoří na ní hustou pěnu (tzv. kvasnou pokrývku, „deku“). Kvasnice se proto označují jako svrchní. Kvašení probíhá za vyšších teplot až do 25 °C a ustává při teplotě nižší než 10 °C. Rafinosu zkvašuje pouze 1/3 molekul (Bendová a Kahler, 1981, Šavel, 2002).

Některé svrchní kvasinky mohou také tvořit typickou chuť pšeničných svrchně kvašených piv (Basařová et al., 2010).

#### **4.5.2. Kvasinky pro spodní kvašení**

Kvasinky *Saccharomyces carlsbergensis* se užívají při výrobě piva typu ležák (Basařová et al., 2010).

Při spodním způsobu kvašení se kvasinky v konečné fázi shlukují ve vločky a sedimentují na dně kvasné nádoby. Proto se technicky nazývají kvasnice spodní. Kvašení velmi dobře probíhá i za poměrně nízkých teplot 6 až 8 °C a ustává při teplotě 0 °C. Rafinosu zkvašují úplně (Bendová a Kahler, 1981, Šavel, 2002).

#### **4.6. Sběrka pivovarských kvasinek**

Moderní průmyslová výroba si vyžaduje čistou kulturu mikroorganismů, která splňuje svými biologickými a biochemickými i technologickými vlastnostmi požadovanou kvalitu hotového výrobku. Také podle užití technologie kvašení je třeba vybírat k aplikaci kmeny, splňující nároky na kvalitu hotového piva. Všechny tyto požadavky vedly k založení Sběrky pivovarských kvasinek na mikrobiologickém oddělení Výzkumného ústavu pivovarského a sladařského, mezinárodně registrované pod značkou RIMB (Research Institute of Brewing and Malting) (Hollerová a Kohoutová, 1999).

##### **4.6.1. Historie**

V roce 1946 byla založena ve Výzkumném ústavu pivovarském a sladařském v Praze největší československá sbírka kvasinek a kvasinkových mikroorganismů. Jako základ sbírky posloužily kmeny shromážděné v letech 1942 – 1944 v laboratoři vitamínové a hormonální chemie v Praze, také mnoho produkčních kmenů z Dánska, Nizozemí a mnoha středoevropských pivovarů. Celá sbírka byla v té době uchovávána na šikmých sladivých agarech pod parafinovým olejem a uložena při pokojové teplotě. Prvními kmeny v nové sbírce pivovarských kvasinek se staly kmeny používané v českých pivovarech, především kvasinky spodního kvašení. V průběhu let byla sbírka průběžně rozšiřována a doplňována o další nové kmeny (Hollerová a Kohoutová, 1999).

Roku 1964 se stala sbírka pivovarských kvasinek členem Federace československých (nyní českých a slovenských) sbírek mikroorganismů a jako jedna



z velmi specificky zaměřených průmyslově využitelných sbírek je od roku 1996 také součástí „Národního programu ochrany genofondu mikroorganismů a drobných živočichů hospodářského významu a jejich využití v referenční diagnostice (Hollerová a Kohoutová, 1999).

#### **4.6.2. Sbírkové kmeny**

Ve sbírce jsou zastoupeny dva typy produkčních kmenů pivovarských kvasinek, které patří podle klasifikace Kurtzmanna a Fella z roku 1998 k druhům *Saccharomyces pastorianus* a *Saccharomyces cerevisiae*. Podstatnou část sbírky tvoří kmeny spodního kvašení *Saccharomyces pastorianus* syn. *carlsbergensis*). Kvasinky svrchního kvašení *S. cerevisiae* jsou zastoupeny pěti exempláři. Sbíрка je průběžně doplňována a v současné době obsahuje 115 kmenů (VÚPS, 2008).

Sbířky pivovarských a divokých kvasinek jsou vedeny na sladivých agarech pod zaparafinovanou vatovou zátkou a současně na sladivých agarech převrstvených sterilním parafinovým olejem odděleně v chladícím boxu. Tyto osvědčené způsoby vedení kultur umožňují dodání kmene žadateli rychle a v aktivním stavu na šikmém agaru, případně rozkvašené do 1,5 l mladiny, což usnadňuje převedení produkčního kmene do výroby. Od roku 2006 jsou kmeny pivovarských kvasinek uchovávány v kryozkumavkách s ochranným médiem v tekutém dusíku při teplotě -196°C. Uložení v tekutém dusíku (kryoprezervace) je považováno za optimální způsob dlouhodobého uchovávání kvasinek v životachopném stavu (VÚPS, 2008).

Při kryoprezervaci se kmeny uchovávají v polypropylenových slámkách a kryozkumavkách v ochranném médiu s 10% glycerolem. Zmrazování kultur je řízeno softwarem s možností provádění změn v přednastaveném programu během zmrazovacího procesu (Matoulková, 2007).

Kvalita piva je ovlivněna výběrem kmene a tříděním kvasnic. Donhauser a kol. (Donhauser, 2009) provedli experimenty s kvasnicemi ošetřenými různými postupy. Nejlepších výsledků bylo dosaženo s uzavřeným vibračním sítem na kvasinky, větraným sterilním vzduchem. Pokud jde o rychlost rozkvašení a kvasnou

mohutnost, byl tento systém lepší než netříděné kvasnice. Oproti netříděným kvasnicím je ale také výrazně lepší třídění kvasnic bez větrání.

#### **4.7. Stresové faktory kvasinek**

Řada faktorů nepříznivě ovlivňujících chování kvasnic se označuje jako stresové faktory. Většina technologických operací v periodickém procesu kvašení mladiny je pro kvasinky určitým způsobem stresující. Stresy snižují viabilitu (podíl živých buněk) i vitalitu (fyziologický stav buněk) kvasinek, mohou vést ke konformačním a strukturním změnám v membránách, k posunům v buněčném cyklu, k celkovému poškození kvasničných buněk až k jejich úhynu. Na stres také reagují kvasničné buňky změnou vlastností buněčné stěny. Proti různým druhům stresů mají specifické obranné mechanismy, které projevují změnou buněčného složení nebo adaptací metabolismu na vnější podmínky. (Basařová et al., 2010)

##### ***4.7.1. Stresové faktory***

###### Teplotní stres

Teplotní stres zahrnuje jak působení vyšších, tak nižších teplot. Na vyšší teploty reagují kvasničné buňky tvorbou specifických bílkovin, zvyšujících tepelnou odolnost kvasinek. V praxi významnější je chladový šok. Pro správnou funkci kvasnic je důležitá prostupnost buněčných membrán, což závisí na obsahu sterolů a poměru nasycených a nenasycených mastných kyselin. Při rychlém ochlazení může membrána získat vlastnosti gelu, což může kvasničnou buňku poškodit (Šavel, 2001).

Teplotní stres se uplatňuje zejména při nesprávném režimu chlazení kvasnic v konusech CKT, kde špatná prostupnost chladu vrstvou kvasnic poškozuje kvasnice uvnitř vrstvy působením vyšší teploty a naopak nízká teplota stěny způsobuje chladový teplotní šok (Šavel, 2001).

###### Etanolový stres

Etanol, jako výsledný produkt kvasného procesu negativně působí na kvasničné buňky, přičemž jejich růst inhibuje již 10 % obj., zatímco kvašení až 20%

obj. Etanol narušuje buněčnou membránu, její prostupnost a inhibuje transport sacharidů a aminokyselin. Ačkoliv odolnost proti etanolu je určena geneticky, závisí na mnoha dalších faktorech, jako obsahu živin, vlastnostech prostředí a např. i na koncentraci  $Mg^{2+}$ , které zvyšují odolnost buňky proti etanolu (Šavel, 2001).

### Osmotický stres

Osmotický stres závisí na koncentračních rozdílech uvnitř i vně buňky a uplatňuje se zejména při kvašení mladiny s vysokou koncentrací extraktu. Účinným faktorem, chránícím buňky proti osmotickému stresu je přítomnost trehalosy uvnitř buňky, a přítomnost glycerolu a aminokyselin v okolním prostředí (Šavel, 2001).

### Tlakový stres a stres oxidu uhličitého

Hydrostatický stres se obvykle zmiňuje v souvislosti s kvašením ve vysokých CKT, neboť 10 m výšky kapaliny zvyšuje hydrostatický přibližně o 1 bar. Kromě samotného vlivu tlaku se spíše uplatňuje zvýšená rozpustnost oxidu uhličitého, přičemž 2 bary přetlaku již výrazně snižují kvasničnou viabilitu. Na druhé straně může mít zvýšený obsah oxidu uhličitého příznivý vliv, spočívající v nižší tvorbě nežádoucích těkavých látek (Šavel, 2001).

### Hodnota pH jako stresový faktor

Během kvašení se mění pH mladiny nejen vlivem vzrůstajícího obsahu oxidu uhličitého, ale především produkcí organických kyselin kvasnicemi. Na vitalitu kvasnic má vliv i vnitrobuněčné pH, čehož se často využívá k měření kvasničné aktivity. Od počáteční hodnoty pH = 5,5 mladiny klesá tato hodnota až k pH = 4,3 - 4,5 pro hotové pivo, zatímco vnitrobuněčné pH kvasnic se pohybuje mezi 5,9-6,4. Nízké hodnoty pH se uplatňují při kyselém praní kvasnic, většinou s hodnotou roztoku okolo pH = 2. Necitlivé praní kvasnic může opět výrazně ovlivnit jejich technologickou aktivitu (Šavel, 2001).

### Oxidační stres

Oxidační stres se zmiňuje v souvislosti s reakcemi volných kyslíkových radikálů (OFRs - Oxygen Free Radicals) i reaktivních druhů kyslíku (ROS - Reactive Oxygen Species), např. peroxidu vodíku. Tyto vysoce reaktivní látky vznikají při

oxidačním metabolismu kvasinek a mohou vážně poškozovat důležité části buňky (Šavel, 2001).

#### Iontový stres

Některé kovy vyvolávají u kvasnic stresové reakce a mohou tak poškozovat jejich struktury. Ionty kovů mohou blokovat funkční skupiny enzymů, vytěšňovat potřebné ionty jiných kovů a inaktivovat enzymy (Šavel, 2001).

#### Dusitanový stres

Dusitany v mladině vznikají nejčastěji vlivem gramnegativních bakterií se schopností redukovat dusičnany, přičemž k reakci postačují i velmi nízké koncentrace dusičnanu (pod 10 mg.l<sup>-1</sup> NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Dusitany v mladině mohou zcela zastavit její kvašení a kromě toho reakcí dusitanu s mladinou vznikají zdraví nebezpečné netěkavé nitrosaminy (Šavel, 2001).

## **5. Kvašení mladiny**

Fermentace mladiny za vzniku piva probíhá v zásadě ve dvou stupních. V prvním, který se nazývá hlavní kvašení, se pomnoží mikroorganismus – pivovarské kvasinky – v řízeném procesu na potřebnou koncentraci a zkvasí podstatnou část využitelných látek z mladiny. V druhé fázi fermentace, dokvašování a ležení piva, která probíhá vždy pod mírným tlakem, pomalu dokvašuje zbylý extrakt kvasnicemi, které zůstaly ve vznosu, pivo se číří, sytí oxidem uhličitým a získává rovnováhu sensoricky významných látek (Basařová et al., 2010).

### **5.1. Historie**

Původně se zkvašovaly substráty připravené z různých obilovin ochucené zprvu bylinami, později chmelem. Používaly se malé kameninové nádoby, později nádoby dřevěné, jejichž objem se ve středověku pohyboval v desítkách litrů. Kvašení probíhalo v chladných sklepech a teplota se snižovala ledem nataženým v zimě z blízkých vodních zdrojů a skladovaným v prostorách sklepa zvaných lednice. Převládala příprava svrchně kvašených piv a mladina se zkvašovala sedimentem

vyplaveným v předchozím kvašení. V menší míře se až do poloviny 19. století připravovala spodně kvašená piva, zakvašovaná vrstvou kvasnic sedlých na dně kádě. Existence kvasinek nebyla známa až do 19. století (Basařová a Hlaváček, 1999, Chodounský, 1886).

Teprve po objevení kvasinek, potvrzení biologického základu kvašení a především příprava čistých kultur kvasinek přinesly postupně od druhé poloviny 19. století vývoj různých úprav kvašení a značek piva se specifickými organoleptickými vlastnostmi. Po roce 1840 se začalo v pivovarství uplatňovat umělé chlazení, což podpořilo zvýšenou výrobu spodně kvašených piv fermentovaných při nižších teplotách. Tento způsob kvašení se v Evropě rozšířil především v Bavorsku a následně v Českém království, kde se v roce 1842 v nově založeném Měšťanském pivovaru v Plzni (dnešním Prazdroji) vyrábělo výhradně spodně kvašené pivo a záhy si získalo světový ohlas. Po vzoru tohoto pivovaru do roku 1848 přešly v Čechách a na Moravě všechny pivovary na výrobu spodně kvašených piv a svrchně kvašená piva z produkce vymizela (Basařová et al., 2010).

Snaha o zkrácení postupu kvašení a dokvašování vedla k vývoji řady variant technologie v zařízení. V roce 1898 bylo ve Švýcarsku vyzkoušeno kvašení podle Nathana za aseptických podmínek ve vertikálních cylindrokónických tancích o obsahu okolo 200 hl. Při této technologii bylo kvašení a dokvašování spojeno v jeden pracovní postup, který trval 10 až 14 dnů. Protože často došlo ke změně chuťových vlastností vyrobených piv v porovnání s běžnými výrobky daného pivovaru, přestal se postupně tento způsob kvašení používat (Basařová et al., 2010).

V roce 1954 byl zveřejněn kaskádový kontinuální systém oteřených tanků pro kvašení a výrobu piva během 25 dnů. Byl navržen způsob kontinuálního kvašení v zařízení sestávajícím ze dvou tanků a usazovací kádě pro kvasnice nebo věžový fermentor, který představoval heterogenní jednonádobový systém. Postupně však kontinuální kvašení z pivovarů vymizelo pro značné problémy s kontaminací během dlouhodobého procesu (Basařová et al., 2010).

Od šedesátých let 20. století úspěšně probíhal vývoj a praktické realizace velkoobjemových kvasných tanků, které přinesly řadu výhod, například úsporu

energie o 38 % v porovnání s tradičním kvašením v konvenčních tancích. Cylindrické tanky (CKT), původně vyvinuté Nathanem, se v moderních konstrukcích začaly používat v některých evropských a afrických pivovarech před rokem 1940 a následně toto zařízení a technologické varianty kvašení a dokvašování v CKT znamenaly velký pokrok a široké uplatnění v praxi. Ve druhé polovině 20. století se výrazně zkvalitnil a standardizoval postup kvašení a dokvašování řízením procesu výpočetní technikou a širokou automatickou kontrolou celého průběhu fermentace (Basařová et al., 2010).

## 5.2. Hlavní kvašení

Nejdůležitějším dějem hlavního kvašení je přeměna zkvasitelných cukrů mladiny (glukosa, maltosa, maltotriosa) na etanol na oxid uhličitý procesem anaerobního kvašení:



Jelikož cílem kvašení mladiny není pouze vytvořit etanol, je vznik sensoricky aktivních vedlejších produktů kvašení důležitý pro chuťový charakter piva. V průběhu hlavního kvašení se vytvoří přibližně  $\frac{3}{4}$  všech sensoricky aktivních látek piva (Kadlec et al., 2009). Patří mezi ně:

- Vyšší alkoholy přispívající k celkovému charakteru piva a slouží jako prekurzory vzniku esterů. Hlavními představiteli jsou n-propanol, iso-butanol, isoamylalkohol a amylalkohol. Jejich celková koncentrace ve spodně kvašených pivech je 60 – 90 mg/l, zatímco ve svrchně kvašených pivech nad 100 mg/l (Kadlec et al., 2009).
- Estery významně přispívající k vůni (často ovocná) piva (20 – 60 mg/l spodně kvašená piva, až 80 mg/l svrchně kvašená piva). Nejvíce zastoupen etylacetát, isoamylacetát, metylacetát, etylpropionát atd. Poměr vyšších alkoholů k esterům je u piv plzeňského typu 4:1 (Kadlec et al., 2009).
- Z aldehydů je nejdůležitější acetaldehyd (3 – 20 mg/l). Je tvořen zejména v počáteční fázi fermentace a později je odbouráván (Kadlec et al., 2009).

- Vicinální diketony jenž jsou významnými vedlejšími produkty kvašení. Zejména diacetyl má nízký práh sensorického vnímání (0,15 mg/l) a způsobuje cizí máselnou příchut'. Diacetyl je tvořen kvasinkami v počáteční fázi kvašení (Kadlec et al., 2009).
- S kvašením a metabolismem kvasinek spojované sensoricky aktivní sloučeniny síry, volné mastné kyseliny, organické kyseliny, glycerol atd. (Kadlec et al., 2009).

### **5.2.1. Průběh hlavního kvašení**

Koncentrace alkoholu a dalších chuťových látek závisí na vstupujícím meziprojektu tedy mladině, použitém kvasničném kmeni a technologii hlavního kvašení. Obecně je možno předpokládat, že při kvašení je přeměněno asi 80 % původního extraktu a množství vzniklého alkoholu a oxidu uhličitého je přibližně stejné. To prakticky znamená, že při kvašení 12 ° piva vznikne asi 5 % obj. alkoholu. Celková doba hlavního kvašení odpovídá podle klasické technologie stupňovitosti mladiny (tedy 12 ° ležák 12 dnů). Dnešní postupy a nově vyšlechtěné kvasničné kmeny potřebnou dobu mírně zkrátily (VÚPS, 2001).

#### **5.2.1.1. Zakvašování a provzdušňování**

Cílem je distribuce kvasinek do celého objemu zchlazené mladiny. Současně se zakvašováním se provádí i provzdušnění, jehož cílem je zvýšení obsahu rozpuštěného kyslíku v mladině tak, aby byl optimálně nastartován metabolismus kvasinek (Kosař et al., 2000).

Mladina je dále zchlazena na průtokových chladičích na teplotu 6 – 9 °C a transportována do kvasných kádí. Během transportu je provzdušňována. Malým množstvím (250 kg) násadních kvasnic se zakvasí na objem mladiny po 12 – 24 hodinách, ve stádiu vysokých kroužků, je rozkvašená mladina smíchána v poměru cca 1:5 s provzdušněnou mladinou o stejné teplotě (Basařová a Čepička, 1986).

#### 5.2.1.2. *Stádia hlavného kvašení*

- Zaprašování a odrážení – na povrchu kádě se tvoří pěna, která je prouděním kvasící mladiny unášena od stěn kádě, mírně klesá pH, a extraktu mírně stoupá teplota (Kosař et al., 2009).
- Nízké bílé kroužky – začíná 24 až 36 hodin po naplnění kádě (doba maximálního vývinu CO<sub>2</sub>), na povrchu kvasící mladiny se tvoří typické bílé růžice pěny, pH klesá z hodnoty 5,6 na 4,7 – 4,9, teplota stoupá o 0,5 – 0,8 °C za 24 hodin (Kosař et al., 2009).
- Vysoké hnědé kroužky – tvoří se během 3 – 4 dne, barva kroužků postupně přechází dohněda, intenzita kvašení je maximální, do pěny jsou vnášeny mrtvé buňky kvasinek a kaly, intenzivní vývoj tepla = dosažení maximální teploty kvašení (8 – 12 °C), nutnost zchlazování (během hlavného kvašení se uvolní teplo asi v hodnotě 558 kJ na 1kg zkvašené glukosy a zvýší se teplota kvasící mladiny) (Kosař et al., 2000).
- Propadání deky – snižuje se intenzita kvašení, období maximální aglutinace a sedimentace kvasnic = snižuje se výška pěny na povrchu kádě, na konci tohoto stádia zůstává na povrchu mladiny nízká (2 – 3 cm) a tmavá vrstva pěny – deka, obsahující vyloučené látky, kvasnice a kontaminanty. Kvasná deka se sbírá pomocí děrované lžice (průměr otvorů cca 2 mm), a tím jsou odstraněny nežádoucí látky, které by při propadnutí deky mohly způsobit nepříjemnou hořkost piva. Sbíráni deky se provádí opakovaně 1 den a dále těsně před sudováním (Kosař et al., 2000).

#### 5.2.1.3. *Sedimentace a sběr kvasnic*

Kvasinky se shlukují (aglutinují) a sedimentují na dně kádě. Dle kmenu můžeme rozlišovat lépe a hůře aglutinující kvasinky. Velmi dobře aglutinující se označují jako krupičkovité nebo také nízko prokvašující. Hůře aglutinující jsou nazývány práškovité nebo také hluboko prokvašující. Ke konci hlavného kvašení hladina mladého piva postupně tmavne (Kosař et al., 2000).



Na dně kvasných kádí po vypuštění zůstává sediment kvasnic. Skládá se ze tří vrstev, spodní a horní vrstva – *špinka* je tmavší a obsahuje větší podíl nečistot a mrtvých kvasinek. Prostřední a největší část se nazývá *jádro*. Při sběru kvasnic je vhodné sbírat pouze jádro, které může být použito k dalšímu kvašení. Použití kvasnic lze opakovat 8 – 10 krát, ale optimálně pouze 3 – 4 krát (Kosař et al., 2000).

Při sběru kvasnic se získá 2 až 2,5 l hustých kvasnic na hl zakvašené mladiny. Násadní kvasnice jsou přesouvány do místnosti pro uchování kvasnic. Zde jsou síťovány a vibračním sítu, proprány ledovou vodou, projdou mikrobiologickou kontrolou. V případě kontaminace kvasnic ještě dochází ke kyselému praní. Přebytečné odpadní kvasnice se dále využívají jako krmivo pro hospodářská zvířata (Kosař et al., 2000).

### **5.2.2. Faktory ovlivňující průběh hlavního kvašení**

Pro průběh hlavního kvašení jsou rozhodující tyto faktory:

- Složení mladiny a její koncentrace
- Vlastnosti kmene kvasinek, jeho vitalita a viabilita
- Teplotní průběh kvašení a jeho regulace
- Doba kvašení
- Stupeň provzdušnění mladiny a kvasnic
- Dávka kvasnic a způsob zakvašování
- Dosažený stupeň homogenizace směsi kvasnic a mladiny
- Druh fermentoru a jeho geometrie
- Způsob a intenzita cirkulace
- Podmínky tlaku (kvašení za atmosférického tlaku nebo s mírným přetlakem)
- Hydrostatický tlak (významný především při kvašení ve velkoobjemových nádobách CKT)

(Basařová et al., 2010)

#### 5.2.2.1. *Složení mladiny*

Mladina musí obsahovat dostatek zkvasitelných látek, kvasinkami snadno adsorbovatelné dusíkaté látky, přiměřené množství minerálních látek a dalších exogenních biokatalyzátorů, stopových prvků a vitamínů. Rovněž musí být optimálně provzdušněna (Moll, 1994).

Mladina nesmí obsahovat velké koncentrace dusičnanů (obsah  $\text{NO}_3^-$  pod 0,20 mg/l), a zdraví škodlivé látky musí být v rozmezí odpovídajícím předpisům pro pitnou vodu. Neměla by obsahovat kontaminující mikroorganismy. Kontaminaci mladiny lze částečně potlačit velkým zvýšením zákvasné dávky pivovarských kvasnic, což má však negativní vliv na kvalitu piva. Dextriny, hořké polyfenolové a výšemolekulární dusíkaté látky nemají vliv na průběh kvašení, pokud se ve větší míře nevyučují v roztoku a jako kalící látky neruší fyziologické funkce kvasničných buněk. Sirné sloučeniny v mladině pochází z vody, ze sladu a z chmele či chmelových přípravků. Řada sirných sloučenin pochází z metabolismu kvasinek. Kvašení neruší obsah kalících látek v mladině do 12 mg na 100 ml (Basařová et al., 2010, Basařová a Čepička, 1985).

#### 5.2.2.2. *Teplota a tlak při kvašení*

Důležitým regulačním prvkem při kvašení je teplota. Optimální teplota kvašení u většiny kmenů pivovarských kvasinek se pohybuje v rozmezí 25 – 30 °C. Pro spodní kvašení se v tradiční výrobě uplatňuje studené vedení v rozsahu teplot 5 až 9 °C, u intenzifikovaných postupů teplé vedení v rozmezí teplot 12 až 16 °C. Při svrchní kvašení se teploty pohybují mezi 15 až 22 °C. Zvyšování teploty při stacionárním spodním kvašení má za následek zvýšenou aktivitu kvasinek, zhoršení trvanlivosti pěny, barvy piva, prudší pokles hodnot pH, vyšší ztráty hořkých látek. Zhoršení aroma a chuti piva teplejším vedením ve spilce není jednoznačné. Nepříznivý vliv vyšších teplot kvašení lze do jisté míry omezit použitím tlaku při fermentaci (Basařová et al., 2010).

### 5.2.2.3. *Nasycení zakvašované mladiny kyslíkem*

Obsah kyslíku v zakvašované mladině a v násadních kvasnicích je důležitý především pro pomnožení kvasničných buněk. Provzdušnění by se mělo provádět v ochlazené mladině a jen po dobu zakvašování, aby se docílil obsah rozpuštěného kyslíku v rozmezí 5 až 7 mg/l. Nižší hodnoty provzdušnění mají za následek nižší tvorbu esterů, oxidu siřičitého a vyšší tvorbu alkoholů (Moll, 1994).

Kvašením obohaceným kyslíkem se ve svém výzkumu zabýval Takacs a Hacbarth, kteří sledovali průběh kvašení s 8, 14 a 20 mg O<sub>2</sub>/l mladiny, přitom byly důležité tyto následující parametry: doba kvašení, stupeň prokvašení, nárůst biomasy, viabilita kvasinek a redukce VDK (vicinálních diketonů). S využitím statistických metod došli k závěru, že jen 5 % variability mezi jednotlivými fermentacemi lze přičíst obsahu kyslíku, zatímco 58 % je závislých na jiných známých faktorech. Mladina, která obsahovala 20 mg O<sub>2</sub>/l, prokvasila o 3,3 hodin dříve, než kontrolní s 8 mg O<sub>2</sub>/l, přičemž stupeň prokvašení byl o 0,9 % vyšší, obsah VDK o 0,03 mg/l nižší. Čím vyšší byl obsah kyslíku, tím došlo k většímu nárůstu biomasy, vyššímu pučení kvasinek a rychlejšímu nárůstu VDK. Mezi pokusy s 8 a 14 mg O<sub>2</sub>/l nebyly pozorovány žádné významné rozdíly. Na závěr konstatovali, že zvyšování kyslíku v mladině nad 8 mg/l nepřináší žádný výrazný pozitivní efekt (Takacs a Hacbarth, 2007).

### 5.2.3. *Spilka*

Spilka je prostor, ve kterém probíhá kvašení piva. Tato místnost musí být větrána tak, aby se v ní nehromadil CO<sub>2</sub>, který se vytváří při kvašení. Při obsahu 7 – 10 % ve vzduchu nastává akutní ohrožení života a nebezpečný je obsah CO<sub>2</sub> ve vzduchu od 3 %. Proto v této místnosti musí být ventilátory, které odsávají vzduch od podlahy (CO<sub>2</sub> je těžší než vzduch a hromadí se při zemi). Teplota ve spilkách se pohybuje mezi 5 – 10 °C. Důležité je také ve spilce zachovávat maximální hygienickou úroveň. Stropy by měly být řešeny tak, aby na nich pokud možno nekondenzovala vzdušná vlhkost a voda neskapávala do kádí. Z tohoto důvodu se používá ke klimatizaci vysušovaný vzduch. Vhodné jsou i kvalitní proti plísňové nátěry nebo keramické obklady. Celý prostor spilek i samostatné kádě musí být

ochlazovány, pokud se nejedná o malý objem výroby (do 30 hl) (Basařová et al., 2010).

#### **5.2.4. Kvasné kádě**

Materiálem na výrobu původních kvasných kádí bylo dřevo. Sanitace těchto dubových nebo modřínových nádob byla velmi obtížná, a také bylo nutno pravidelné mechanické odstraňování pивního kamene. Většina moderních materiálů potřebuje pravidelnou údržbu a různé povrchové úpravy (beton, železo, hliník). Nerezavějící ocel je cenově náročnější materiál, který však nevyžaduje žádné speciální povrchové úpravy a nároky na údržbu jsou rovněž minimální. Kvasné kádě mají pro dosažení dobré sedimentace obvykle maximální hloubku 200 cm a jsou umístěny na vhodné konstrukci do spádu, který umožňuje samovolné vytékání narážecím otvorem (Kosař et al., 2000).

### **5.3. Dokvašování a zrání piva**

Cílem dokvašování a zrání piva je pomalé zkvašování sacharidů při nízkých teplotách, sycení a fixace oxidu uhličitého se současným vyčiřením a zajištěním organoleptické zralosti piva. Při dokvašování došlo v posledních letech k největším technickým změnám. Klasická výroba používala otevřené kvasné kádě a ležácké tanky, moderní výroba pracuje s CKT. V moderní výrobě může být buď proces kvašení a dokvašování v jedné nádobě (jednofázový způsob) nebo kvašení a dokvašování probíhá ve dvou různých nádobách (dvoufázový způsob) (Basařová et al., 2010, Hrabák 2008).

Dokvašování a zrání piva probíhá při nízké teplotě (4 až 6 °C) a mírném přetlaku a nejdůležitějšími reakcemi jsou pozvolné zkvašování zbylého extraktu zajišťující sycení piva oxidem uhličitým, zrání chutě a vůně piva způsobené změnou složení koloidních a těkavých látek a přirozené čiření. Složení piva se optimalizuje a pivo získává přirozenou koloidní stabilitu (Basařová et al., 2010).

Klasická technologie doporučuje dobu dokvašování u výčepních piv 21 dnů, u ležáků 70 dnů. Řada piv má své odlišné výrobní postupy, které stanovují dobu

ležení na potřebnou délku. Celková doba dokvašování proto může kolísat v rozmezí 1 až 10 týdnů (Kosař et al., 2000).

### **5.3.1. Zařízení pro stacionární dokvašování a zrání piva**

Ležácké nádoby pro dokvašování a zrání piva jsou umístěny ve sklepech, dříve budovaných v podzemí, později v chlazených, dobře větraných budovách. Sklepní prostory musí být udržovány v čistotě. Ve sklepech s ležáckými nádobami se udržuje teplota od -2 do +3 °C. Není zapotřebí vnitřní chlazení ležáckých nádob, protože vývoj kvasného tepla je již podstatně nižší než při hlavním kvašení (Basařová et al., 2010).

Staré ležácké nádoby bývaly dřevěné, o obsahu 30 až 150 hl, uvnitř s nanesenou pivovarskou smolou, která se po každém vyprázdnění obnovovala. Plní se horem pomocí nástavce s kohoutem, na kterém je textilní trubka sahající ke dnu nádoby zabraňující pění mladého piva (někdy se zcela nepodaří naplnit ležácké nádoby, proto se před hrazením „dokrápějí“ – doplňují mladým pivem), nebo i spodem narážecím otvorem. Tyto nádoby byly postupně nahrazeny ležatými kovovými tanky (Basařová et al., 2010, Kosař et al., 2000).

Technologické postupy tradičního dokvašování piva v ležáckých nádobách se více či méně liší v jednotlivých pivovarech, především způsobem sudování, hrazení, teplotou dobou dokvašování, použitým zařízením apod. V zásadě se však jedná o postupy s pozvolným poklesem teplot a zbylého extraktu a s nastavením mírného hradícího přetlaku zajišťujícího sycení a fixaci oxidu uhličitého, na kterém je závislý důležitý znak piva zvaný říz (Basařová et al., 2010).

## **5.4. Kvašení a dokvašování ve velkoobjemových nádobách**

Velkoobjemové fermentační nádoby jsou intenzifikačním prvkem na úseku hlavního kvašení a dokvašování a díky svým přednostem potlačily další vývoj a rozšiřování kontinuálních procesů (Basařová et al., 2010).

#### **5.4.1. Výhody velkoobjemových nádob**

Velkoobjemové nádoby jsou různých konstrukcí, především nejrozšířenější cylindrokónické tanky (CKT), obecně přináší tyto výhody:

- Redukce investičních nákladů (především stavebních o 25 až 30 %)
- Redukci nároků na obsluhu a operace (50 – 65 %)
- Snížení ztrát piva
- Rychlejší fermentaci způsobenou intenzivním promícháváním vlivem konvekce a delší trasy bublinek CO<sub>2</sub>
- Zlepšení průměrné kvality piva
- Snížení ztrát hořkých látek
- Snížení rizika kontaminace
- Zvýšení utilizace aminokyselin
- Zlepšení podmínek kontroly procesu
- Možnost plné automatizace a řízení procesu výpočetní technikou
- Lepší možnost chlazení
- Zajištění účinného automatického mytí a sanitace  
(Basařová et al., 2010, Narziss a Back, 2009)

#### **5.4.2. Druhy velkoobjemových nádob**

Velkoobjemové tanky se staví buď do odlehčených budov, nebo na volné prostranství. Konstrukce musí být dobře izolována proti vyšším teplotám v letním období a nízkým teplotám v chladných měsících roku (Kosař et al., 2000)

#### **Asahi-tanky**

Byly vyvinuty v Japonsku okolo roku 1964. Na počátku měly obsahovat 4000 hl, výšku 8 m a průměr 8,3 m. Tanky mají šikmé dno a jsou opatřeny plovákovým zařízením, které umožňuje stahování piva ze střední kvasící mladiny. V porovnání s tradičním stacionárním kvašením umožňují úsporu energie až 38 % (Basařová et al., 2010, Boulton a Quain, 2001).

### Univerzální tanky, Uni-tanky

Mají dno skloněné ke středu v plochém úhlu. Uprostřed nad dnem je umístěn speciální tryskový systém věncového tvaru na vhánění recirkulovaného oxidu uhličitého k zvýšení účinnosti konvence a přenosu chladu. Zabraňuje tvorbě ledu na stěnách a předčasnou sedimentaci kvasnic (Basařová et al., 2010).

### Sférokónické tanky

Jsou používány například ve Španělsku, mají objem od 3000 do 5000 hl. Tank má optimální tvar z hlediska povrchu hladiny. V pivovarech se ve větší míře nerozšířily (Basařová et al., 2010).

### Velkoobjemové horizontální ležácké tanky na dokvašování

Jsou nádoby o objemu několik tisíc hektolitrů (3000 – 5000 hl) a mohou být používány v kapacitním souladu s CKT. Nemají chladicí pláště, ale umísťují se do prostor v chlazených budovách (Basařová et al., 2010).

### Cylindrokónické tanky (CKT)

CKT se vyvinuly z původních kónických tanků používaných jen pro hlavní kvašení. Postupem času byly zdokonaleny a v současné době představují velice rozšířený způsob intenzifikace a racionalizace kvasného procesu. Za hlavní přednosti CKT se považují nízké pořizovací náklady včetně snadné a rychlé montáže, malá potřeba zastavěné plochy, možnost jímání oxidu uhličitého a jednoduchá obsluha s možností automatizace včetně sanitačního procesu. CKT jsou vyráběny z nerezové oceli v různých velikostech podle kapacity varen. Tanky se mohou stavět na volném prostoru, jejich povrch je dokonale izolován vrstvou polyuretanové pěny a pozinkovaného nebo hliníkového plechu. Tvar, výška i vrcholový úhel mají vliv na průběh kvašení. Míchání kvasící mladiny se děje samovolně následkem rozdílu teplot v různých vrstvách (Basařová a Čepička, 1986).

## **5.5. Výroba piva v cylindrokónických tancích (CKT)**

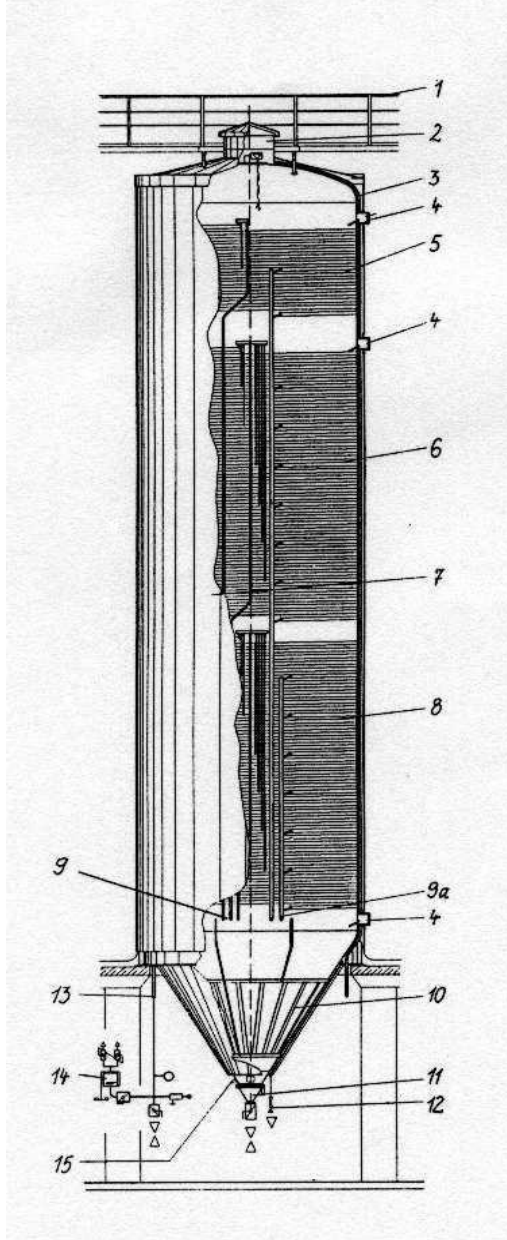
Velký vývoj a realizace kvašení a dokvašování piva v CKT nastaly po druhé světové válce, především od šedesátých let 20. století. Postupně se zlepšovala konstrukce tanků, od roku 1957 výhradně vyráběných z korozivzdorné oceli. V současné době je technologie výroby piva v CKT nejpoužívanější. Hlavní výhodou této technologie je jednoduchá automatizace kvasného procesu, možnost kvalitní sanitace výrobního zařízení, výroba velkého objemu piva o stejné kvalitě, menší spotřeba půdorysné plochy a rychlejší průběh fermentace. Současné zlepšení pracovního prostředí, zvýšení produktivity práce a snížení vlastních nákladů výroby. Výsledkem je také vysoká kvalita produkce (Basařová et al., 2010, Kosař et al., 2000).

### **5.5.1. Konstrukce CKT**

Cylindrokónické tanky jsou válcové nádoby s horní částí zvanou dóm a s kuželovým dnem (Obr.1). Za nejvhodnější materiál pro CKT je jednoznačně považována nerezavějící ocel, která zajišťuje dobrou čistitelnost, stabilitu vnitřních povrchů a odolnost vůči korozi s výjimkou halogenů. Zvlášť závažné jsou chloridy v kapalině, která je ve styku se stěnami tanku (při obsahu nad 100 mg/l mohou způsobit korozi). K narušení tanku a vzniku koroze může dojít i při nevhodném svařování, kterým se poruší v oceli vazby uhlíku, nebo stykem či otěrem s obyčejnou uhlíkatou ocelí. (Basařová et al., 2010, Lejsek a Kahler, 1984, Kosař et al., 2000)



Obr. 1 Cylindrokónický tank (Kosař et al., 2000)



Obr. 1 Cylindrokónický tank

1 – obslužná lávka, 2 – dóm, 3 – Odvodnění dómu, 4 – teploměr, 5 – chladicí zóna I, 6 – teploměr, 7 – chladicí zóna II, 8 – izolace, 9 – chladicí zóna III, 10 – rozvod chladicího média, 11 – teploměr, 12 – chlazení kónusu, 13 – uzávěr tanku s plnicím a vyprazdňovacím uzávěrem, 14 – vzorkovací kohout, 15 – potrubí na CO<sub>2</sub>, vzduch a sanitaci, 16 – hradicí přístroj, 17 – sonda prázdného tanku

#### 5.5.1.1. Chlazení CKT

Ve většině případů jsou CKT vybaveny plášťovým chlazením. Velmi důležitá je regulace chlazení kónusu. Vnitřní stěna této části CKT je pokryta vrstvou kvasnic, které mají výborné izolační vlastnosti, a proto může docházet k namrzání.

Ekonomicky nejvýhodnějším způsobem chlazení je přímý odpar amoniaku. Vyžaduje účinnou regulaci a speciální bezpečnostní opatření pro případ havárie. Amoniak ( $\text{NH}_3$ ) je silně jedovatý, s oxidem uhličitým reaguje explozivně silně exotermickou reakcí. Teplota odpařování amoniaku je 70 °C. Výpočet spotřeby chladu vychází z produkce tepla při hlavním kvašení (z 1 kg extraktu vznikne 586 kJ). Důležitým požadavkem na chlazení je rychlost zchlazování mladého piva po ukončení hlavního kvašení. Rychlost zchlazování ovlivňuje zejména výrobní dobu a sedimentaci kvasnic. Proto je většinou požadováno zchlazení mladého piva z maximální teploty hlavního kvašení na teplotu dokvašování (cca z 10 na 4 °C) za 24 až 40 hodin. Proto je chlazení CKT řešeno jako soustava několika chladících zón (Kosař et al., 2000).

#### 5.5.1.2. *Velikost CKT*

Velikost CKT je volena tak, aby využitelný objem představoval násobek objemu vyražené studené mladiny, a aby CKT byl naplněn do 12 hodin. Proto z technických důvodů nepřesahuje výška mladiny v CKT 20 m. Kvasné tanky mají obvykle 20 % objemu jako rezervu pro pěnu (pro snížení rezervy na 5 % lze použít protipěnové prostředky na bázi silikonu, které se vyloučí při filtraci tak, že pěnovost piva by neměla být ovlivněna) (Kosař et al., 2000).

Problematikou velikosti CKT se zabýval Unterstein ve svém výzkumu, který pojednával o výpočtech kapacity CKT v závislosti na použité technologii kvašení, dokvašování a zrání piva (Unterstein, 2006).

#### 5.5.2. *Technologie výroby piva v CKT*

Používané postupy kvašení se dělí na dvě základní varianty:

- Jednofázový postup
- Dvoufázový postup

Při jednofázovém postupu probíhá kvašení i dokvašování v jedné nádobě. Při dvoufázovém postupu je mladé pivo po ukončení hlavního kvašení přečerpáno do jiného CKT nebo do ležáckého sklepa. Celková výrobní doba piva v CKT obvykle kolísá mezi 15 – 30 dny, z toho hlavní kvašení trvá přibližně 5 až 9 dnů. Pro výrobu piva v CKT nelze dát jednotný optimální postup, jako je tomu například v tradiční

výrobě, protože finální vlastnosti piva ovlivňuje mnoho faktorů, které nelze pro různé pivovary sjednotit (Basařová et al., 2010, Kosař et al., 2000)

#### 5.5.2.1. *Faktory ovlivňující průběh kvašení v CKT*

Průběh fermentace v CKT ovlivňují podobné faktory jako kvašení v tradičních kvasných nádobách.

- Složení mladiny – zejména provzdušnění mladiny, které je doporučováno na počátku zavádění kvašení v CKT má příznivý vliv na organoleptické vlastnosti?
- Obsah kalů
- Doba napouštění mladiny
- Průběh kvašení
- Změny pH
- Oxidačně – redukční potenciál piva
- Průběh teplot
- Tvorba senzorycky aktivních látek
- Odpouštění kvasnic

(Basařová et al., 2010, Kosař et al., 2000)

### 5.6. **Systém HGB (High Gravity Brewing)**

Tento systém výroby piva je založen na přípravě mladiny o vyšší koncentraci původního extraktu, než kterou má vystavované pivo. Umožňuje zvýšit využití výrobních kapacit pivovaru, dosahovat poměrně přesných hodnot extraktu původní mladiny a závěrečným krokem zředování připravit různé produkty z jedné původní mladiny (Kosař et al., 2000).

- Koncentrace mladiny – do hodnoty zředování 1 díl HGB piva : 0,3 díly vody jsou rizika významné změny charakteru piva malá. Další zvyšování koncentrace mladiny vede ke změně složení senzorycky aktivních látek.
- Složení mladiny – s růstem koncentrace mladiny rostou požadavky na obsah živin.
- Fyziologický stav kvasnic se snižuje s růstem koncentrace mladiny.

- Voda pro HGB musí být zbavena kyslíku a ochlazená pod 4 °C.
- Zředování se obvykle provádí ve dvou krocích. První krok bývá zařazen před filtrem nebo za filtrem a provádí se jím hlavní ředění. Druhým krokem se dořazuje původní mladina na nastavenou hodnotu (Kosař et al., 2000)

## **6. Filtrace piva**

Do poloviny 19. století se většinou vystavovalo pivo nefiltrované, což později omezovalo jeho transport na větší vzdálenosti. V 2. polovině 19. století se zvýšil zájem o čiré pivo. V roce 1892 přišla firma Enzinger na trh s filtrem na filtrační hmotu, která se používala až do 50. let 20. století a v některých zemích a malých pivovarech se používá dodnes. V posledních letech se začíná v pivovarství ve větší míře uplatňovat membránová technika, avšak nejpoužívanějším způsobem zůstává sypký filtrační materiál, křemelina (Moll, 1994, Basařová et al., 2010).

## **7. Pasterace piva**

Pasterace je tepelné ošetření piva s cílem zvýšit jeho biologickou trvanlivost. Kvantitativně se vyjadřuje pasterační jednotkou (1 PJ = působení tepla 60 °C po dobu 1 minuty). V praxi se pivo ošetřuje v rozmezí 20 – 30 PJ a pasterace se provádí v tunelových, nebo průtokových pastérech. Tunelový pastér je tunel, ve kterém se naplněné lahve pohybují pomocí přesuvného roštu a přitom jsou sprchovány nejprve horkou (pasterační teplota 61 – 62 °C) a pak studenou vodou. Průtokový pastér je deskový výměník tepla používající pasterační teploty 70 – 74 °C (Kadlec et al., 2009).

## **8. Stáčení piva**

### Historie pivních lahví a stáčení piva

V prvopočátcích pivovarské výroby byly hlavním obalem pro pěnivý mok dřevěné sudy, vyráběné většinou přímo v areálu pivovaru bednářskými mistry a jejich pomocníky. K výrobě dřevěných sudů bylo používáno převážně dřevo dubové a bukové stažené břízovými či jívovými obručemi, které byly později nahrazeny pevnějšími obručemi kovovými. Jelikož trvanlivost tehdejších piv byla velmi krátká a manipulace s velkými sudy obtížná, začalo se uvažovat o menších obalech, které by tyto problémy vyřešily. Skleněné nádoby zůstávalo po dlouhou dobu, díky své vysoké ceně, výsadou šlechticů, církevních hodnostářů a bohatých měšťanů. První láhve byly kameninové, koncem 17. století zaznamenávají větší rozmach láhve skleněné. Již tehdy měly cylindrický tvar a ani materiál, ze kterého byly vyrobeny, se výrazně nelišil. Skutečný rozmach však lze datovat do období průmyslové revoluce, který byl podpořen velkým rozvojem chemie. Velká poptávka po obalovém skle měla za následek zavedení nejdříve poloautomatických a posléze plně automatických strojů. Při ruční výrobě byl dělník schopen vyrobit nanejvýš 50 lahví za hodinu, přičemž Ashleyův stroj (postaven r 1877) zvládl až 100 ks, O' Neillův zhruba 1500 ks a Owensův (patentován roku 1899) 3500 kusů za stejnou dobu (Kekrt, 2004).

Dle historických záznamů se pivo do lahví začalo poprvé v Praze plnit v roce 1841. V této době většina pivovarů nebo obchodníků, kteří se zabývali prodejem lahvového piva, používala kameninové láhve. Mnohem častěji bylo později využíváno plnění piva do lahví v malých soukromých stáčírnicích. Láhve na plnění piva se dělily na pivovarské a pivní. Z počátku sloužil za uzávěr korek, později se přešlo na keramickou zátku, jež byla upevněna k hrdlu (Kodeda, 2008).

### Moderní technologie stáčení piva

Oddělení, kde je pivo stáčeno do některého z obalů se nazývá stáčírna. V současném pivovaru se jedná o soubor několika technicky velmi náročných zařízení. Například při stáčení do lahví (obecně platí pro všechny druhy obalů) je nejprve nutno provést depaletizaci, poté láhve vyjmout z přepravek, odstranit původní etikety a důkladně umýt, dále naplnit na daný objem, tak aby nedošlo ke smísení se vzduchem, nebo aby nedošlo k vypěnění piva, další operací je uzavření naplněných

lahví, nalepení etiket, vložení zpět do mezitím umytých přepravek a nakonec opět paletizace. Při některých způsobech pasterizace piva je součástí stáčírny lahví i pasterizátor. Neboť dnes se již jedná o vysoce automatizovaný proces jsou součástí lahvárenské linky i různé inspektory lahví, které kontrolují kvalitu lahve, kvalitu umytí, naplnění lahve, její uzavření atd. (VÚPS, 2001).

Současné stáčírny lahví jsou dimenzovány na výkony 30 - 50 000 lahví za hodinu i více. Stáčecí linky musí být konstruovány tak, aby bylo možno plnit láhve různých objemu a tvarů (třetinky, půllitrové láhve atd) (VÚPS, 2001).

### Obaly

U nás jsou nejrozšířenějšími obaly lahve a sudy. Do některých restaurací je pivo dopravováno v cisternách a přečerpáváno přímo do tanků v restauraci. Další u nás málo používané obaly jsou plechovky a PET lahve (VÚPS, 2001).

## **9. Legislativa**

Základním zákonem, který upravuje oblast potravin, je zákon č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích (v platném znění), s prováděcími vyhláškami vydanými k tomuto zákonu (Prugar et al., 2008). Z tohoto zákona vychází vyhláška č. 335/1997 Sb., která udává:

- Definici piva: Pivem je pěnivý nápoj vyrobený kvašením mladiny připravené ze sladu, vody, neupraveného chmele, upraveného chmele nebo chmelových produktů, který vedle kvasným procesem vzniklého alkoholu (etylalkoholu) 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, ječmene, pšenice nebo rýže; u piv ochucených může být obsah alkoholu zvýšen přidávkem lihovin nebo ostatních alkoholických nápojů.
- Členění piva na druhy a skupiny. Jsou zde uvedeny dva druhy:
  - a) *Pivo*
  - b) *Nápoje na bázi piva*
- Označování piva
- Požadavky na jakost piva
- Uvedení piva do oběhu

(Vyhláška č. 335/1997 Sb.)

## **10. Velké a malé pivovary nacházející se na území České Republiky**

### Velké pivovarnické skupiny:

#### **Plzeňský Prazdroj, a. s.**

Největší pivovarnická skupina v Česku i střední Evropě, která ovládá asi polovinu českého pivního trhu, je součástí druhé největší světové pivovarnické společnosti SABMiller. V ČR provozuje pivovary v Plzni (značky Pilsner Urquell, Gambrinus), Nošovicích (Radegast) a Velkých Popovicích (Velkopopovický kozel). Prazdroj celkem v roce 2008 prodal 10,7 milionu hektolitrů piva (ČTK, 2009).

#### **Pivovary Staropramen, a. s.**

Druhý největší výrobce piva v Česku (na českém trhu má asi patnáctiprocentní podíl) provozuje dva pivovary - Staropramen v Praze-Smíchově (hlavní značky Staropramen, Braník) a ostravský Ostravar (značka Ostravar). Celkové prodeje Pivovarů Staropramen za rok 2007 (bez zahraniční licenční výroby) činily 3,24 milionů hektolitrů piva. Firma je členem největší světové pivovarnické skupiny Anheuser-Busch InBev (ČTK, 2009).

#### **Skupina Heineken**

Nizozemská skupina Heineken ovládla v ČR tři velké pivovarnické společnosti - brněnský pivovar Starobrno, Královský pivovar Krušovice a skupinu pivovarů Drinks Union (pivovary v Krásném a Velkém Březně, v Lounech a Kutné Hoře), jejichž celkový výstav ji řadí na třetí místo mezi výrobci piva v ČR. Loni tuzemské pivovary skupiny Heineken vyrobily 2,8 milionu hektolitrů piva (zhruba 12 procent českého trhu) (ČTK, 2009)

#### **Budějovický Budvar, s. p.**

Donedávna třetí největší český pivovar stále ještě ovládá stát; často se spekuluje o jeho privatizaci, rozhodnutí však ještě nepadlo. Pivovar s loňskou výrobou 1,312 milionu hektolitrů piva vede vleklý známkoprávní spor s americkou

společností Anheuser-Busch. Podle Smlouvy o přistoupení mezi ČR a EU získaly značky Budějovické pivo a Českobudějovické pivo ochranu zeměpisného označení (ČTK, 2009)

### **Skupina PMS**

Skupinu tvoří majetkově propojené moravské pivovary v Hanušovicích (Holba), Přerově (Zubr) a Litovli a akciová společnost PMS Přerov. Pivovary předloni prodaly bezmála milion hektolitrů piva (ČTK, 2009)

### Minipivovary:

Domácí vaření piva, nebo-li „homebrewing“, se v posledních letech stává velmi oblíbenou kratochvílí pro milovníky piva různého věku a povolání. V České Republice existuje nepřehledné množství mini a mikropivovarů. Bylo by vhodné zmínit dva historicky nejvýznamnější zástupce, minipivovar U Medvídků a minipivovar U Fleků, oba tyto pivovary se nacházejí v Praze a jsou jedněmi z nejstarších u nás.



## 11. Závěr

Pivo je kvašený nápoj s nízkým obsahem alkoholu, vyrobený ze sladu, chmele a vody. V téměř nezměnitelné podobě přežil po celá staletí.

V dnešní době se můžeme setkat s původními technologiemi už jen v malých pivovarech a u tzv. „homebrewerů“, lidí, co pivo vaří doma. Tito lidé nedělají tuto práci pro zisk, ale pro lásku k pivu a slouží spíše jako atrakce pro blízké a široké okolí.

Moderní technologie jsou spíše doménou pro velkovýrobu, kterou ve většině případů obstarávají zahraničím dotované pivovary. Často v této sféře narazíme na výrobu z náhražek a extraktů. Je jen málo pivovarů, které používají hlávkový chmel jako takový, spíše si výrobci nechávají dovážet různé chmelové extrakty a sladové náhražky.

Z mého hlediska největší pokrok ve výrobě piva prodělalo kvašení, které se přesunulo z různých kádí, přes spilky až do velkoobjemových cylindrokónických tanků (CKT), které rozhodně neovlivňují organoleptické vlastnosti piva. Na druhou stranu jsou bohužel používány technologie High Gravity Brewing (HGB), které mají na kvalitu piva značně negativní vliv.

Pivo bude mít stále okruh svých příznivců, a záleží jen na poctivost a lásce výrobců ke svému řemeslu, zda se tento okruh bude stále rozšiřovat nebo zužovat.

## 12. Použité zdroje

BASAŘOVÁ, Gabriela, et al. *Pivovarství : Teorie a praxe výroby piva*. 1. Praha : VŠCHT, 2010. 904 s. ISBN 978-80-7080-734-7.

BASAŘOVÁ, G.; ČEPIČKA, J. *Sladařství a pivovarství*. 2. Praha : SNTL, 1986. 256 s.

BASAŘOVÁ, Gabriela; HLAVÁČEK, Ivo. *České pivo*. 2. Pacov : Nuga, 1999. 231 s. ISBN 80-85903-08-3.

BENDO VÁ, Olga; KAHLER, Miroslav. *Pivovarské kvasinky*. 1. Praha : Nakladatelství technické literatury n.p., 1981. 272 s.

BOULTON, Chris; QUAIN, David. *Brewing Yeast and fermentation*. London : Blackwell Science, 2001. 645 s. Dostupné z WWW: <[http://books.google.cz/books?id=L3SU4ahY-m4C&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://books.google.cz/books?id=L3SU4ahY-m4C&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)>.

ČTK. Přehled velkých pivovarnických skupin v České Republice. *Pivní info* [online]. 2009, [cit. 2011-04-08]. Dostupný z WWW: <<http://pivni.info/news/4243-nejvetsi-pivovary-v-cr-ovlada-sabmiller-inbev-heineken-a-stat.html>>.

DONHAUSER, S. Der Einfluss des Hefestammes und des Hefesiebens auf die Bierqualität. *Brauwelt*. 2009, 149, 23, s. 652-655.

GOLDAMMER, Ted. *The Brewer's Handbook : The complete book of brewing beer* [online]. second edition. U.S.A. : Apex Publishers, 2008 [cit. 2011-02-08]. Dostupné z WWW: <<http://www.beer-brewing.com/>>. ISBN 978-0-9675212-3-7.

HOLLEROVÁ, I., KOHOUTOVÁ, P.: *Pivovarský kalendář 1999* kap. *Sbírka pivovarských kvasinek*. 1. vyd. Praha: VÚPS a.s., 1999.

HRABÁK, Miloš. Výroba piva. *Minipivovary* [online]. 2008, [cit. 2011-03-17]. Dostupný z WWW: <[http://www.ceska-pivovarska.cz/minibrewery/brewery\\_CZ\\_8.htm](http://www.ceska-pivovarska.cz/minibrewery/brewery_CZ_8.htm)>.

CHODOUNSKÝ, František. *Několik listů o pivě a pivovarnictví*. Praha : F. Chodounský, 1886. 64 s.

KADLEC, Pavel, et al. *Technologie potravin : Co byste měli vědět o výrobě potravin?*. 1. Ostrava : KEY Publishing s.r.o., 2009. 536 s. ISBN 978-80-7418-051-4.

KADLEC, Pavel, et al. *Technologie potravin II.* Praha : VŠCHT, 2002. 236 s. ISBN 978-80-7080-510-7.

KEKRT, Miroslav. Sklo v proměnách staletí. *Staré láhve* [online]. 2004, [cit. 2011-03-19]. Dostupný z WWW: <<http://starelahve.wz.cz/serial1.htm>>.

KODEDA, Marek. Historie pivních lahví. *Pivovary* [online]. 2008, [cit. 2011-03-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.pivovary.info/view.php?cislocclanku=2008040011>>.

KOSAŘ, K., et al. *Technologie výroby sladu a piva*. 1.vyd.Praha:VÚPS a.s., 2000, ISBN 80-902658-6-3.

LEJSEK, Tomáš; KAHLER, Miroslav. Provozní zkoušky jednořázkové výroby piva v prototypových cylindrokónických tancích. *Kvasný průmysl*. 1984, 12, s. 265-268.

MATOUŠKOVÁ, Dagmar. Kryoprezervace pivovarských kvasinek. *Kvasný průmysl*. 2007, 53, 10, s. 301.

MATOUŠKOVÁ, D., Šavel, J., Pivovarství a taxonomie pivovarských kvasinek. *Kvasný průmysl*, 53, 2007, č. 7-8, s. 206 - 214.

MOLL, Manfred, et al. *Beer and Coolers*. Bedfordshire : Intercept Ltd, 1994. 550 s. ISBN 9781898298090.

NARZISS, Ludwig; BACK, Werner. *Die Bierbrauerei*. Deutch : Wiley - VCH, 2009. 792 s. ISBN 3527325336.

PELIKÁN, Miloš; SÁKOVÁ, Lenka. *Jakost a zpracování rostlinných produktů*. České Budějovice : Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích, 2001. 235 s. ISBN 80-7040-502-3.

PRUGAR, Jaroslav, et al. *Kvalita rostlinných produktů : na prahu 3. tisíciletí*. Praha : VÚPS a.s., 2008. 327 s. ISBN 978-80-86576-28-2.

ŠAVEL, J.: *Pivovarský kalendář 1998* kap. *Jak nazývat pivovarské kvasinky*. 1. vyd. Praha: VÚPS a.s., 1998.

ŠAVEL, Jan. *Pivovarský kalendář 2001* kap. *Mikrobiologie v pivovarském průmyslu*. 1. vyd. Praha : VÚPS a.s., 2001.

ŠAVEL, J.: *Pivovarský kalendář 2002*, kap. *Varečné kvasnice a jejich vlastnosti*. 1. vyd. Praha: VÚPS a.s., 2002.

TAKACS, P.; HACBARTH, J.J. Oxygen - enhanced fermentation. *News of Master Brewers Association of the Americas*. 2007, 44, 2, s. 104-107.

UNTERSTEIN, K. ZKT: Wie viele Tanks braucht das Bier : Gär-und Reifungsverfahren als Basis für die Ermittlung des Tankbedarf. *Brauwelt*. 2006, 146, 34-35, s. 1008 - 1011.

VÚPS, [online]. 2008 [cit. 2011-02-25]. Sbíрка pivovarských kvasinek. Dostupné z WWW:

<[http://www.beerresearch.cz/index.php?option=com\\_content&view=article&id=47&Itemid=110](http://www.beerresearch.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=47&Itemid=110)<=cs>.

VÚPS. Hlavní kvašení a kvasničné hospodářství. *Pivní deník* [online]. 2001, [cit. 2011-03-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.pivnidenik.cz/clanek/229-Hlavni-kvaseni-a-kvasnicne-hospodarstvi/index.htm>>.

VÚPS. Stáčení piva. *Pivní deník* [online]. 2001, [cit. 2011-03-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.pivnidenik.cz/clanek/219-Staceni-piva/index.htm>>.

### **Právní normy:**

Vyhláška Ministerstva zemědělství 335/1997 Sb.

### **13. Seznam zkratek**

CCT – cylindrical – conical tank

CKT – cylindrokónický tank

HGB – High Gravity Brewing

PET – Polyetylentereftalát

VUPS – Výzkumný ústav pivovarský a sladařský