



**Optimalizace výroby piva v minipivovaru**  
Bakalářská práce

*Vedoucí práce:*  
Ing. Tomáš Gregor, Ph.D.

*Vypracoval:*  
Patrik Boudný



### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem práci: „Optimalizace výroby piva v minipivovaru“ vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....

podpis

**Poděkování:**

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Tomáši Gregorovi Ph.D. za odborné vedení, ochotu ke konzultacím a poskytnuté rady.

Dále bych chtěl poděkovat Vojtěchu Málkovi z minipivovaru Únanov za poskytnutí informací o chodu jejich pivovaru a konzultacím ohledně výroby piva. V neposlední řadě poděkování patří mé rodině, která mě podporuje po celou dobu studia a dodává mi motivaci.

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce je zaměřena na technologii výroby piva, jak z hlediska ekonomického, tak i z kvalitativního.

První část se zabývá historií pivovarnictví, charakteristikou minipivovarů a procesy výroby piva od šrotování sladu až po zrání piva v ležáckých tancích. Ve druhé části jsou využity zjištěné poznatky a použity k vypracování návrhu optimalizace výroby piva v minipivovaru Únanov, kde byly zjištěny nedostatky hlavně v efektivitě práce a nevyrovnanosti kvality. Návrh optimalizace byl konzultován s majitelem pivovaru.

Klíčová slova: výroba piva, minipivovar, optimalizace, historie

## **ABSTRACT**

Bachelor thesis is focused on beer production technology, both economically as well as qualitatively.

The first part deals with the history of brewing, characteristic of microbreweries and beer production process from grinding the malt to beer maturation in lager tanks.

In the second part are findings used to develop the design optimization of the beer production in a microbrewery Únanov, where shortcomings were found mainly in work efficiency and uneven quality. Optimization proposal was consulted with the owner of a brewery.

Key words: beer production, microbrewery, optimization, history

## OBSAH

OBSAH.....	6
1 ÚVOD.....	8
2 CÍL PRÁCE.....	9
3 LITERÁRNÍ PŘEHLED .....	10
3.1 Historie výroby piva.....	10
3.1.1 Historie výroby piva v Mezopotámii .....	10
3.1.2 Pivo ve starověkém Egyptě.....	10
3.1.3 Pivo ve středověké Evropě .....	11
3.1.4 Pivo v Čechách .....	11
3.1.5 Historie minipivovarů ČR.....	12
3.2 Charakteristika minipivovarů.....	13
3.3 Výroba mladiny.....	14
3.3.1 Čištění a šrotování sladu.....	14
3.3.2 Postupy šrotování.....	15
3.3.3 Varny .....	18
3.3.4 Vystírání a rmutování .....	20
3.3.5 Praxe rmutování.....	28
3.3.6 Postupy rmutování .....	28
3.3.7 Časová a energetická náročnost při rmutování .....	31
3.3.8 Kontrola rmutování.....	31
3.3.9 Zařízení pro rmutování .....	32
3.3.10 Scezování sladiny a vyslazování mláta.....	32
3.3.11 Teorie scezování .....	32
3.3.12 Chmelovar.....	34
3.3.13 Chlazení mladiny a odlučování kalů.....	38
3.4 Kvašení mladiny.....	41
3.4.1 Druhy pivovarských kvasinek .....	41
3.4.2 Hlavní kvašení .....	42
3.4.3 Technologické postupy a zařízení pro hlavní kvašení .....	43
3.4.4 Dokvašování a zrání (ležení) piva .....	48
3.4.5 Technologie a zařízení pro stacionární dokvašování a zrání piva .....	48
3.4.6 Kvašení a dokvašování piva v cylindrokónických tancích (CKT) .....	49

3.5	Návrh optimalizace výroby piva v minipivovaru Únanov .....	51
3.5.1	Šrotování .....	51
3.5.2	Práce na varně .....	52
3.5.3	Hlavní kvašení .....	54
3.5.4	Dokvašování a zrání piva .....	54
4	ZÁVĚR .....	55
5	CITOVANÁ LITERATURA .....	56

## 1 ÚVOD

Výroba piva v minipivovarech se v poslední době těší čím dál větší oblibě, kvantitativně počet minipivovarů již převyšuje počet pivovarů průmyslových. Díky větším nákladům na výrobu, však nemohou konkurovat cenou a musí si zákazníky získat rozmanitým sortimentem. V českých zemích jsou nejvíce oblíbená piva plzeňského typu, ale právě díky minipivovarům se do popředí začínají dostávat i piva svrchně kvašená a speciální. Minipivovary mají obdobnou technologii výroby jako pivovary průmyslové, liší se většinou pouze v množství zhotoveného piva za rok a mají často rodinný charakter. Stejně je tomu i v minipivovaru Únanov, který funguje prvním rokem a je zde mnoho možností k vylepšení.

Co se týče modernizace a optimalizace výroby piva, jedná se především o technologie, které usnadní práci, či přinesou nějakou ekonomickou úsporu, bohužel se v dnešní době hledí spíše na cenu než na kvalitu. Tento problém vyvažují právě minipivovary, které se snaží vařit pivo tradiční technologií, bez použití náhražek sladu a zrychlených procesů. Ne však každé pivo z minipivovaru je zárukou kvality. Minipivovary se potýkají s nevyrovnaností várek, a při vyšší poptávce i s nedostatkem hotového piva, kvůli malé kapacitě výrobní technologie.



## **2 CÍL PRÁCE**

Cílem této práce je popsat postupy výroby piva od šrotování po zrání piva v ležáckých tancích, jejich vliv na kvalitu a ekonomiku. Dále tyto poznatky využít k návrhu optimalizace výroby v minipivovaru.

## **3 LITERÁRNÍ PŘEHLED**

### **3.1 Historie výroby piva**

#### **3.1.1 Historie výroby piva v Mezopotámii**

Nejstarší nálezy obilného rmutu byly na území starých Sumerů a dnešního Bavorska jsou podle odhadů staré až 10 000 let. Pivo lidé znali samozřejmě dávno před vznikem nejstarší lidské civilizace ve zmíněném Sumeru. Do první poloviny dvacátého století se však za kolébku piva považoval Egypt odkud se nápoj rozšířil do ostatních zemí. První písemná zmínka o výrobě piva je však popsána v „Hymně bohyni Ninkasi“, která byla nalezena na území Mezopotámie, tu v období 4000 před Kristem obývali právě Sumerové. Další písemnou zmínkou která pochází z doby třetího tisíciletí před naším letopočtem je „Epos o Gilgamešovi“, Gilgameš byl sumerský vládce (Chládek, 2007), (Večerníček, 2015).

Pivo se v této době vařilo z chleba jenž byl zhotoven z ječmene a nazýval se „bapiru“, ten se rozdrobil do vody s přísadkou ječného nebo pšeničného sladu, případně nesladovaného ječmene či pšenice, vznikla kaše, která se nechala kvasit a po nějaké době se toto „pivo“ pilo. Chmele v té době nebyly známé a proto se místo nich do piva někdy přidávali jiné rostliny, například zelená hořčice (Chládek, 2007).

#### **3.1.2 Pivo ve starověkém Egyptě**

O pivovarnictví ve starověkém Egyptě se dochovalo velmi mnoho písemných dokumentů, které objevili archeologové například poblíž Káhiry, kde našli také pekárnu a pivovar z období 2 500 let před naším letopočtem. Tyto dva objekty nebyli pohromadě náhodou, protože se zde pivo obdobně jako v Mezopotámii vařilo z ječných, nebo pšeničných chlebů, případně ze směsi obou obilovin.

Podle historiků bylo nejdříve vaření piva výsadou faraonů a poté se rozšířilo i mezi vysoké kněze a šlechtu. Pivo patřilo mezi hlavní pokrm dělníků na stavbách, bylo velmi oblíbené ve všech vrstvách tehdejší společnosti. Pivo se stalo dokonce i platebním nástrojem pro armádu, úředníky a další státní zaměstnance, kteří dostávali část platu v pivu (Chládek, 2007).

Jak již bylo zmíněno pivo se vařilo z chlebů vyrobených z ječného nebo pšeničného sladu. Upečený chléb se rozdrtil a ve velké kádi rozmíchal s vodou. Vzniklá kaše se přelila do džbánů, někdy se ještě přidala šťáva z datlí, poté se džbány zazátkovali hliněnou zátkou a nechali samovolně kvasit. Výsledné pivo nebylo chmelené a muselo se pít pomocí slámek. I když by nám toto pivo zřejmě moc nechutnalo během vlády Ramsese II. Velikého (1290 – 1224 před Kristem) bylo nejoblíbenějším nápojem v Egyptě (Chládek, 2007).

### **3.1.3 Pivo ve středověké Evropě**

K rozvoji pivovarnictví ve středověké Evropě došlo zejména díky mnichům, kteří se mu začali věnovat intenzivně na doporučení církve, pivo se totiž mohlo pít během období postů, které byli v té době velmi časté. Podle některých historiků to byli právě mniši kteří jako první začali pěstovat chmel a přidávat ho do piva, toto pivo získalo rychle na oblibě.

Pověry a neobvyklá skladba surovin donutila tehdejší panovníky k vydání dekretů, které udávali například, že když bude někdo prodávat špatné pivo, nebo nalévat pod míru, bude za to potrestán. V roce 1516 byl vydán „Zákon o čistotě piva“ podle kterého mohlo být pivo vařeno pouze za použití sladu, chmele a vody, dále taky upravoval jeho cenu (Chládek , 2007).

### **3.1.4 Pivo v Čechách**

Dějiny výroby piva mají v našich zemích také dlouhou historii. Zejména díky Slovanům, kteří na naše území přišli někdy začátkem šestého století se historici domnívají, že si ze své pravlasti donesli i s jinými kulturními plodinami právě chmel. Vaření piva byla u nás do devátého století zejména domácí práce, tuto práci mohl vykonávat kdokoliv kdo k tomu měl potřebné znalosti a suroviny.

Po konci devátého století začalo být pivo předmětem obchodu a tím skončila být jeho výroba domáckou, napomohl tomu i fakt že v tomto období se z dosud svobodných občanů staly poddaní, a právo vařit pivo měla pouze vrchnost.

Následný rozvoj se uskutečnil až se zakládáním královských měst. Královská města při jejich výstavbě a zejména k tomu aby si zde panovník upevnil svůj vliv, získala takzvané „právo várečné“. Mezi nejstarší tyto města patří například Svitavy, Žatec, České Budějovice a Plzeň (Chládek, 2007).

V Plzni bylo uděleno várečné právo 260 měšťanům, kteří si poté postavili společný pivovar. Nejstarší pivovar se sladovnou v Plzni pochází z roku 1307. Později bylo vydáno Mílové právo královským městům, které mělo formu takzvaného „hájemství“, podle kterého se nesmělo vařit pivo či vyrábět slad, nebo dokonce ani čepovat cizí pivo jednu míli od hradeb města, což bylo tehdy asi deset kilometrů. Porušení toho práva bylo velmi přísně trestáno.

Jako jeden z nejdůležitějších milníků v historii českého piva je považováno založení Měšťanského pivovaru v Plzni roku 1839. Došlo k tomu proto, že se do té doby ve městě vařilo velmi špatné pivo, až se sami právováreční měšťané rozhodli tento problém řešit. V tehdejší době se v letních měsících vařilo svrchně kvašené pivo, které kvasí při téměř pokojových teplotách do 20 °C a tím pádem není nutné jej chladit. Měšťané poslali stavitele Stelzera na obhlídku Bavor, kde vařili celoročně spodně kvašené tmavé pivo. Kvasinky spodního kvašení však vyžadují pro kvašení teploty podstatně nižší, asi kolem 10 °C, kterých se dříve dosahovalo jen za pomoci ledu, později bylo vynalezeno strojní chlazení.

Stelzer nelenil a vrátil se nejen se zkušenostmi, ale také s bavorským sládkem Josefe Grollem, který dne 25. února 1842 (někdy se uvádí datum 5. října 1842) první várku v nově postaveném Měšťanském pivovaru. Groll vyrobil světlé spodně kvašené pivo s větším dávkováním chmele, které se mu opravdu povedlo a předčilo veškerá očekávání. Dá se říct že zavedením nového typu piva v Plzni začal přerod pivovarnického řemesla v pivovarský a sladovnický průmysl. Tento typ piva se dodnes těší velké oblibě a je známo po celém světě (Chládek, 2007).

### **3.1.5 Historie minipivovarů ČR**

Nejstarším minipivovarem v Česku jenž vaří pivo dodnes je pivovar – U Fleků v Praze, kde se vaří od roku 1499. Během té doby vzniklo i mnoho jiných minipivovarů, bohužel tyto pivovary následně zanikly, nebo se spojily s některými většími pivovary. Novodobější historie minipivovarů na našem území se začala psát až v roce 1991, zatímco v zemích západní Evropy či USA o několik let dříve (Čapková et al., 1999).

Podle českého svazu pivovarů a sladoven bylo v roce 2006 na našem území registrováno 40 minipivovarů (Petr, 2010). A jak uvádí (Maier, 2008) v roce 2008 už dokonce více jak 70, toto číslo už kvantitativně přesahuje počet průmyslových pivovarů.

### 3.2 Charakteristika minipivovarů

Minipivovarem se rozumí podnik s ročním výstavem piva do 10 000 hl, nejčastěji se však pohybuje od 500 do 5 000 hl piva ročně. Minipivovar většinou neexportuje, jeho pivo nenajdete v žádném běžném obchodě a nemá vlastní distribuční síť. Může být postaven samostatně, v tomto případě si musí zajistit odbyt v jiných restauračních zařízeních, nebo spojen spolu s restaurací, potom se dá hovořit o restauračních minipivovarech, kde se největší část jeho produkce spotřebuje právě v připojené restauraci. Vlastníkem minipivovaru bývá fyzická osoba, případně malá skupina osob právnických. Majitelé mají k tomuto sektoru nejen vztah ekonomický, ale i citový. Restauriční minipivovary dávají možnost nahlédnout přímo do výroby a vnímat atmosféru při vaření piva. Toto pivo má charakteristické sensorické vlastnosti, vyznačuje se větším sortimentem, a spolu s dobrou krajobnou kuchyní je velkým lákadlem pro zákazníky. Z výrobního procesu je výhodou malá náročnost na pracovní sílu, minipivovar zvládne obsluhovat i jeden člověk, záleží ovšem na intenzitě vaření, minimalizují se i náklady a starosti se stáčením, skladováním a rozvozem (Čapková et al., 1999).

Některé minipivovary nabízí i skutečné kuriozity jakou jsou piva ochucená bylinami, exotickým kořením, ovocem, medem, nebo piva s vyšší stupňovitostí či svrchně kvašená, která nejsou u nás moc rozšířená a jejich obliba stoupá právě díky minipivovarům. Speciální piva tvoří až 54 % jejich sortimentu (Frantík, 2010). U malých restauračních pivovarů je zaručena čerstvost piva, protože pivo netrpí převážením a bývá točeno přímo z ležáckých tanků (Večerková, Kiss, 2007).

**Tabulka 1:** Rozdělení, počet pivovarů a produkce jejich piv (stav na podzim roku 2009 – čísla v závorce zachycují stav z roku 2004) (Frantík, 2010).

Pivovar	klasický	minipivovar
<b>Celkový počet pivovarů</b>	47 (49)	77 (48)
<b>Počet pivovarů vyrábějících speciály</b>	33 (30)	54 (28)
<b>Počet piv celkem</b>	322 (322)	327 (154)
<b>Počet speciálů</b>	56 (40)	97 (42)
<b>Neobvyklá piva</b>	27 (19)	81 (29)
<b>Nealkoholická piva</b>	25 (15)	0 (0)

### 3.3 Výroba mladiny

#### 3.3.1 Čištění a šrotování sladu

Cílem šrotování je dokonalé vymletí endospermu se získáním vhodných podílů jemných a hrubších částic, celistvost obalových částí zrna by měla být zachována (Kosař, Procházka et al., 2000).

##### 3.3.1.1 Teorie šrotování

Mletí sladu je proces při kterém dochází k rozdrčení zrna a zpřístupnění endospermu pro enzymové a fyzikálně-chemické děje ve varně při zachování pluch, které při scezování slouží jako přirozená filtrační vrstva. Průběh varního procesu, výtěžek extraktu, kvalita mladiny a piva závisí na kvalitě sladového šrotu. Každá část sladového zrna má jiné vlastnosti, díky tomu se slad těžko mele tak, aby bylo zajištěno jednotné složení příslušného šrotu.

**Pluchy** mají zůstat celistvé nejen aby tvořili filtrační vrstvu, ale také proto že obsahují nerozpustnou celulosu, řadu polyfenolových, hořkých a barevných sloučenin. Když se pluchy jemně rozdrťí, tak dochází k vyluhování těchto látek při přípravě mladiny a tím negativně ovlivňují výslednou chuť, barvu a koloidní stabilitu piva.

**Endosperm** sladu má být velmi jemně rozemlet, protože se z něj získává hlavní podíl extraktu mladiny. Různé části zrna jsou různě rozluštěné, proto se nešrotuje stejnoměrně.

Největší podíl jemné krupice a mouky se získá z bazální části zrna, hrubou krupici dávají tvrdé špičky, tato krupice potřebuje při rmutování delší a intenzivnější postup. Šrot který má vysoký podíl hrubé krupice snižuje výtěžek, mladina má méně jednoduchých dusíkatých látek a zkrasitelných cukrů. Špatně rozluštěné slady proto musí být dokonaleji rozemlety, třeba i několikanásobným mletím.

Jemnost šrotování přímo ovlivňuje činnost sladových enzymů, neboť čím je šrot jemnější, tím mají enzymy jednodušší přístup k jednotlivým částem sladu. Avšak, když je šrot příliš jemný ucpává filtrační kanálky ve vrstvě mláta a tím stěžuje scezování. Šrotování se dále musí přizpůsobit technickému vybavení varny a kvalitě sladu (Kosař, Procházka et al., 2000).

Pokud se při scezování používá jako filtrační materiál 40 cm vysoká vrstva mláta, potom se musí šrotovat hruběji, než když se používá sladínový filtr, při kterém je vrstva mláta pouze 6 cm, hlavním filtračním materiálem je plachetka a využívá se přetlaku.

Pro scezovací kád' má mít šrot pokud možno nejlépe vymleté, minimálně poškozené pluchy, nízký podíl hrubé krupice a vysoký podíl krupice jemné. Zastoupení moučky (nejjemnější části šrotu) je nutno přizpůsobit podmínkám při scezování, zejména scezovací rychlosti a zatížení scezovacího dna. Podíl moučky by v tomto případě neměl přesáhnout 12 %, pak může docházet k problémům, například když se sníží propustnost filtrační vrstvy, tak stoupá vyloužitelný extrakt mláta a při častějším prořezávání mláta se zvyšuje koncentrace suspendovaných látek ve sladíně.

Pokud je použitý sladínový filtr je vhodné aby byly pluchy dobře rozemleté. Toto je dáno jiným způsobem filtrování, které probíhá za přetlaku 0,04 – 0,08 MPa (0,4 – 0,8 bar) a vrstva mlátového koláče je jen 4 – 6 cm. Aby se zabránilo vyluhování chuťově nepříznivých látek je zkrácena doba vyslazování.

Pro tento typ vyslazování se obvykle používají kladívkové mlýny, nebo pokud je k dispozici kondicionovací šnek a vymílací stolice lze je také využít. Podíl moučky a mouky by měl být alespoň 50 %, oddělené pluchy se dále mělní menším kladívkovým mlýnem. Kontrola šrotování se provádí na pfungstadtském prosévadle, kde dojde k mechanickému vyřídění jednotlivých frakcí a jejich procentuálnímu vyjádření (Kosař, Procházka et al., 2000).

### **3.3.2 Postupy šrotování**

Postupy se podle (Basařová et al., 2010) rozdělují na:

- Šrotování za sucha (nejčastěji používané u minipivovarů),
- šrotování za sucha s oddělením jednotlivých frakcí (pluchy se dávkuje až v pozdějších fázích přípravy mladiny),
- kondicionování sladu, při kterém se zachová celistvost pluch (zvlhčení pluch vodou nebo párou 0,5 % - 2,5 % vody),
- mletí za mokra.

### 3.3.2.1 Suché šrotování

Mletí za sucha může být jednorázové, dvojí mletí nebo i diferencované mletí podílů. Výkon je dán délkou válců, otáčkami, rýhováním a změnou rychlosti. Na začátku mletí dochází k odprašování. Všechny frakce se mohou jímat v jednom sběrném koši, nebo odděleně což umožňuje optimalizovat poměr frakcí pro scezovací postup (Basařová et al., 2010).

### 3.3.2.2 Šrotovníky

**Mlecí stolice** – šrotovníky bývají umístěny v samostatných prostorách někde v blízkosti varen, mohou zde být i čističky sladu, váhy, sběrné koše na šrot či odprašovací zařízení (Basařová et al., 2010). Toto se však týká spíše průmyslových pivovarů, minipivovary nemívají dostatečné prostory nebo finance na pořízení nákladných strojů.

**Dvouválcové šrotovníky** – jsou nejjednodušší, vhodné pro slady vyrovnané kvality, které jsou dobře rozluštěné. Válce bývají hladké, s výkonem pouze – 15 až 20 kg na 1 cm délky válce za hodinu. Pracují při malém počtu otáček – 160 až 180 za minutu. Štěrbiny bývají nastaveny na hodnotách okolo 0,7 mm. Složení šrotu bývá 30 % pluch, 50 % krupice a 20 % mouky. Tyto se nejčastěji používají v minipivovarech, protože jsou vhodné na šrotování speciálních sladů, které jsou křehké (Basařová et al., 2010).

**Čtyřválcové šrotovníky** – mají dva páry válců, horní pár má nižší otáčky a namačká zrna, které má složení podílů 45 % pluchy, 45 % krupice a 10 % mouka. Jemný podíl se oddělí a hrubý pokračuje na spodní pár válců, který má větší intenzitu a mele větší objem než první pár, tím se získá větší výtěžek jemných částí. Výkon čtyřválcových šrotovníků je 20 až 25 kg na 1 cm délky válce za hodinu. Při zabudování sít mezi páry válců lze získat různé varianty jednotlivých podílů šrotu (Basařová et al., 2010).

**Šestiválcové šrotovníky** – představují nejlepší typ šrotovníku pro suché šrotování. První pár válců zrna rozmáčkne, druhý vymílá pluchy a třetí drtí hrubou krupici. Rozdělení podílů šrotu zajišťují síťová vysévadla mezi jednotlivými patry (Basařová et al., 2010). Moderní šrotovníky firmy Bühler pomelou až 14 tun sladu za hodinu (Kunze, 1994).



### 3.3.2.3 Válce šrotovníků

Konstrukce a rychlost otáčení mlecích válců rozhodující měrou ovlivňuje složení šrotu. Slad by měl být dávkován rovnoměrně toho se dá dosáhnout použitím dávkovacího zařízení, které se obvykle skládá z podélně rýhovaného válečku a výkyvné klapky. Množství dávkovaného sladu je dáno rychlostí otáčení válečku a šířkou štěrbiny mezi válečkem a klapkou. Mlecí válce se vyrábějí z tvrzené litiny, pro mokré mletí jsou legované chromem a niklem. Mlecí válce se protisměrně otáčejí a jejich obvodová rychlost je 2,5 – 5 metrů za sekundu. Pro zvýšení stříhového efektu se může rychlost jednotlivých válců v páru lišit až o 25 %. Jeden válec je pevně uložen, druhý je polohovatelný a na místě fixován silnými pružinami. Aby byl zajištěn dostatečný úhel pro vstup zrn mezi válce, a tím i potřebný výkon šrotovníku, pak musí být průměr válce minimálně 250 mm.

Moderní vysokovýkonné šrotovníky mají všechny válce rýhované. Rýhy mohou mít vzájemnou polohu buď „břit na břit“ pro jemný šrot, nebo „hřbet na hřbet“ pro šrot hrubý. S výkonem šrotovníků roste počet otáček válců (Kosař, Procházka et al., 2000).

Podmínky správného chodu šrotovníku podle (Kosař, Procházka et al., 2000):

1. Pevné zabudování, chod bez otřesů.
2. Přísun a posun materiálu ve mlýně.
3. Válce musí stát paralelně.
4. Štěrbina mezi válci se upravuje podle požadavku na složení šrotu.
5. Otáčky válců musí být rovnoměrné.
6. Průměr válců a tvar rýhování se mění podle frakce sladu, kterou melou jako hlavní podíl.
7. Vysévací síta musí být čistá.
8. Vypadávání podílu šrotu musí být plynulé.

#### **3.3.2.4 Kondicionování sladu**

Kondicionování sladu se skládá ze zvlhčování suroviny kropením vodou o teplotě 30 °C, surovina se pohybuje ve šnekovém kondicionéru nebo vlhčením v máčecí šachtě. Po 1 až 2 minutách získají zvlhčené pluchy elasticitu a tím se zvýší jejich odolnost proti rozemílání. Ke zvlhčení zrna lze použít také redukovanou páru. Při kondicionování parou však hrozí přehřátí zrna, které by mohlo způsobit inaktivaci enzymů obsažených ve sladu. Při kondicionování by měli zvlhnout pouze pluchy a endosperm zůstat suchý. Vlhký endosperm zhoršuje šrotování a tím i varní výtěžek (Basařová et al., 2010).

#### **3.3.2.5 Mokrý šrotování**

Mokrý šrotování umožňuje lepší celistvost elastických pluch při dobrém rozemletí endospermu. Slad se před mletím máčí 10 až 30 minut ve vodě teplé 10 až 50 °C. Obsah vody se pak pohybuje kolem 30 %. Máčecí voda se dále používá k vystírání, obsahuje asi 3,5 kg extraktu z tuny. Vystírání trvá dlouho, proto se první rmut zpracovává již během mletí a vystírání (Narzzis, 1985).

### **3.3.3 Varny**

Jako varna se označují budovy, ve kterých jsou umístěny varní nádoby na přípravu mladiny a další příslušenství. Varny můžeme rozdělit na klasické, moderní a kontinuální.

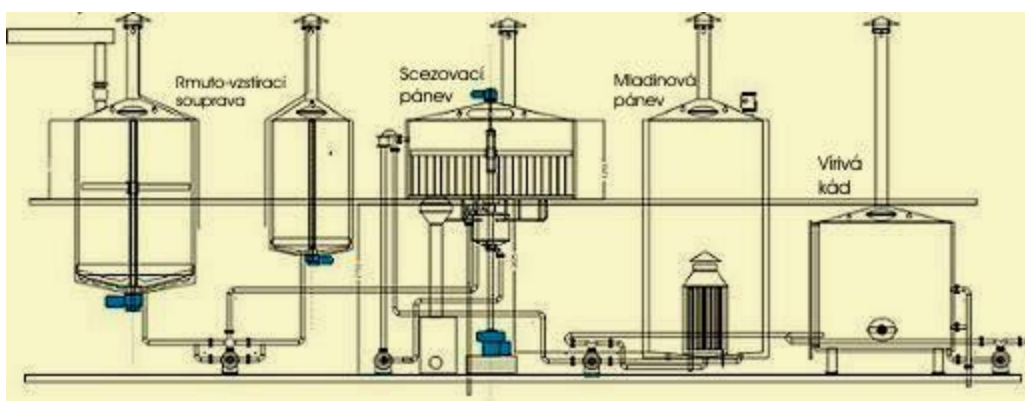
Dnes se varny staví jako jednopodlažní, čímž se dosahuje snížení stavebních nákladů a zlepšení přístupu pro obsluhu i údržbu. Varna se právem označuje jako „srdce pivovaru“. Jejímu řešení musíme věnovat obzvláštní pozornost, protože její funkce má zásadní vliv na výkon pivovaru, jakost výsledného piva, spotřebu vstupních surovin i energie. V moderním pojetí mívají varny automaticky řízené technologické procesy od šrotování po sanitaci (Basařová, Čepička, 1986).

#### **3.3.3.1 Varné nádoby**

Klíčovým technologickým zařízením v pivovarech jsou varné nádoby v nichž probíhá proces výroby mladiny. V našich pivovarech se jejich objem pohybuje od 2 hl (minipivovary) do 1 000 hl (velké pivovary).

Na varně se mohou nacházet následující nádoby (Basařová, Čepička, 1986):

- Vystírací kád'
- Rmutovací pánev
- Scezovací kád'
- Mladinová pánev
- Vířivá kád'



**Obrázek 1:** Schéma varných nádob

Zdroj: (<http://www.minibrewerysystem.com/img/komp1.jpg>)

### 3.3.3.2 Rozdělení varen podle počtu nádob

- Jednoduché: mají celkově 2 nádoby, 1 pro vystírání a scezování, 1 pro rmutování a chmelovar.
- Dvojité: celkem 4 nádoby, vystírací, rmutovací, scezovací a mladinová na chmelovar; může být doplněna o sběrač sladiny.
- Vícenásobné: obsahuje 5 až 8, např. 1 vystírací, 1 rmutovací, 2 scezovací a 2 mladinové.

Dříve byl počet nádob přímo úměrný počtu várek uvařených za den. Dnes zejména díky používání sběrače sladiny a zdvojování nádob se dá např. u 6 nádobové varny zvýšit počet várek na 8 za den (Basařová, Čepička, 1986).

V klasických varnách jsou scezovací a vystírací nádoby vyvýšené (využití samospádu, lepší obsluha), rmutovací a scezovací mohou být zapuštěny do podlahy. Kvůli snížení tepelných ztrát jsou varní pánve izolovány. Existují i varny blokové a spádové, které jsou principem obdobné klasickým, s lepším využitím místa a tepla. Hůře se však opravují.

Konstrukčním materiálem varních nádob bývá téměř výhradně nerez ocel, toto umožňuje velice intenzivní čištění nutné z tepelně-technického i sanitačního hlediska. Výjimku tvoří teplosměnné plochy varních nádob, které se zhotovují z plátového materiálu ocel/nerez ocel, čímž se dosahuje cca 10% zvýšení koeficientu prostupu tepla.

Všechny varní nádoby včetně scezovací kádě jsou vybaveny spodními nátoky, čerpadla a míchadla bývají často vybavena frekvenčními měniči, ty umožňují nastavit optimální počet otáček (Basařová, Čepička, 1986).

### **3.3.4 Vystírání a rmutování**

Cílem vystírání je dobře smíchat sladový šrot s nálevem vody a cílem rmutování je rozštěpení škrobu a převedení optimálního podílu extraktu do roztoku (Basařová et al., 2010).

#### **3.3.4.1 Teorie vystírání a rmutování**

Vystírání je proces zahrnující smísení sladového šrotu (sypání) s vodou (hlavní nálev). Abychom docílili dobrého varního výsledku usilujeme o co největší převedení rozpustných látek do roztoku (Basařová et al., 2010).

**Světlá piva** – u tohoto typu piva se volí větší nálev, abychom získali řidší rmut, v řidším rmutu se urychlují enzymatické reakce, tím i zcukření sladiny. Mají větší stupeň dosažitelného prokvašení. Řidší vystírka poskytuje větší množství „ušlechtilého“ extraktu, příjemně jemnou chuť a světlejší barvu piva (Narzzis, 1985).

**Tmavá piva** – zde se volí menší množství nálevu, vzniká hustý rmut, který zachovává především delší působnost proteolytických enzymů. Při dekokčním způsobu rmutování se zvyšuje převod látek z pluch, proces karamelizace cukrů a zvýšení barvy, což příznivě působí na chuť tmavého piva (Basařová et al., 2010).

### 3.3.4.2 Štěpení škrobu

Štěpení škrobu probíhá ve třech stupních, působí zde fyzikálně-chemických a enzymových procesů (Basařová et al., 2010):

- Mazovatění
- Ztekucení
- Zcukření

#### *Mazovatění*

Bobtnání a mazovatění škrobu je fyzikálně-chemický děj, který je ovlivněn těmito faktory: rychlost zahřívání, teplota, druh ječmene použitého pro výrobu sladu.

Při zahřívání suspenze vzniklé smísením vody se sladovým šrotem bobtnají škrobová zrna, ty dále praskají, z amylosy se stává koloidní roztok a z amylopektinu viskózní škrobový maz. U různých obilovin je rozdílná teplota mazovatění. Sladový a ječný škrob za přítomnosti amylolytických enzymů mazovají při teplotě 55 až 60 °C, rýžový škrob při 80 až 85 °C. Vliv na teplotu mají také klimatické podmínky při pěstování ječmene, struktura škrobových zrn a rychlost ohřevu suspenze při rmutování. Teplota mazovatění sladu z ječmene, který pochází z chladných oblastí se pohybuje kolem 50 °C, zatímco z teplých oblastí až kolem 57 °C (Kosař, Procházka et al., 2000).

#### *Ztekucení*

Při ztekucení má hlavní funkci enzym  $\alpha$ -amyláza. Optimální teplota zmazovatění při pH 4,6 je 60 až 70 °C.

Vznikající škrobový máz je štěpen na dextriny a maltosu pomocí amylolytických enzymů,  $\alpha$ -amylasa katalyzuje štěpení  $\alpha$ -1,4 glykosidických vazeb nespecificky uprostřed řetězců amylosy a mezi větvenými amylopektinu. Tvořením kratších řetězců rychle klesá molekulová hmotnost a viskozita roztoku. Amylosa je štěpena pomocí  $\alpha$ -amylasy na oligosacharidy se 6 až 7 a amylopektin převážně s 6 až 13 glukosovými jednotkami. Modrá reakce škrobového mazu s jódem se postupně mění přes červenou a hnědou až k negativní reakci (Kosař, Procházka et al., 2000).

### **Zcukření**

Zcukření škrobu je výsledek hydrolytického štěpení působením především  $\alpha$ - a  $\beta$ -amylasy.  $\beta$ -amylasa atakuje štěpy amylosy a amylopektinu od neredukujících konců z nichž odštěpuje disacharid maltosu, tím dochází ke zcukření. Pokud zbytky amylosy obsahují sudý počet glukosových jednotek, mohou být rozštěpeny úplně, v opačném případě štěpení končí vytvořením zbytkové molekuly maltotriosy (Kosař, Procházka et al., 2000).

U zbytků amylopektinu dochází ke štěpení obdobně, a to současně z více postranních řetězců. Štěpení končí u 2-3 glukosových molekul před větvením 1,6, vznikají takzvané hraniční dextriny. Dále atakuje vazbu 1,6 enzym hraniční dextrinása, která tak umožní další působení amylas a vzniká konečný zbytek se 2-4 glukosovými jednotkami. Hraniční dextrinása se však inaktivuje již při teplotách nad 65 °C, proto se při běžných podmínkách rmutování uplatní jen málo (Basařová et al., 2010).

Ve sladu jsou přítomny další enzymy jako maltasa, která štěpí při nízkých teplotách maltosu na dvě molekuly glukosy, nebo sacharasa štěpící sacharosu na molekulu fruktosy a glukosy (Kosař, Procházka et al., 2000).

#### **3.3.4.3 Společné působení amylas při rmutování**

Ve sladu se přirozeně vyskytuje směs  $\alpha$ - a  $\beta$ -amylasy, ve které  $\beta$ -amylasa kvantitativně převládá. Společným účinkem těchto amylas je škrob štěpen především na maltosu, maltotriosu, vyšší dextriny a nižší dextriny se 4 až 9 glukosovými jednotkami.

Sladový škrob je během rmutování štěpen komplexem amylas za vzniku různých podílů jednotlivých cukrů ve výsledné mladině:

<b>Maltosa</b>	40 až 45 %, uvolňuje se především působením $\alpha$ - a $\beta$ -amylasy za spoluúčasti hraniční dextrinásy.
<b>Hexosy</b>	5 až 10 %, z toho 5 až 7 % glukosa, 1 až 3,5 % fruktosa, působením glukoamylasy, $\alpha$ -glukosidasy a $\beta$ -amylasy.
<b>Sacharosa</b>	ve sladu je obsaženo 2,5 až 6 %, při rmutování se štěpí invertasou na glukosu a fruktosu.

<b>Nižší dextriny</b>	6 až 12 % s 4 až 6 glukosovými jednotkami vznikají díky působení $\alpha$ -amylasy a R-enzymu.
<b>Vyšší dextriny</b>	19 až 24 % s asi 60 glukosovými jednotkami a 4 větvenými, uvolňují se působením $\alpha$ -amylasy.

V praxi se vede proces rmutování tak, aby reakce rmutu s jódem byla negativní, to znamená vznik štěpných produktů škrobu které dávají s jodovým roztokem negativní barevnou reakci. Lineární dextriny se jodovým roztokem nebarví pod 9 jednotek, rozvětvené dextriny pod cca 60 jednotek. Na varně stačí provést jednoduchou jodovou zkoušku na křídě, nebo na světlé dlaždičce. Pro kvantitativní zjištění je však potřeba provést laboratorní fotometrickou jodovou zkoušku.

Dalším požadavkem je získat takovou mladinu u které je předpoklad zdánlivého prokvašení 78 až 85 % u světlých piv a 68 až 75 % u piv tmavých.

Enzym	Štěpené vazby	Optimální pH	Optimální teplota [°C]	Teplota in-aktivace [°C]
$\alpha$ -amylasa	$\alpha$ -1,4, nescificky uprostřed řetězců	5,6–5,8	72–75	>80
$\beta$ -amylasa	$\alpha$ -1,4, od neredukujících konců řetězců	5,4–5,6	60–65	>70
hraniční dextrinasa	$\alpha$ -1,6 hraničních dextrinů	5,1	55–60	>65
maltasa ( $\alpha$ -glukosooxidas)	$\alpha$ -1,4 v molekule maltosy	6	35–40	>40
sacharasa ( $\beta$ -fruktosidas, zastarale invertasa)	$\alpha_1$ , $\beta_2$ v molekule sacharosy	5,5	50	>55

**Obrázek 2:** Podmínky pro činnost vybraných enzymů

Zdroj:([http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/print.php?page=2505&typ=html](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=2505&typ=html))

#### **3.3.4.4 Faktory ovlivňující štěpení škrobu při rmutování**

Průběh štěpení škrobu ovlivňuje řada faktorů, jako je kvalita sladu, složení sypání, jemnost šrotu a podmínky rmutování, to je teplota, pH a hustota vystírky, časový průběh teplot, počet rmutů a způsob jejich zpracování. Dominantní vliv má však teplota. Účinnost amylas ovlivňuje hlavně po dosažení 50 °C,  $\beta$ -amylasa se začíná inaktivovat při teplotě nad 65 °C a  $\alpha$ -amylasa nad 72 °C. V hustších rmutech jsou amylasy stabilnější díky působení koloidů. Nejvyšší koncentrace zkvasitelných cukrů se vytváří v rozmezí teplot 60 až 65 °C. Díky působení  $\beta$ -amylas koncentrace zkvasitelných cukrů rychle stoupá, při 76 °C se docílí negativní reakce na jód.

Díky tomu, že teplotní optima jednotlivých enzymů se překrývají a pro dosažení maximální enzymatické aktivity jsou potřeba různé podmínky i doby, tak o výsledku nerozhoduje pouze jednotlivý krok, ale souhrn všech procesů počínaje vystírkou. Teplot vystírky a rychlost ohřevu je nutno volit tak, aby škrobová zrna měly dostatek času nabobtnat a zmazovatět. Největší množství maltosy vzniká při nižší cukrotvorné teplotě 62 až 64 °C, odpovídající teplotnímu optimu  $\beta$ -amylasy. Na této teplotě následuje prodleva 15 až 20 minut, po které je zhruba stabilizován dosažitelný stupeň prokvašení (Kosař, Procházka et al., 2000).

Po dalším zvýšení teplot se  $\beta$ -amylasa začíná inaktivovat a aktivita  $\alpha$ -amylasy roste, teplota by se měla zvyšovat pozvolna asi 0,5 °C za minutu. Po dosažení teplotního optima  $\alpha$ -amylasy, což je vyšší cukrotvorná teplota 72 až 75 °C, je zcukření dosaženo okamžitě, nebo během několika málo minut. Reakce  $\alpha$ -amylasy se zbytky nezucukřeného škrobu tvoří především dextriny. Po zcukření se rmut co nejrychleji ohřívá k varu. Objem posledního rmutu by měl být takový, aby se po jeho vrácení dosáhlo odrmutovací teploty, která se pohybuje v rozmezí 76 až 78 °C. Tato teplota se volí proto, aby zbytková aktivita  $\alpha$ -amylasy stačila ke zcukření zbytků škrobu uvolněných při vyslazování mláta. Pokud by odrmutovací teplota byla nižší, prodlužuje se scezování kvůli vyšší viskozitě chladnější sladiny.

U hůře rozluštěných či tmavých sladů a u intenzivního způsobu rmutování se hůře dosahuje nižšího konečného prokvašení (Procházka et al., 2000).



Hloubku prokvašení také ovlivňuje pH vystírky. Optimální pH pro působení obou amylas je 5,5 až 5,6. Při vyšší hodnotě klesá obsah zkavistelných cukrů i dosažitelné prokvašení. Při pH 5,4 už je omezena činnost  $\alpha$ -amylasy. Prodlužování doby zcukření je významné jen při nižších teplotách do 62 °C, při 70 °C už je inaktivovaná  $\beta$ -amylasa a odbourávají se pouze vyšší dextriny na nižší.

Na míru uvolňování enzymů a jejich aktivitu má také vliv složení sladového šrotu. Z jemného šrotu získáme větší podíl hexos a potřebuje kratší dobu na zcukření než šrot hrubý. Vliv koncentrace vystírky není u dobře rozluštěného sladu nijak významný. Čím je větší hustota tím se zvyšuje doba zcukření a stoupá obsah maltosy (Kosař, Procházka et al., 2000).

Rmutování se vede z hlediska štěpení škrobu podle (Kosař, Procházka et al., 2000) tak, aby:

- v extraktu sladiny bylo dosaženo optimálního zastoupení cukrů a dextrinů,
- vyráběnému typu piva odpovídal dosažitelný stupeň prokvašení,
- reakce jódu se škrobem byla negativní. Pro světlá piva běžných typů by měl extrakt sladiny obsahovat přibližně 10 % monosacharidů, 50 % disacharidů a 20 % vyšších dextrinů. Toto zastoupení dává předpoklad pro rychlý start i optimální průběh kvašení a požadovanou plnost chuti piva.
- Dosažitelné prokvašení se obvykle volí u světlých piv v rozmezí 78 až 83 %, u tmavých piv v rozmezí 68 až 75 %. Dosažitelný stupeň prokvašení je měřítkem působení  $\beta$ -amylasy a vzrůstá s rozluštěním sladu a jemností mletí.

#### **3.3.4.5 Štěpení dusíkatých látek**

Rozklad dusíkatých látek během rmutování umožňuje přítomnost proteolytických enzymů. Štěpení bílkovin při rmutování však neprobíhá tak silně jako během sladování, kvůli inaktivaci těchto enzymů při hvozdění. Optimální složení dusíkatých látek v mladině celkově závisí na kvalitě sladu, enzymové aktivitě proteas, ta je ovlivněna teplotou, pH a koncentrací rmutu. Nejvhodnější teplota pro štěpení dusíkatých látek se pohybuje mezi 40 až 60 °C, protože se v rozmezí 45 až 55 °C uvolňuje nejvíce nízkomolekulárních látek, této teplotě se říká takzvaná peptonizační (Basařová et al., 2010).

**Tabulka 2:** Rozdělení bílkovin sladu podle rozpustnosti (Daněk et al., 1982)

Albuminy	rozpustné ve vodě
Globuliny	rozpustné ve zředěných roztocích solí
Prolaminy	rozpustné v 50 až 90 % ethanolu
Gluteliny	rozpustné v alkáliích

Štěpení dusíkatých látek musí mít určité hranice, protože výše molekulární dusíkaté látky jsou důležité pro pěnivost, plnost a fixaci oxidu uhličitého v pivu. Avšak jejich nadměrná koncentrace má negativní vliv na koloidní stabilitu piva.

Pro pomnožení kvasinek jsou důležité nízkomolekulární aminokyseliny. Optimální složení dusíkatých látek v mladině závisí na pH, koncentraci, teplotě rmutu, aktivitě proteas a na kvalitě sladu (Daněk et al., 1982).

**Tabulka 3:** Optimální podmínky působení proteas (Daněk et al., 1982)

	<b>pH</b>	<b>Teplota °C</b>
Endopeptidasy	5,0	50 – 60 (až 70)
Karboxypeptidasy	5,2	50 – 60
Dipeptidasy	8,2	40 – 45
Amino-peptidasy	7,2	40 – 50

Působením karboxypeptidas se uvolňuje při rmutování 75 % aminokyselin, dipeptidasy a amino-peptidasy jsou při pH rmutů nepatrně aktivní (Daněk et al., 1982).

K největšímu štěpení dusíkatých látek dochází při teplotách mezi 40 až 60 °C. Při 60 až 70 °C se tvoří největší množství vysokomolekulárních koloidů (Basařová et al., 2010).

Teplotní optimum všech proteas leží v rozmezí 45 až 55 °C, protože při této teplotě zařazuje takzvaná peptonizační prodleva, která má příznivý vliv na průběh scézování a kvašení (Daněk et al., 1982).

#### **3.3.4.6 Štěpení organických fosforečnanů při rmutování**

Pro správný chod všech enzymových reakcí během rmutování je nezbytné mírně kyselé prostředí. Na tuto přirozenou vlastnost má kromě malého podílu aminokyselin zásadní vliv přítomnost dihydrogenfosforečnanu draselného ve sladu. Vystírka má pH 5,7 až 5,8, pokud má voda vysokou přechodnou tvrdost může pH dosáhnout hodnoty 6,0 i více. Při rmutování hodnota pH klesá o 0,3 až 0,5. Tento posun je důležitý, protože většina enzymů má optimální pH ještě dále v kyselé oblasti. Tento jev je způsoben odštěpením kyselého reagujícího dihydrogenfosforečnanu z fosforečnanů, především z fyтину pomocí proteas. Fosfatasy mají teplotní optimum 50 až 53 °C a optimální pH kolem 5,0. S uvolňováním fosforečnanů draselných nestoupá jen kyselost, ale i ústojná schopnost roztoku. Další klesání pH nastává při chmelovaru a zejména během kvašení. Intenzivní činnost fosfatás však tento žádoucí pokles naopak brzdí (Daněk et al., 1982).

#### **3.3.4.7 Štěpení hemicelulosity a gumovitých látek**

Z nerozpustné hemicelulosity působením enzymového štěpení při klíčení se stávají rozpustné gumovité látky. Během rmutování zejména díky působení,  $\beta$ -glukanas, xylanas a dalších enzymů tento děj pokračuje a nastává další štěpení gumovitých látek, tyto produkty zvyšují viskozitu sladiny, tím zhoršují scezování. Teplotní optimum  $\beta$ -gukanasy je 35 až 45 °C, čemuž odpovídá i vystírací teplota (37 °C) při rmutování na dva rmuty. Obsah gumovitých látek však především ovlivňuje rozluštění sladu. Podle (Daněk et al., 1982) mívá sladina z dobře rozluštěného sladu 650 až 700 mg gumovitých látek v 1 litru, ze sladu nedostatečně rozluštěného 1 500 až 1 700 mg na litr.

Bohužel enzymy potřebné ke štěpení gumovitých látek se inaktivují už při hvozdění a během rmutování teplotami nad 50 °C, proto jdou na varně špatně rozluštěné slady upravit jen málo (Daněk et al., 1982).

Vhodné je například vystírání při 37 °C a zařazení prodlevy na 45°C, případně prodloužit peptonizační prodlevu na 50 °C. U velmi dobře rozluštěného, nebo přelustěného sladu naopak volíme teplotu vystírání 55 až 62 °C, tato teplota snižuje štěpení gumovitých látek a bílkovin (Kosař, Procházka et al., 2000).

### **3.3.5 Praxe rmutování**

Rmutovací proces má velký vliv na složení mladiny, avšak nejdůležitější je stále kvalita sladu. Pokud máme slad kvalitní, můžeme vyrobit sladinu požadovaného složení jakýmkoliv způsobem rmutování, bez větších problémů a ztrát. Za použití horšího sladu už je nutné dobře znát enzymové systémy, vliv šrotování, povařování rmutů, jejich hustoty a pH (Daněk et al., 1982).

#### **3.3.5.1 Vystírání**

Pokud vystíráme šrot ze suchého šrotování, je nutné do vystírací kádě či pánve napustit část vystírací vody, aby nedošlo k usazení nesmočeného sladu na dně. Následně se zapne míchadlo a přidává se zbytek šrotu. Zbytek vystírací vody se použije k oplachu stěn a vystíradla. V celém objemu vystírky se při pokračujícím míchání vyrovná teplota a může se odebrat první rmut. Při mokřém šrotování není potřeba přidávat před sypaním voda do vystírací kádě (pánve) (Basařová et al., 2010).

Teplota vystírání závisí na použitém způsobu rmutování, platí pravidlo že čím lépe rozluštěný slad, tím se může použít vyšší teplota a tak ušetřit tepelnou energii a zkrátit rmutování (Daněk et al., 1982).

### **3.3.6 Postupy rmutování**

Všechny způsoby rmutování mají společný cíl, tím je rozštěpení a převedení vhodného podílu původně nerozpustných látek do roztoku a připravit vhodný substrát pro kvašení. Pro správné zvolení rmutovacího postupu je tudíž důležitá kvalita suroviny a dostupnost technologie (Daněk et al., 1982).

Mezi jednotlivé postupy rmutování patří:

- Infuzní rmutování
- Dekokční rmutování
  - Rmutování na jeden rmut
  - Rmutování na dva rmuty
  - Rmutování na tři rmuty
  - Rmutování skokem

### **3.3.6.1 Infuzní rmutování**

Při tomto typu rmutování se neodděluje žádná část vystírky, ale celá se vyhřívá až do zcukření a během dílčích teplot potřebných pro správný průběh enzymatických reakcí se dělají prodlevy. Vystírá se při 37 nebo 50 °C, poté následuje prodleva 30 minut, během nichž se štěpí bílkoviny, dále se vyhřívá na 62 °C s další 30 minutovou prodlevou, která je potřebná pro vznik zkvasitelných cukrů. Když se vystírka ohřeje na 72 °C následuje až hodinová prodleva na zcukření a odrmutuje se při 76 až 78 °C. Při použití dobře rozluštěných sladů lze vystírat při 62 °C. Tento typ rmutování je úsporný na čas i energii, ale získáme při něm nižší varní výnosy a piva jsou chuťově odlišná od piv připravených dekokčním způsobem (Daněk et al., 1982).

### **3.3.6.2 Dekokční rmutování**

U dekokčního způsobu se odděluje část vystírky (rmut), který se zpracovává samostatně a před vrácení do vystírací pánve (kádě) se povaří. Objem odebraného rmutu se volí tak, aby se po jeho navrácení dosáhlo požadovaného zvýšení teploty. Díky tomu že se rmut samostatně povaří dosáhne se zmazování a ztekucení škrobu i u méně rozluštěných podílech šrotu a současně dojde k inaktivaci přítomných enzymů.

Obvykle stačí k uvolnění škrobu doba varu 10 až 15 minut. U tmavých piv se volí 25 až 30 minut, což přispívá k jejich výraznější chuti. Při dekokčním způsobu rmutování se dosahuje dobrého varního výtěžku i u průměrně rozluštěných sladů. Rmuty se zpět musí vracet pomalu a za stálého míchání, jinak by mohlo dojít k místnímu přehřátí vystírky. Během varu rmutů dochází k většímu vytěkání dimethylsulfidu, k vyšší tvorbě melanoidů a k většímu vyluhování látek chuťově nepříznivých. Kvůli zachování dobré enzymové aktivity a varního výtěžku je nutné odebírat rmuty husté. Pouze třírmutový způsob je odlišný tím, že třetí rmut se odebírá řídký (Kosař, Procházka et al., 2000).

### **3.3.6.3 Rmutování na jeden rmut**

U tohoto typu se může vystírat při 37 °C a zapařovat na 50 °C, nebo se může na 50 °C přímo vystírat. Poté se oddělí asi polovina hustého rmutu, ten se zcukruje při nižší i vyšší cukrotvorné teplotě a vaří 30 minut. Když se takto povařený rmut přepustí zpět do vystírky dosáhne se odrmutovací teploty. Za použití hůře rozluštěného sladu je lepší zapařovat nebo vyhřát celou vystírku na 62 °C a pak spouštět rmut (Daněk et al., 1982).

Tento způsob rmutování je velmi blízký infuznímu, je kratší a omezí se působení enzymů i mechanizace na intenzitu štěpení. Je vhodný pro dobře rozluštěné a sešrotované slady (Daněk et al., 1982).

#### **3.3.6.4 Rmutování na dva rmuty**

Tento postup je vhodný pro výrobu světlých piv plzeňského typu ze středně rozluštěných sladů. Vystírá se buď do vody o teplotě 37 °C a zapařuje na 52 °C, nebo se vystírá přímo při teplotě 52 °C. Oddělí se první hustý rmut, který se zahřívá s gradientem 1 °C za minutu na teplotu 63 °C, kde se dělá 10 až 20 minutová prodleva podle enzymatické aktivity sladu. Následuje zvolné vyhřátí sladu s gradientem 0,7 °C za minutu na teplotu 72 až 74 °C, při které obvykle dojde k dokonalému zcukření během 5 až 10 minut. Poté se rmut vrací za stálého míchání do vystírací nádoby, kde se v celém objemu dosáhne nižší cukrotvorné teploty 62 až 64 °C. Poté se oddělí druhý hustý rmut, který se nechá zcukřit při teplotě 72 až 74 °C a povaří se 15 minut. Když se druhý rmut vátí zpět dosáhne se odrmutovací teploty 75 až 78 °C. Aby se zajistila dobrá pěnivost jde objem druhého rmutu snížit tak aby po jeho navrácení byla výsledná teplota 70 až 71 °C, poté se zařadí prodleva 20 až 30 minut a následně se dílo dohřeje na odrmutovací teplotu (Kosař, Procházka et al., 2000).

#### **3.3.6.5 Rmutování na tři rmuty**

Tento způsob je klasický, díky pozvolnému zvyšování teplot a délce rmutování, je vhodný pro hrubé šroty a hůře rozluštěné slady. Je však velmi zdlouhavý a energeticky náročný. V současné době je trend dobře rozluštěných až přelůštěných sladů, proto se od tohoto postupu pomalu upouští, je vhodný zejména pro výrobu tmavých piv, kde je žádoucí výrazná sladová chuť. Obvykle se vystírá při 37 °C a odtahuje se první hustý rmut, po jeho vrácení vzroste teplota díla na 50 až 53 °C, poté se oddělí druhý hustý rmut a po jeho vrácení dosáhne teplota díla 62 až 65 °C. Třetí rmut už je řídký, díky nízkému podílu nezucukřeného škrobu dochází k rychlejšímu zahřívání a následně se asi 10 minut povaří. Po navrácení třetího rmutu se již dosahuje odrmutovací teploty (Kosař, Procházka et al., 2000).

### **3.3.6.6 Rmutování skokem**

Připraví se hustá vystírka o teplotě 37 °C, která se zapří rovnou na vyšší cukrotvornou teplotu 72 °C. Kvůli přeskočení optimální teploty pro činnost  $\beta$ -amylasy se vytvoří málo zkvasitelných cukrů, ale jodová zkouška na škrob bude negativní. Dosažitelný stupeň prokvašení bude velmi nízký, což se hodí při výrobě speciálních piv s nízkým obsahem alkoholu (Daněk et al., 1982).

### **3.3.7 Časová a energetická náročnost při rmutování**

Délka rmutování bývá limitující pro dosažení vyššího počtu denních várek. Dvourmutový způsob vaření trvá v závislosti na zvolené teplotě vystírání 3 až 3,5 hodiny. Při dvouvystírkovém postupu lze zajistit tříhodinový takt i když zvolíme nižší vystírkovou teplotu. Pokud chceme uvařit více jak 8 várek za den při zachování dvourmutového postupu, musíme zvýšit počet rmutovacích nádob.

Pokud zpracováváme dobře rozluštěný slad, tak za použití jednorumtového postupu trvá rmutování 140 až 150 minut, infuzní postup potom 90 až 120 minut. Při tomto postupu je možné za den udělat až 10 respektive 12 várek. Čím vyšší je množství rmutů a nižší vystírací teplota, tím je větší energetická náročnost. Pokud chceme zkrátit rmutovací postup a tím snížit energetickou náročnost musíme používat dobře rozluštěné slady. Avšak snížení energetické náročnosti nesmí ve finále negativně ovlivnit kvalitu piva (Kosař, Procházka et al., 2000).

### **3.3.8 Kontrola rmutování**

Hlavní je kontrola teplot. Nejlepší pro tuto kontrolu je umístit ve vystírací kádi a rmutovací pánvi registrační teploměry, které dávají podrobný přehled o průběhu teplot. U všech rmutů se kontroluje zcukření pomocí barevné reakce s roztokem jódu (Daněk et al., 1982).

Pro hlubší kontrolu se dají použít laboratorní testy, ty jsou však obtížné a časově náročné. Jsou zaměřené především na degradaci škrobu stanovením jodového čísla, dále na stupeň dosažitelného prokvašení, intenzitu štěpení neškrobových polysacharidů stanovením obsahu  $\beta$ -glukanů, viskozity a míry proteolýzy (Basařová et al., 2010).

Snížení ceny analýz se dá dosáhnout nahrazením složitého stanovení cytolýtické, proteolytické a amylolytické degradace sladového extraktu v průběhu rmutování fotochemickými a chemickými snímacími testy (Fisher et al., 2001).

### **3.3.9 Zařízení pro rmutování**

Na rmutování se běžně používají nádoby oválného tvaru, které jsou většinou objemově menší než vystírací nádoby. Vyrábí se buď měděné, nebo z korozivzdorné oceli. Starší typy byly vyhřívány přímo, buď uhlím, nebo topným plynem, dnes se používá nepřímý plášťový ohřev sytou vodní párou, ale i přehřátou vodou. Musí být vyhřívána tak, aby se teplota rmutu zvedala zhruba o 2 °C za minutu. Dále je potřeba výkonné míchadlo s regulací (Senge, 2002), (Methner et al., 2007).

### **3.3.10 Scezování sladiny a vyslazování mláta**

Scezování je proces který následuje po odrmutování, jedná se především o proces fyzikální, kdy se odděluje předek (roztok obsahující extraktivní látky sladu) od mláta (zbytek sladového šrotu). Poté se mláto vyluhuje horkou vodou aby se uvolnil extrakt v něm zachycený (Basařová et al., 2010).

### **3.3.11 Teorie scezování**

Tento proces je časově velmi náročný a na rozdíl od rmutování už se při něm tolik neuplatňují enzymy. Jedná se o proces fyzikálně-chemický (Basařová et al., 2010).

#### ***3.3.11.1 Faktory ovlivňující průběh scezování***

Hlavní roli při scezování má kvalita sladu (Sarx, 2003), složení sladového šrotu, míra degradace vysokomolekulárních látek během rmutování, teplotní podmínky a procesní zařízení. Hlavní sloučeniny které zhoršují scezování jsou především  $\beta$ -glukany (Basařová et al., 2010). Podle (Benismail et al., 2003) mají negativní vliv veškeré polysacharidy, především štěpné produkty pentosanů arabinoxylany, které se podílejí na viskozitě díla.

Při vyslazování se snižuje obsah extraktu ve sladince, který jsme získali během rmutování, proto je nutné aby koncentrace předku byla vyšší asi o 4 až 6 % než jakou chceme výslednou koncentraci sladiny. Zde se kromě filtrace uplatňuje i difuzní proces. Ze začátku se extrakt vymývá rychle a postupně se difuze zpomaluje a poslední zbytky extraktu se vymývají jen obtížně. V posledních fázích se do roztoku vyluhují látky které zhoršují organoleptické a fyzikálně-chemické vlastnosti piva. Kvůli tomuto jevu jsou dlouhé doby scezování a chmelovaru ze sensorického hlediska a stability piva nežádoucí (Basařová et al., 2010).



Velký význam má teplota použité vody. Nejrychleji lze extrakt vysladit při použití vody o teplotě 100 °C, protože teplota snižuje viskozitu. Avšak kvůli zachování zbytkové činnosti  $\alpha$ -amylas by vyslazovací voda neměla mít vyšší teplotu jak 78 °C, jelikož dochází ke zbytkovému zcukření díla. Optimální teplota vyslazovací vody se pohybuje v rozmezí 75 až 78 °C (Basařová et al., 2010).

#### **3.3.11.2 Scezování v klasické scezovací nádobě**

Nádoby na scezování bývají vyrobeny z ocelového plechu, mědi nebo korozivzdorné oceli. Jsou cylindrokónického tvaru, izolované a přikryté poklopem nejlépe s průzorem a parníkem. Poznávacím prvkem scezovací nádoby jsou scezovací kohouty. Na dně scezovací nádoby se každých 1,2 až 1,5 m<sup>2</sup> plochy nachází otvor na nějž je napojeno odvodové potrubí. Velikost dna vymezuje výkon varny.

K zadržení mláta zde slouží takzvané jalové vyjímatelné dno. Je vyrobeno z mosazného plechu o tloušťce 3 až 5 mm, se štěrbinami 30 až 40 mm dlouhými a 0,7 až 1,2 mm širokými, které se směrem ke spodnímu povrchu dna rozšiřují na 3 až 4 mm. Na 1 m<sup>2</sup> se nachází 2 500 až 3 000 štěrbin. U větších scezovacích kádí lze jalové dno rozdělit na menší segmenty a tím usnadnit jeho manipulaci. Důležité je také takzvané kypřidlo, které se sestává ze soustavy nastavitelných nožů pro prořezávání mláta, díky prořezávání mláta se zkrátí doba scezování (Basařová et al., 2010).

#### **3.3.11.3 Podrážení**

Po přečerpání a odpočinku díla se začnou postupně, ale rychle otevírat a zavírat scezovací kohouty, čímž se strhnou kalící částice, které se během napouštění dostali pod jalové dno (Basařová et al., 2010).

#### **3.3.11.4 Scezování sladiny**

Scezování sladiny by se mělo provádět co nejrychleji. Prvních 20 minut se opatrně zvyšuje průtok sladiny a scezovací kohouty se částečně otevrou. U klasických scezovacích nádob scezování probíhá rychlostí zhruba 0,1 až 0,15 l s<sup>-1</sup> na 1 m<sup>2</sup> scezovacího dna. Předek stéká běžně 75 až 105 minut, pokud stéká pomalu použije se kypřidlo kdy se vrstva mláta prořízne asi do hloubky 10 cm (Basařová et al., 2010).

#### **3.3.11.5 Vyslazování mláta a scezování výstřelků**

Dříve se předek stahoval až do sucha a až poté se začalo s vyslazováním, dnes se hlavně kvůli zamezení oxidace látek obsažených v mlátě nechá vrstva mláta pouze obnažit a hned se začne kropit vodou o teplotě 75 °C až se nad mlátem vytvoří pěticentimetrová vrstva vody. Poté se teplota vody zvýší, ale maximálně na 78 °C, aby došlo k docukření zbytku škrobu. Mláto se prořízne do hloubky 10 až 15 cm a scezovací kohouty se více otevrou. Vyslazovací voda se stále přidává tak, aby vody nad mlátem bylo 10 až 15 cm. Pokud je scezování výstřelků pomalé, musí se opakovaně podřezávat, nebo pokud ani to nepomůže musí se vrstva překopat, nechat znovu usadit a opět podrazit (Basařová, Čepička, 1986), (Kunze, 1994), (Narzzis, 1985).

#### **3.3.11.6 Scezování a vyslazování mláta v moderních scezovacích kádích**

Moderní kádě se plní spodem, čímž lze zkrátit dobu čerpání na 7 až 8 minut. Vynechá se odpočinek, odtok sladiny a výstřelků se řídí čerpadlem s regulací průtoku. Celková doba moderního scezovacího procesu se pohybuje od 105 do 140 minut (Basařová et al., 2010).

Přínosem nových typů scezovacích zařízení je zkrácení doby procesu, snížení spotřeby mycích prostředků a sanitačních roztoků, menší rozpuštění kyslíku ve sladince a výstřelcích, snížení obsahu kalů (Narzzis, 1985), (Lenz, Hermann, 1992).

#### **3.3.11.7 Scezování na konvenčním sladínovém filtru**

Na rozdíl od scezovací nádoby je tloušťka vrstvy mláta ve sladínovém filtru konstantní, pohybuje se v průměru kolem 6 až 8 cm. Kromě vrstvy mláta účinnost filtrace znásobuje plachetka z plastové nebo bavlněné tkaniny.

Scezování při použití sladínového filtru probíhá za přetlaku, na konci plnění je tlak asi 0,03 MPa. Scezování předku trvá 20 až 50 minut. Na počátku vyslazování může dosáhnout až 0,12 MPa, a tento proces trvá 90 až 140 minut (Basařová et al., 2010).

#### **3.3.12 Chmelovar**

Chmelovar je proces při kterém se vaří sladina s chmelem, dochází zde k řadě fyzikálních, chemických a biochemických reakcí za působení mechanického pohybu, výsledek tohoto procesu se dále promítá ve složení mladiny, ovlivňuje i další průběh technologie a vlastnosti piva (Hough et al., 1982).

Tento proces je velice různorodý v důsledku použití široké škály surovin, různého technologického zařízení i různých obměn technologického postupu, cílem je zajistit kvalitní pivo se specifickými vlastnostmi určité značky (Basařová et al., 2010).

Cílem chmelovaru podle (Basařová et al., 2010) je:

- odpařit přebytečnou vodu a docílit obsah extraktu mladiny odpovídající typu vyráběného piva, odpařit těkavé látky (chmelové silice, oxidační produkty, dimethylsulfid aj.) v závislosti na teplotě a době;
- inaktivovat enzymy, které přetrvaly předchozí proces výroby sladiny a determinovat tak složení sacharidů a oxidačně-redukční kapacitu mladiny;
- sterilovat mladinu a inhibovat reziduální mikroflóru z vody, sladu, chmele, či surogátů a zařízení;
- zajistit koagulaci výšemolekulárních dusíkatých látek působením tepla při spolupůsobení některých složek extraktu mladiny;
- rozpustit a izomerovat hořké látky chmele, především  $\alpha$ -hořké kyseliny za vzniku  $\alpha$ -isohořkých kyselin charakteristických intenzivní hořkostí;
- rozpustit a upravit další složky chmele a chmelových produktů, především polyfenoly, dusíkaté látky, lipidy a dusičnany;
- vytvořit produkty Maillardovy reakce;
- vytvořit redukující látky a ustavit oxidačně-redukční potenciál mladiny;
- zajistit oxidační reakce, s nimiž souvisí řada změn složek extraktu, především sladových a chmelových polyfenolů, lipidů a jiných sloučenin;
- zvýšit aciditu, to znamená snížit hodnotu pH.

#### ***3.3.12.1 Technologie zařízení pro chmelovar***

Postupy chmelovaru se řídí zejména podle druhu vyráběného piva, strojního vybavení varny, kvality surovin a podobně. V dnešní době se klade velký důraz na optimalizaci, zejména ve vztahu ke zmírnění staré chuti piva, a tím i zvýšení sensorické stability vyráběného piva (Fohr, 2000).

#### ***3.3.12.2 Materiál varních nádob a způsoby jejich vyhřívání***

V praxi se používají varní nádoby z neušlechtilé oceli, měděných plechů, korozivzdorné oceli či korozivzdornou ocelí plátované oceli (Basařová et al., 2010).

V dnešní době se využívá převážně velmi kvalitní korozivzdorné oceli. Vyhřívání mladinové pánve prošlo velkým vývojem, od přímého otopu po nepřímý otop s využitím vysokotlaké horké vody a hlavně vodní páry (Mitter et al., 2007).

Moderní postupy snižují nároky na energii, ale snaží se udržet senzoricou stabilitu při zkracování doby varu (Mitter et al., 2007).

### **3.3.12.3 Chmelení**

V dnešní době se omezilo dávkování lisovaného chmele a jsou používány převážně chmelové přípravky, tyto přípravky umožňují snazší manipulaci, včetně poloautomatického či automatického dávkování a zároveň lepší využití chmelových složek, což se projeví ve snížení nákladů (Basařová et al., 2010).

Z chmele se nově kromě extraktů hořkých látek připravují i extrakty chmelových polyfenolů, dávkováním těchto polyfenolů se snižuje redoxní potenciál mladiny i piva a příznivě ovlivňují koloidní stabilitu piva (Pöschl et al., 2007).

Při výběru chmele i jeho produktů je důležité znát odrůdu ze které pochází, jelikož přípravky vysokoobsažných chmelů vyžadují delší dobu varu, kvůli odstranění senzoricke negativních složek. Naopak ušlechtilé, jemné chmele, které jsou dražší jsou používány při diferenciovaném dávkování až v posledních dávkách, aby v nich zůstal zachován vyšší podíl jemného spektra aromatických látek v mladině (Basařová et al., 2010).

### **3.3.12.4 Dávkování chmele a chmelových výrobků**

V praxi se dávka chmele dříve vztahovala na 1 hl studené mladiny, později na 100 kg sypaní a následně na 1 hl piva k výstavu a používaly se různě upravené vzorce (Hlaváček, Lhotský, 1972). Dávkování se liší podle druhu a kvality suroviny a podle použité technologie chmelovaru. Pro hlávkový chmel je dostatečná doba pro rozpuštění a izomeraci  $\alpha$ -hořkých kyselin 90 až 120 minut, platí však obecná zásada že vysokoobsažné se dávkuje nejdříve a aromatické až ke konci.

Pro granulovaný je optimální doba 70 až 90 minut a pro extrakty 90 minut, při nízkotlakém varu do 110 °C stačí 15 až 20 minut (Basařová et al., 2010).

Chmelení se provádí v jedné, dvou nebo třech dávkách. Jednorázovou dávku je doporučeno přidat hned na začátku, nebo 10 až 15 minut od počátku varu. Při dvou dávkách je dobré první (70 až 80 % z celkového chmelení) dát hned na začátku a druhou zbývající dávku 10 až 30 minut před koncem (Čepička, Basařová, 1993).

Při třech dávkách se první (50 %) dá na začátku nebo 10 min po zavření, druhá (35 %) 50 až 60 minut před koncem a zbytek (15 %) 10 až 30 min před dovařením.

Pro piva s nižší hořkostí a slabším chmelovým aroma stačí jedna dávka po začátku chmelovaru, u piv s požadovanou vyšší hořkostí a chmelovým aroma se doporučují dvě nebo tři dávky (Čepička, Basařová, 1993).

#### ***3.3.12.5 Vaření mladiny v tradiční varní pánvi***

V tradičních varnách se var udržuje při teplotě 100 °C za běžného atmosférického tlaku po dobu nejvýše 90 až 100 minut, odpar činí přibližně 8 až 10 %, což dostačuje pro průměrné zvýšení obsahu extraktu zahuštěním o 2,5 až 3 %. Zvýšení barvy mladiny se pohybuje okolo 1,0 až 2,5 jednotek EBC (jednotky barevnosti piva). Prodloužení varu způsobuje větší energetické nároky a podporuje nežádoucí reakce vedoucí k nadměrnému zvyšování barvy mladiny a tvorby komponent staré chuti piva (Buckee, 1982).

#### ***3.3.12.6 Chmelové mláto***

Chmelové mláto se odděluje po dovaření mladiny při zpracování hlávkového chmele pomocí cízu, množíku nebo náplavkového filtru. Tuhé zbytky mletých a granulovaných chmelů se odstraňují v usazovacích a vířivých kádích s kaly (Basařová et al., 2010).

#### ***3.3.12.7 Kontrola chmelovaru***

Extrakt díla pohromadě a dovařené mladiny se měří sacharometrem, objem sladiny a mladiny se měří měrnou tyčí nebo cejchovanými průtokoměry, lom se posuzuje vizuálně ve speciální skleněné nádobce (Basařová et al., 2010).

### **3.3.13 Chlazení mladiny a odlučování kalů**

Vyrobená mladina se musí před zakvašení ochladit na zákvasnou teplotu. Během ochlazování se zároveň provzdušní a vyloučí se z ní horké (hrubé) kaly a částečně i chladové (jemné) kaly. Toto probíhá od teploty blízké 100 °C až na 5 až 6 °C pro klasické „studené“ hlavní kvašení, nebo na teplotu 10 až 15 °C pro zrychlené kvasné procesy a na 12 až 18 °C pro svrchní kvašení. Chlazení musí probíhat za sterilních podmínek aby nedošlo k rozvoji mikrobiální infekce (Basařová et al., 2010).

#### **3.3.13.1 Teorie**

Chlazení mladiny je fyzikální děj při kterém probíhají chemické reakce. Z mladiny se vylučují hrubé a jemné kaly a mladina se sytí kyslíkem. Toto doprovází zmenšení objemu a tím se zvýší extrakt mladiny. Kromě toho dochází ke změnám koncentrace z důvodu odparu mladiny (Basařová et al., 2010).

#### **3.3.13.2 Vylučování hrubých kalů**

Hrubé kaly se odstraňují poměrně snadno, jejich odstranění musí být dokonalé, jinak způsobují znečišťování kvasnic, zvyšování barvy, zhoršování pěnivosti, filtrovatelnosti a chuti piva.

Při vylučování hrubých kalů se využívá sedimentace, rotační sedimentace (ve vířivé kádi), odstředování a filtrace. Když v hrubých kalech poklesne teplota váží i jemné mladinové kaly (Basařová et al., 2010).

Složení hrubých kalů podle (Moll, 1994):

- Voda 73 – 85 %
- Proteiny 40 – 70 %
- Hořké látky 10 – 20 %
- Polyfenoly 5 – 10 %
- Cukry 4 – 8 %
- Popel 3 – 5 %
- Tuky 1 – 2 %

### **3.3.13.3 Vylučování jemných kalů**

Jemné kaly vznikají při ochlazování mladiny, jejich vylučování začíná při teplotách pod 80 °C a vypadávají z roztoku až do ochlazení na zákvasnou teplotu, nejvíce však při teplotách od 30 do 10 °C. Při zahřátí dochází k jejich opětovnému rozpuštění. Jsou velmi drobné 0,5 až 1 µm a proto se obtížně z mladiny odstraňují. Vylučování jemných kalů podporujeme tím, že v první fázi chlazení mladinu promícháváme a dále rychlým dochlazováním s pohybem mladiny (Basařová et al., 2010).

Složení jemných kalů podle (Moll, 1994):

- Voda 70 – 80 %
- Proteiny 45 – 75 %
- Cukerné složky 20 – 35 %
- Polyfenoly 10 – 30 %
- Popel 2 – 3 %

### **3.3.13.4 Oddělování hrubých kalů**

Dnes nejpoužívanějším způsobem oddělování hrubých kalů je dobře tepelně izolovaná vířivá kád' z korozivzdorného plechu. Pracuje na principu rotování tangenciálně přiváděné mladiny. Byla realizována poprvé v roce 1958 (Huber, 1965), (Hudson, 1969). Vychází se z co nejlepšího využití hybnosti tangenciálně přiváděného proudu mladiny do válcové stojaté nádoby. Během čerpání se projevuje odstředivá síla, po ukončení se však poměry náhle změní, vrstvy u povrchu nádoby se zpomalují, zatímco uvnitř kapalina pokračuje v pohybu, čímž vznikne vír, který částičky kalů stahuje doprostřed a ke dnu, kde vytvoří kalový kužel.

Doba odlučování kalů se liší v každém jednotlivém pivovaru od 20 do 30 minut (Basařová, Čepička, 1986) až do 60 minut (Moll, 1994). Oddělení kalů ovlivňuje velikost částic, viskozita mladiny a rychlost rotace při nátoku (Basařová et al., 2010).

### **3.3.13.5 Oddělování jemných kalů filtrací studené mladiny**

Pro filtraci studené mladiny se nejčastěji používají naplavovací síťové nebo svíčkové filtry. Tyto filtry se zapojují za deskový chladič a mladina se provzdušňuje až po filtraci (Basařová et al., 2010).

Jako filtrační materiál se používá hrubá křemelina, nebo levnější perlit s průměrným dávkováním 50 g hl<sup>-1</sup> mladiny s náplavem je celková dávka 70 až 100 g hl<sup>-1</sup>. Výkon musí být sladěn s výkonem vířivé kádě a dochlazovače, pokud tomu tak není musí se přidat nádoba na ochlazenou mladinu (Narzzis, 1985).

**Tabulka 4:** vliv teploty a druhu křemeliny na odstranění chladových kalů (Narzzis, 1985):

Teplota	Podíl odstraněných chladových kalů (%)	
	Hrubá křemelina	Jemná křemelina
10 °C	70,3	74,1
5 °C	77,9	82,0
0 °C	82,1	85,7

### 3.3.13.6 Způsoby provzdušňování mladiny

Mladina se před zakvašením musí provzdušnit aby obsahovala dostatek kyslíku pro pomnožení a metabolismus kvasinek. Podle současných poznatků stačí 5 až 7 mg l<sup>-1</sup> pokud jsou hodnoty vyšší mohou negativně ovlivnit organoleptické vlastnosti piva (Basařová et al., 2010). Provzdušňovat můžeme pomocí svíčky z ocelových nebo keramických pórovitých materiálů, nebo Venturiho trubice (Narzzis, 1985).

Provzdušňování pomocí Venturiho trubice pracuje na principu zvýšení tlaku i rychlosti průtoku mladiny za použití zúžené trubice. Vzniklým podtlakem v místě zúžení se zajistí nasávání vzduchu, případně i kvasnic do mladiny (Basařová et al., 2010).

### 3.3.13.7 Kontrola chlazení mladiny

Tato kontrola zahrnuje především měření teplot a obsahu rozpuštěného kyslíku, chod činnosti zařízení a sledování množství čerpaných roztoků (Basařová et al., 2010).



## 3.4 Kvašení mladiny

### 3.4.1 Druhy pivovarských kvasinek

#### 3.4.1.1 Svrchní a spodní pivovarské kvasinky

Pivovarské kvasinky jsou v pivovarské mikrobiologické společnosti European Brewery Convention (EBC) definovány jako kulturní kvasinky používané k produkci spodně nebo svrchně kvašených piv.

Spodní pivovarské kvasinky *S. cerevisiae (carlbergensis)*, případně (*uvarum*) se používají pro výrobu ležáků v teplotním rozmezí 7 až 15 °C a sedimentují na dně kvasné nádoby.

Svrchní pivovarské kvasinky *S. cerevisiae* se používají při výrobě piv typu Ale i dalších druhů s teplotním rozmezí 18 až 22 °C, často jsou kvasnice vynášeny do kvasničné deky (Basařová et al., 2010).

#### 3.4.1.2 Rozdíly mezi svrchními a spodními pivovarskými kvasinkami

Mezi základní rozdíly mezi spodními a svrchními kvasinkami podle (Basařová et al., 2010) patří:

- složení genetického materiálu;
- rozdílné složení buněčných stěn, zjištěné imunochemickými či biochemickými metodami;
- stupeň zkvašování  $\alpha,\alpha$ - rafinosy;
- růst na specifických půdách;
- obtížná sporulace spodních kvasinek;
- rozdílné technologicky významné vlastnosti;
- vyšší maximální teplota růstu u svrchních kvasinek;
- vyšší tepelná odolnost svrchních kvasinek.

### **3.4.2 Hlavní kvašení**

Během hlavního kvašení je cílem neúplné zkvašení cukernatých látek extraktu mladiny pivovarskými kvasinkami za tvorby ethanolu, oxidu uhličitého a vedlejších metabolitů se současným pomnožením kvasničného zákvasu (Basařová et al., 2010).

#### **3.4.2.1 Faktory ovlivňující průběh hlavního kvašení**

Pro průběh hlavního kvašení jsou podle (Basařová et al., 2010) 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).

#### **3.4.2.2 Teplota a tlak při kvašení**

Teplota je důležitým regulačním faktorem kvašení. Optimální teplota u většiny kmenů pivovarských kvasinek se pohybuje kolem 25 až 30 °C, ale není vhodná z technologického a kvalitativního hlediska intenzivního kvasného procesu. Pro spodní kvašení se tradičně uplatňuje studené vedení při teplotách 5 až 9 °C, u intenzifikovaných postupů teplé vedení s teplotami 12 až 16 °C. Při svrchním kvašení jsou to teploty mezi 15 až 22 °C.

Pokud při stacionárním spodním kvašení zvýšíme teplotu, zvýší se aktivita kvasinek, zhorší trvanlivost pěny, barva piva, prudčeji klesne pH, ztráty hořkých látek budou vyšší a způsobí větší autolýzu kvasničných buněk (Basařová et al., 2010).

Zhoršení aroma však není jednoznačné, je sice větší tvorba 2-acetomléčné kyseliny, biacetylu a acetaldehydu, které negativně ovlivňují organoleptické vlastnosti piva, ale zároveň se zvyšuje i jejich redukce. Nepříznivý vliv teplot kvašení lze částečně omezit použitím tlaku při fermentaci (Basařová et al., 2010).

#### **3.4.2.3 Kmen a dávka kvasinek**

Kmen kvasinek a jejich dávka má významný vliv na průběh kvašení a kvalitu piva. Kmen se volí podle požadavků na charakteristické vlastnosti vyráběného piva. Pokud bude dávka vyšší bude prokvašení rychlejší a hlubší, také se částečně potlačí tvorba aromatických metabolitů. Absolutní přírůstek a jejich výtěžnost není závislá na násadní dávce. Pro vysokoobsažné várky, HGB-várky, je potřeba aby měl kmen zvýšenou toleranci na alkohol (Casey, Ingeldew, 1985).

Klíčovou vlastností kvasničného kmene je optimální vitalita. Další důležitou vlastností je optimální flokulační a sedimentační schopnost, která je geneticky kódovaná a je ovlivněna řadou faktorů. Například slady některých odrůd, které obsahují v pluchách skupinu látek označovaných jako PYF-faktor způsobují předčasnou flokulaci a sedimentaci (Basařová et al., 2010).

#### **3.4.2.4 Změny probíhající v mladině při hlavním kvašení**

Během hlavního kvašení dochází v mladině k poklesu původního extraktu mladiny, zkvašování sacharidů, tvorbě ethanolu a oxidu uhličitého, změnám acidity, změnám barvy, vývoji redoxní kapacity, snížení obsahu dusíkatých látek, změnám hořkých chmelových látek, změnám polyfenolových sloučenin a tvorbě vedlejších produktů (Basařová et al., 2010).

#### **3.4.3 Technologické postupy a zařízení pro hlavní kvašení**

Postup hlavního kvašení může být prováděn buď klasicky stacionárním postupem, nebo nově semikontinuální či kontinuální technologií. Nejčastější je stacionární postup ve velkoobjemových nádobách, s možností dvoufázového postupu, při kterém probíhá hlavní kvašení i dokvašování v samostatných tancích, nebo provedením obou fází v jednom tanku. Podle kmene použitých kvasinek probíhá buď spodní, nebo svrchní kvašení (Basařová et al., 2010). Podle (Moll, 1994) se zavedením cylindrokónických tanků zredukoval technologický rozdíl mezi svrchním a spodním kvašením.

### **3.4.3.1 Stacionární spodní hlavní kvašení**

Stacionární kvašení probíhá v kvasných nádobách umístěných v místnostech nazývaných spilka. Dříve kvůli lepšímu chlazení byli budovány pod zemí, dnes se staví v izolovaných budovách či místnostech, kde se dá dobře udržovat čistota. Mohou to být otevřené i zavřené nádoby různé konstrukce. V uzavřených nádobách se dá upravovat tlak a jímání oxidu uhličitého.

Materiál ze kterého se kvasné kádě vyrábí musí být indiferentní vůči pivu. Dříve se používalo modřínové nebo dubové dřevo, jehož sanitace byla bez vnitřní úpravy velmi obtížná. Dnes se používají betonové, ocelové či hliníkové kádě jejichž povrch musí být také upraven aby byl inertní a nedocházelo k jeho poškození. Proto úplně nejlepší volbou pro kvasné kádě je použití korozivzdorné oceli. Rozměry jsou dány objemem, výška by měla být do dvou metrů, nad hladinou musí být volný prostor ve výšce 20 až 30 cm pro kroužky. Tvar nádob nijak zásadně neovlivňuje kvašení, nejčastěji se však používají nádoby čtyřhranné (Basařová et al., 2010).

Ke chlazení spilek se podle (Basařová et al., 2010) používají tyto způsoby:

- **přímé chlazení** vzduchu v prostorách spilky soustavou trubek, kterými proudí chladící médium;
- **nepřímé chlazení** vháněním vzduchu ochlazeného na požadovanou teplotu mimo prostor spilek; s odcházejícím vzduchem je z prostoru spilek také odvětráván oxid uhličitý vzniklý při kvašení;
- **vnitřní chlazení** kvasných kádí plovákovými, trubkovými nebo plášťovými chladiči, kterými prochází podchlazená voda.

Při stacionárním kvašení jsou podle (Basařová et al., 2010) běžné tyto technologické podmínky:

- provzdušnění mladiny, na obsah  $O_2$  5 až 7 mg l<sup>-1</sup>;
- nízká až střední dávka kvasnic, 0,5 l hustých kvasnic na 1 hl mladiny (odpovídá asi 15 až 25 \* 10<sup>6</sup> buněk na 1 ml);
- nízká zákvasná teplota, 4,5 až 6 °C, výjimečně až 8 °C;
- nízká maximální teplota, 9 až 12 °C;
- nízká sudovací teplota, okolo 5 °C;
- neúplné prokvašení: světlá piva 62 až 67 %, tmavá piva 53 až 57 %, dia-pivo 68 až 73 %;
- doba kvašení 7 až 12 dnů;
- výtěžnost kvasnic 1,5 až 2 l hustých kvasnic na 1 hl mladého piva.

#### 3.4.3.2 Zakvašování mladiny

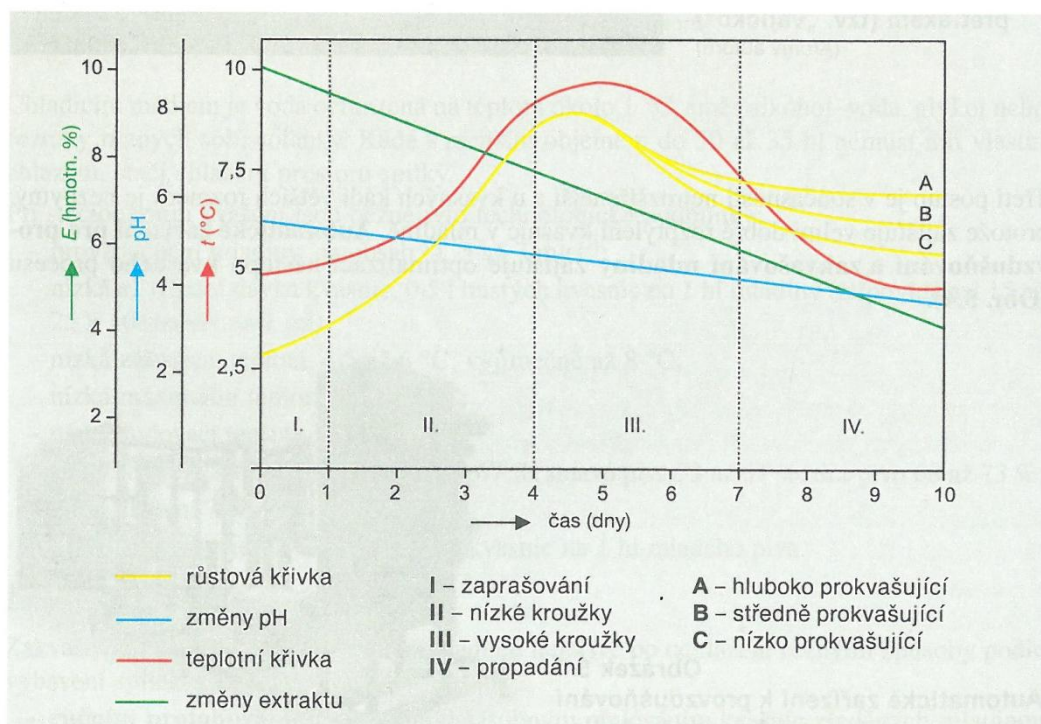
Zakvašování se provádí co nejdříve po ochlazení různými způsoby podle vybavení spilek. V malých restauračních pivovarech se používá ruční potahování, to znamená několikanásobné přelévání kvasnic zředěných mladinou z jednoho džberu do druhého a potom přes husté síto do kvasné kádě, kde je na dně mladina. Další postupy zakvašování jsou pomocí zakvašovacího přístroje neboli vajíčka a dávkovacím čerpadlem (Basařová et al., 2010).

Způsoby zakvašování podle (Basařová et al., 2010):

- **S plnou dávkou kvasnic** se zakvasí nejprve vrstva mladiny v kádi a doplní se spílanou mladinou, častěji se používá průběžné dávkování zákvasu do mladiny protékající spílacím potrubím.
- **Zakvašování „na ujato“** se často používá při malém množství nasadních kvasnic, neodpovídajícím potřebné dávce. Kvasnicemi se zakvasí malý objem mladiny a po 12 až 24 hodinách se ve stádiu bílých kroužků (prokvašení 15 až 35 %) přidá ve dvou až třech dávkách (poměr 1 : 4 až 1 : 5) další provzdušněná mladina.

- **Zakvašení v zákvasných kádích** se provádí během 12 až 24 hodin při vyšší teplotě, 10 až 12 °C. Zákvasné kádě mají větší objem než kvasné kádě, do nichž se pak rozkvašená mladina přečerpá a při nižší teplotě 6 až 8 °C doběhne hlavní kvašení.
- **Zakvašování s lisovanými nebo sušenými kvasnicemi** vyžaduje přípravu spočívající v naředění a docílení optimálního fyziologického stavu buněčné populace v kroužcích, které se používají pro zakvašení na ujado.

### 3.4.3.3 Technologická stádia hlavního kvašení



**Obrázek 3:** Diagram fázi spodního kvašení (Basařová et al., 2010)

1. **Zprašování** je tvorba pěny na hladině po zkvašení mladiny vyvolaná vznikajícím oxidem uhličitým. Začíná od stěn kádě během 12 až 24 hodin a v tomto období mírně klesá hodnota extraktu a pH, mírně stoupá teplota. V porovnání s růstovou křivkou kvasinek odpovídá toto technologické stádium přibližně lag-fázi (Basařová et al., 2010).

2. **Nízké až vysoké bílé kroužky**, typické bílé růžice pěny na povrchu kvasící mladiny, se tvoří v 24. až 40. hodině hlavního kvašení a postupně rostou. Je to období maximálního vývinu oxidu uhličitého, pH klesá z původní hodnoty 5,2 až 5,6 na 4,7 až 4,9, extrakt o 0,8 až 1,2 % a teplota stoupá o 0,5 až 0,8 °C za 24 hodin. V porovnání s růstovou křivkou kvasinek odpovídá toto stádium exponenciální fázi růstu.
3. **Vysoké hnědé kroužky** se tvoří v období třetího až pátého dne kvašení. Kroužky pěny jsou zbarvované kaly vynášenými z kvasícího média. Hodnota pH dále klesá z asi 4,6 až na 4,4 extrakt o 1,0 až 1,8 % za 24 hodin, teplota vzrůstá na maximum, na kterém se udržuje asi 2 dny a následně se musí začít včas chladit s poklesem teploty přibližně 1 °C za den. Toto odpovídá stacionární fázi na růstové křivce.
4. **Propadání deky** je fáze hlavního kvašení při které probíhá v maximální míře aglutinace a sedimentace kvasnic. Hodnota extraktu se snižuje pozvolna, o 0,2 až 0,3 % za 24 hodin. Kroužky propadají a na hladině zůstává asi 2 až 3 cm tlustá tmavá vrstva pěny, zvaná deka, která se musí včas sebrat, protože látky v ní obsažené by po rozptýlení nepříznivě ovlivňovaly hořkost mladého i hotového piva (Basařová et al., 2010).

#### **3.4.3.4 Sudování mladého piva**

Když skončí hlavní kvašení a sebere se deka, tak se obvykle samospádem pivo suduje do sběrných nádrží a odtud se plynule čerpá do ležáckých nádob. Tato operace musí být prováděna šetrně aby docházelo k co nejmenšímu provzdušňování a zamezení ztrát oxidu uhličitého. Teplota sudovaného piva by se měla pohybovat okolo 5 až 6 °C (Basařová et al., 2010).

#### **3.4.3.5 Svrchní kvašení**

Svrchně kvašená piva se vyrábí v řadě variant za použití sladů z různých obilovin, nejčastěji však pšenice. Používají se i různé náhražky. Ve varně se obvykle používá infuzní rmutování (Back et al., 2005). V Německu musí být bílé pšeničné pivo vyrobeno s 50 % sypání pšeničného sladu (Narziss, 2005).

Svrchní kvašení trvá podle postupu 2 až 8 dní a dávka kvasinek se pohybuje mezi 2 až 4 \* 10<sup>6</sup> buněk na 1 ml zakvašované mladiny, teploty hlavního kvašení jsou od 15 do 22 °C. Při vyšších teplotách kvašení (25 °C a více), příliš malé nebo naopak velké provzdušnění a vysoké dávce násadních kvasnic mají piva vztah k vyšším hladinám esterů (Narziss, 2005).

#### **3.4.4 Dokvašování a zrání (ležení) piva**

Cílem dokvašování a zrání piva je pozvolné zkvašování sacharidů během nízkých teplot, sycení a fixace oxidu uhličitého za současného vyčíření a zajištění organoleptické zralosti piva. Dokvašování tradičně probíhá v ležáckých nádobách v podzemních sklepích nebo v izolovaných chlazených budovách, moderně ve velkoobjemových nádobách (Asahi-tanky, Uni-tanky a cylindrokónické tanky). Specifické pro svrchně kvašená piva je zrání a stažení piva v lahvích (Basařová et al., 2010).

##### **3.4.4.1 Teorie**

Dokvašování a zrání probíhá za nízké teploty a mírného přetlaku, nejdůležitější je pozvolné zkvašování zbylého extraktu, které zajišťuje sycení piva oxidem uhličitým, zrání chutě a vůně piva způsobené změnou složení koloidních a těkavých látek a přirozené číření vylučováním vysokomolekulárních látek z roztoku. Pivo získává přirozenou koloidní stabilitu (Basařová et al., 2010).

#### **3.4.5 Technologie a zařízení pro stacionární dokvašování a zrání piva**

##### **3.4.5.1 Prostory a zařízení pro stacionární kvašení a dokvašování piva**

Dříve se jako materiál pro výrobu ležáckých nádob používalo dřevo. Dnes se vyrábí kovové ležácké nádoby z hliníku, korozivzdorné oceli, železobetonové nebo ocelové. Kovové tanky jsou nejčastěji ležaté tlakové nádoby s klenutými dny, ukládají se tak, aby byl spád k výpustnímu otvoru. Jsou vybavené hradicím přístrojem, vzdušní armaturou, průlezem, zkoušecím kohoutem, plnicím pouzdem (plní se většinou spodem), výpustním kohoutem a mycí hlavou. Hradicí přístroje se seřizují na požadovaný tlak, při překročení této hodnoty se tlak vyrovná únikem oxidu uhličitého (Basařová et al., 2010).



### **3.4.5.2 Technologie dokvašování a zrání piva**

#### **Podmínky dokvašování a zrání piva**

V prvním týdnu se nastaví přetlak cca. 0,03 MPa, který se během doby dokvašování zvýší na 0,05 až 0,07 MPa. Na konci hlavního kvašení denně ubude přibližně

0,2 až 0,4 % extraktu. Po sudování se úbytek mírně zvýší na 0,5 až 0,6 % z důvodu mírného provzdušnění, následně se děj rychle zpomalí, protože poklesne teplota a vyčerpá se rozpuštěný kyslík (Basařová et al., 2010).

#### **Doba dokvašování a zrání**

Doba dokvašování je u 10% výčepních piv při tradiční technologii 21 dnů a u 12% ležáků až 70 dnů. Postupy zvyšování tlaku a doba dokvašování je rozdílná podle pivovaru (Basařová et al., 2010).

#### **Narážení a vyprazdňování ležáckých nádob**

Když se dokončí dokvašování a zrání piva dochází k vyprázdňování ležácké nádoby pomocí narážecí jehly nebo otevřením výpustní klapky a napojení hadice (Basařová et al., 2010).

### **3.4.6 Kvašení a dokvašování piva v cylindrokónických tancích (CKT)**

Velký vývoj kvašení a dokvašování v CKT nastal po druhé světové válce, hlavně v šedesátých letech 20. Století. Od roku 1957 jsou vyráběné převážně z korozivzdorné oceli (Basařová et al., 2010).

#### **3.4.6.1 Konstrukce a materiál CKT**

Cylindrokónické tanky jsou válcové nádoby s horní částí zvanou dóm a s kuželovým dnem. Jako nejvhodnější materiál považují odborníci kvalitní korozivzdornou ocel definovaných vlastností, které zajišťují dobrou sanitaci, stabilitu vnitřních povrchů a odolnost vůči korozi s výjimkou halogenů. Názory na geometrii CKT jsou nejednotné, převládá však názor, že nejvhodnější je poměr celkové výšky tanku k průměru válcové části 1 : 4. Co se týče optimálního úhlu kužele CKT uvádějí se hodnoty 60°, 70°, a 75° u realizovaných tanků převažují úhly 70° a především 75° (Basařová et al., 2010).

Cylindrická část je vybavena jednou až třemi chladíci zónami. Kuželová část musí mít zcela hladký povrch, aby se na nerovnostech nezachytávaly kvasnice. Vrchlík, dóm, je řešen jako nástavba a obsahuje několik armatur. Bývá vybaven vyhříváním aby v zimě armatury nezamrzaly (Basařová et al., 2010).

#### **3.4.6.2 Jednofázové postupy fermentace v CKT**

Při jednofázové fermentaci dochází ke kvašení i dokvašování v jednom tanku. Jednofázová výroba má podle (Basařová et al., 2010) tyto přednosti:

- Mladé pivo se nepřečerpává z nádoby do nádoby, čímž se snižuje nebezpečí infekce a provzdušňování při přečerpávání, což zamezuje novému přírůstku kvasinek a zvýšené tvorbě biacetylu.
- Snižují se ztráty piva vzhledem k lepším možnostem oddělování kvasnic.
- Sedimentace kvasnic probíhá i v průběhu dokvašování, ale vzhledem k včasnému odtažení základního sedimentu je nebezpečí autolýzy malé.
- Ekonomické úspory jsou v investičních nákladech na tanky, v energii (úspora na přečerpávání) a v sanitaci (asi o polovinu levnější než při dvoufázovém kvašení).
- Zvýší se produktivita výroby.

Pro jednofázové je podle (Kahler, Lejsek, 1987) doporučená zákvasná teplota 6 až 7 °C a dávkování 50 až 60 mg sušiny kvasnic na 100 ml mladiny. Ve spílané mladině se udržuje provzdušnění 6 mg l<sup>-1</sup>, tanky se naplní na 92 % celkového objemu nejpozději do 24 hodin a ihned po naplnění se tank zahradí na 90 až 100 kPa. Při kvašení teplota samovolně vystoupí na 14 °C (za 144 až 240 hodin) a nechá se působit po celou dobu zrání. Nasazené kvasnice se odpouštějí při teplotě maximálně 14 °C (za 144 až 240 hodin počítáno od zahrazení tanku), přitom je nastaven protitlak o 20 kPa nižší, než je tlak u dna tanku. Po stažení kvasnic se může pivo nechat zrát ještě 1 až 2 dny při teplotě 14 °C. zralé pivo se rychle (během 30 hodin) ochladí na teplotu 1 až 2 °C a po následném ochlazení k 0 °C se pivo po 3 až 7 dnech stočí.

### **3.4.6.3 Dvoufázové postupy**

Tento postup se uplatňuje více, protože je svým provedením podobnější tradiční výrobě. V jednotlivých pivovarech se používají různé varianty postupu. U jedné z nich se pro kvašení zachová teplotní režim tradičního procesu v maloobjemových nádobách.

Při studeném kvašení a zrychleném dokvašování odpovídá fáze hlavního kvašení v CKT tradičnímu postupu s zákvasnou teplotou 5 až 6 °C, maximální teplotou 9 °C, která se udržuje tak dlouho, dokud hladina biacetylu nepoklesne pod 0,1 mg l<sup>-1</sup>. Tato část fermentace trvá 10 až 12 dnů. Potom se mladé pivo přečerpá do ležáckého CKT (nebo velkoobjemových ležatých tanků), ochladí na teplotu 0 až -1 °C a nasytí se intenzivně CO<sub>2</sub>. Pětidenní až sedmidenní chladné dokvašování ukončuje proces „kondicionování“.

Při teplém hlavním kvašení v CKT s maximálními teplotami 14 °C i výše a zrání piva při teplotě 0 °C v ležáckém CKT lze výrazně zkrátit dobu fermentace na přibližně 17 dní. K redukování hladiny sensoricky méně přijatelných těkavých látek (například fenylethanolu) se u intenzifikovaných postupů používá vyšší hradící tlak (Basařová et al., 2010).

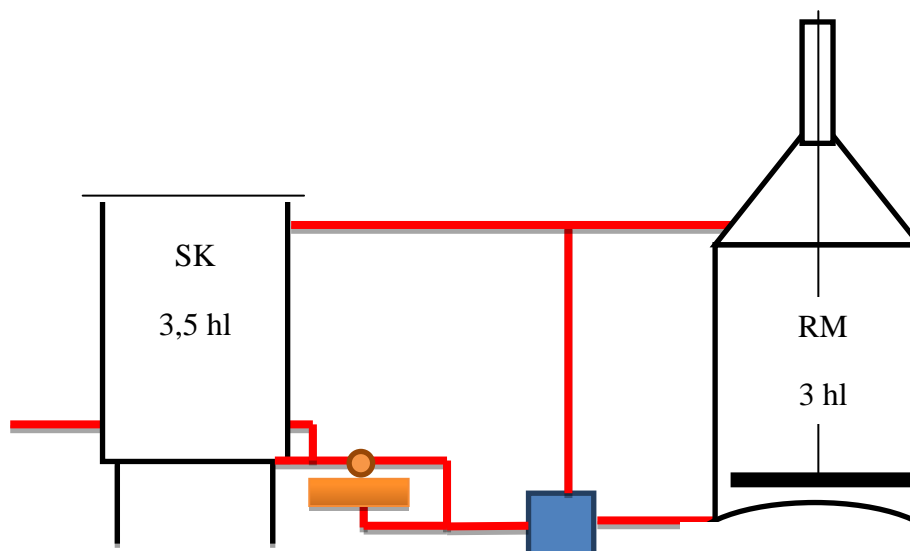
## **3.5 Návrh optimalizace výroby piva v minipivovaru Únanov**

### **3.5.1 Šrotování**

V minipivovaru Únanov používají ke šrotování kamenný dvouválcový šrotovník, kde poměry frakcí výsledného šrotu nejsou zcela optimální. Šrot obsahuje menší množství krupice a částečně porušené pluchy. Toto není vhodné pro další technologické postupy.

Jako optimalizace by bylo vhodné pořízení nového čtyřválcového šrotovníku s ocelovými válci. Který má podle (Basařová et al., 2010) podíl frakcí: 45 % pluchy, 45 % krupice a 10 % mouky, toto složení dává vyrovnaný výtěžek sladu ku strávenému času scezování, protože podle (Kosař, Procházka et al., 2000) jemnost šrotu zlepšuje přístup enzymů, ale ucpává filtrační kanálky.

### 3.5.2 Práce na varně



- SK – scezovací a vířivá kád'
- RM – rmutovací a mladinová pánev
- – scezovací a rmutovací čerpadlo
- – scezovací korýtko
- – potrubí

**Obrázek 4:** Schéma varny minipivovaru Únanov

#### 3.5.2.1 Zařízení varny

Veškeré zařízení varny v minipivovaru Únanov je vyrobeno z korozivzdorné oceli.

#### 3.5.2.2 Vystírání a rmutování

Tento pivovar používá atypický otop pánve přímým ohřevem dřevem, což má za následek nevyrovnané podmínky ohřevu rmutu a mladiny.

Tento problém by bylo možno nejsnadněji řešit nainstalováním plynových hořáků. Pro usnadnění práce by podle pana sládka bylo vhodné upravit některá propojení varny, jako zapojení vody a sanitačních hlavic.

### **3.5.2.3 Scezování**

Scezování zde probíhá samospádem, štěrbiný jalového dna jsou 50 mm dlouhé, 0,5 mm široké a u dna se rozšiřují pouze na 0,7 mm, toto v kombinaci se špatně našrotovaným sladem způsobuje dlouhé scezování. Kvůli špatnému umístění scezovacího kohoutu dochází ke zavzdušnění prostoru pod jalovým dnem, což má za následek utažení vrstvy mláta a tím i zpomalení procesu scezování. Scezovací kád' je nedostatečně izolovaná a dochází k rychlému chladnutí díla.

Ke zlepšení procesu scezování by bylo vhodné lépe zaizolovat kád' a vyměnit jalové dno, které by mělo podle (Basařová et al., 2010) mít délku štěrbin 30 až 40 mm a šířku 0,7 až 1,2 mm s rozšířením ke dnu na 3 až 4 mm, ale díky vysokým pořizovacím cenám je tato optimalizace v nedohlednu. Další možností jak urychlit scezování je zrušení scezovacího korýtka, úprava čerpadla frekvenčním měničem, kdy by se mohlo scezovat pomocí řízeného průtoku. Tato optimalizace by přinesla zkrácení doby scezování, tak i zvýšení čistoty sladiny, což má pozitivní vliv na další technologické operace.

### **3.5.2.4 Chmelovar**

U chmelovaru dochází ke stejným problémům s ohřevem jako u rmutování. Kvůli nedostatečné kapacitě mladinové pánve občas dojde k vyvření mladiny. Pánve je vybavena pivovarským komínem, který zajišťuje odtah veškerých par v dostatečné míře. Dávkování chmele se provádí ručně podle druhu vařeného piva. Chmel je ve formě hlávkové či granulované typu 90.

Jediný velký nedostatek zjištěný při chmelovaru je nedostatečná kapacita pánve a její ohřev. Možnost optimalizace je popsána u kapitoly vystírání a rmutování.

### **3.5.2.5 Chlazení mladiny a odlučování kalů**

Do umyté scezovací kádě bez jalového dna se přepustí mladina vrchním nátokem, tím dojde k její rotaci a po postupném ochlazení se vysráží kaly a nahromadí se ve středu víru. Chlazení probíhá v jednofázovém deskovém chladiči při cestě do kvasné kádě. Chlazení neprobíhá v dostatečné míře.

Proces ve vířivé kádí probíhá bez problémů. Ke zlepšení chlazení mladiny je vhodné přidat druhý deskový chladič, který bude napojený na výrobník ledové vody, čímž dojde k rychlejšímu dochlazení mladiny na zákvasnou teplotu, která má být podle (Basařová et al., 2010) u spodního kvašení 4,5 až 6 °C a u svrchního 15 až 22 °C.

### **3.5.3 Hlavní kvašení**

Probíhá ve čtyřhranné kvasné nádobě z korozivzdorné oceli která je chlazená nedostatečným nepřímým chlazením z vedlejší místnosti. Kvasnice se používají podle druhu vyráběného piva pocházející z pivovaru Černá hora. Kvůli nedostatečnému počtu a kapacitě kvasných kádí je možné uvařit pouze dvě várky týdně a i za tohoto stavu dochází ke krátkému ležení na spilce.

Ke zlepšení procesu hlavního kvašení a tím i kvality výsledného piva, by bylo vhodné pořízení kvasné nádoby s plášťovým chlazením, díky kterému by bylo možné provádět řízené kvašení a udržovat optimální teploty které jsou u studeného kvašení podle (Basařová et al., 2010) 5 až 9 °C. V prostorech současné spilky není možné zvýšit počet kvasných nádob, kvůli nedostatku volného místa.

### **3.5.4 Dokvašování a zrání piva**

Ležácké sklepy jsou v minipivovaru Únanov vybaveny sedmi ležáckými tanky, každý má velikost 6 hl a jsou uloženy horizontálně. Chlazený je celý prostor sklepa. Sanitace tanků probíhá pomocí rotační trysky, která nemá ideální rozstřík, proto je nutné následné manuální dočištění. Tanky nejsou vybaveny tzv. panenkou, která zabraňuje vytečení sedimentovaných kvasnic při stáčení do sudů.

Nepříjemným problémům s občasným zákalem by bylo možné předejít pořízením panenek do hrdla výpustného kohoutu, tím by nedocházelo k nadměrnému vytečení sedimentovaných kvasnic a lepší čirosti piva. Výměnou rotační trysky by se usnadnila práce s následným ručním dočišťováním tanků.

## 4 ZÁVĚR

Výroba piva v minipivovaru sebou přináší mnohá úskalí, většinou si žádá velké investice a z důvodu šetření se kupují zařízení, která ne zcela vyhovují všem požadavkům na kvalitu a ekonomiku výroby. Zařízení bývají špatně izolovaná, nedostačující kapacity a špatně sanitovatelná. Navíc v poslední době je velký boom minipivovarů a ty musí řešit konkurenční boje nejen s průmyslovými pivovary, kterým konkurují především širokým sortimentem a výrobou speciálů, ale také minipivovary mezi sebou, kde musí zaujmout hlavně kvalitnějšími výrobky. V roce 2008 bylo na našem území okolo 70 minipivovarů, dnes už jich je asi 300. Jelikož se při zachování tradičního postupu vaření technologie moc nemění, jde hlavně o zkušenosti sládků, které mohou v tomto případě nejvíce ovlivnit výslednou kvalitu piva.

Během vypracovávání této práce jsem se účastnil výroby piva v minipivovaru Únanov, poznatky získané z literatury jsem konzultoval se sládkem a majitelem minipivovaru. Zjistil jsem, že se dá dobré pivo uvařit i v ne zcela vyhovující varně. Uvaření 3 hl piv zde zabere skoro celý den, hlavně kvůli špatnému scezování, a jak je popsáno výše prostoru ke zlepšení je zde víc, ale na to že jsou na trhu teprve první rok se jim daří získat si odbyt a to i díky svým propagačním materiálům. Výsledky této práce jsou zatím pouze teoretické, protože vylepšení vybavení a technologií je finančně nákladné a není možné je v nejbližší době kvůli nízkému rozpočtu realizovat. Pro majitele minipivovaru je tato práce spíše informativní a poukazuje na možnosti dalšího zlepšení výrobního procesu jak po stránce ekonomické, tak i kvality výsledného produktu.

Pokud však půjde vývoj minipivovarů pořád stejným tempem, a bude se zvětšovat konkurence, je to dobrá cesta jak zachovat kvalitu řemeslně vařeného piva, nejen v české republice ale po celém světě.

## 5 CITOVANÁ LITERATURA

**Back, W., et al. 2005.** *Ausgewählte Kaptiel der Brautechnologie*. Nürnberg : Fachverlag Hans Carl, 2005. ISBN: 3-418-0080-2.

**Basařová, G., Čepička J. 1986.** *Sladařství a pivovarství*. Praha : SNTL, scripta VŠCHT, 1986.

**Basařová, G., Šavel, J., Basař, P., Lejsek, T. 2010.** *Pivovarství teorie a praxe výroby piva*. Praha : Vydavatelství VŠCHT, 2010. ISBN 978-80-7080-734-7.

**Benismail, N., Saulmier, L., Boivin, P., Allosio-Quarnice, N. 2003.** *Arabinoxylans and arabinoxylanases from barley to beer*. Nürnberg : Fachverlag hans Carl, 2003. ISBN: 90-70143-22-4.

**Buckee, G. K., Barrett, J. 1982.** *Effect of wort-evaporation on flavour and other beer qualities*. J. Inst. Brew., 1982, 88 (5), 329-331.

**Casey, G. P., Ingeldew, W. M. 1985.** *Reevaluation of alcohol synthesys and tolerance in brewer's yeast*. J. Am. Soc. Brew. Chem., 1985, 43, 75-83.

**Čapková, V., Janík, P., Potěšil, V. 1999.** *Restaurační minipivovary v České*. Praha : VÚPS, a.s., 1999. ISBN 80-902658-1-2.

**Čepička, J., Basařová, G. 1993.** *Strategie moderního chmelení*. Kvasny Prum. 1993, 39 (3), 66-69.

**Daněk, J., Ferkl, P., Procházka, S. 1982.** *Technologie pro 4. ročník SPŠ potravinářská technologie obor kvasná technologie*. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, n, p., 1982. Typové číslo: L18-C2-IV-31/85199.

**Fisher, G., Mitzcherling, M., becker, T., Delgado, A., Dickel, I., Krottenthaler, M., Back, W. 2001.** *Development of a process control system for the optimisation of the cytolytic, proteolytic and amylolytic degradation during mashing*. Nürnberg : Fachverlag Hans Carl, 2001. ISBN: 90-70143-21-6.

**Fohr, M. 2000.** *Höhepunkte der Sudhaustechnik auf der BRAU 2000*. Brauwelt 2000 (48), 2090-2092.

**Frantík, F. 2010.** Speciální a neobvyklá piva české provenience. *gastrotrend.cz*. [Online] 2010. [Citace: 29. Březen 2016.] <http://www.gastrotrend.cz/7-rubriky-clanky/4-pivo/73-vse-o-pivu.html>.

**Hlaváček, F., Lhotský, A. 1972.** *Pivovarství*. Praha : SNTL, 1972.

**Hough, J. S., Briggs, D. E., Stevens, R., Young, T. W. 1982.** *Malting and Brewing Science, 2<sup>nd</sup> ed., Vol. 2 Hopped Wort and Beer*. London : Chapman and Hall, 1982. 885 p. ISBN: 0 41216590 2.



- Huber, F. 1965.** *Praktische Erfahrungen mit dem Ausschlagbottich System Whirlpool.* Brauwelt, 1965, 105, 969.
- Hudson, J. R. 1969.** *The story of the whirlpool.* Tech. Q. Master Brew. Assoc. Am., 1969, 6, 164-167.
- Chládek, Ladislav. 2007.** *Pivovarnictví.* Praha : Grada Publishing, a.s., 2007. ISBN 978-80-247-1616-9.
- Kahler, M., Lejsek, T. 1987.** *Využití cylindrokónických tanků v pivovarství.* Kvasny prum., 1987, 33(8/9), 266.
- Kosař, K., Procházka, S. a kol. 2000.** *Technologie výroby sladu a piva.* Praha : VÚPS, 2000. ISBN: 80-902658-6-3.
- Kunze, W. 1994.** *Technologie Brauer and Mälzerl.* Berlin : Verlagsabteilung VLB Berlin, 1994. ISBN: 3-921690-31-5.
- Lenz, B., Hermann, H. 1992.** *Scezovací kád' nové konstrukce.* Kvasny Prum. 1992, 38 (1), 6-10.
- Maier, T. 2008.** Změna v postavení značek na českém trhu s pivem v letech 1998-2007. *Kvasný průmysl.* 2008, 54.
- Methner, J. F., Schneid, R., Nüter, C. 2007.** *Einfluss des Maischsystems "Schakesbeer" auf Heizraten und den Extraktgehaltz der resultierenden Würzen.* Brauwelt, 2007, 147 (41-42), 1131-1134.
- Mitter, W., Kaltner, D., Steiner, S. H. 2007.** *Einfluss verschiedener Kochsysteme auf das Verhalten von Bitter- und Aromastoffen.* Brauwelt 2007, 147 (12-13), 316-320.
- Moll, M. 1994.** *Beers & Coolers,* English ed. Andover Hampshire: Intercept Ltd., 1994. ISBN: 1-898296-2.
- Narziss, L. 2005.** *Arbiss der Bierbrauerei.* Stuttgart: F. Enke verlag, 2005, 439 p. ISBN: 3-527-31035-5.
- Narzzis, L. 1985.** *Die Bierbrauerei,* 6. Aufl., Volumen 1: *Die technologie der Würzebereitung.* Stuttgart: F. Enke Verlag, 1985. 385 p. ISBN: 3-432-85006.
- Petr, M.,. 2010.** Boom malých pivovarů v Česku pokračuje navzdory krizi. <http://archiv.ihned.cz/>. [Online] 2010. [Citace: Březen. 30 2016.] <http://archiv.ihned.cz/c1-41854670-boom-malych-pivovaru-v-cesku-pokracuje-navzdory-krizi>.
- Pöschl, M., Geiger, E., Biendl, M. 2007.** *The effect of using polyphenolic extracts during mashing on the colloidal stability of beer.* Nürnberg : Fachverlag Hans Carl, 2007. ISBN: 978-90-70143-24-4.

**Sarx, H. G. 2003.** *Der Einfluss der Malzqualität auf den Läuterprozess.* Brau. Forum, 2003, 18 (1), 4-6.

**Senge, I. 2002.** *Chmelovar s vakuovým odparem.* Kvasny Prum., 2002, 48 (4), 87-89.

**Zarnkow, M., Arendt, E., Back, W., Burberg, F., Keßler, M., Kreis, S. 2007.** *The influence of gelatinisation temperature of barley malt on the mashing process.* Nürnberg: Fachverlag Hans Carl, 2007. ISBN: 978-90-70143-24-4.

**Večerková, H., Kiss, J. 2007.** *Abeceda piva 1. vydání.* Praha : Česká televize, 2007. ISBN 978-80-85005-86-8.

**Večerníček, Jaroslav Novák. 2015.** *Dějiny piva Od zrození až do konce středověku.* Brno : Nakladatelství CPress, 2015. ISBN 978-80-264-0879-6.