

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH  
BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Agropodnikání

Katedra: Katedra veterinárních disciplín a kvality produktů

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

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
Technologie výroby nealkoholických pív

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Iveta Češková

Autor: Hana Máchalová

České Budějovice, duben 2011

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
Zemědělská fakulta  
Akademický rok: 2009/2010

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Hana MÁCHALOVÁ  
Osobní číslo: Z08035  
Studijní program: B4131 Zemědělství  
Studijní obor: Agropodnikání  
Název tématu: Technologie výroby nealkoholických piv  
Zadávací katedra: \*\*\*Katedra veterinárních disciplin a kvality produktů

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

**Cílem práce** bude zpracovat literární rešerši na téma Technologie výroby nealkoholických piv. Práce bude zaměřena na studium vývoje technologií výroby nealkoholických piv s uvedením odlišností v používaných technologiích. Součástí práce bude zmapování trhu a spotřeby nealkoholických piv v České republice i ve světě.

Práce bude vypracována na základě pokynů uvedených v Opatření děkana č. 13/2009, podle rámcové osnovy:

**Úvod:** Význam řešené problematiky včetně uvedení cílů práce.

**Literární přehled:** Současný stav řešené problematiky s ohledem na cíle práce, zpracovaný na základě studia vědecké a odborné literatury, porovnání a zhodnocení literárních zdrojů a údajů.

**Závěr:** Shrnutí nejdůležitějších poznatků, případné návrhy a doporučení vyplývající z řešené problematiky.

**Abstrakt:** Přehled a nejdůležitější výsledky práce (v českém i v anglickém jazyce).

**Seznam použité literatury:** Podle zásad ČSN ISO 690 (010197) a ČSN ISO 690-2 (01 0197)  
Bibliografické citace.

..i

Rozsah grafických prací: Tabulky a grafy dle vlastního uvážení  
Rozsah pracovní zprávy: 25 - 30 stran textu  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

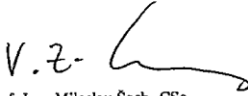
Seznam odborné literatury:

- Kadlec, P., a kol. Technologie potravin II. Praha: VŠCHT, 2002. 236 s.
- Pelikán, M., Sáková, L. Jakost a zpracování rostlinných produktů. Č. Budějovice: JU Zemědělská fakulta, 2001. 235 s.
- Pelikán, M., Suková, M. Hodnocení a využití rostlinných produktů (Návody do cvičení). Č. Budějovice: JU ZF České Budějovice, 1998, 181 s.
- Petr J., Louda F. Produkce potravinářských surovin. Praha: VŠCHT, 1998. 213 s.
- Prugar, J., a kol. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Praha: VÚPS, a. s., 2008. 327 s.
- Vybrané ČSN normy, zákony, vyhlášky a nařízení legislativy ČR a EU týkající se požadavků na jakost a zdravotní nezávadnost rostlinných produktů.
- Odborné publikace v časopisech Kvasný průmysl, Potravinářská Revue, Czech Journal of Food Sciences, Journal of Agricultural and Food Chemistry a v elektronických vědeckých databázích (ISI Web of Knowledge / Web of Science).

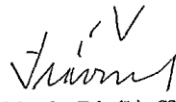
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Iveta Češková  
\*\*\*Katedra veterinárních disciplín a kvality produktů

Datum zadání bakalářské práce: 25. března 2010

Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2011

  
prof. Ing. Miloš Soch, CSc.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDEJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 13  
370 05 České Budějovice

  
prof. Ing. Jan Trávníček, CSc.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 25. března 2010

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a 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 jejich internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne ..... Podpis: .....

## **Poděkování**

Děkuji vedoucí bakalářské práce Ing. Ivetě Češkové za cenné a odborné rady, které mi poskytla v průběhu zpracování bakalářské práce.

## **Abstrakt**

Cílem bakalářské práce je vytvoření literární rešerše na téma Technologie výroby nealkoholických piv. První polovina této práce je zaměřena na obecné podmínky výroby piva. Do této části jsou zařazeny sladařské a pivovarské suroviny, výroba sladu a výroba piva.

V druhé polovině práce je věnována pozornost nealkoholickému pivu. Do této části je začleněna historie vývoje nealkoholického piva, charakteristika nealkoholického piva, popsány hlavní postupy přípravy nealkoholického piva, situace s nealkoholickými pivy na trhu, jeho spotřeba a soutěže nealkoholických piv.

Postupy výroby nealkoholického piva lze rozdělit na postupy s úpravou technologie, postupy se speciálními pivovarskými kvasinkami a jinými produkčními mikroorganismy a technologie s odstraňováním ethanolu z piva speciálním zařízením.

**Klíčová slova:** pivo; nealkoholické pivo; technologie; výroba

## **Abstract**

The aim of the Bachelor thesis is a literature review talking about the Technology of non-alcoholic beer. The first part of this work is dedicated to the general conditions of beer production. Talking about processes such as malting, brewing and some general information about malting and brewing raw materials are included to this first part.

The second part is devoted to non-alcoholic beer. It talks about the history of non-alcoholic beer and its development, nonalcoholic beer as it is, ways of its preparing, non-alcoholic beer market, consumption and non-alcoholic beer competition.

Procedures of the production of non-alcoholic beer can be divided into modifications of the procedures, into the procedures with special brewing yeast and other micro-organisms and into production technologies consisting of removing the ethanol from beer.

**Key words:** beer; non-alcoholic beer; technology; manufacturing

## **OBSAH:**

1. Úvod.....	- 9 -
2. Sladařské a pivovarské suroviny .....	- 10 -
2.1 Sladovnický ječmen .....	- 10 -
2.2 Voda .....	- 11 -
2.3 Chmel a chmelové výrobky .....	- 12 -
2.4 Náhražky sladu (surogáty).....	- 13 -
2.5 Kvasinky.....	- 13 -
3. Výroba sladu .....	- 14 -
3.1 Příjem, čištění, třídění a skladování ječmene .....	- 14 -
3.2 Máčení ječmene.....	- 14 -
3.3 Klíčení ječmene .....	- 15 -
3.4 Hvozdění .....	- 16 -
4. Výroba piva.....	- 17 -
4.1 Výroba mladiny .....	- 17 -
4.1.1 Kondicionování a šrotování .....	- 17 -
4.1.2 Vystírání a rmutování.....	- 18 -
4.1.3 Scezování a vyslazování .....	- 18 -
4.1.4 Chmelovar .....	- 19 -
4.1.5 Chlazení mladiny .....	- 19 -
4.2 Kvašení a zrání piva .....	- 19 -
4.2.1 Hlavní kvašení.....	- 19 -
4.2.2 Dokvašování a zrání piva .....	- 20 -
4.3 Závěrečné úpravy piva .....	- 20 -
5. Historie nealkoholického piva .....	- 22 -
6. Co je nealkoholické a nízkoalkoholické pivo .....	- 23 -
7. Způsoby přípravy nízkoalkoholického a nealkoholického piva .....	- 24 -
7.1 Postupy s úpravou technologie.....	- 24 -
7.1.1 Speciální slady s nízkou aktivitou $\beta$ -amylasy a úpravy rmutovacího postupu .....	- 24 -
7.1.2 Výroba z mláta .....	- 25 -
7.1.3 Míchání piva s nezkvašenou sladinou nebo mladinou.....	- 25 -

7.1.4 Oddělené zakvašení dvou mladin s různou koncentrací extraktu (systém Barrel) .....	- 25 -
7.1.5 Zastavení nebo omezení kvašení.....	- 26 -
7.2 Postupy se speciálními pivovarskými kvasinkami nebo jinými produkčními mikroorganismy.....	- 28 -
7.3 Technologie s odstraňováním etanolu z piva speciálním zařízením .....	- 30 -
8. Nealkoholické pivo na trhu, jeho spotřeba a soutěž.....	- 37 -
8.1 Spotřeba nealkoholického piva .....	- 37 -
8.2 Veřejné mínění .....	- 38 -
8.3 Pivní soutěže.....	- 39 -
9. Závěr .....	- 41 -
10. Seznam použité literatury.....	- 42 -
11. Seznam použitých zkratk.....	- 46 -
12. Přílohy .....	- 47 -



## 1. Úvod

Nealkoholické pivo dosahuje v posledních letech stále větší celosvětové popularity.

U nás je nealkoholické pivo stále oblíbenější. Česká republika je ve spotřebě nealkoholického piva na druhém místě, se spotřebou 5 litrů na osobu za rok. Nealkoholické pivo má svoji charakteristickou hořkou chuť, dobře zahání žízeň a díky svému minimálnímu obsahu alkoholu je vhodný i pro řidiče. Z toho důvodu je jeho spotřeba na vzestupu jak v naší republice, v Evropě, tak i na celém světě.

Z dostupných informací je v České republice v současné době 28 jak tradičních, tak i malých pivovarů, které se zabývají výrobou a vývojem nealkoholických piv, které nabízejí v různých provedeních. Některé vyrábějí pivo jen do sudů nebo lahví, některé i do plechovek. Jeden z pivovarů začal od letošního roku nabízet i nealkoholické pivo v plastových lahvích.

Další ostatní zajímavosti a podrobnosti o výrobě nealkoholického piva jsou obsaženy v této bakalářské práci.

## 2. Sladařské a pivovarské suroviny

Pro výrobu sladu jsou základními surovinami ječmen a voda, pro výrobu piva navíc chmel, chmelové výrobky, případně náhražky sladu (*Kadlec et. al., 2002*). Někdy se mezi pivovarské suroviny počítají i várečné pivovarské kvasnice. V České republice se pro výrobu piva používají v naprosté většině ječné světlé slady plzeňského typu a v menším podílu slady bavorské, karamelové a barvicí (*Kadlec et al., 2009*).

### 2.1 Sladovnický ječmen

Ječmen patří mezi nejstarší kulturní rostliny. V roce 1884 vznikla jedna z nejvýznamnějších světových odrůd sladovnického ječmene, Proskowetz Hana pedigree, vyšlechtěná individuálním výběrem Emanuela Proskowetze z hanácké krajové provenience v Kvasicích na Kroměřížsku. Tato odrůda se pěstovala desítky let, prakticky až do roku 1958, nejen u nás, ale i v zahraničí. Po roce 1990 se začaly na našem území pěstovat i zahraniční odrůdy. Ty kromě exportu se začaly používat i v našich pivovarech. Na našem území se pěstují vybrané odrůdy jarního, dvouřadého ječmene, které patří k nejkvalitnějším sladovnickým ječmenům na světě. Na podkladě technologických zkoušek jsou odrůdy sladovnických ječmenů schváleny vždy pro daný rok a pouze tyto odrůdy jsou povoleny (*Kadlec et al., 2009*).

Seznam odrůd pro daný rok vydává Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. Seznam obsahuje popis odrůd ječmene, které vykazaly během řady let velmi dobré výsledky v rámci registračního řízení a následně v rámci zkoušení pro Seznam doporučených odrůd nebo o ně projevil zájem zpracovatelský průmysl. Pěstitelé by měli upřednostňovat odrůdy v Seznamu. Pro rok 2011 byly doporučeny tyto odrůdy např. Advent, Aksamit, Aktiv, Blaník, Henrike, Kangoo, Radegast, Sebastian (*UKZUZ, 2011*).

Ječná obilka je hlavním zdrojem zásobních sacharidů, bílkovin a dalších složek, nutných při vytváření charakteristických vlastností sladu. U sladovnického ječmene se hodnotí nejen pěstitelské vlastnosti, tedy výnos, odolnost, náročnost, ale

zejména sladařské vlastnosti, tj. chemické složení a vhodnost pro výrobu sladu. Tyto vlastnosti se rozdělují na fyziologické, mechanické a fyzikálně-chemické. Z fyziologických znaků je důležitá klíčivost a klíčivá energie, které udávají procentický podíl zrn schopných vyklíčit za stanovených podmínek během 3 – 5 dnů. Z mechanických znaků je nejvýznamnější objemová hmotnost 1 hl, absolutní hmotnost 1000 zrn, podíl zrn nad sítím 2,5 mm a především odrůdová čistota a homogenita dodávaných partií. Podstatný je i co nejnižší podíl cizích a biologicky poškozených zrn, plesnivých zrn či zrn se zahnědlými špičkami, která mohou být původcem samovolného přepěňování piva. Při chemickém rozboru se pozoruje především obsah vody, škrobu, celkových extraktivních látek a bílkovin. Kvalitní odrůdy sladovnických ječmenů obsahují 62 – 65% škrobu v sušině. Obsah bílkovin (správněji hrubé bílkoviny, neboť se stanovují jako obsah dusíku násobený faktorem 6,25), má být v optimálním rozsahu 10,5 – 11,5 %.

Při skladování ječmene se rozlišují podmínky pro čerstvě sklizený ječmen, který musí prodělat tzv. posklizňové dozrávání a pro vyzrálý ječmen, schopný okamžitého zpracování na slad. Čerstvě sklizený ječmen totiž špatně klíčí. Klíčivost ječmene se vytváří až po několika týdnech a měsících odležení v závislosti na odrůdě a klimatických podmínkách (*Kadlec et. al., 2009*).

## **2.2 Voda**

Voda je ve sladařském a pivovarském průmyslu významnou surovinou, protože přímo ovlivňuje kvalitu sladu a piva. Spotřebuje se jí celkově velké množství. Podle technologického postupu se spotřebuje na výrobu 1 tuny sladu 10 až 15 hl vody a na 1 hl vystaveného piva se spotřebuje 12 až 15 hl vody. Provozní voda je jednou z hlavních surovin pro výrobu piva a nazývá se varní voda. Její podíl z celkové spotřeby je však poměrně malý, neboť hlavní část se spotřebuje ve sladovnách k máčení ječmene a v pivovarech k mytí a čištění (*Čepička et. al., 1995*).

### 2.3 Chmel a chmelové výrobky

Chmel je jedna ze tří základních pivovarských surovin, a i když se jí používá z pivovarských surovin nejméně, ovlivňuje podstatným způsobem chuť a vůni piva (Kadlec et. al., 2009).

Pro pivovarské využití jsou klíčové 3 skupiny látek: chmelové pryskyřice, chmelové silice a polyfenoly. Nejdůležitější skupinou látek pivovarsky využitelných jsou chmelové pryskyřice, které můžeme rozlišit pomocí jejich rozdílné rozpustnosti v organických rozpouštědlech. Pryskyřice jsou tvořeny řadou látek, z nichž nejdůležitější jsou  $\alpha$ -hořké kyseliny (Kadlec et. al., 2009). Chmelové pryskyřice, chmelové silice a polyfenoly tvoří pouze asi 1/5 až 1/4 hmoty chmele. Zbytek tvoří z pivovarského hlediska méně významné látky, jako sacharidy (celulosa, hemicelulosa, lignin, pektin a oligosacharidy) v množství asi 45 % sušiny, dále dusíkaté látky (albumosy, polypeptidy a aminokyseliny) v množství 15 – 20 %, vosky, lipidy, organické a minerální látky (Basařová a Čepička, 1986).

Hlavním produktem chmele jsou chmelové hlávky, které používáme při vaření piva. Pivu dávají typickou chuť a rozhodující měrou se podílejí na celkové chuti piva (Petr a Louda, 1998). Chmel se v pivovarech v této podobě využívá jen výjimečně. Z důvodů nízkého využití cenných pivovarských složek chmele při zpracování lisovaného hlávkového chmele a chemické nestálosti většiny obsahově cenných složek, se dnes většina produkce chmele ve světě zpracovává na chmelové výrobky (Kadlec et. al., 2009).

Chmelové výrobky lze rozdělit podle způsobu výroby do tří základních surovin:

1. Výrobky připravené mechanickými úpravami hlávkového chmele – do této skupiny patří především mleté a granulované chmele. Nejrozšířenějšími výrobky této skupiny jsou granulované chmele (chmelové pelety).
2. Výrobky připravené fyzikálními úpravami přírodního hlávkového chmele – sem řadíme nemodifikované chmelové extrakty připravené pomocí různých rozpouštědel.

3. Výrobky připravené chemickými úpravami – do této skupiny chmelových výrobků patří chemicky upravený celý hlávkový chmel nebo, a to mnohem častěji, jeho jednotlivé složky, zejména  $\alpha$ -hořké kyseliny, předem separované zpravidla ve formě výluhu nebo extraktu (*Kosař et. al., 2000*).

Pěstování chmele v České republice je soustředěno do tří oblastí – v Čechách do oblasti Žatecké a Ústěcké a na Moravě do oblasti Tršické (*Kadlec et. al., 2009*).

#### **2.4 Náhražky sladu (surogáty)**

Sladové náhražky jsou nesladové suroviny používané k částečné náhradě sladu z důvodů ekonomických, pro nedostatek či nedostupnost ječného sladu, případně z důvodů technologických či obchodních. V tradičních pivovarských zemích se používají omezeně, zpravidla pro výrobu speciálních piv, v pivovarsky netradičních zemích je jejich použití značně rozšířeno.

Sladové náhražky se rozdělují na škrobnaté náhražky, které jsou představovány nesladovaným, případně tepelně opracovaným obilím (ječmen, tritikale, pšenice aj.), obilnými vločkami (z ječmene, pšenice, ovsa), předčištěnými frakcemi obilných zrn (kukuřice, rýže, čirok). Cukerné náhražky zahrnují sacharosu (řepný, třtinový cukr), cukerné sirupy, mladinové extrakty (koncentráty).

V České republice se škrobnaté surogáty téměř nepoužívají, zřídka se používá sacharosa a škrobové sirupy v rozsahu maximálně do 20 %. Ve světě je používání náhražek, zejména škrobnatých, rozšířeno daleko více a v mnohem větších podílech (Amerika – kukuřice, Asie – rýže) (*Kadlec et. al., 2009*).

#### **2.5 Kvasinky**

Kvasinky jsou jednobuněčné mikroorganismy. Rozmnožují se vegetativně – pučením, a za nepříznivých podmínek pohlavně. Metabolismus kvasinek je z pivovarského hlediska hlavně přeměnou zkvasitelných cukrů na alkohol a oxid uhličitý za účasti řady enzymů a koenzymů. Metabolismus kvasinek je ovlivňován složením mladiny, vlastnostmi kvasnic a podmínkami procesu (*Kosař a Procházka, 2000*).

### **3. Výroba sladu**

Cílem sladování je vyrobit z ječmene řízeným procesem klíčení a hvozdění slad, obsahující potřebné enzymy a aromatické i barevné látky nezbytné pro výrobu určitého druhu piva. Principem sladování je vytvoření optimálních podmínek pro klíčení ječmene, přičemž dochází v zrně k aktivaci a tvorbě technologicky důležitých enzymů, především cytolýtických, proteolytických a amylolytických, při zamezení ztrát potlačením růstu. Tím vzniká tzv. zelený slad, který se následným hvozděním, při kterém se působením zvýšené teploty vyvolají chemické reakce tvorby aromatických a barevných látek, přemění v hotový slad. Bez zřetele na výrobní postup a typ výrobního zařízení lze výrobu sladu rozdělit na 5 základních úseků (*Čepička et. al., 1995*).

#### **3.1 Příjem, čištění, třídění a skladování ječmene**

Při příjmu ječmene na přijímací rampě se stanovuje hmotnost a předepsané znaky, mezi které patří obsah bílkovin, vody, zlomků a nečistot, klíčivost a podíl zrna nad sítím 2,5 mm.

V čistících a třídících stanicích sladoven se zrno zbavuje prachu, nečistot a příměsí a zrno se třídí podle velikosti a kvalitativních znaků. Dokonalé vyčištění a vytřídění zrna je základním předpokladem nízkých ztrát při sladování a dobré kvality sladu. Vyčištěný a vytříděný ječmen se skladuje ve starších sladovnách na půdách nebo v silech (*Pelikán a Sáková, 2001*).

#### **3.2 Máčení ječmene**

Při máčení dochází ke zvýšení obsahu vody v ječném zrně z 12 – 15 % na 42 – 48 %. Dosažení obsahu vegetační vody je nezbytné pro enzymové pochody zajišťující optimální průběh sladařského klíčení. Dosažený obsah vody v namočeném ječmeni se nazývá stupeň domočení a liší se podle typu vyráběného sladu (*Čepička, et. al., 1995*).

Při máčení se odstraní splavky a lehké nečistoty, zrna se umyje a vylouží se z něj nežádoucí látky (*Kadlec et. al., 2009*).

### 3.3 Klíčení ječmene

Účelem klíčení je aktivace enzymatického potenciálu, syntéza nových enzymů a docílení požadovaného rozluštění (vnitřní přeměny) zrna. Vyšší, než optimální produkce enzymů je nežádoucí, protože snižuje obsah extraktu v hotovém výrobku. Kromě vlhkosti a kyslíku potřebuje ječmen ke klíčení optimální teplotu (14 – 18°C) (*Dudáš a Pelikán, 1989*).

V průběhu klíčení rozlišujeme: tvorbu enzymů a přeměnu látek, růstové změny a projevy růstu. S výjimkou  $\alpha$ -amylasy, která není v ječmeni obsažena, jsou ostatní enzymy v malém množství již v ječmeni přítomny. Nárůst aktivity, resp. syntéza nových enzymů, je iniciován prostřednictvím činnosti fytohormonů. Tyto hormony se skládají z kyseliny gibberelové a dalších příbuzných látek, které putují přes endosperm do aleuronové vrstvy. Zde vznikají nové volné aminokyseliny a nové enzymy. Nejprve vzniká  $\beta$ -glukanasa, poté  $\alpha$ -amylasa a proteasy. Enzym  $\beta$ -amylasa není tvořen v aleuronu, nýbrž volně v endospermu. Podmínkou pro syntézu nových enzymů a k nárůstu aktivity stávajících enzymů je zajištění dostatečného množství metabolické energie. Ta je získávána oxidačním odbouráváním zásobních látek. Jelikož oba procesy – dýchání a nárůst enzymové aktivity – probíhají současně, je zřejmé že dostatek kyslíku v průběhu máčení a v počátečním stadiu klíčení vede k výrobě vysoce enzymových sladů. Amylasy jsou nepochybně nejdůležitějšími enzymy sladu. S pomocí amylas mohou být později odbourány škroby při rmutování.

Požadovaný a potřebný obsah vody je ovlivněn vlastnostmi zpracovávaného ječmene (odrůda a chemické složení), typem vyráběného sladu a požadovanými parametry jakosti. Při výrobě světlého sladu plzeňského typu je obvyklý obsah vody 43 – 45 % vody, pro výrobu tmavého bavorského sladu 48 – 50 % obsahu vody. Obsah vody musí vycházet a být v souladu s teplotou při klíčení a s délkou klíčení. Tyto tři faktory se účinně využívají při řízení jakosti vyráběného sladu a vzájemnou kombinací umožňují docílení potřebné jakosti sladu. Při zvýšení obsahu vody o 2 %

je při stálé teplotě možné zkrácení vedení o jeden den bez ovlivnění jakosti. Produktem klíčení je zelený slad (*Kadlec et. al., 2009*).

### 3.4 Hvozdění

Cílem hvozdění je zastavit klíčení, snížit obsah vody na 3 – 4 % u světlých a na 1,5 – 2 % u tmavých sladů, redukovat část enzymové aktivity, vytvořit chuťové, barevné a oxidoredukční látky, charakteristické pro jednotlivé druhy sladu.

Proces se provádí na hvozdech a rozděluje ho na 3 fáze, které během hvozdění postupně přecházejí jedna v druhou. V první růstové fázi se snižuje obsah vody na 20 %, teplota se pohybuje okolo 40 °C a zrno je schopno ještě klíčit. Ve druhé enzymové fázi klesá obsah vody pod 20 %, teplota se pohybuje od 40 – 60 °C, zastavuje se klíčení, ale enzymatické procesy pokračují. Ve třetí fázi chemické, klesá obsah vody pod 10 %, teplota se pohybuje kolem 60 °C, zastavují se enzymatické reakce a probíhají reakce chemické, které vedou k tvorbě barevných a chuťových látek. Tvorba aromatických a barevných látek sladu patří k nejdůležitějším reakcím, přičemž vzniklé látky lze rozdělit na barevné a aromatické, obsahující dusík, a na barevné a bezdusíkaté a aromatické sloučeniny (*Dudáš a Pelikán, 1989*).

Hodnocení jakosti sladu se provádí na základě mechanického a fyzikálně-chemického rozboru. Mechanický rozbor zahrnuje posuzování barvy, tvaru, velikosti zrna, vůně a chuti zrna, napadení mikrobiální kontaminací a přítomnost nečistot; dále objektivními metodami měřitelné znaky, jako podíl moučnatých a sklovitých zrn, křehkost zrn, absolutní a hektolitrovou hmotnost. Fyzikálně-chemický rozbor sladu zahrnuje obsah vody, extraktivnost sladu, vůni a barvu sladiny a dále speciální rozbor, jako jsou diastatická mohutnost, popisující aktivitu amylytických enzymů, Hartongovo číslo, popisující celkovou enzymovou aktivitu sladu, rozdíl v extraktivnosti moučky a šrotu, Kolbachovo číslo, jako kritérium rozluštění sladu, případně další analýzy podle požadavků odběratele (*Kadlec et. al., 2009*).



## 4. Výroba piva

Výrobu piva lze rozdělit do tří výrobních úseků, zahrnujících řadu složitých mechanických, fyzikálně chemických a biochemických procesů. Mezi tyto výrobní úseky patří: Výroba mladiny, hlavní kvašení mladiny a dokvašování mladého piva, závěrečné úpravy a stáčení hotového piva do transportních obalů (*Čepička et. al., 1995*).

### 4.1 Výroba mladiny

Cílem přípravy mladiny je převést v optimálním množství extraktivní (rozpuštěné) látky sladu a chmele do roztoku, zajistit dostatek živin pro kvasinky a požadovanou hořkost finálního výrobku (*Dudáš a Pelikán, 1989*).

#### 4.1.1 Kondicionování a šrotování

Samotnému šrotování předchází příjmová linka sladu, během které se slad kromě dopravy a skladování také zbavuje prachu, ostatních nežádoucích nečistot a nakonec se váží. Obecně lze šrotování sladu provést za sucha, za sucha po kondicionování sladu, nebo za mokra.

Cílem kondicionování je zvýšenou pružností pluch snížit jejich poškození během šrotování a snížit prašnost šrotovny. K zvlhčení vnějších obalových vrstev zrna dochází v tzv. kondicionérech, což jsou nejčastěji šneková koryta, nebo šachty, které zajišťují rovnoměrný kontakt a zavlhčení sladu pomocí vlažné vody nebo páry. Kondicionovat lze i máčením, po kterém následuje často mokré šrotování s přívodem vystírací vody pod mlecí válce (*Kadlec et. al., 2009*).

Šrotování je mechanický proces desintegrace sladového zrna, s cílem dokonale vymlít endosperm sladu na vhodný poměr, který se od nejjemnějších po nejhrubší nazývají: moučka, mouka, jemná krupice, hrubá krupice, pluchy. Poměr jednotlivých frakcí šrotu totiž ovlivňuje rychlost následujících dílčích procesů jako rmutování a scezování (*Kadlec et. al., 2009*). Jemnost šrotu má vliv na činnost

sladových enzymů, k jemnějším částicím mají lepší přístup, i když příliš jemný šrot způsobuje ucpávání filtračních kanálků při scezování (*Pelikán a Sáková, 2001*).

#### **4.1.2 Vystírání a rmutování**

Cílem těchto dvou dílčích procesů je dokonalé smíchání recepturou daného množství šrotu, případně sladových náhražek (sypání) s určitým objemem vody (nálev) a následné převedení žádoucích složek extraktu varních surovin do roztoku (*Kadlec et. al., 2009*).

Vystírání znamená smíchání sladového šrotu s vodou. Tzv. sypání, množství sladu pro jednu várku, se smíchá se studenou vodou ve vystírací kádi a později se přidává horká voda tak aby konečná teplota dosáhla 35 – 38°C. Pouze pro vysoce enzymatické nebo přelustěné slady se používají teploty 62 – 65°C, aby nepokračovalo štěpení bílkovin a byla dosažena plnější chuť a větší pěnivost piva.

Rmutování slouží k rozštěpení a převedení extraktu do roztoku působením enzymů za postupného vyhřívání vystírky ve rmutovací kádi. Optimální rmutovací teploty jsou 55 – 60°C a důležité je i optimální pH rmutu, které by nemělo klesnout pod 5,4, kdy se brzdí činnost  $\alpha$ -amylázy. Naopak při vyšších teplotách se inaktivuje  $\beta$ -amyláza,  $\alpha$ -amyláza působí až do 72°C. U nás se převážně používá tzv. dekokční rmutování, při kterém se nakonec dílčí rmuty považují, při infúzním způsobu je nejvyšší odrmutovací teplota a používá se u svrchně kvašených piv nebo při výrobě piva ze surogátů. Cílem rmutování je dokonalé zcukření škrobu, tzn. že hotový rmut se neobarví roztokem jodu (*Pelikán a Sáková, 2000*).

#### **4.1.3 Scezování a vyslazování**

Účelem scezování je oddělení roztoku extraktu, tj. sladiny od pevných nerozpustných zbytků mláta. Vyslazování mláta slouží k vyloužení posledních zbytků rozpustného extraktu. Obě operace se provádí ve scezovací kádi, která má dvojité dno, systém odvodných trubek opatřených kohouty scezovací baterie. Kohouty se střídavě otevírají a zavírají a sladina se postupně odděluje od mláta přirozenou filrací přes vrstvu pluch a jiných nerozpustných zbytků sladu. Po stečení

zfiltrovaného extraktu tzv. předku následuje vyslazování mláta teplou vodou 75 °C po dobu 90-120 minut. Produktem vyslazování je výstřelek, zpravidla bývají dva až tři, které se shromažďují společně s předkem v mladinové kádi (*Pelikán a Sáková, 2000*).

#### **4.1.4 Chmelovar**

Cílem chmelovaru je inaktivace enzymů a koagulace bílkovin s polyfenolovými látkami sladu a chmele, převedení hořkých látek chmele do mladiny a sterilizace a zahuštění mladiny. K zahuštění dochází varem v mladinovém kotli, kdy se odpaří 8 – 10 % celkového objemu mladiny (*Pelikán a Sáková, 2000*).

#### **4.1.5 Chlazení mladiny**

Z mladiny je nutné odstranit hrubé a jemné kaly, provzdušnit mladinu a zchladit mladinu na zákvasnou teplotu 4–7 °C. Dnes se chlazení provádí v uzavřených vířivých kádích zpočátku při teplotě nad 60°C, kdy se usazují hrubé kaly a dochladí se na deskových protiproudových výměnících tepla. Před zkvašením se mladina sytí za sterilních podmínek kyslíkem, který je důležitý pro činnost kvasinek. Obsah extraktu v mladině by měl odpovídat druhu vyráběného piva (*Pelikán a Sáková, 2000*).

### **4.2 Kvašení a zrání piva**

V pivovarnictví se používá dvou druhů kvasinek. Pro svrchní kvašení jsou to kvasinky druhu *Saccharomyces cerevisce*, pro spodně kvašená piva *Sacharomyces carlsbergensis* (*Ricken a Braaková, 1999*).

#### **4.2.1 Hlavní kvašení**

Při hlavním kvašení proběhne přeměna zkvasitelných sacharidů na etylalkohol, CO<sub>2</sub> a vedlejší produkty při anaerobním kvašením:



Vedlejší kvasné produkty spoluvytváří chuť a aroma piva. Zchlazená mladina se zkvašuje kvasinkami svrchního kvašení při teplotách 24 °C, u nás častěji kvasinkami spodního kvašení naopak při nízkých teplotách 5 – 12 °C. Nejmodernější zařízení jsou cylindrokónické nerezové tanky v místnosti zvané spilka. Počet dnů kvašení odpovídá počtu stupňů mladiny. Na konci hlavního kvašení sedimentují spodní kvasinky na dno kvasné kádě nebo tanku. Kvasinky se po odčerpání piva odebírají a propírají studenou vodou a znovu je lze nasadit (asi 5x). CO<sub>2</sub>, který při kvašení vzniká, se potrubím odvádí do stáčírny, kde se používá při stáčení piva (*Pelikán a Sáková, 2000*). Celková doba hlavního kvašení je zpravidla 6 – 10 dní podle hodnoty původního extraktu mladiny (*Kadlec et. al., 2009*).

#### **4.2.2 Dokvašování a zrání piva**

V průběhu dokvašování a zrání mladého piva dochází ke spotřebě zbývajících zkvasitelných cukrů, což vede k nasycení piva vznikajícím CO<sub>2</sub> pod tlakem. Dále pak probíhají fyzikálně-chemické děje vedoucí k vyčiření piva (vylučování a sedimentace kalů, sedimentace kvasinek) a biochemické děje tvorby sensorického charakteru. Celková doba dokvašování a zrání kolísá v závislosti na typu piva a koncentraci mladiny v rozmezí 1 – 10 týdnů (*Kadlec, et. al., 2009*).

#### **4.3 Závěrečné úpravy piva**

Po ukončení fáze dokvašování a zrání se pivo z hlediska organoleptických vlastností považuje za hotové. Následující tzv. závěrečné úpravy se provádí s cílem vyhovět spotřebitelským a komerčním požadavkům na vzhled, trvanlivost a obchodovatelnost (např. export) výrobku. V případě restauračních pivovarů, které hostům nabízejí čerstvé pivo z ležáckých tanků (sudů), nejsou závěrečné úpravy piva nutné.

Cílem filtrace je odstranit zbytky neusazených mikroorganismů a koloidních částic tak, aby pivo získalo jiskrnou čírost. Nejmodernější technologií je membránová filtrace.

Při teplotách kolem 0 °C dochází v pivu k volnému spojení bílkovinných a polyfenolických komplexů. Působením celé řady faktorů (kyslík, teplotní výkyvy) dochází postupně k transformaci volných na stabilní bílkovino-polyfenolové komplexy (trvalý zákal), dále k jejich růstu a nevratnému vyloučení. Zamezit tvorbě koloidního zákalu lze odstraněním látek, které zákal piva způsobují, nebo eliminovat faktory, které vznik zákalů urychlují. Ke koloidní stabilizaci se používají hlavně adsorpční stabilizátory (křemičité gely pro odstranění dusíkatých látek, vysokomolekulární polyamidový prášek, pro odstranění polyfenolů) a antioxidační činidla (kyselina askorbová) pro eliminaci oxidačního vlivu kyslíku. Stabilizační přípravky se dávkuje do piva buď při sudování, nebo při filtraci a odstraňují se filtrací (pouze adsorpční). Koloidní stabilizaci provádí výrobce zejména u piv, kterým chce zaručit dlouhou trvanlivost. Stabilizací se totiž pivo ochuzuje o látky, které spoluvytváří plnost chuti. Mezi další úpravy před stáčením patří dosycování CO<sub>2</sub> a ředění piva vyrobeného z vysokoprocentní mladiny.

Lahvárenská linka je vzájemně propojená (dopravníky) sestava strojů určená k plnění lahví. Základní součástí linky jsou depalizátor, vykladač lahví, myčka lahví, inspektor lahví, plnič lahví, uzavírací stroj, tunelový pastér, etiketovací stroj, vkladač lahví a paletizátor. Stáčecí linka na sudové pivo se skládá ze strojů určených k manipulaci a plnění robustnějších sudů (obraceč sudů, myčka sterilizace sudů, průtokový pastér atd.). Důležitými požadavky na stáčení piva jsou: zamezení ztrát CO<sub>2</sub>, zamezení styku piva s kyslíkem (stáčí se pod tlakem CO<sub>2</sub>) a dokonalá sanitace všech zařízení přicházejících do styku s pivem. V ČR je podíl piva plněného do malých transportních obalů (lahve, plechovky) zhruba 50% celkového výstavu, zatímco ve většině zemí EU (kromě Velké Británie a Irska) je to 80 – 90 %. V posledních letech se rozšiřuje plnění piva do plastových nevratných obalů.

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 (*Kadlec et. al., 2009*).

## 5. Historie nealkoholického piva

První náznaky vyrobit nápoj, který by především svojí chutí připomínal pivo, ale neobsahoval alkohol, se objevily v období prohibice ve dvacátých a třicátých letech minulého století v USA (*Veselý, 2006*). Poptávka po nealkoholickém pivu byla velmi nízká. V USA bylo používáno na výrobu nealkoholických piv několik různých metod. Mezi nejranější metody spojené s odstraněním etanolu z piva patřily evaporace a destilace a využívány jsou dodnes (*Hutkins, 2006*).

V Evropě se dějiny nealkoholického piva začaly psát krátce po druhé světové válce, kdy sládky ve Švýcarsku a Německu napadlo, že odstraněním alkoholu z klasického piva vznikne nápoj, který si uchová chuť tradičního zlatavého moku, ale zároveň bude přístupný i těm, kteří z nějakého důvodu nemohou či nechtějí pít alkohol. První nealkoholické pivo bylo na světě a s ním i první metoda jeho výroby – tzv. vakuová filtrace.

U nás se nealkoholické pivo začalo vyrábět o třicet let později. S mohutným nárůstem motorismu začali během sedmdesátých let i pivovarníci v tehdejší Československu vyvíjet nealkoholický nápoj na bázi piva. Technologie výroby se přitom od té zahraniční značně lišila. Proces kvašení byl přerušen už v rané fázi, takže při něm vzniklo jen zanedbatelné množství alkoholu. Tento postup se nazývá metoda řízeného kvašení a dodnes se tak vyrábí většina běžných nealkoholických piv v České republice (*Radegast Birell, 2009*).

S výzkumem a následně výrobou začal tým v Jihočeských pivovarech v Českých Budějovicích pod vedením náměstka a technologa Karla Bočka. Název PITO, který nové pití získalo, vznikl spojením první a poslední slabiky slov Pivo a auto. V roce 1975 byly vystaveny první 3000 hl PITA a v roce 1980 výstav PITA činil již cca 43 000 hl (*Veselý, 2006*). Přesto byla i v dalších letech spotřeba nealkoholického piva naprosto zanedbatelná. Základním problémem, který limitoval spotřebu PITA, byla především jejich kvalita, chuť a další vlastnosti, které ke skutečnému pivu neodmyslitelně patří. Málokdy přinášelo PITO uspokojení pivařům.

Technologie výroby nealkoholického piva bohužel neumožňovala dosáhnout vlastností ceněných a požadovaných u standardních českých piv (*Anonymus, 2008*).

Teprve po roce 1989, s výraznou změnou životního stylu, se jeví potřeba opravdu dobrého nealkoholického piva čím dál naléhavější (*Anonymus, 2008*).

## **6. Co je nealkoholické a nízkoalkoholické pivo**

Označení a odlišení nealkoholického a nízkoalkoholického piva není ve světě ucelený. K určitému sjednocení došlo až v zemích Evropské unie, kde jako nealkoholické pivo jsou označovány výrobky s obsahem do 0,5 objemových procent alkoholu, za nízkoalkoholické od 0,6 – 1,2 objemových procent. V USA výrobky s obsahem pod 0,5 % alkoholu nesměly nést pojmenování pivo, ale musely se označovat jako lehký sladový nápoj (*light malt beverage*). Obdobně je tomu i v Kanadě (*Basařová, 2005*).

Zvýšená spotřeba nealkoholického piva je způsobena několika důvody – zdravotními, bezpečnostními (ať už na pracovišti nebo na silnicích), ale také přísnými sociálními předpisy. Existují země, kde je konzumace alkoholu zcela zakázána zákonem. Spotřebitelé jsou za těchto podmínek ochotni konzumovat produkty, které se sensoricky (chuťově) nejvíce blíží konvenčním (alkoholickým) typům piv (*Sohrabvandi et. al., 2010*).

Jakmile se pivovary začaly zajímat o výrobu nealkoholických a nízkoalkoholických piv, projevíly o tuto tematiku velký zájem jak výzkumná centra, aby získala v nových postupech prioritu, tak firmy vyrábějící pivovarská zařízení, které očekávaly možnost rozšířit svůj sortiment. Publikováno bylo množství způsobů výroby těchto piv, ale většina z nich se v praxi neujala především proto, že výrobky se chuťově od běžných piv lišily (*Basařová, 2005*).

## 7. Způsoby přípravy nízkoalkoholického a nealkoholického piva

Postupy výroby nealkoholického piva lze rozdělit v zásadě do tří skupin. První skupinu tvoří receptury omezující tvorbu alkoholu během výroby piva úpravou technologického postupu. Druhou skupinou jsou procesy využívající speciální kvasinky či jiné mikroorganismy a do třetí skupiny patří technologie založené na odstraňování alkoholu z piva šetrnou cestou.

Piva z první skupiny jsou v zásadě ekonomicky méně náročná, v řadě případů ale mohou vykazovat určité příchutě, především mladinovou, a jsou náchylná k možné kontaminaci. Technologie z druhé skupiny jsou již ekonomicky náročnější vzhledem k nákladům na přípravu speciálních variant mikroorganismů a obtížně se zajišťují i organoleptické vlastnosti blízké běžným pivům, zvláště při náhradě pivovarských kvasinek jiným produkčním mikroorganismem. Výrobní postupy založené na principu oddělování alkoholu z piva jsou energeticky a investičně náročnější, protože vyžadují poměrně drahá speciální zařízení na redukci alkoholu, popř. úpravy „ředící“ vody. Z hlediska organoleptických vlastností se nicméně touto technologií dají vyrobit piva velice podobná běžným pivům (*Basařová, et. al., 2010*).

### 7.1 Postupy s úpravou technologie

Postupy s úpravou technologie nevyžadují žádná speciální zařízení pro odstranění alkoholu. Piva připravená těmito postupy mají často vyšší plnost, jsou sladší a proniká v nich mladinový charakter (*Basařová et. al., 2010*).

#### 7.1.1 Speciální slady s nízkou aktivitou $\beta$ -amylasy a úpravy rmutovacího postupu

K snížení tvorby alkoholu během kvašení a k redukci mladinové příchutě se používají speciální slady s nízkou aktivitou  $\beta$ -amylasy, které zajišťují nízký podíl zkvasitelných sacharidů v mladině. Při varném postupu se omezuje amylolyza při nižší cukrotravné teplotě 63 °C. Tato teplota se překročí vystřením sypání při teplotě nad 60 °C. Vzhledem k tomu zůstává v mladině vyšší podíl zbytkového extraktu. Také se při výrobě nealkoholických piv snižuje koncentrace extraktu původní



mladiny často na 5 až 8 % (redukce sypaní). Tento postup se využívá v řadě českých pivovarů. Zakvašuje se mladina ochlazená na nízkou teplotu 3 až 3,5 °C a při krátkém kvašení se nechá teplota vystoupit nejvýše na 6 °C. Po ochlazení k 0 °C se nechá pivo ležet na kvasnicích, aby se obohatilo buketními látkami, ale dále nezakvašovalo. Následně se filtrací a stabilizací sníží v pivu hladina koloidních látek, především polypeptidů a polyfenolů, aby se zajistila fyzikálně-chemická stabilita. Po filtraci se pivo nasýtí oxidem uhličitým, stočí se do lahví a pasteruje se (*Basarová et. al., 2010*).

### **7.1.2 Výroba z mláta**

Při výrobě nealkoholických piv z mláta, se mláto nejdříve extrahuje vodou nebo se podrobí kyselé hydrolýze. Mladina s obsahem extraktu asi 7,6 % se pak vaří 90 minut s chmelem (obsah izosloučenin pouze 6 až 10 mg v litru piva). Po prokvašení se nechá mladé pivo asi 14 dní dokvašovat, hotový výrobek obsahuje 1 objemové procento alkoholu. Lze pochybovat, že tento výrobek odpovídá chuťovými vlastnostmi běžným pivům (*Basarová et. al., 2010*).

### **7.1.3 Míchání piva s nezakvašenou sladinou nebo mladinou**

Při tomto postupu se smíchá pivo s nezakvašenou sladinou či mladinou a tato směs se nechá ležet několik týdnů při nízké teplotě na kvasnicích. Následnými filtračními a stabilizačními úpravami se získá rovněž pivo se značně redukováným obsahem alkoholu, ale lze předpokládat, že bude vykazovat silnou sladinovou či mladinovou příchuť (*Basarová et. al. 2010*).

### **7.1.4 Oddělené zakvašení dvou mladin s různou koncentrací extraktu (systém Barrel)**

Oddělené zakvašení dvou mladin s různou koncentrací extraktu a následné míchání podílů mladého piva z obou várek je základ tzv. Barrel – patent pocházející z Anglie. Podle použitých podílů mladého piva s rozdílným stupněm prokvašení a hladinou etanolu se připravují piva s různou koncentrací alkoholu. K zajištění odpovídajícího buketu piva je možné regulovat množství těkavých látek jejich převodem během kvašení z jedné várky do druhé (*Basarová et. al. 2010*).

### 7.1.5 Zastavení nebo omezení kvašení

Postupy se zastavením či omezením kvašení využívají zahřátí kvasícího media ve výměníku na krátkou dobu, inhibiční účinek tlaku a nízkou teplotu kvašení na množení a metabolismus kvasinek. Nižší tvorba alkoholu je zajištěna kvašením mladiny nasycené oxidem uhličitým nebo kvašením za aerobních podmínek podporujícím růst biomasy na úkor kvasného procesu. Pro tyto postupy je nutné pečlivě vybírat suroviny a kmen kvasinek, upravit varní proces a důsledně kontrolovat fermentační podmínky (*Basařová et. al. 2010*).

Při kvašení dochází k některým nežádoucím změnám sensorického profilu nealkoholických piv. Je to kromě pH piva, přestože při přerušení kvašení nedochází k jeho přirozenému poklesu, nižší koncentrace vytvořeného CO<sub>2</sub> a nedostatečná redukce obsahu látek způsobující nezralou, mladinovou vůni a chuť piva. Nižší pH je však možné dosáhnout okysličováním mladiny, obsah CO<sub>2</sub> se dá zvýšit dosycováním hotového piva a vzniku mladinové vůni a chuti možno zabránit vhodnou volbou kmenových kvasinek, složením surovin a přemýváním s oxidem uhličitým (*Selecký a Šmorgovičová, 2007*).

#### 1. Limitované kvašení -nízkokonzentrované mladiny

Základem tohoto postupu je příprava mladiny se zvýšeným obsahem dextrinů a omezeným obsahem jednoduchých cukrů o koncentraci 4 – 6 % extraktu.

Pro zvýšení barvy, modelaci plné chuti a zabezpečení pěnivosti se do sypání většinou přidává 2 – 6 % karamelového nebo pšeničného sladu.

Používá se infuzní nebo jednormutový varní postup s vystírkou do 37 °C a rychlým „projížděním“ nižších cukrotvorných teplot až na 73 °C, kde je prodleva a kontrola zcukření. Odrmutovací teplota je 78 °C. Chmelení se od běžného piva příliš neliší, používáme jemně aromatické chmele. Hodnota pH mladiny se občas upravuje na hodnoty 5,1 - 5,3. V průběhu hlavního kvašení běžného piva dochází k mnoha biochemickým změnám, které se projevují výrazně sensoricky. Jde především o

pokles pH, zvýšení obsahu CO<sub>2</sub> a tvorbu alkoholu. Po dvou dnech hlavního kvašení klesá hodnota pH pod 5,0.

Při kvašení nealkoholického piva jde především o odstranění mladinové chuti a minimalizaci tvorby alkoholu. Kvasinky zde zpočátku využívají kyslík k růstu biomasy, a alkohol začínají produkovat až po cca 30 hodinách. U klasické spilky je po 48 hodinách obsah alkoholu cca 0,20 % obj. a mladinová chuť je již výrazně eliminovaná. Snížením zákvasné dávky na 3 – 4 mil. buněk \* ml<sup>-1</sup>, tedy na třetinu oproti normálnímu pivu, nižší zákvasnou teplotou (5 – 7 °C) a velmi krátkou dobou hlavního kvašení (12 – 24 hodin) se dosáhne omezené tvorby alkoholu a odbourání mladinové chuti. Pokles pH někdy bývá nahrazen snížením pH kyselinou mléčnou na hodnotu 4,5 – 4,7.

Po krátkém hlavním kvašení se pivo suduje do ležáckého sklepa, kde leží 7 – 21 dnů. U CKT je zařazeno rychlé zchlazení na 0 – 1 °C a odstřel kvasnic. Obsah alkoholu se sleduje denně, a jakmile dosáhne požadované hranice, je nutno pivo zfiltrovat a stočit. Konečný obsah alkoholu je ještě korigován upravenou vodou na HGB. Výsledný výrobek se však často vyznačuje nepříjemnou tvrdou hořkostí a mladinovou chutí, jeho typickým reprezentantem je PITO.

## **2. Limitované kvašení – vysokokonzentrované mladiny**

Opět se připraví mladiny a se zvýšeným obsahem dextrinů, tentokrát však o koncentraci 16 - 18 % původního extraktu. Tomu odpovídá i vyšší chmelení. Hlavní kvašení probíhá do prokvašení cca 40 %, zákvasná dávka i teplota jsou stejné jako u normálního piva. Po prokvašení je mladé pivo naředěno na 50 % upravenou vodou, zchlazeno na 1 °C a sudováno do ležáckého sklepa. Po 14 – 21 dnů ležení je pivo zfiltrováno a na HGB je upravena konečná koncentrace obsahu alkoholu na požadovanou hodnotu. Výsledná hodnota původního extraktu je vyšší než u PITA (cca 6 % původní stupňovitosti) a vliv mladinové chuti z málo prokvašeného extraktu bývá minimální (*Šuráň a Potěšil, 2008*).

## 7.2 Postupy se speciálními pivovarskými kvasinkami nebo jinými produkčními mikroorganismy

Postupy s geneticky upravenými kvasinkami, s imobilizovanými kvasinkami či speciálními mikroorganismy využívají skutečnosti, že tvorbu etanolu lze omezit přerušováním styku imobilizovaných kvasinek se substrátem (*Basařová et. al. 2010*). Omezení etanolu je možné také použitím buněk s defektem v citrátovém cyklu, které produkují více kyselin, nebo použitím mikroorganismů, které nejsou schopné zkvašovat maltosu nebo maltotriosu na alkohol (*Eßlinger, 2009*).

Imobilizace kvasinek umožňuje regulovat dobu styku mladiny s produkčním mikroorganismem, a tím i míru zkvašování sacharidů za tvorby etanolu. Je to poměrně technicky náročný postup. Mladina musí být pro tuto technologii předem vyčiřená, aby tuhé částice nenalepovaly imobilizovaný biosystém. Nerozpustné nosiče s navázanou nebo jinak zachycenou kvasinkovou populací, se střídavě ponořují do mladiny a zase se z kvasné nádoby vyjímají (nebo periodicky kolonou s imobilizovanými kvasinkami) až po docílení hraniční nízké hladiny alkoholu. Následuje zrání piva při nízké teplotě a další běžné úpravy (*Basařová et. al. 2010*).

Nízké hladiny alkoholu v pivu lze teoreticky docílit také s geneticky modifikovanými pivovarskými kvasinkami, kterým byla genovým inženýrstvím zakódovaná inhibice dekarboxylace pyruvátu, zásadního kroku v tvorbě etanolu (*Basařová et. al. 2010*). Nevýhodou použití modifikovaných kvasinek je jejich malá dostupnost, vysoká cena a nutnost vedení dvou kmenů kvasnic. Výsledný efekt se však nejvíce blíží normálnímu pivu (*Šuráň a Potěšil, 2008*). V České republice je tímto způsobem vyráběno nealkoholické pivo Radegast Birell (*Anonymus, 2008*).

Byly navrženy a zkoušeny postupy výroby nízkoalkoholických piv s náhradou pivovarských kvasinek jinými mikroorganismy. Jednalo se především o použití kmene *Saccharomyces ludwigii*, který zkvašuje glukosu, fruktosu a sacharosu, ale nezkašuje maltosu, hlavní pivovarský cukr v mladině, ani maltotriosu. Použití jiných mikroorganismů než pivovarských kvasinek se navrhuje v kombinaci s mladinou, která má celkově výběrem surovin a úpravou technologického postupu nízký obsah sacharidů. Tím lze zajistit v pivě nízkou

hladinu alkoholu. Může však docházet k podstatným sensorickým rozdílům proti běžnému druhu piva v daném pivovaru.

V poloprovozních podmínkách bylo odzkoušeno pro výrobu nízkoalkoholických piv použití okyselené mladiny a definovaného kmene *Lactobacillus* jako vhodného substrátu (Basařová et. al., 2010).

Navrátil et. al. (2002) se zabývali studií kvasinek *Sacharomyces cerevisiae* při výrobě nealkoholického piva. Byly použity nerekombinantní kmeny kvasinek s defektem syntézy enzymů v citrátovém cyklu. Byly použity ve formě volné tak i ve formě imobilizovaných pektátů. Po fermentaci byly porovnány základních produkční parametry piva s využitím pěti nerekombinantních kmenů kvasinek ve srovnání se standardními druhy pivovarských kvasnic. Výsledky ukázaly, že pivo připravené z mutantních kvasinkových buněk, je charakterizováno nižší hladinou celkového alkoholu v koncentraci 0,07 – 0,31 % objemových. Z produkovaných organických kyselin byla dominantní kyselina mléčná, která vykazovala silný ochranný účinek na mikrobiální stabilitu konečného výrobku a díky tomu může být obvyklé přidání kyseliny mléčné vynecháno. Aplikace těchto kvasinkových mutantních buněk se zdá být dobrou alternativou klasických metod pro výrobu nealkoholického piva.

Dále byla ověřena i možnost přípravy nízkoalkoholického piva pomocí mutantních kmenů pivovarských kvasinek s defektem v enzymovém citrátovém cyklu. Na 4 sbírkové kmeny *Sacharomyces cerevisiae* a na 4 izoláty kvasinek spodního kvašení ze Slovenských pivovarů byl použit mutační faktor UV záření. Bylo získáno 16 geneticky upravených vzorků, ze kterých deset produkovalo požadované množství organických kyselin. Mezi produkující organické kyseliny patřili kyselina citronová, mléčná, asparagová a jablečná. Po fermentaci byl ve všech mladých pivech obsah alkoholu v rozmezí od 0,54 – 0,64 % objemových, pH kolísalo mezi hodnotami 4,2 – 4,7. Hodnoty barvy i polyfenolů byli porovnatelné s běžnými alkoholickými pivy. Nízké pH je zapříčiněné přítomností organických kyselin hlavně kyselinou mléčnou. Z hlediska sensoriky může přítomnost těchto kyselin pomáhat maskovat prázdňovou mladinovou příchut' (Selecký et. al., 2005).

### 7.3 Technologie s odstraňováním etanolu z piva speciálním zařízením

Pro redukci obsahu ethanolu v pivu je k dispozici řada postupů:

- Odpaření alkoholu
- Vakuová destilace
- Reverzní osmóza
- Dialýza
- Frakční krystalizace či lyofilizace
- Extrakce fluidním oxidem uhličitým
- Sprejové sušení piva a následné naředění prášku odplyněno vodou
- Nanofiltrace

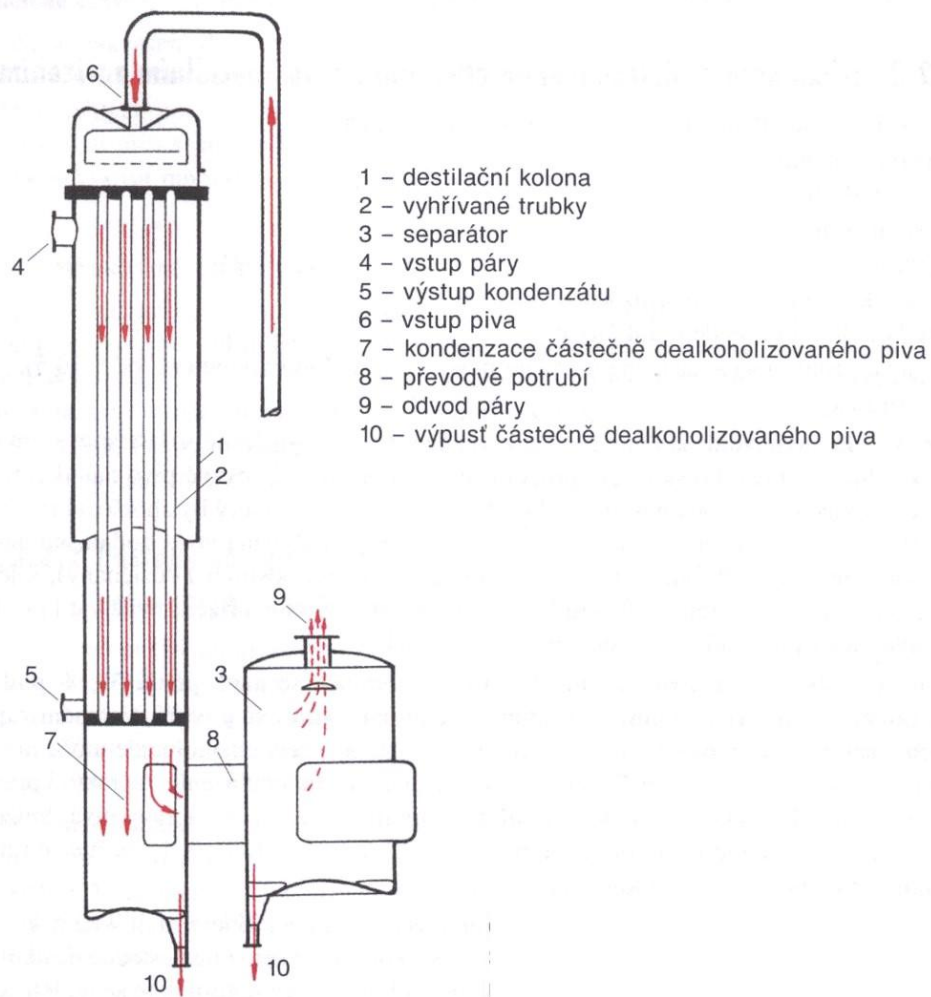
Při odpařování, vakuové destilaci a reverzní osmóze dochází současně s odstraňováním alkoholu k zahuštění piva. Po skončení procesu se proto odalkoholizované pivo naředí vodou na původní koncentraci. Voda nesmí obsahovat především kyslík, který by zhoršoval fyzikálně-chemickou i sensorickou kvalitu piva. Používá se tedy odplyněná voda dodatečně nasycená oxidem uhličitým (kromě odplynění se tímto postupem odstraní i dusičnany), k jejíž přípravě lze použít membránovou techniku. Pivovary mohou toto zařízení využívat i pro řešení problémů s vyšší hladinou dusičnanů ve varní vodě.

Pro odpaření alkoholu z piva za atmosférických podmínek se např. přidá 30 % podílu vody k normálnímu pivu v chmelové mladinové pánvi a směs se povaří. Naředění zajišťuje zachování hodnoty původní koncentrace mladiny po odpaření etanolu, ale může mít za následek zvýšení barvy, ztráty hořkých látek a změnu chuti. Po ochlazení se k takto upravenému pivu přidávají kroužky (*Basařová et. al. 2010*), tzn. přidání menšího množství čerstvě rozkvašené mladiny (*Agronavigator, 2011*). Poté se provede druhá fermentace a následné úpravy piva. Snížení alkoholu v pivu uvedenou metodou může být až na 0,5 objemových procent, běžně se tímto postupem získávají piva s 2,5 % alkoholu.

Odpaření s klesajícím filmem (obr. 1) se provádí v trubkových odparkách, které mají 4 až 5 kolon, kde se pivo vyhřívá nejvýše na 45°C. Ve spodní části kolony kondenzuje částečně dealkoholizované pivo a destilát se vede spojovací trubkou

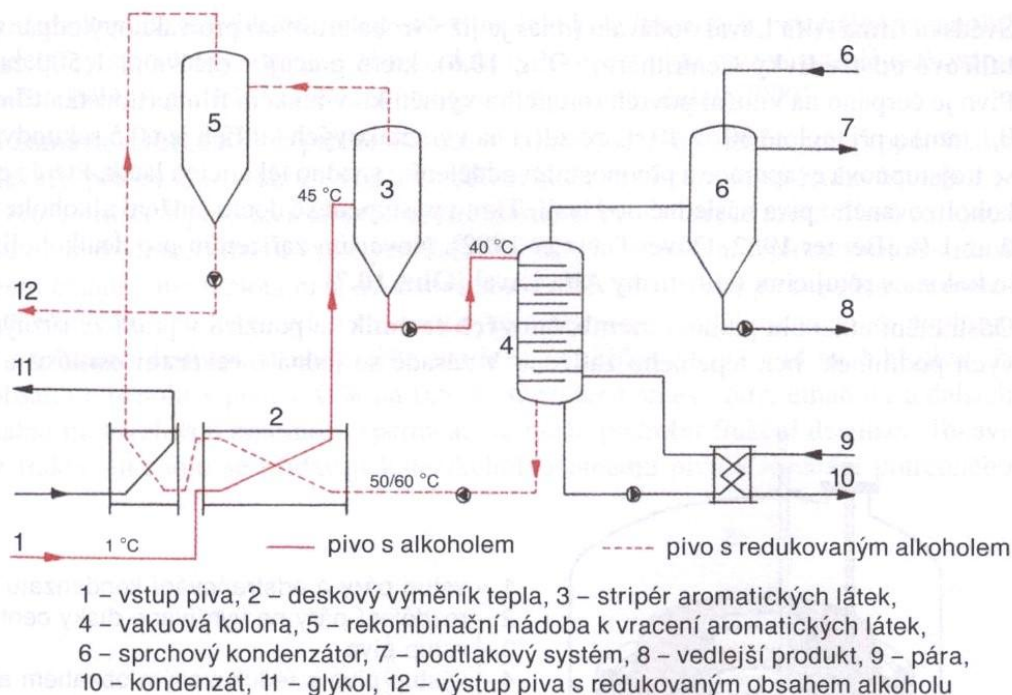
z kolony do separátoru, kde se oddělí pára obsahující alkohol od dealkoholizovaného piva, které kondenzuje. Opakovaným postupem lze docílit snížení obsahu alkoholu v pivu až na 0,03 % obj.

Postupy založené na vakuové destilaci (obr. 2) se v praxi realizovaly nejvíce. Teploty nepřekračují 30 – 45°C, což minimalizuje změnu barvy a chuti piva. K destilaci se používají dvoustupňové až třístupňové odparky, které jsou vně vyhřívány parou nejvýše na teplotu 45°C. Pivo se v deskovém výměníku zahřeje na teplotu 45°C a převede se do destilátoru (stripperu) aromatických látek, kde se při nižší teplotě a výrazněji sníženém tlaku koncentrují snadno těkavé látky z chmele a sladu, které jsou důležité pro buket piva. Ty se rychle odpaří a soustředí se v rekombinačním tanku. Pivo ze stripperu se převede do vakuové sekce odparky. Zde se při teplotě asi 40°C odpaří alkohol a odchází do kondenzátoru. Dealkoholizované pivo se ochladí na deskovém výměníku na teplotu 0 až 1°C, přidají se k němu dříve odpařené snadno těkající látky, naředí se odplyněnou vodou na původní koncentraci a provedou se další běžné úpravy (*Basářová et. al. 2010*).



Obrázek 1- Schéma odparky s klesajícím filmem pro dealkoholizaci piva (Basařová, 2010)





Obrázek 2 - Schéma vakuového odparu alkoholu z piva (Basařová, 2010)

V českých zemích se tento způsob výroby natrvalo neprosadil a první zařízení pracující na tomto principu – vakuová odparka Centriterm, která byla instalována v pivovaru Ve Velkých Popovicích – bylo po několika letech zkoušení odprodáno. Obsah alkoholu jako významné chuťové složky byl i u takto vyrobeného piva ponechán na hranici 0,5 % obj. V současné době jsou v zahraničí k dispozici kromě vakuových rotačních odparek i vakuové rektifikační kolony. Některé firmy nabízejí i jímání a zpětné využití aromatických látek z destilace piva (Veselý, 2006).

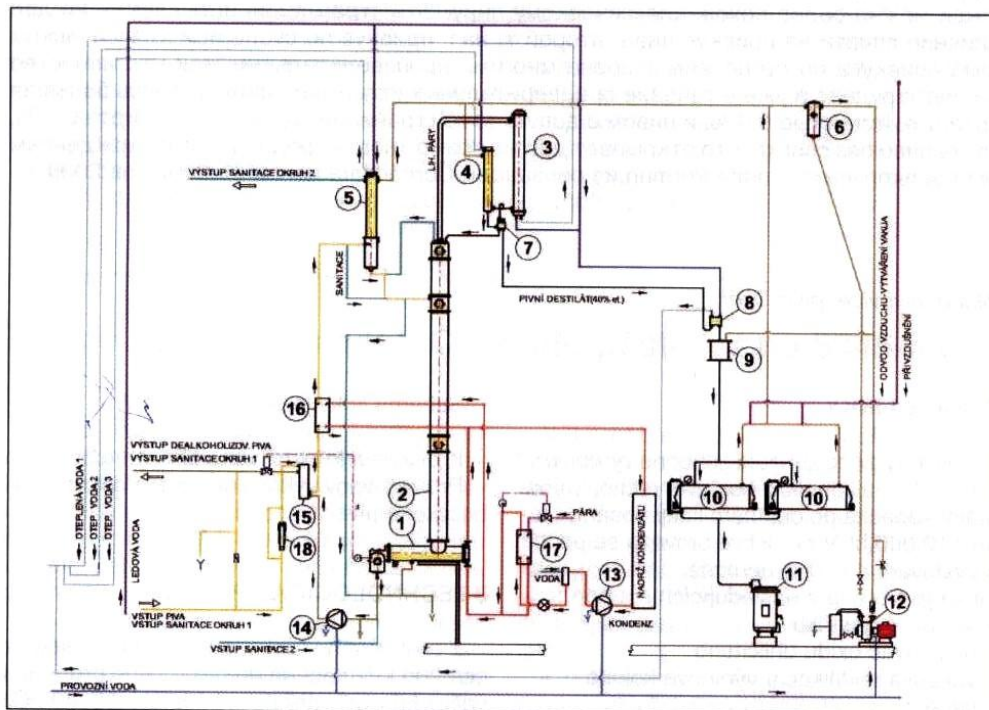
V pivovaru Černá Hora byla v dubnu 2007 instalována vakuová rektifikační výplňová kolona. K destilaci je používáno desetiprocentní filtrované pivo, které po oddestilování alkoholu je dále upravováno v technologické lince, která je součástí zařízení. Parametry kolony byly projektovány tak, aby koncentrace oddestilovaného alkoholu byla objemových 40 % a obsah alkoholu v pivu nepřekročil objemových 0,04 % (Zedek et. al., 2007).

Výše uvedené zařízení bylo navrženo tak, aby bylo schopné vyrobit cca 5000 hl nealkoholického piva ročně. Linka je tvořená z dohříváče nástřiku, odlučovače oxidu uhličitého, vakuové rektifikační výplňové kolony, vařáku, separátoru a

kondenzátoru lihových par, zásobní nádrže na líh, lihového měřidla, dochlazovače piva bez alkoholu, přetlačných tanků, křemelinového naplavovacího filtru a vakuového čerpadla. Schéma linky je na obr. 3 (Zedek, et. al. 2007).

Z přetlačného tanku je pivo pod přetlakem cca 200 kPa tlačeno do deskového přehříváče, kde se zahřeje na teplotu 38 – 40 °C. Dále vstupuje do odlučovače oxidu uhličitého a odtud je vedeno do horní části kolony. Přes kolonu pivo postupně stéká do vařáku. Ve vařáku je pivo dohříváno kondenzátem na teplotu 44 – 45 °C. V koloně je pivo postupně zbavováno alkoholem. Z přepadu vařáku je již kontinuálně odčerpáváno pivo zbavené alkoholem. To je dochlazeno na deskovém výměníku na teplotu 3 °C, dosyceno oxidem uhličitým a plněno do tanku o objemu 20 hl. Po kontrole obsahu alkoholu a oxidu uhličitého se pivo zfiltruje přes křemelinový filtr, pasteruje se a plní do lahví.

Lihové páry odcházejí přes separátor a kondenzátor do zásobních nádrží o objemu 250 litrů. Z nich se potom po uvolnění vakua přes lihové měřidlo plní líh do 50 l KEG sudů. Ze sudů je dále stlačen do 0,5 a 1,0 litrových lahví (Potěšil et. al., 2008).



LEGENDA:

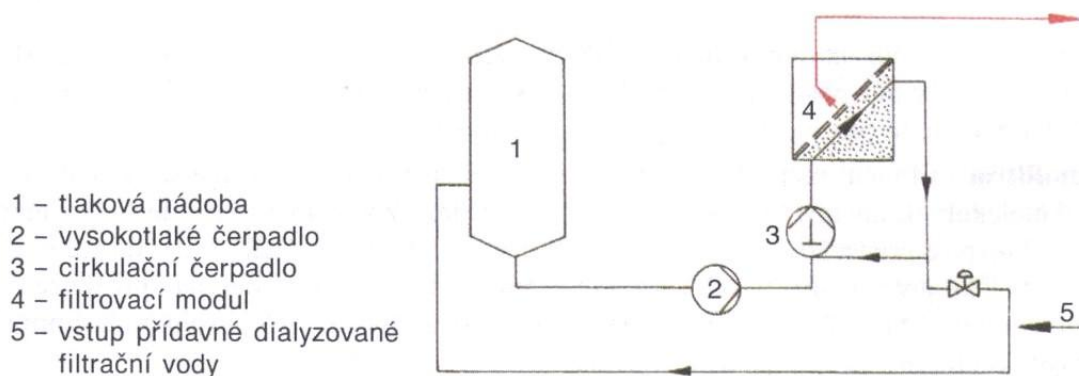
- |                         |                              |                         |
|-------------------------|------------------------------|-------------------------|
| 1. Vařák                | 7. Dělička refluxu           | 13. Čerpadlo kondenzátu |
| 2. Výplňová kolona      | 8. Dochlazovač               | 14. Čerpadlo produktu   |
| 3. Kondenzátor          | 9. Lucerna                   | 15. Ohřivač nástřiku    |
| 4. Kondenzátor od plynu | 10. Nádrž na destilát        | 16. Dohřivač nástřiku   |
| 5. Odlučovač plynu      | 11. Kontrolní lihové měřidlo | 17. Ohřivač kondenzátu  |
| 6. Odlučovač            | 12. Vývěva                   | 18. Průtokoměr nástřiku |

Obrázek 3 - Technologické schéma zařízení na výrobu nealkoholického piva (Kvasný průmysl, 2008)

Odstranění etanolu pomocí membránových technik se používá v praxi za různých tlakových podmínek, bez tepelného zatížení. V zásadě se jedná o reverzní osmózu a dialýzu. Principem je oddělení látek určité molekulové hmotnosti, speciálně etanolu, který projde póry membrány, zatímco větší molekuly látek extraktu piva zůstávají zachovány v pivu (Basařová et. al., 2010).

Reverzní osmóza (obr. 4) je proces filtrace semipermeabilní membránou propouštějící malé molekuly, především etanol a vodu. Oddělení látek se docílí překročením osmotického tlaku. Proces filtrace probíhá s tangenciálním nátokem piva (filtrace cross – flow) za vysokého tlaku (3 až 6 MPa). Vlivem vysokých tlaků dochází k zvyšování teploty, proto se musí celé zařízení chladit, aby teplota piva nepřestoupila 15 °C. Membrány jsou z různých materiálů, např. z acetátu celulosy, nylonu nebo jiných polymerů. Oddělená voda se doplňuje přítokem odplyněné

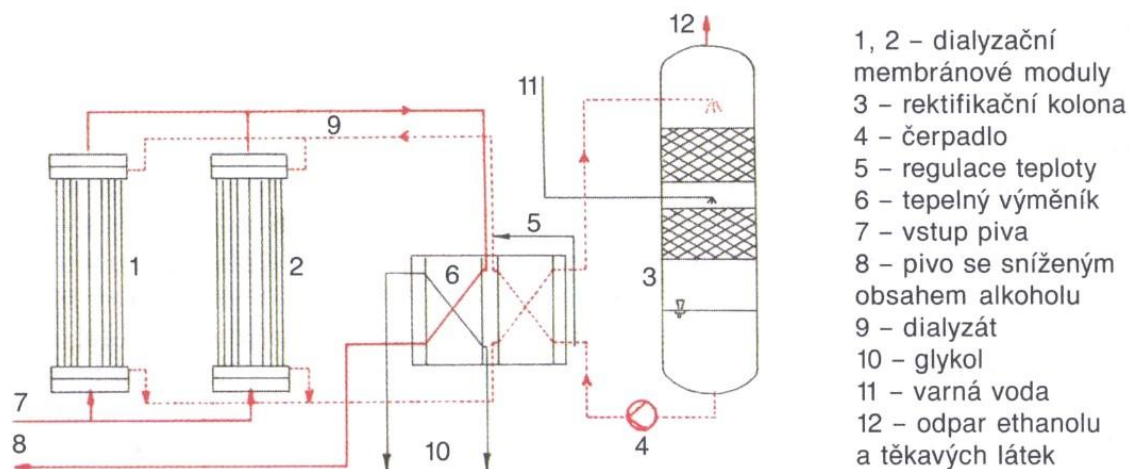
diafiltrační vody, jejíž spotřeba je přibližně 2 až 3 hl na 1 hl piva při snížení obsahu etanolu v pivu z 4 na 0,5 %. Oddělená směs vody, etanolu a dalších látek s malou molekulovou hmotností (permeát) se může podrobit frakční destilaci. Těkavé látky bez frakce alkoholu se přidávají k dealkoholizovanému pivu k zajištění potřebného buketu (Basařová et. al., 2010).



**Obrázek 4 - Schéma přípravy nízkoalkoholického piva reverzní osmózou (Basařová, 2010)**

Dialýzou (obr. 5) se ethanol odděluje průchodem membránou do dialyzátu na základě vyrovnávání rozdílných koncentrací. Na jedné straně membrány protéká odsolená voda a opačným směrem, na straně druhé, cirkuluje pivo. Póry membrány (např. vlákna celulosy) propouštějí hlavně molekuly vody a etanol. Alkohol přechází z piva do dialyzátu tak dlouho, až se docílí vrovnaní koncentrace na obou stranách membrány. Dialyzát se průběžně odvádí a odparem se z něj odstraňuje etanol, poté se zase vrací do dialyzačního zařízení. S použitím rektifikační kolony lze z dialyzátu oddělit frakce, které neobsahují alkohol, ale obsahují buketní látky, a ty se mohou dávkovat zpět do piva. Proces se opakuje tak dlouho, až se docílí v pivu potřebné snížení obsahu etanolu. Na rozdíl od reverzní osmózy pracuje dialyzační zařízení v zásadě bez nároku na tlak, i když určitý přetlak je nutný k udržení hladiny oxidu uhličitého. Teploty procesu se pohybují od 1 do 6 °C. Protože se však k vyloučení hraničních plošných koncentrací pracuje s velkými rychlostmi proudících kapalin, dochází k zahřívání piva, které se musí zpětně ochladit. Postup je vůči pivu velmi šetrný, nedochází ke změnám barvy a extraktu piva a ztráty těkavých látek jsou stejně jako u reverzní osmózy podstatně nižší než při vakuovém odparu. Ztráty oxidu

uhličitého jsou větší, i když si pivo zachovává původní koncentraci a nemusí se ředit. Proto se lehce dosycuje oxidem uhličitým (Basařová et. al., 2010).



**Obrázek 5 - Schéma dialyzační stanice na výrobu piva s redukováným obsahem alkoholu (Basařová, 2010)**

Extrakce alkoholu oxidem uhličitým při různých teplotách a tlacích (kritický bod 31 °C, 7,3 MPa) je další možností přípravy nealkoholických piv, která se zkouší. Je to proces obdobný používané extrakci aromatických látek.

Nanofiltrace filtrační přepážkou s definovanou velikostí pórů umožňuje selektivně oddělit malé molekuly a je jedním z vývojových trendů k odstraňování alkoholu z piva při zachování původní koncentrace extraktivních látek. Nanofiltrace je klasifikována jako proces mezi ultrafiltrací a reverzní osmózou. Byla zkoušena i pro snížení obsahu barevných látek či pro zlepšení pěnivosti. Je označována jako postup možné přípravy různých druhů piv na bázi jednoho výrobku (Basařová a kol. 2010).

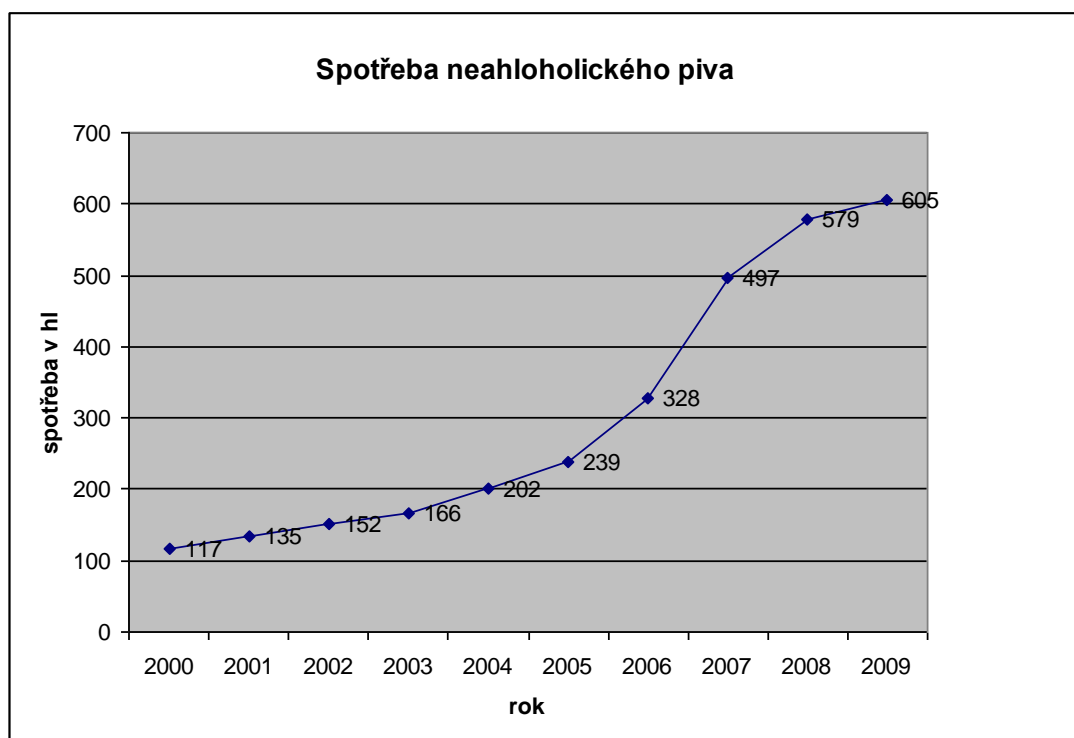
## **8. Nealkoholické pivo na trhu, jeho spotřeba a soutěž**

### **8.1 Spotřeba nealkoholického piva**

Na českém, ale i na mezinárodním pivním trhu se stále více prosazuje nealkoholické pivo. Po letech poměrně pomalého růstu spotřeby zaznamenáváme, že si tento druh piva stále víc a víc upevňuje svou pozici mezi spotřebiteli (Veselý, 2006).

Zatímco v pití klasického piva patří Čechům dlouhodobě světové prvenství, v konzumaci jeho nealkoholické varianty jsou se zhruba pěti litry na osobu a rok až na druhé příčce pomyslného světového žebříčku. Největšími konzumenty piva bez alkoholu jsou překvapivě Španělé, Čechům na ně chybí necelý půllitr.

Spotřeba nealkoholických piv (graf 1) se za posledních 9 let téměř zpětinásobila a v roce 2008 ve srovnání s rokem 2007 činil nárůst spotřeby přes 16 %; dosáhl objemu 579 tisíc hl. Spotřeba v roce 2009 je pouze odhad (cspas, 2008).



Graf 1 - Vývoj spotřeby nealkoholických piv v ČR v letech 2000 – 2009 (v tisících hektolitrů) (cspas, 2008)

## 8.2 Veřejné mínění

Následující graf 2 ukazuje oblíbenost nealkoholického piva mezi ženami a muži. Centrum pro výzkum veřejného mínění provádí každoročně průzkum ohledně konzumace piv. Pravidelně je i do bloku zařazována otázka týkající se piva nealkoholického. Dotaz konkrétně zněl tak, zda by respondent preferoval pivo nebo jiný nealkoholický nápoj v situaci, kdy si např. kvůli řízení automobilu nemůže

dopřát běžné pivo. V roce 2010 bylo dotazováno 1024 respondentů a v roce 2009 bylo dotazováno 1071 respondentů (Vinopal, 2010).



**Graf 2 - Nealkoholické pivo jako náhrada piva běžného v letech 2007 až 2010 u mužů a u žen (součet podílu odpovědí „rozhodně...“ a „spíše nealkoholické pivo“)** (Vinopal, 2010).

### 8.3 Pivní soutěže

V České republice se každoročně uskutečňují soutěže různých druhů piv. Soutěží je celkem sedm. Jména soutěží jsou Zlatý pohár PIVEX, Česká pivní pečeť, Jarní cena českých sládků, České pivo 20xx, Pivo České republiky, Dočesná, Znojemský hrozen. Tyto soutěže se dlouhá léta většinou konají ve stejných termínech. V následujících tabulkách uvádím příklady úspěšnosti některých druhů nealkoholického piva na těchto soutěžích (Beerresearch, 1994).

**Tabulka 1 – Zlatý pohár PIVEX**

	2008	2009	2010
<b>1. Místo</b>	Primátor nealko	Zubr free	Radegast birell
<b>2. Místo</b>	Litovel free	Radegast biret	Platan nealko - Lobkowicz
<b>3. Místo</b>	Radegast birell	Starobrno fríf	Litovel free
<b>celkem účast</b>	9 piv	8 piv	6 piv

**Tabulka 2 – Zlatá pivní pečeť**

	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
<b>1. Místo</b>	Svijanský Vozka	Free Pivovar Litovel	Primátor Nealko	Staropramen nealko
<b>2. Místo</b>	Free Pivovar Litovel	Svijanský Vozka	Svijanský Vozka	Fríí Starobrno
<b>3. Místo</b>	Starobrno fríí	Primátor Nealko	Platan - nealko	Bernard Free

**Tabulka 3 – Pivo České republiky**

	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
<b>1. Místo</b>	Svijanský vozka	Bernard Free	Lobkowicz Premium Nealko
<b>2. Místo</b>	Primátor Nealko	Zlatý Bažant	Primátor Nealko
<b>3. Místo</b>	Zlatý Bažant	Svijanský vozka	Starobrno Fríí



## 9. Závěr

Nealkoholické pivo dosáhlo vzestupu až v posledních několika letech. Jeho spotřeba se v naší republice za posledních deset let zvyšovala průměrně o 49 800 hl ročně. České pivovary zaznamenaly nárůst spotřeby nealkoholického piva, a proto zahájily vývoj nových technologií pro výrobu nealkoholického piva. V současné době se nachází na našem území podle dostupných zdrojů 28 pivovarů produkujících nealkoholické pivo viz. příloha nealkoholické pivo. Některé pivovary vyrábí 2 a více druhů piv. Největší nabídku nealkoholického piva na našem trhu nabízí pivovar Bernard a.s., který vyrábí celkem 4 druhy nealkoholických piv.

V České republice se využívá více technologií zpracování nealkoholického piva. Mezi používané technologie patří limitované kvašení, využití speciálních kmenů kvasinek a poslední technologií je vakuová destilace. Nejpoužívanější technologií v České republice je limitované kvašení.

Nealkoholická piva jsou nabízená ve formě točeného piva, ve skleněných lahvích, plechovkách, ale také v lahvích plastových. V lahvovém provedení se distribuují všechna nealkoholická piva. V plastových lahvích je pak od března letošního roku také dodáváno nealkoholické pivo značky Fríí pivovaru Starobrno a.s.

## 10. Seznam použité literatury

ANONYMUS. 2008. Nealkoholické pivo – fenomén dneška?. *Kvasný průmysl* 54, 5 160 – 161 s.

*Agronavigator.cz* [online]. 2011 [cit. 2011-04-12]. Bezpečnost potravin. Dostupné z WWW: <<http://www.agronavigator.cz/az/vis.aspx?id=92126>>

BASAŘOVÁ, G., ŠAVEL J., BASAŘ P., LEJSEK T. *Pivovarství*. Praha: Vysoká škola chemicko – technologická, 2010. 904 s.

BASAŘOVÁ, G. Jak se vyrábí nealkoholické a nízkoalkoholické pivo?. *Vesmír.cz* [online]. 2005 [cit. 2010-3-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.vesmír.cz/clanek/jak-se-vyrabi-nizkoalkoholicke-a-nealkoholicke-pivo>>

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

*Beerresearch.cz* [online]. 1994 [cit. 2011-03-29]. Soutěže piv . Dostupné z WWW: <[http://www.beerresearch.cz/index.php?option=com\\_content&view=article&id=149&Itemid=195&lang=cs](http://www.beerresearch.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=149&Itemid=195&lang=cs)>

*Cspas.cz* [online]. 2008 [cit. 2011-03-31]. Pivovarství a sladařství v českých zemích. Dostupné z WWW: <Pivovarství a sladařství v českých zemích>.

ČEPIČKA, J., et. al. *Obecná potravinářská technologie*. Praha: VŠCHT, 1995. 246 s. ISBN 80-7080-239-1

DUDÁŠ, F., PELIKÁN, M. *Využití produktů rostlinné výroby*. Brno: Vysoká škola zemědělská, 1989. 247 s.

EßLINGER, H. M. *Handbook of Brewing: Processes, Technology, Markets* [online]. Weinheim : Wiley-VCH. 2009 [cit. 2011-04-01]. Dostupné z WWW: <[http://books.google.cz/books?id=L8RwjqUKLygC&pg=PR11&lpg=PR11&dq=alcohol+free+Methods+of+production&source=bl&ots=\\_6b\\_6w8hh&sig=DIC9wzB2\\_KxOJI7AkFNR6O77-nQ&hl=cs&ei=Q2KVTeWzNsTBtAbRn6CfDw&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=11&ved=0CHUQ6AewCg0CHUQ6AEwCg#v=onepage&q=alcohol%20free%20Methods%20of%20production&f=false](http://books.google.cz/books?id=L8RwjqUKLygC&pg=PR11&lpg=PR11&dq=alcohol+free+Methods+of+production&source=bl&ots=_6b_6w8hh&sig=DIC9wzB2_KxOJI7AkFNR6O77-nQ&hl=cs&ei=Q2KVTeWzNsTBtAbRn6CfDw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=11&ved=0CHUQ6AewCg0CHUQ6AEwCg#v=onepage&q=alcohol%20free%20Methods%20of%20production&f=false)>. ISBN 978-3-527-31674-8.

HUTKINS, R. W. *Microbiology and technology of fermented foods* [online]. Iowa : IFT Press, 2006 [cit. 2011-03-29]. Dostupné z WWW: <[http://books.google.com/books?id=iRcfbUMXPaEC&pg=PA339&dq=non+alcoholic+beer+yeast&hl=cs&ei=bPmFTdWpENGeOtXVyNQI&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=4&sqi=2&ved=0CD4Q6AEwAw#v=onepage&q=non%20alcoholic%20beer%20yeast&f=false](http://books.google.com/books?id=iRcfbUMXPaEC&pg=PA339&dq=non+alcoholic+beer+yeast&hl=cs&ei=bPmFTdWpENGeOtXVyNQI&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=4&sqi=2&ved=0CD4Q6AEwAw#v=onepage&q=non%20alcoholic%20beer%20yeast&f=false)>.

KADLEC, P., MELZUCH, K., VOLDŘICH, M., A KOLEKTIV, *Co by jste měli vědět o výrobě potravin?*. Ostrava: KEY Publishing s.r.o., 2009, 536 s.

KADLEC, P., a kol. *Technologie potravin II*. Praha: VŠCHT, 2002. 236 s.

KOSAŘ, K., PROCHÁZKA, S., et al. *Technologie výroby sladu a piva*. Praha: Výzkumný ústav pivovarnický a sladařský, 2000. 398 s. ISBN 80-902658-6-3

NAVRÁTIL, M. et al. Production of non-alcoholic beer using free and immobilized cells of *Saccharomyces cerevisiae* deficient in the tricarboxylic acid cycle.. *PubMed* [online]. 2002, 35, [cit. 2011-03-27]. Dostupný z WWW: <[http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11916455?log\\$=activity](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11916455?log$=activity)>.

PELIKÁN, M., SÁKOVÁ, L. *Jakost a zpracování rostlinných produktů*. České Budějovice: JU Zemědělská fakulta, 2001. 235 s. ISBN 80-7040-502-3

PETR, J., LOUDA, F. *Produkce potravinářských surovin*. Praha: VŠCHT, 1998. 213 s.

POTĚŠIL, V., ZEDEK, V. Výroba nealkoholického piva vakuovou destilací. Kvasný průmysl. 2008 54, 5 149 – 151 s.

*Radegast Birell* [online]. 2009 [cit. 2010-12-26]. Historie. Dostupné z WWW: <http://www.birell.cz/birell/historie/>

RICKEN, K.H., BRAAKOVÁ, H. *S pivem ke zdraví*. Niedernhausen: Falken, 1999. 88 s. ISBN 80-85805-97-9

SELECKÝ, R., ŠMOGROVIČOVÁ, D. Technologické a mikrobiologické aspekty výroby piva se sníženým obsahem alkoholu. *Chemicke-listy.cz* [online]. 2007 [cit. 2010-3-6]. Dostupné z WWW:<[http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2007\\_07\\_542-549.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2007_07_542-549.pdf)>

SELECKÝ, R., et. al. Produkcia nízkoalkoholického piva mutantnými pivovarskými kvasinkami. Kvasný průmysl. 2007, 51, 7-8, 235 - 239 s.

SOHRABVANDI, S., et. al. Alcohol-free Beer: Methods of Production, Sensorial Defects, and Healthful Effects. *apps.isiknowledge.com* [online]. 2010 [cit. 2010-4-4]. Dostupné z WWW: <[http://apps.isiknowledge.com/full\\_record.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&qid=2&SID=V1o@mLlOmDEp7JMO18h&page=1&doc=6&cacheurlFromRightClick=no](http://apps.isiknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=2&SID=V1o@mLlOmDEp7JMO18h&page=1&doc=6&cacheurlFromRightClick=no)>

ŠURÁŇ, J., POTĚŠIL, V. *Pivovarský kalendář 2008*. Praha: VÚPS a.s., 2007. 300 s. ISBN 80-86570-26-4

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský [online]. 2011 [cit. 2011-03-21]. Seznam doporučených odrůd 2011. Dostupné z WWW: <<http://www.ukzuz.cz/Folders/Articles/9192-2-Seznamy+doporucenych+odrud++Prehledy+odrud.aspx>>

VESELÝ, J. Nealkoholické pivo – proč jeho obliba stále více roste. Cspas.cz [online]. 2006 [cit. 2011-03-18]. Dostupné z WWW: <  
<http://www.cspas.cz/index2.asp?KatId=36&DatId=380&Archiv=>>

VINOPAL, J. Nealkoholické pivo jako náhrada piva běžného. *Vzorce konzumace piva v České republice*. Praha : Sociologický ústav AV ČR, v.v.i., [online] 2010. 6 s. [cit. 2010-3-27]. Dostupné z WWW: <  
[http://www.cvvm.cas.cz/upl/zpravy/101074s\\_OR101215a.pdf](http://www.cvvm.cas.cz/upl/zpravy/101074s_OR101215a.pdf)>

ZEDEK, V., DVOŘÁK, K., POTĚŠIL, V. Praktické poznatky z výroby bez alkoholu vakuovou destilací v pivovaru Černá Hora. *Kvasný průmysl*. 2007, 53, 10, 306 s

## **11. Seznam použitých zkratk**

KEG – vratný sud, válcová nerezová nádoba z oceli

HGB – high gravity brewing- zařízení umožňující do zfiltrovaného piva přidat vodu, případně CO<sub>2</sub>.

CKT – cylidrokónické tanky, stojatá válcová uzavřená nádoba s konickým dnem

## 12. Přílohy

### Seznam pivovarů produkujících nealkoholické pivo

Název	pivovar
Alkostop	Jihomoravské pivovary a.s.
Backer Pernštejn	Pardubický pivovar a.s., Pardubice
Bakalář	Czech Brewery Rakovník
Bernard višeň	Rodinný pivovar BERNARD a.s.
Bernard švestka	Rodinný pivovar BERNARD a.s.
Bernard jantar	Rodinný pivovar BERNARD a.s.
Bernard free	Rodinný pivovar BERNARD a.s.
Birell	Plzeňský prazdroj a.s.
Birell polotmavý	Plzeňský prazdroj a.s.
Bohemia Regent Renegát	Bohemia Regent a.s.
Budweiser Budvar	Budějovický budvar národní podnik
Dudák driver	Měšťanský pivovar Strakonice a.s.
Eggenberg	Pivovar EGGENBERG, Český Krumlov
Ferdinand	Pivovar Ferdinand a.s.
Forman	Pivovar Černá Hora, a.s.
Forman polotmavý	Pivovar Černá Hora, a.s.
Fríí	Starobrno a.s.
Holba free	Pivovar holba, Hanušovice
Herold Střízlík nealkoholické pivo	Pivovar Herold Březnice, a.s.
Chodovar	Chodovar spol. s.r.o.
Konrad Pilot	HOLS, a.s., Pivovar Vratislavice
Litovel free	Pivovar Litovel, a.s.
Lobkowicz	Vysoký Chlumec, a.s.
Moto Brouk	Pivovar Nová Paka a.s.
Nealko kvasnicové Zvíkov	Pivovarský dvůr Zvíkov s.r.o.
Patron	Pivovar Chotěboř s.r.o.
Pito Budweiser bier	Budějovický měšťanský pivovar a.s.
Platan	Pivovar platan
Primátor nealko	Primátor a.s.
Rebel nealko	Měšťanský pivovar Havlíčkův Brod a.s.
Skalák	Pivovar Rohozec a.s.
Staropramen	Pivovar Staropramen a.s.
Stella artois	Pivovar Staropramen a.s.
Svijanský Vozka	Pivovar Svijany a.s.