



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**Posílení spolupráce mezi MZLU v Brně a dalšími institucemi  
v terciárním vzdělávání a výzkumu**

(CZ 1.07/2.4.00/12.0045)

**„Technologie výroby piva“**

Tréninkový modul

3. 12. 2010

Doc. Ing. Jan Šavel, CSc.



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### Obsah

Úvod .....	3
Voda .....	3
Slad .....	4
Chmel .....	6
Pivovarské kvasnice .....	7
Základy výroby piva .....	7
Varní postup .....	8
Hlavní kvašení a dokvašování .....	9
Filtrace a stáčení .....	10
Vlastnosti piva a jeho složení .....	12
Pivo a zdraví .....	13
Obrazová dokumentace .....	14

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### Pivovarství

Zpracoval Doc. Ing. Jan Šavel CSc. 26.11.2010. V textu kapitoly Pivo a zdraví byly použity výňatky z knihy: Basařové kol.: Pivovarství. Teorie a praxe výroby piva. Praha 2010.

## Úvod

Pivo je nápoj starý více než 7000 let, ale podle některých pramenů vzniklo dokonce dříve než chléb. Sebraná obilná zrna navlhla, počala klíčit a po čase vyluhované cukry samovolně zkvasily volně se vyskytujícími kvasinkami, které vytvořily alkohol. Teprve později se při přípravě piva začaly přidávat různé byliny a posléze i chmel.

Se vznikem lidské společnosti se nejdříve pivo vařilo v malém měřítku, později se výroba zvětšovala a v novověku již samostatně vznikaly pivovary. V moderní době se výroba piva soustřeďuje do nadnárodních společností, menší podíl vyrábějí malé a střední pivovary.

V poslední dob se obnovuje výroba piva v malém měřítku v podobě tzv. hostinských pivovarů, které poskytují vlastní pivo spolu se stravováním v doprovodné restauraci. Kromě toho existuje domácí výroba piva v podobě tzv. homebrewingu. Jeho provozovatelé jsou většinou nadšenci, kteří vaří pivo pro své přátele např. na rekreačních chalupách. Mohou tak připravovat piva nejrůznějších vlastností, která nemůže velký průmyslový pivovar vyrábět.

Tento proces je analogií k ostatním průmyslovým výrobám potravin. Každá hospodyně umí např. připravit svou jedinečnou polévku, která nadchne úzký kroužek rodiny, zatímco průmyslová výroba polévek nasýtí miliony strávníků, ale spíše je uspokojí, než nadchne. Ne náhodou pak provázejí své výrobky heslem „jako od maminky“, což ovšem zdaleka neodpovídá pravdě.

Historie piva je zachycena v řadě monografií, které si lze snadno opatřit i v češtině, tím spíše, že české země mají bohatou tradici v tomto oboru. Pivo bylo předmětem exportu i v době železné opony, což mimochodem umožnilo zachovat tradiční způsob výroby piva, neboť v západních zemích se velká část výroby modernizovala ve snaze vyrábět s pokud možná co nejnižšími náklady. Bohužel tento směr vítězí i v celosvětovém pivovarství a na tradičním pivu je možné si pochutnat v malých pivovarech. V Belgii jsou proslavené tzv. klášterní (trapistické) pivovary, vařící pivo po staletí stejným způsobem samozřejmě za výrazně vyšší cenu.

V českých zemích dosáhl největší obliby tzv. ležák, což je za chladu kvašené světlé pivo, s typickou sladovou a chmelovou vůní a chutí. Surovinami pro výrobu piva jsou kvalitní voda slad, chmel a pivovarské kvasnice.

## Voda

Pivovarská voda má na kvalitu piva rozhodující význam. Základním parametrem kvality vody je obsah rozpuštěných solí, zejména solí vápníku a hořčíku, které určují tzv. tvrdost vody. Tvrdost vody se klasicky udává v stupních německých, přičemž 1 stupeň odpovídá obsahu 10 mg oxidu vápenatého v 1 l vody, nově se ale tvrdost vyjadřuje molární koncentrací

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

v mmolech/l. Rozlišuje se tzv. přechodná tvrdost vody, která se může odstranit povařením a tvrdost trvalá, která se takto odstranit nedá.

Kromě toho lze vodu změkčit moderními metodami např. průchodem tzv. iontoměníči, popř. umělými membránami, které ionty zadrží. Tradičně se voda a piva pojmenovala podle druhů měst, v němž se pivo vařilo, např. pivo dortmundského, vídeňského, nebo plzeňského typu, neboť vody z těchto lokalit měly rozdílnou tvrdost. Pro výrobu piva českého typu se hodí měkké vody s tvrdostí okolo 4 až 10 německých stupňů.

Pivovarská voda dále musí vyhovovat zdravotním požadavkům na pitnou vodu, např. nesmí překračovat stanovená množství dusičnanů, iontů některých kovů nebo mikroorganismů. Těmto požadavkům nejlépe vyhovuje voda z artéských studní. Pivovar Budvar například vaří pivo z vody z těchto 300 m hlubokých studní, přičemž se voda čerpá z podloží, pocházející až z třetihor. Naopak některé pivovary vařily pivo z vody, čerpané přímo z řeky.

Kromě těchto solí voda obsahuje také velmi malé množství dalších kovů, majících ale rozhodující vliv na kvalitu piva, např. železa a manganu a také tzv. mikroprvky, např. zinek, měď, bor aj. které jsou nutné pro správnou funkci enzymů. To je jeden z důvodů, proč se kvalitní pivo může vařit pouze na jednom místě.

### **Slad**

Slad je v podstatě naklíčený ječmen, který se později zbaví klíčků a usuší, aby se konzervoval. V českých zemích se smí k výrobě piva používat pouze slad vybraných odrůd ječmene, ačkoliv se jinak ječmen pěstuje i ke krmným účelům.

Hlavní fáze výroby sladu zahrnují

- příjem, čištění a skladování ječmene
- máčení ječmene
- klíčení ječmene
- sušení a hvozdnění zeleného sladu
- úprava sušeného sladu, jeho skladování a expedice

Výroba sladu se začíná namáčením ječmene, kdy se ječmen máčí v nádržích s vodou, tzv. náduvnících, přičemž se ve vhodných intervalech provzdušňuje. Ještě dnes je možné zejména v severských zemích setkat se u domácí výroby s namáčením pytle s ječmenem v potoce. Po namočení obsahuje ječmen asi 45-50 % vody, což postačuje k jeho klíčení.

Aby k ječmeni měl přístup vzduch, rozestře se v tenké vrstvě na betonové podlahy, tzv. humna. Během klíčení se ovšem musí slad přehazovat, neboli vidrovat lopatami, čímž se zamezí jeho prorůstání a spojování do chuchvalců, tzv. vrabců. Ječmen ovšem musí pouze naklíčit za aktivace pouze zárodku stonku, tzv. střelky. Naklíčený ječmen se tedy nesmí na humně zazelenat, jak je tomu zvykem u známého velikonočního obyčej v domácnosti.

Asi po 7-10 dnech klíčení při 14 až 18 °C se tzv. zelený slad sebere. V takto vyrobeném sladu se škrob v ječmenu z malé části již přemění na zkvasitelné cukry. Mnoho milovníků zdravé výživy pojídá obilné klíčky, ačkoliv mnoho vitaminů se vyskytuje již v naklíčeném ječmeni,

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

neboli sladu. Klíčky (správně kořínky) sladu se sice později odstraní v podobě sladového květu, ale mnoho důležitých látky přechází ze sladu do piva. S mírnou nadsázkou lze říci, že rozumní konzumenti piva pojídají nebo popíjejí významné látky vytvořené při klíčení ječmene a později i při dalších přeměnách sladu v pivo.

Na humnech se slad vyrábí již jen v malých pivovarech, zatímco v průmyslové výrobě se výroba sladu oddělila jako sladařství, kde sklad klíčí ve větraných bubnech, tzv. pneumatických sladovnách nebo na posuvných hromadách, kde potřeba lidské práce je minimální.

Zelený slad je nutné usušit, na tzv. hvozdu kde se slad suší proudem teplého vzduchu. U světlých sladů se zpočátku používají relativně nízké teploty od 40 do 80 C, přičemž vlhkost sladu klesá pod 10 %. Při vyšších teplotách již začíná cukr ve sladu karamelizovat, čehož se využívá při výrobě karamelových a barvicích sladů, kde se teploty zahřívání pohybují až do 220 C.

Usušený slad se musí ještě zbavit kořínků a příměsí na sítěch a odlučovacích a pak se v malém balí do pytlů nebo kontejnerů, většinou se ale dopravuje ve speciálních vagoněch. Světlý slad je vzhledem podobný ječmeni, má však typickou výraznou vůni, na rozdíl od ječmene je křehký a je možné ho rozkousat a ocenit jeho příjemnou chuť, což ovšem vyžaduje mít v pořádku chrup.

Hlavní složkou sladu je tedy škrob s malým množstvím jednoduchých i složitějších cukrů a zdravotně významných látek. Téměř úplná přeměna škrobu na cukry nastává až v pivovarské výrobě. Na všech těchto reakcích se podílejí enzymy, látky bílkovinné povahy, které značně urychlují chemické reakce v organismech přírodního původu. Škrob lze např. rovněž přeměnit na cukr vařením v roztoku kyselin, přeměna je však pomalá a vyžaduje mnohem větší energii. Typickou vlastností enzymů je jejich nízká tepelná odolnost, takže jsou velmi účinné při nižších teplotách (asi do 80 °C, v kvasinkách dokonce při studeném kvašení piva) zatímco při vyšších teplotách mohou probíhat pouze „klasické“ chemické reakce, např. při karamelizaci sladu v průběhu hvozdní.

Je zde určitá analogie s tradičním požíváním obilovin, při němž se v ústech škrob mění účinkem enzymů ve slinách rovněž na jednoduché cukry, které již lidský organismus může využívat. Cukry se pak v organismu postupně spálí za vzniku energie až na oxid uhličitý a vodu. Méně příjemné je, že produkty tohoto spalování jsou nežádoucí, mohou reagovat se základními stavebními kameny lidského organismu a za určitých podmínek způsobují řadu civilizačních chorob, zejména cukrovky (diabetes). Připomíná to nedokonalé spalování, kdy kouř je příčinou zdušení a zanášení plic rozkladnými produkty. Ve srovnání s tím při kvašení tyto produkty nevznikají.

V pivo ovšem čeká cukr mnohem lepší osud, neboť se mění na alkohol a oxid uhličitý, takže pokud se konzumuje rozumně, má méně škodlivé účinky, než např. řepný cukr. Kromě toho se během kvašení pivo obohatí zdravotně důležitými látkami z kvasnic. Protože diabetici se mají vyvarovat nadměrnému příjmu cukru a slazených nápojů, hluboko prokvašená piva tolik organismus nezatěžují. Dokonce tzv. DIA piva, což jsou piva pro diabetiky, neobsahují prakticky cukr vůbec, ačkoliv obsahují alkohol. DIA piva také obsahují méně využitelné energie.

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Slad je tedy základní pivovarská surovina a jako každý průmyslově vyráběný produkt musí vykazovat předepsané znaky kvality. Požaduje se zrno stejné velikosti a tvrdosti přičemž se velikost jednoduše změří vážením určitého objemu sladu. Důležitá je jeho vlhkost, což zaručuje jeho trvanlivost, dále se požaduje určitý obsah bílkovin a aminokyselin a především určitých enzymů.

Nejlépe se slad posuzuje napodobením pivovarského várečného postupu v miniaturních laboratorních varnách, tzv. rmutovacích přístrojích. Rozemletý slad se míchá s vodou za postupného zvyšování teploty, při nichž se postupně uplatňují různé enzymy, z nichž každý urychluje některou reakci, např. štěpení buněčných stěn zrna, štěpení jeho bílkovin a zejména štěpení škrobu na sacharidy.

V tomto laboratorním testu se tedy škrob převádí na zkvasitelné cukry, čímž se ze světlých sladů získá žlutý sladký roztok s typickou sladovou vůní a chutí, tzv. sladina. Již zde lze dobře rozeznat vhodnost sladu pro výrobu piva, nepoužitelné jsou např. slady se zatuchlou vůní nebo chutí, zcela nepoužitelný je slad s vůní po plísni.

Důležitá je koncentrace sladiny, která vypovídá o množství látek, přešlých ze sladu do roztoku. Koncentrace se vyjadřuje v hmotnostních procentech sacharosu, ačkoliv sladina obsahuje disacharid maltosu, přičemž hustota jejího roztoku se příliš neliší od hustoty roztoku sacharosu. Koncentrace extraktivních látek sladu se přitom pohybuje okolo 80 % v sušině sladu. Koncentrace sacharosu se také používá k vyjadřování koncentrace cukerného moštu ve vinařství.

Koncentrace rozpuštěných látek (většinou sacharidů) tedy vyjadřuje koncentraci sladiny a odtud pochází i dříve používané „stupně“ koncentrace piva. Např. laboratorní sladina obsahuje asi 8 % hmotnostních extraktu, což odpovídá asi 8 g (dvě malé kostky cukru) rozpuštěného ve 100 g roztoku. Litr této sladiny by tedy obsahoval již značné množství cukru, u 10 % sladiny sto gramů (10 dekagramů) sacharidů v 1 l sladiny. Na štěstí se většina těchto sacharidů přemění v alkohol, malé množství pak ale přechází do piva.

### **Chmel**

Chmel je popínavá rostlina, která se v pivovarství začala používat poměrně pozdě. Pivu především pivu udílí hořkou chuť a aroma a také zvyšuje jeho mikrobiologickou stabilitu což zabraňuje jeho kažení. Chmel také potlačuje růst zánětlivých bakterií, čehož se prakticky využívalo při přikládání obvazů s chmelem na hnisající rány.

Chmely se dělí na jemné (aromatické) a hořké (vysokoobsažné) odrůdy. Proslavený český chmel podle je zelený, s načervenalým nádechem a pěstuje se na Žatecku. Po sklizni se chmel suší a balí do žoků nebo balotů. Méně se už ví, že jediný velký pivovar, který vaří pivo výhradně z přírodního chmele je pivovar Budvar, většina ostatních pivovarů používá chmel rozemletý na chmelový prášek, nebo v horším případě jen z chmele vyextrahované hořké látky.

Chemicky chmel obsahuje tzv. alfa i beta hořké kyseliny a velmi důležité chmelové silice, udílející chmelu typickou vůni. Pro tyto vlastnosti kupují žatecký chmel i přes jeho vysokou cenu někteří japonští pivovarníci pro výrobu vysoce kvalitních piv. Chmel se při vaření piva přidává jako koření, tzn. 200 až 400 g na 1 hl mladiny pro výrobu ležáku.



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### **Pivovarské kvasnice**

Samovolné kvašení nápojů je známo odedávna a lidem neunikly markantní změny, spojené s kvašením, to je tvorba bublinek oxidu uhličitého a vynášení kvasinek i jiných částic k povrchu kvasící tekutiny.

O podstatě kvašení se vedly dlouhé spory, neboť někteří vědci pohlíželi na činnost kvasinek jako na chemickou přeměnu sacharidů, zatímco jiní se domnívali, že ke kvašení jsou nutné živé mikroorganismy.

Teprve Louis Pasteur (1822–1895) však definitivně rozhodl spor o podstatu kvašení jakožto činnosti živých mikroorganismů. Prokázal, že potraviny se po zahřátí příliš nemění ani za přítomnosti vzduchu, zabrání-li se dalšímu vstupu mikroorganismů. Věnoval se výrobě piva a své poznatky shrnul ve slavné Studii o pivu (*Études sur la bière*) z roku 1876. Z té doby také pochází požadavek co nejvyšší čistoty provozního pivovarského zařízení, ze kterého později vzešly zásady sanitačních prací.

Později Buchner (1860–1917) objevil, že cukr se může přeměnit na alkohol a oxid uhličitý působením bezbuněčného kvasničného extraktu i v nepřítomnosti živých kvasinek a zdůraznil tak biochemickou podstatu kvasného procesu, takže částečně pravdivé byly oba zmíněné názory.

Kvasinky mohou jednoduché cukry přeměňovat na oxid uhličitý a ethanol, kromě nich ale vznikají vedlejší kvasné produkty, např. estery, vyšší alkoholy a karbonylové sloučeniny, které udílejí pivu specifickou chuť.

Průmyslová i domácí výroba piva, vína i jiných alkoholických nápojů se opírá o cílené využívání kvasinek. V pivovarství se využívají dva druhy kvasinek, spodní, které kvasí pivo při nižších teplotách (5 až 10 °C), snadno sedimentují a sbírají se pak ze dna kvasných nádob a tzv. svrchní kvasinky, které naopak kvasinky vynášejí k hladině a kvasí při 15 až 25 °C. Současnosti se svrchní kvasinky zařazují k druhu *Saccharomyces cerevisiae*, spodní kvasinky se původně řadily k druhu *Saccharomyces carlsbergensis*, nově k druhu *Saccharomyces pastorianus*, mezitím se však kvasinky několikrát přejmenovaly.

Výrobní proces předpokládá použití standardních kvasnic s dobře definovanými vlastnostmi, pokud možná neměnnými i při opakovaném nasazení. Termín kvasinky se většinou používá v laboratorním měřítku, zatímco termíny kvasnice nebo várečné kvasnice se označuje aktivní biomasa většího množství kvasinek využívaných v provozu.

Je zajímavé, že první verze zákona o čistotě piva (*Reinheitsgebot*) z roku 1492 (konečná verze je z roku 1516) nezahrnovala kvasnice do výčtu surovin povolených pro výrobu piva, protože v té době nebyla podstata kvasnic známa. Kvasinky náležejí k jednobuněčným houbám (na rozdíl od známých vícebuněčných hub) a staly se předmětem početných vědeckých studií, které rozšířily znalosti o jejich použitelnosti k výrobě alkoholických nápojů.

### **Základy výroby piva**

Pivovarská výroba se postupně oddělila od výroby sladu, který dnes větší pivovary téměř výhradně nakupují od pivovarských sladoven. Nejvyšší kvalitu moravské světlé slady slouží k výrobě českého ležáku.

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Výroba piva patří do potravinářství, ačkoliv využívá zemědělských rostlinných produktů, kromě toho jsou však v menší míře potřebné i výrobky chemického průmyslu, např. filtrační křemelina, stabilizátory k zabránění vzniku chemických zákalů a také obalové materiály.

Slad obsahuje škrob a látky vzniklé při výrobě sladu přičemž zcela nezbytné jsou aktivované enzymy, které v průběhu výroby štěpí sladový škrob na disacharid maltosu, bílkoviny na aminokyseliny a další produkty, nutné pro růst kvasinek. Tyto změny probíhají ve varně, čímž se získá sladký roztok zvaný sladina a po povaření chmelem tzv. mladina. Při vaření se inaktivují veškeré enzymy a další změny mají pak pouze chemický charakter.

Teprve po ochlazení a zakvašení pivovarskými kvasnicemi se dalších přeměn zúčastní enzymy přítomné v kvasinkách, které přemění maltosu na alkohol a oxid uhličitý. Kvasnice také přemění mnoho sensoricky aktivních látek na jiné, takže teprve kvašením a dlouhým ležením se získá typická chuť kvalitního piva.

Výroba piva využívá vědeckých poznatků, získané během mnoha let jejího vývoje. Uplatňují se zde základní principy získané z chemie, biologie, mikrobiologie a inženýrských disciplin jako jsou hydrodynamika, sdílení tepla a hydrodynamika.

### **Varní postup**

Ječný škrob se skládá z amylasy a amylopektinu, různě dlouhých a větvených molekul. Jodovým roztokem se škrob barví sytě modře, což také slouží k rozeznání stupně jeho štěpení ve varním procesu.

Vlastní výroba piva začíná příjmem sladu, který se dopravuje v kontejnerech auty, nebo po železnici. Slad se uskladní v silech, kde odležením získá vyrovnanou kvalitu. Slad se potom rozeemele na ječný šrot, přičemž částice sladu musí mít předepsané vlastnosti. Sladový šrot se mísí s teplou vodou (vystírka, okolo 37 °C) a po dokonalém promíchání se přidá teplá voda (tzv. zapaření při 50 °C). Již po rozmíchání sladu ve vodě začínají působit jeho enzymy a do roztoku přecházejí jednotlivé skupiny látek. Slad s vodou se dále vyhřívá na tzv. nižší cukrotvornou teplotu (60-65 °C), při níž se ponechá po určitou dobu (tzv. odpočinek), pak následuje další ohřev na vyšší cukrotvornou teplotu (asi 72-75 °C).

Při nižší cukrotvorné teplotě se dlouhé molekuly škrobu, předtím rozštěpené enzymem  $\alpha$ -amylasou na kratší řetězce, štěpí enzymem  $\beta$ -amylasou, která uvolňuje zkvasitelný cukr maltosu. Škrob musí předtím povařením zmazovatět. Praxe na tento mechanismus reagovala vznikem tzv. vícermutového varního postupu, při němž se část sladu s vodou (rmutu) povaří a přidá k chladnějšímu zbytku, aniž se zničí k tepelně citlivější  $\beta$ -amylasa.

Průběh štěpení se sleduje tzv. jodovou zkouškou, založenou na principu, že nerozštěpený škrob se roztokem jodu barví modře, ale po jeho rozštěpení se již nebarví a vzorek má žlutou barvu jodového roztoku. Potom se tzv. rmut vyhřeje k varu a povaří, a povařený rmut se přidá k mezitím odpočívajícímu podílu. Tím se zvýší jeho teplota na požadovanou hodnotu a při ní se opět udržuje příslušná prodleva.

Celý proces tepelných změn se označuje jako rmutování a podle počtu ohřevů části rmutu a zvyšováním teploty zbytku s dosud nižší teplotou. Tento způsob rmutování se nazývá dekokční přičemž se původně pracovalo s třemi rmuty, později byly obvyklejší dva rmuty, existuje ovšem i jednormutový způsob.





evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Varní postup se na první pohled zdá velmi složitý, ačkoliv má jednoduchý princip: ve sladu se vyskytují specifické enzymy, působící na vybrané skupiny látek po optimální dobu při optimálních teplotách a žádaného výsledku se dosáhne teprve po dodržení postupu který vznikl po mnoho let zkouškami metodou pokus a omyl. Kromě dekokčního rmutování existuje i rmutování infuzní, při němž se teplota směsi plynule zvyšuje k cukrotvorným teplotám a po vydržení zcukřovacích prodlev se povaří celý rmut.

Složitému výrobnímu postupu odpovídá klasická varna se skládá ze čtyř různých nádob majících různou funkci: vystírací a scezovací kádě a z rmutovacího a chmelového kotle, neboli pánve.

Účel vystírací a rmutování nádoby je zřejmý již z předchozího výkladu. Po rozemletí sladu obsahuje výsledná směs sladovou mouku se zbytky ječných stěn (tzv. pluchy). Částice škrobu se převedou do roztoku jako sladina, ale nerozpustné pluchy zrna se musí odstranit.

K tomu slouží scezovací kádě, což je v nádoba s děrovaným dnem, na němž se usadí hrubá vrstva pluch a pak následuje sedimentace jemnějších zlomků pluch. Sladina potom protéká takto vytvořenou filtrační vrstvou, čímž se získá čirý roztok sladiny, stékající do mladinového (chmelového) kotle, v němž se ohřeje k varu. Po přidavku chmele a povaření přejdou hořké chmelové látky do roztoku a vzniká tzv. mladina, která také obsahuje zbytky chmele a kaly.

### **Hlavní kvašení a dokvašování**

Po separaci těchto podílů na chmelovém cízú, nebo ve vířivé kádi se mladina chladí na zákvasnou teplotu. Po povaření je opět mladina sterilní a enzymy jsou neaktivní. Mladina se potom musí zchladit na zákvasnou teplotu (dnes okolo 8 °C) u spodně kvašených piv.

Mladina je výživný roztok maltosy a různých látek, podporujících činnost kvasinek. Studená mladina se musí zakvasit kvasnicemi, které se v podobě řidší nebo hustší suspenze přidávají k ochlazené mladině v množství asi 0,5 l na 100 l mladiny. Takto zakvašená mladina obsahuje asi 10 milionů buněk v jednom ml.

Zakvašenou mladinu je nutné provzdušnit, neboť kvasinky potřebují k svojí činnosti zpočátku kyslík. Provzdušněná mladina obsahuje při teplotě 8 °C asi 7-10 mg/l kyslíku, což je o něco méně, než by se za stejné teploty rozpustilo ve vodě. Po několika hodinách po zakvašení kvasinky spotřebují rozpuštěný kyslík a další kvašení probíhá anaerobně, bez přítomnosti kyslíku. Maximální teplota hlavního kvašení se pohybuje okolo 12 °C.

Sledem chemických přeměn se z maltosy vytvoří oxid uhličitý a etanol. Chuť a vůně piva souvisí s přítomností všech sensoricky aktivních látek, pocházejících ze sladu a chmele a také vedlejších produktů kvašení. Jinak by bylo možné pivo vyrábět smísením alkoholu s vodou sycenou oxidem uhličitým, popř. ještě obarvenou a obohacenou pěnотvornými látkami, např. vaječným albuminem.

Při kvašení mladiny vzroste počet kvasinek v mladině až desetinásobně a po krátké prodlevě jejich počet koncentrace klesá. Kvasinky klesají na dno kádě (u spodních piv), nebo se vynášejí do kvasné deky (u svrchních piv). V průběhu kvašení roste obsah alkoholu, oxid uhličitý uniká, klesá hodnota pH a barvy piva.

Tomu odpovídá i vzhled kvasných dek, které mění původní bílou barvu na hnědou, neboť s rostoucí kyselostí (snižováním pH) se snižuje rozpustnost hořkých látek, které se pak

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

vylučují na povrchu kvasícího piva jako hnědé hořké kaly. Během hlavního kvašení prokvasí asi tři čtvrtiny původně přítomné maltosy. Nakonec se pivo ochladí asi na 5 °C.

Většina kvasinek se usadí na dno kvasné nádoby, pivo nad nimi se odpustí a usazené kvasnice seberou k dalšímu zpracování. Při tom se kvasnice částečně zbaví hořkých kalů na vibračních sítích a skladují v chlazených nerezových nádobách, tzv. kvasničných tancích. Kvasnice se pak využívají k novému zakvašování, nadbytečné kvasnice se prodají ke krmným účelům.

Původně se pivo kvasilo v otevřených dřevěných, betonových, hliníkových nebo nerezových nízkých nádobách, tzv. kvasných kádích s obsahem několika desítek až stovek hl, přičemž se snadno mohl pozorovat vzhled kvasné deky. V současnosti si racionalizace výroby vynutila použití velkých nerezových, uzavřených kvasných nádob, tzv. cylindrokonických tanků, zkráceně CKT.

CKT jsou štíhlé nádoby, zvenku opatřené v několika zónách chladicím pláštěm. Pokud tyto tanky stojí na volném prostranství, musí se ještě opatřit tepelnou izolací. Z vrcholu tanku se jímá oxid uhličitý, který se po čištění jímá do zásobníků a znovu používá ve výrobě k odstraňování vzdušného kyslíku, nebo se komprimuje a prodává. Kvasnice se opět usadí v konusu dna tanku, čerpadlem dopraví na vibrační síto a posléze do kvasničných tanků, kde se uchovávají při teplotách okolo 0 °C.

Prokvašeným pivem se plní dokvašovací nádoby, dříve dubové, zevnitř vysmolené sudy, později opět stojaté, nebo ležaté nerezové tanky. Při dokvašování se při teplotě blízké nule pivo nasatí oxidem uhličitým, který vzniká ze zbytků nezkvašeného extraktu. Při zrání přitom se vyrovná chuť piva a kvasnice opět klesnou na dno dokvašovacích nádob, takže hotové pivo má jen slabý zákal.

Toto pivo chutná nejlépe v pivovaru a jeho kvalita během dalších výrobních operací již dále pouze klesá. Může za to nežádoucí přítomnost kyslíku, který při čerpání proniká do piva ze vzduchu i když se nádoby předplňují inertním plynem, dusíkem, nebo oxidem uhličitým. Další kyslík do piva proniká ucpávkami čerpadel, z filtrační křemeliny a zejména při stáčení piva. Kyslík oxiduje látky piva většinou na nežádoucí produkty, které buď pivo později zakalují, nebo pivu udílejí nepříjemnou chuť a vůni.

### **Filtrace a stáčení**

Po dokvašení se pivo filtruje a stáčí. Původně se pivo nefiltrovalo, ale spotřebitelé si po zavedení filtrace oblíbili jeho jiskrný vzhled. Kromě toho filtrované pivo mělo výrazně vyšší trvanlivost.

Křemelinové filtry jsou tvořeny nerezovou nádobou uvnitř s filtračními elementy, síty nebo filtračními svíčkami, opatřenými jemnými štěrbinami. Protože se tyto filtrační elementy snadno zanášejí, musí se do piva přidávat filtrační křemelina, což umožňuje zfiltrovat větší množství piva.

Moderní filtrační systémy používají i membránové filtry, které nevyžadují dávkování filtračního materiálu a zanášení membrán se zabraňuje neustálým odstraňováním kvasnic a kalů příčnou cirkulací piva. Jiskrné filtrované pivo se někdy ještě dofiltruje průtokem filtračními deskami z celulózy.

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Dále se pivo stabilizuje pro prodloužení tzv. nebiologické, koloidní stability. Z piva se mohou při skladování vylučovat nebiologické zákaly, narušující jeho původní jiskrnost. Dnes se ke stabilizaci většinou používají nerozpustné materiály, na nichž se zachycují složky, které by se později zúčastnily na tvorbě zákalů. Filtrovaným pivem se naplní zásobní, tzv. přetlačné tanky, kde se pivo uchovává před stáčením.

Pivo se stáčí do transportních obalů, přičemž se většinou předtím musí biologicky stabilizovat. Pivo totiž obsahuje kulturní kvasinky pronikající do piva z předchozí výroby a také kontaminující mikroorganismy. Cizí mikroorganismy, tzv. kontaminace se do pivovarské výroby dostávají již při chlazení mladiny, buď ze vzduchu, nebo z nedostatečně umytého výrobního zařízení, kde se pomnožují na zbytecích mladiny, nebo piva.

Kontaminující mikroorganismy zahrnují cizí, neboli divoké kvasinky, plísně a bakterie. Ačkoliv pivo je prostředí nevhodné pro rozvoj mikroorganismů, mohou v něm některé jejich druhy přežít, nebo se i pomnožovat. Za aerobních podmínek se v mladině například pomnožují tzv. mladinové bakterie, které s rostoucím hodnotou pH hynou a začínají se pomnožovat anaerobní bakterie, kterým tyto podmínky nevadí.

Nejnebezpečnější bakteriální kontaminací piva jsou tzv. mléčné bakterie, produkující kyselinu mléčnou, popř. i jiné kyseliny. Patří k nim tzv. laktobacily a pediokoky, které mohou nejen pivo zakalovat, ale také vytvářet nepříjemně vonící metabolity, např. diacetyl s vůní po čerstvém másle.

Z těchto důvodů je nutné pivo mikrobiálně stabilizovat, tj. odstranit, nebo inaktivovat tyto cizí mikroorganismy. Mikroorganismy se odstraní průchodem piva membránami s póry, které jsou menší než průměr mikroorganismů. Jinou technikou je pasterace, při níž se mikroorganismy usmrtí teplem.

Jednotlivé mikroorganismy mají různou tepelnou odolnost, ale k zajištění mikrobiologické stability piva jsou nutné teploty okolo 60 °C po dobu asi 20 minut, což se označuje jako pasterační dávka 20 pasteračních jednotek (anglická zkratka PU). Pasteraci zavedl v širším měřítku Pasteur, který tuto techniku doporučil pro víno, ale u piva upozorňoval na vznik nežádoucí, tzv. pasterační příchuti.

V pivovarství se pivo pasteruje přímo v naplněných lahvích, které procházejí tunelovým pastérem, v němž se uzavřené láhve s pivem sprchují v několika zónách s různou teplotou a pak se opět láhve s pivem chladí. Láhve se pohybují v jednom směru v sprchovacím tunelu, odtud tunelový pastér.

Mnohem šetrnější je tzv. průtokové pasterace, v němž se pivo zahřívá sice při vyšší teplotě (asi 70 °C), ale po dobu asi 0,5 minuty. Pivo takto ošetřené má výrazně lepší chuť a vůni, ale musí se plnit do sterilních obalů, přičemž také cesty piva musí být zbavené mikroorganismů. Proto je stupeň jistoty průtokové pasterace nižší, ale zato je tento proces levnější, především pro velké úspory energie. Kromě toho se pivo může stabilizovat tzv. studenou sterilací průchodem membránovým filtrem. Lahvové pivo se může pasterovat průtokově i v tunelovém pastéru, pivo stáčené do transportních soudků se pasteruje výhradně průtokově.

Jako transportní obaly se používají klasické skleněné láhve. Přes upřímnou snahu ochránců životního prostředí se dosud nepodařilo rozhodnout, zda je ekologicky prospěšnější stáčet pivo do vratných, nebo nevratných skleněných lahví. Rozšířilo se i plnění piva do plechovek a

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

nověji do plastových lahví, nejčastěji PET lahví. Tyto láhve ze vyfukují z plastových polotovarů v blízkosti plnění. V současnosti podíl těchto obalů strmě stoupá, především pro jejich nízkou hmotnost, což umožňuje vyrábět balení s větším objemem.

Klasickým obalem jsou transportní soudky, původně dřevěné, později hliníkové a nakonec nerezové sudy KEG. Sud KEG je nerezová vratná nádoba, uzavřená speciálním ventilem umožňujícím vstup tlakového plynu a výstup piva při stáčení. Jako klasický tlakový plyn při stáčení (čepování) sloužil původně vzduch, později oxid uhličitý, dusík nebo jejich směs.

Nověji se pivo do hospod a restaurací převáží také ve velkoobjemových a maloobjemových cisternách na nákladních autech a kamionech. Odtud se přečerpávají do zásobních tanků v hospodách, nově do nich vložených plastových pytlů, omezujících kontaminaci a přístup kyslíku.

### ***Vlastnosti piva a jeho složení***

Spotřebitel hodnotí vlastnosti piva podle tzv. znaků první linie, tj. čirosti, barvy a pěnivosti a následně také podle chuti a vůně. U lahví dále spotřebitele ovlivňuje umístění a vzhled etikety, stupeň poškození láhve (podřetí skla). Rozhodující je i vzhled hospody nebo restaurace a ochota obsluhujícího personálu. Složení piva má význam výrobce i spotřebitele, neboť výrobce musí zaručovat jeho neměnnost, což spotřebitel rozeznává svými smysly. Výrobce kromě smyslového posouzení používá rovněž chemických i mikrobiologických analýz.

Základní analýzu piva navrhl již v polovině předminulého století C. N. Balling, německý profesor, přednášející pivovarství na pražské technice. Do pivovarství, které se do té doby řídilo hlavně empirií, zavedl analýzu piva, umožňující zpětně vypočítat původní koncentraci mladiny, množství alkoholu a stupeň prokvašení piva.

Základem této analýzy byla látková bilance přeměny maltózy při kvašení, kdy přibližně ze dvou gramů maltózy kvašením vzniká 1 g ethanolu, téměř 1 g oxidu uhličitého a 0,1 g kvasnic. Základním parametrem složení piva je obsah původního extraktu v % hm., čili koncentrace původní mladiny, vyjádřená jako koncentrace sacharosy.

Odtud vyplývá dřívější vyjádření původního extraktu v Ballingových stupních a 12° mladina obsahuje 12 % rozpuštěných látek, převážně maltózy. Alkohol, původně také vyjadřovaný v hmotnostních procentech se nyní vyjadřuje v objemových procentech. Dobře prokvašený ležák obsahuje asi 5 % obj. alkoholu. Dalším důležitým kritériem je stupeň prokvašení, udávající podíl extraktu, přeměněného kvašením na ethanol.

Výsledky základního rozboru také slouží k výpočtu odvodu daně, která se platí podle daňové třídy pro jednotlivé druhy piv a je rozdílná např. pro tzv. lehká piva, která mají méně než 8 % původního extraktu, výčepní piva (8 až 10,99 %) a ležáky (11 až 12,99 %). Nad 13 % extraktu existují tzv. piva speciální. Nealkoholická piva musí obsahovat méně než 0,5 %.

Existuje množství pověr o chemickém složení piva, např. že nejzdravější piva jsou alkalická. V chemii se rozlišuje mezi kyselými (pH < 7), neutrálními (pH = 7) a zásaditými roztoky. Žádné pivo není alkalické a všechna mají přibližně stejnou hodnotu pH okolo 4,5, čili v kyselé oblasti, což je dáno tvorbou ústojného roztoku minerálních solí piva a oxidu uhličitého.



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Kromě těchto znaků musí výrobce zajistit zdravotní nezávadnost piva podle Zákona o potravinách, který stanoví limity obsahu kovů, dusičnanů a dalších kontaminujících látek. Zákon také specifikuje, které přídatné látky se do piva mohou přidávat.

Kromě chemického rozboru se pivo také musí posoudit smyslově v tzv. degustaci. Skupina odborníků, jejichž citlivost musí být úředně přezkoušena, odděleně posuzuje anonymně předkládané vzorky piv a hodnotí jejich pěnivost, barvu, hořkost, plnost a především přítomnost cizí vůně a chuti. Důležitým znakem je subjektivní stupeň obliby vyjadřovaný v devítibodové stupnici, přičemž 1 patří mimořádně dobrému, 9 mimořádně špatnému pivu.

### **Pivo a zdraví**

Hlavní příčinou úmrtnosti v českých zemích jsou kardiovaskulární choroby přičemž se za jeden z hlavních rizikových faktorů považuje vysoký obsah cholesterolu. „Špatný“ cholesterol se vyskytuje v lipoproteinech s nízkou hustotou (LDL – Low Density Lipoprotein), zatímco „dobrý“ cholesterol je v lipoproteinu s vysokou hustotou (HDL) a naopak se zúčastní při odvádění cholesterolu z tkání a cév do jater, kde se odbourává. Zvýšení jeho hladiny kladně ovlivňuje mírná konzumace alkoholu, který zvyšuje poměr HDL/LDL, snižuje aterosklerózu a blokuje srážení krve.

Je zajímavé, že u rizikových pacientů, zejména s náhradou chlopni a poruchami srdečního rytmu se uměle snižuje srážlivost krve (tzv. ředění krve), podáváním syntetických přípravků zejména derivátů kumarinu. U těchto pacientů dále kladně působí relativně vysoký obsah draslíku v pivu, pokud se ovšem pivo nepožívá ve větším množství, což zatěžuje srdce velkým objemem tekutin.

V laické veřejnosti se většinou dobře ví o tzv. francouzském paradoxu, přičemž se zmiňuje nižší úmrtnost na srdeční choroby u konzumentů červeného vína. Mechanismus tohoto jevu může spočívat jak v příjmu přiměřeného množství alkoholu, tak v účinnosti dalších přírodních látek, např. polyfenolů. Rozsáhlé studie neurčily jednoznačně vzájemný podíl těchto vlivů, je však zřejmé, že naprostí abstinenti umírají dříve, než pijáci alkoholových nápojů, ovšem jen do určité výše jejich spotřeby. Jako kladně působící spotřeba se obvykle uvádí 0,5 – 1 litr výčepního piva denně nebo přiměřené množství ležáku.

Za jednu z hlavních příčin vzniku závažných civilizačních chorob (srdeční choroby, rakovina, cukrovka) se považuje vznik volných radikálů kyslíku, které nevratně ničí a poškozují funkci významných přirozených sloučenin lidského metabolismu. Toto působení může být i nepřímé, přes vznikající reaktivní meziprodukty.

Takto lze vyložit i nežádoucí projevy stárnutí. Pití piva může zlepšit zdravotní stav diabetiků, u nichž lze doporučit pivo pro diabetiky, které prakticky neobsahuje sacharidy. Polyfenolové látky piva mohou tyto nežádoucí radikály vázat a omezit jejich vznik vazbou kovových iontů (Fe, Cu), které jinak podporují silné oxidační reakce. Souhrnné působení antioxidantů látek piva a ciderů lze prokázat u různých chorob. Kladně působí redukční prostředí piva způsobené přítomností přirozených redukčních látek, jako jsou polyfenoly a reduktony.

Protirakovinný účinek vykazoval také xanthohumol, prenylovaný chalkon ze chmele. Zdravotně významným látkám se věnují další příspěvky. Uvádí se, že isoxanthohumol je účinný proti osteoporose





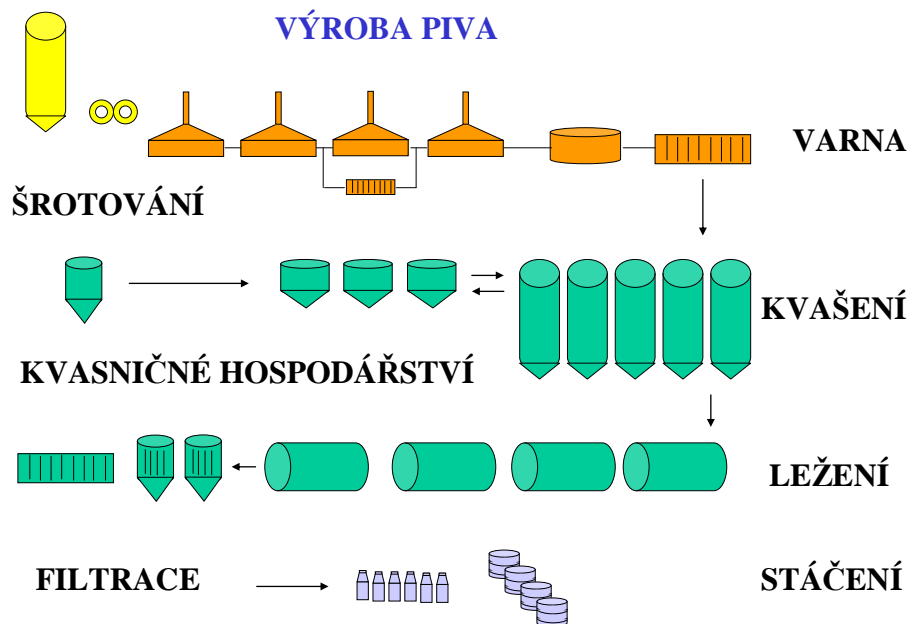
## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Pivo je také výborný iontový nápoj zejména u lidí s vyšší tělesnou námahou a spotřebou energie při těžké práci nebo posilování. V tomto případě lze za něj těžko hledat vhodnou náhradu. Často se poukazuje na kladné působení vlákniny, za kterou se v pivě pokládá  $\beta$ -glukan. V pivě existuje nízkomolekulární (rozpustný) a vysokomolekulární  $\beta$ -glukan, přičemž příznivý účinek má vysokomolekulární  $\beta$ -glukan. Obsah celkového glukanu v pivě se pohybuje v poměrně širokém rozmezí od asi  $0,3$  do  $4 \text{ mg.ml}^{-1}$ , rozpustný glukan  $0,01$  do  $0,3 \text{ mg.ml}^{-1}$ .

### Obrazová dokumentace

Příklady obrázků pocházejí z přednášek autora a z archivu pivovaru B.Budvar

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



12

## Varna



17

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### CKT tanky



23

### Stará spilka



21

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### Starý sklep



22

### Plnění piva do lahví



25