



mezioborová integrace výuky zaměřená na rostlinnou biochemii a fytopatologii

CZ.1.07/2.2.00/28.0171

Biotechnologie

2. Fermentační biotechnologie – etanolové kvašení

Výroba sladu a piva

Marek Petřivalský

Katedra biochemie PŘF UP



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Výroba piva

Trocha historie:

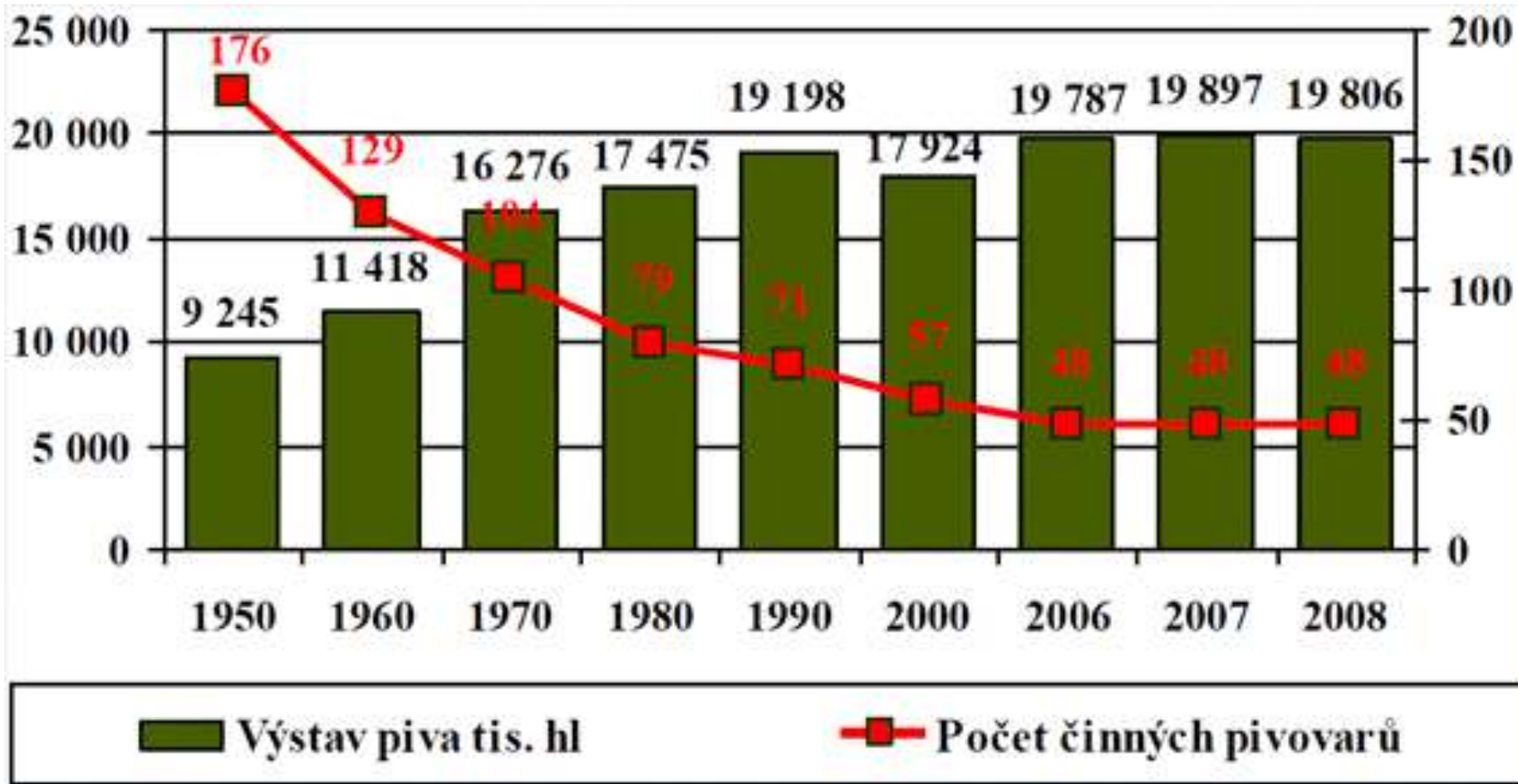
- * **Sumerové** – Chammurabiho kodex a Bedřich Hrozný
- * 6.-4.století př.n.l. **Bójové** a **Kotinci** – výroba piva (dubová kůra)
- * **Slované** – „... rádi pivali medovinu nadto pivo“ (Palacký)
- * **Sv. Vojtěch** – r. 933 první písemná zmínka
pokus o zákaz kvůli „vlivu na zkázu mravů“

Dnes pivo v ČR:

- * 1.místo ve spotřebě piva /obyvatele - 150,7 litrů za rok 2009
- * 17.místo na světě v objemu výroby piva - 1,2% světové výroby
(nejvíce Čína, USA, Německo, Brazílie, Rusko, ...)
- * zůstává 48 průmyslových pivovarů (r.2006-2008)
-typické pro Čechy: většina „monoznačkoví“ pijáci

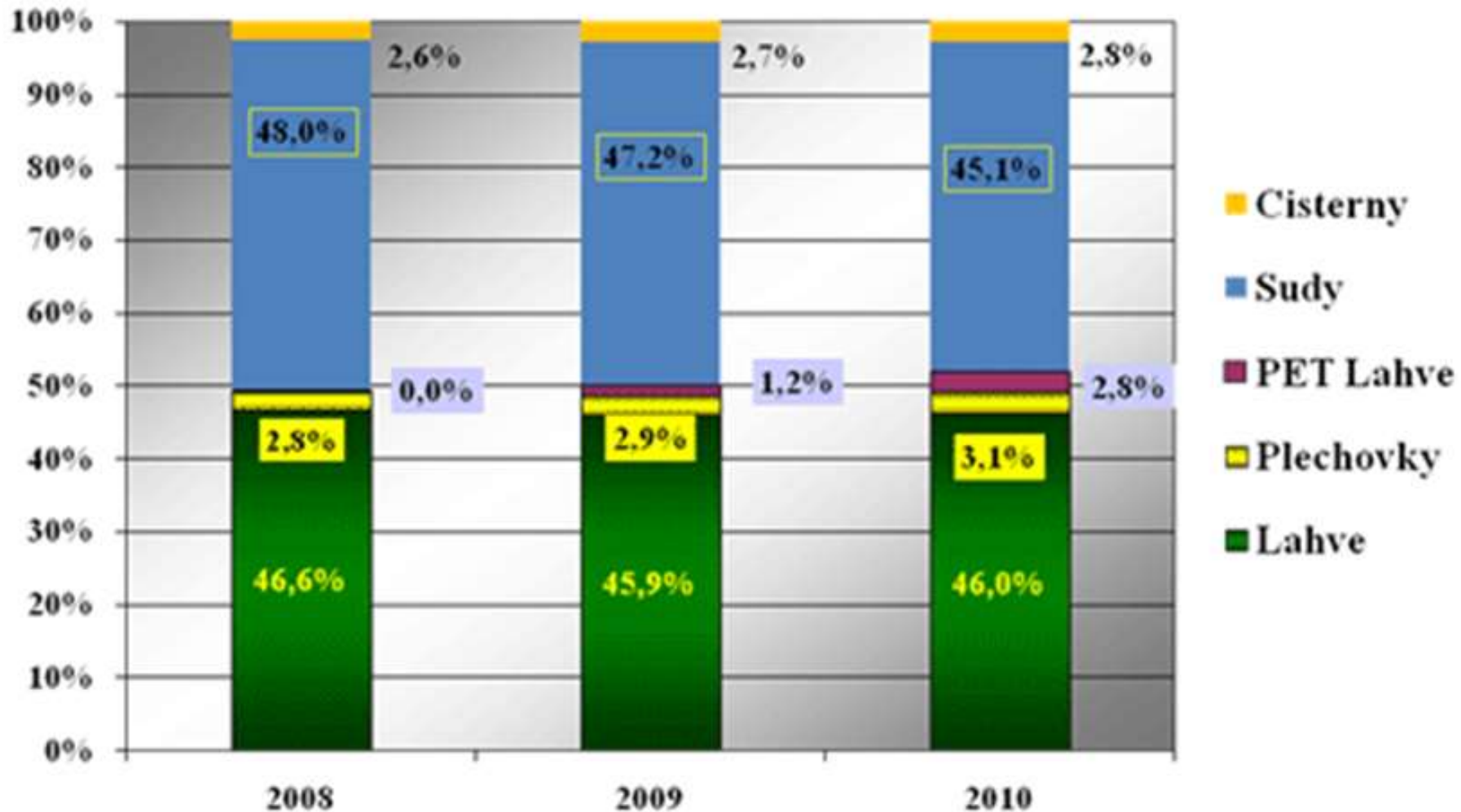
Další info: web [Český svaz pivovarů a sladoven](#)

Výstava piva ČR a počet pivovarů



Rok 2009 a 2010 – významný pokles o cca 20%

Výstava piva ČR podle obalů (2008-10)



PIVOVARNICTVÍ

Výroba a spotřeba piva v litrech na 1 obyvatele



PIVOVARNICTVÍ

Komerčně úspěšné odvětví biotechnologie:

Svět r. 2006 – obrat biotech společnosti 154 mld USD

- obrat pivovarnictví 8,8 mld USD

* roční světová spotřeba cca 180 miliard litrů (r. 2009)

* základní postup se nemění staletí

x **technologie a kontrola výroby enormní změny**

Největší technologické pokroky do pol. 20. století:

- používání čistých kultur kvasinek

- filtrace piva

4 základní zdroje:

voda H₂O

ječmen - *Hordeum* sp.

chmel - *Humulus lupulus*

pivovarské kvasinky - *Saccharomyces cerevisiae*

JEČMEN

– v ČR výhradně **jarní ječmen**

Hordeum distichum var. *nutans*

Obilka = 1) obalové části (pluchy a plušky)
2) zárodek (klíček, embryo) -podněty k aktivaci enzymů
3) endosperm - největší část obilky.

Ječný škrob:

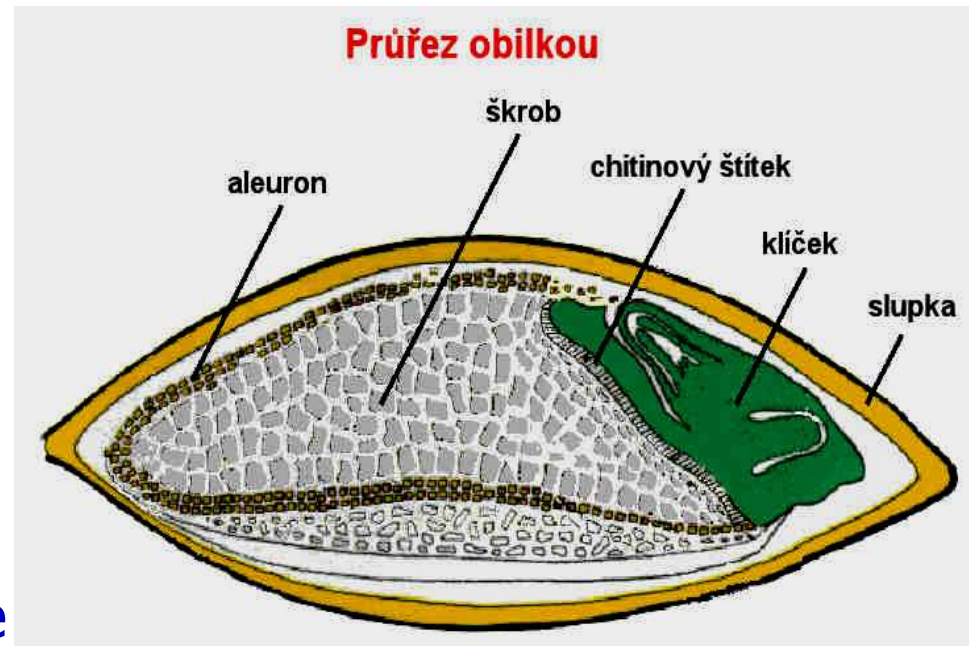
- 62 až 65% škrobu v sušině
- větší podíl amylopektinu (4/5)

Posklizňové dozrávání ječmene:

* 4 až 5 týdnů

Náhražky ječmene:

nesladový ječmen, rýže, kukuřice



Pivovarské kvasinky

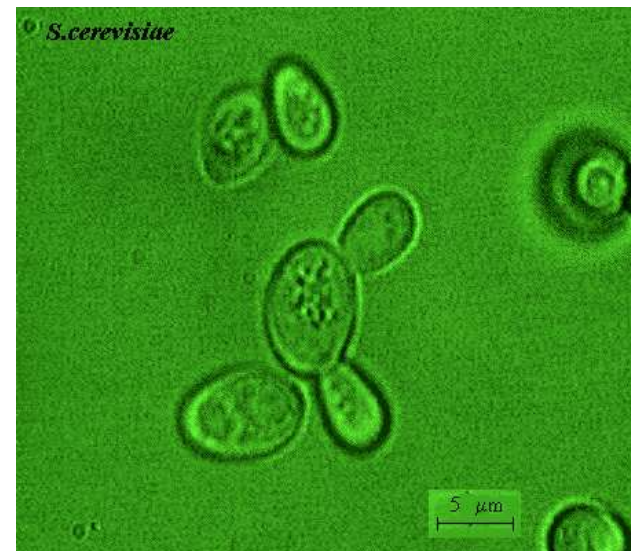
– *Saccharomyces cerevisiae*

* **svrchní pivovarské kvasinky**

- po proběhnutí kvašení vynášeny na povrch fermentační kapaliny a tvoří na ní hustou pěnu.

* **spodní pivovarské kvasinky** - v konečné fázi se shlukují ve vločky a sedimentují na dně kvasné nádoby

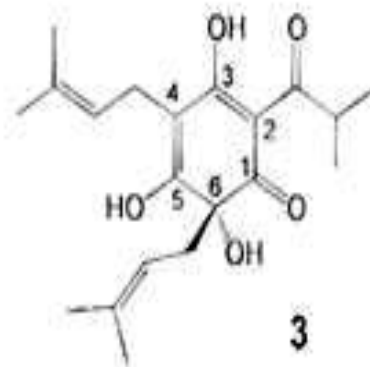
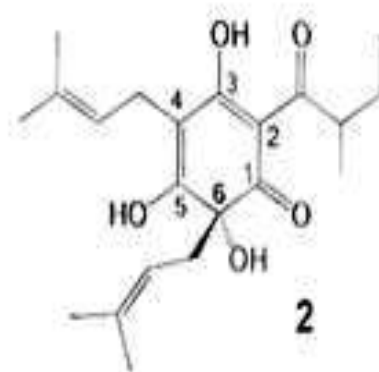
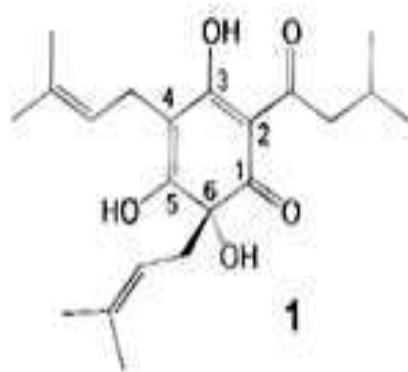
Zdroj kvasnic - [článek iDNES](#)



CHMEL

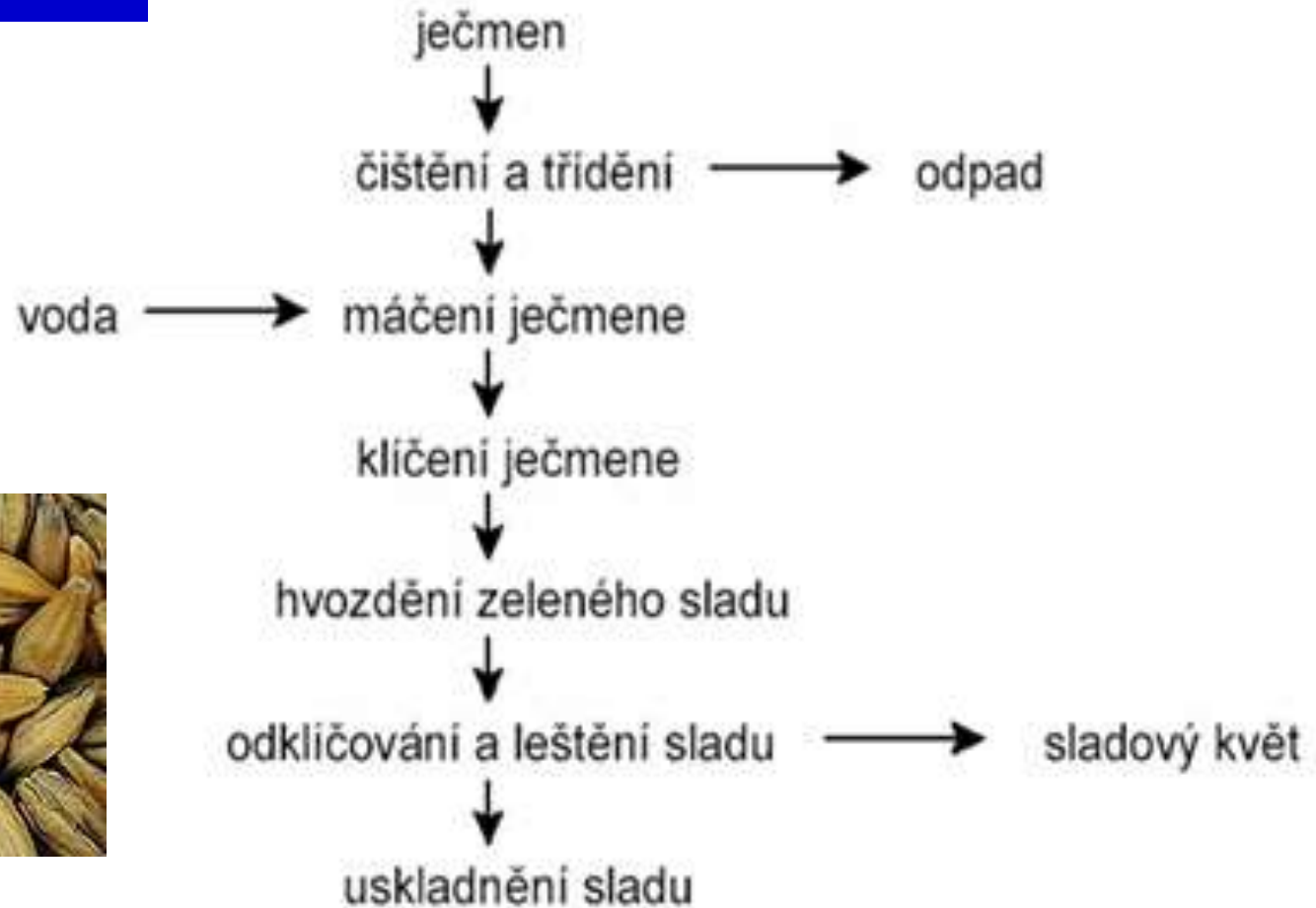
- chmelové hlávky samčích rostlin chmele evropského
Humulus lupulus var. europeus

- * typická hořká chuť - **pryskyřice**
- * tvorba aroma - **chmelové silice**
- * srážení bílkovin - **polyfenoly**



Výroba sladu

Schéma výroby sladu



Současnost ČR – 35 sladoven

- velkosladovny (Soufflet) x klasické maloprovozy

Cíle výroby sladu:

A) aktivace enzymů

B) aromatické a barevné látky

nezbytné pro výrobu určeného druhu piva



Princip sladování:

1) Výroba zeleného sladu (=biologický)

- vytvoření optimálních podmínek pro klíčení ječmene
- aktivace a tvorba proteolytických a amylolytických enzymů při současném potlačení růstu.

2) Hotový slad (=chemický)

- působením zvýšené teploty se vyvolají chemické reakce tvorby aromatických a barevných látek

Výroba sladu:

1) Čištění a třídění ječmene

2) **Zrání ječmene** = odbourání inhibitorů klíčení (cca 6 týdnů)

Přechod ze stádia dormance do klíčení:

- oxidativním **odbouráním inhibitorů klíčení** (tzv. dormity)
- uvolnění **stimulátorů klíčení** – giberelinů

3) Máčení ječmene

- zvýšení obsahu vody v zrně z 12 až 15% na 42 až 48%.
- nezbytné pro enzymové pochody zajišťující klíčení
- důležitá přítomnost O₂ pro aerobní dýchání zrna
„ječmen se provzdušňuje, aby se neutopil“

Namáčecí náduvníky - proces trvá 2 dny

4) Klíčení ječmene

= aktivace, tvorba enzymů a dosažení požadovaného stupně naklíčení („rozluštění“) při omezení ztrát růstem

- v zárodečné části zrna se vyvíjejí zárodky kořínků a listů
- využití zásobních látek z endospermu

Klíčení klasickým způsobem - na humnech

- * hladké podlahy v prostorných místnostech s větrání.
- * na hromadách ve vrstvě asi 80 cm
- * při teplotě cca 14 °C , po dobu 5-7 dní.

4 dny klíčení:

- 1.den – *mokrá hromada*
- 2.den – *pukavka*
- 3.den – *mladík*
- 4.den – *vyrovnaná hromada*

Během klíčení se musí převracet = *větrat, aby se ječmen „vydýchal“*



6) Hvozdění

= přeměna zeleného sladu na hotový slad (2 dny)

- snížení obsahu vody ve sladu pod 4%
- zastavení vegetačních pochodů při zachování požadované enzymové aktivity
- vytvoření chuťových, barevných a oxidoredukčních látek

Fáze hvozdění:

- 1) **šetrné sušení** v nadbytku vzduchu při teplotách 20-60 °C
- 2) **dosušení** slabým proudem horkého vzduchu
 - * při teplotách 60-80 °C u světlého sladu
 - * při teplotách 60-105 °C u tmavého sladu

Odkličování a drcení

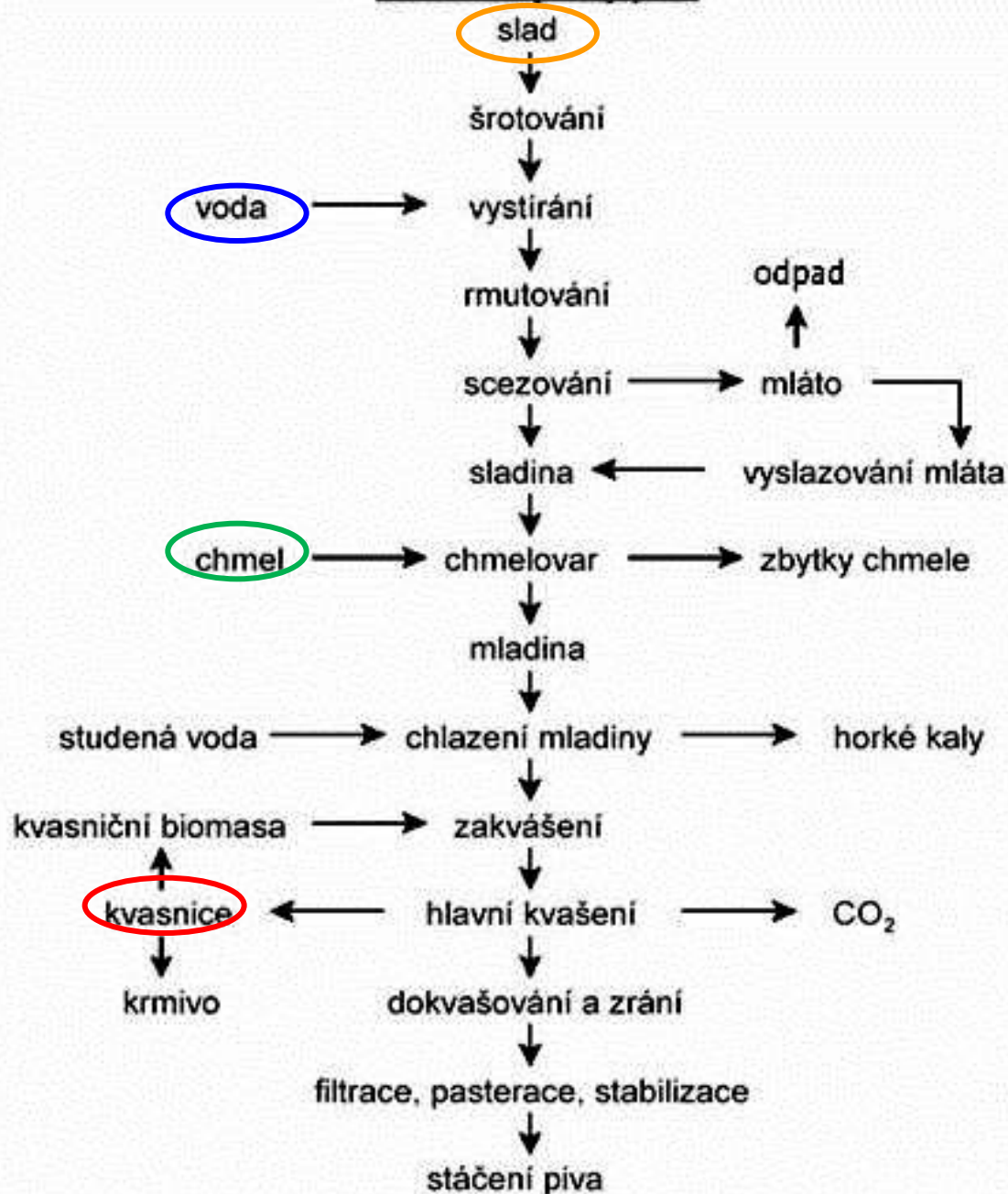
Odklíčení = odstranění kořínků a klíčků (tzv. sladový květ)

- hotový slad se ještě 6 týdnů nechá odležet v chlazených silech



[Web pivovaru Bernard: prezentace výroby sladu](#)

Schéma výroby piva



Výroba piva

typu *pilsen*

*(český ležák,
spodní kvašení)*

Výroba mladiny (cca 4 hod)

- 1) **šrotování** = drcení sladu zbaveného prachu
 - 2) **vystírání** = dokonalé promíchání s vodou
 - 3) **rmutování** = postupné zahřívání na technologicky významné teploty: 52, 63, 75 °C
 - 52 °C = štěpení bílkovin
 - 63 °C = ztekucení škrobu (β -amylasy)
 - 75 °C = štěpení škrobu (α -amylasy)
 - 100°C (cca 20min) – pouze u dekokce
- postup **infúzní** (jednodušší – svrchní kvašení)
postup **dekokční** (opakované po částech – spodní)

výsledný RMUT = sladina + mláto

- **sladina** oddělena scezením na sladinovém filtru
- **mláto** = odpad (krmivo, ..)



Pivovar Litovel

Vystírací a
rmutovací kádě



Pivovar Litovel

rmutovací kád'



Pivovar Litovel

výtok rmutu z
mladinového filtru



Pivovar Litovel

„laboratoř“ sládka

Výroba mladiny (cca 4 hod)

4) **chmelovar** = vaření sladiny s chmelovými preparáty

- extrakce hořkých látek z chmele
- odpaření části vody

5) **rychlé ochlazení** (srážení proteinů, prevence kontaminace)

6) **separace tzv. hořkých kalů**

7) **ochlazení na zákvasnou teplotu:**

4-15 °C dle typu piva

Podle koncentrace mladiny (obsah zkvasitelného substrátu) se rozlišují (vyhlášky 324 a 335/1997):

- a) piva výčepní čili konzumní
- b) ležáky
- c) piva speciální



Pivovar Litovel

Varné kádě pro
chmelovar

Kvašení mladiny

- možno použít

A) svrchní pivovarské kvasinky při teplotách až 24 °C

B) spodní pivovarské kvasinky při teplotách 6 - 12 °C

1) fáze kvašení – na spilkách (x CKT)

– obvykle v otevřených kvasných kádí spodními pivovarskými kvasinkami.

- přeměna z kvasitelných sacharidů glukózy, maltózy a maltotriózy na **etanol a oxid uhličitý** kvašením

- tvorba **vedlejší kvasných produktů** vytvářících chuť a vůni

* alifatické alkoholy - isoamylalkohol

* estery - ethylacetát, ethylhexanoát, isoamylacetát

* aldehydy

* mastné kyseliny



Pivovar Litovel

spilky - chlazení



Pivovar Litovel

spilky

Základní biochemické procesy v pivovarnictví

1) Primární kvašení

- přidání suspenze pivovarských kvasnic do mladinky
- aerobní proces (pro začátek aerace pro syntézu ergosterolu)

***Crabtreeho efekt:** kvasinky neschopny dýchání v přítomnosti vysoké koncentrace sacharidů - porušení struktury mitochondrií a přechod na etanolické kvašení)*

2) Sekundární kvašení (dny-měsíce)

- metabolismus residuálních kvasinek + chemické reakce
- hlavní proces = **přeměna diacetylu** (máslová příchuť) na acetoin



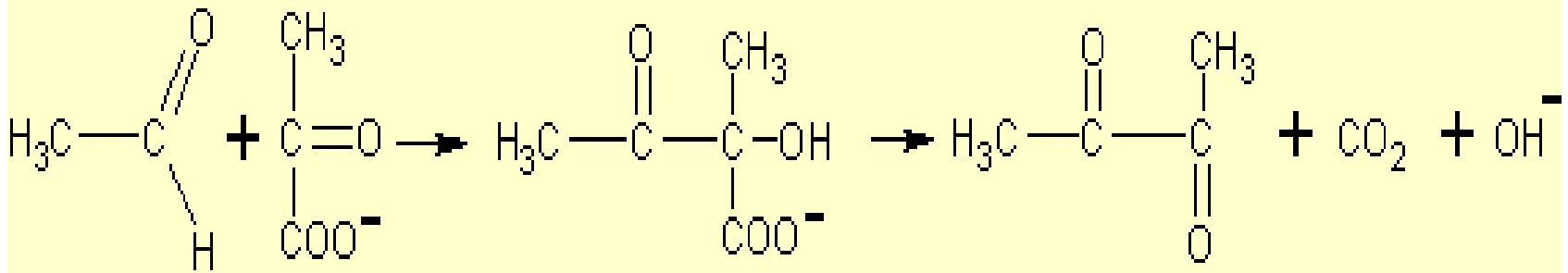
Pivovar Litovel

spilka – stádium bílých
kroužků

Nežádoucí fermentační produkty

- i v malých koncentracích mohou výrazně negativně ovlivnit chuť hotového výrobku

Diacetyl = kondenzace acetaldehydu s kys. pyrohroznovou v acetylmléčnou kyselinu a jejím samovolnou dekarboxylací:



- tvořen zejména kvasinkami rodu *Pedicoccus* = **obávaná kontaminace v pivovarnictví**

Diacetyl lze odstranit delším ležením piva případně zahřátím

- při dokvašování redukován na **acetoin** (3-hydroxy-2-butanon)

- další přeměna na **2,3-butanol** = méně negativní vliv na chuť

Spilky = otevřené kvasné tanky

- mladina provzdušněna sterilním vzduchem
- přidání pivovarských kvasinek
- řízení teploty kvasící mladiny chladící vodou

Proces hlavního kvašení:

- * trvá 5-7 dní podle stupňovitosti vyráběného piva
- * max. teplota kvasící mladiny se udržuje na 11 °C
- * po dosažení žádaného prokvašení ochlazení na 5-7 °C
- * **mladé pivo** sesudováno do ležáckého sklepa.

Spodní kvasinky:

- na konci sedimentují na dno
- po stáhnutí piva se sbírají, propírají se studenou vodou a znovu se nasazují

Dokvašování a zrání mladého piva

- v ležáckém sklepě v uzavřených ležáckých tancích
- **pozvolné dokvášení piva při teplotách 1 - 3 °C**
- spotřeba zbytkových cukrů x **surogace** (cukr, dextroza, maltoza)
- současně se číří, zraje a sytí se pod tlakem vznikajícího CO₂
 - * CO₂ se hromadí v prostorách nad pivem
 - vazba CO₂ na **bílkovinné složky** = **charakteristický říz piva**

Doba ležení - závislá na typu piva.

- * u běžných piv do koncentrace 10% bývá tři týdny,
- * speciální exportní piva - až na několik měsíců.

Stupňovitost piva = procentuální vyjádření extrahovaného cukru (množství zkvasitelných látek)

- obecně platí čím více cukru tím větší stupeň
- přibývání stupně souvisí i s dobou v ležáckém sklepě.



Pivovar Litovel

Tanky v ležáckém
sklepě



12 13/6

VII	Z	CEL.
1	17	17
2	18	18
3	19	19
4	20	20
5	21	21
6	22	22
7	23	23
8	24	24
9	25	25
10	26	26
11	27	27
12	28	28
13	29	29
14	30	30
15	31	31
16	100	100

Pivovar Litovel

Ležácký tank –
kontrola nárůstu
tlaku CO₂



Pivovar Litovel

chlazení sklepních
prostor

Úpravy vyzrálého piva

1) filtrace

- křemelinové a deskové filtry



2) pasteurizace vs. mikrofiltrace

stabilizace (exportní piva) = odstranění prekurzorů vzniku zákalu (vysokomolekulární látky, polyfenoly, ionty kovů, rozpuštěný O_2)

3) stáčení do transportních obalů

- sudy
- láhve



Pivovar Litovel

Filtrační jednotka



Pivovar Litovel

Filtrační jednotka

Tank-11

HOLBA 8 PRIVAT

KONTROLNÍ LIST PRO RSP
(pivo před stačením)

ČÍSLO PT	120
DATUM FILTRACE	22. 8. 2016
OZNAČENÍ VZORKU (banky)	2K 2.2
LABORATORNÍ ROZBOR	
STUPNOVITOST	2,40
BARVA	0,0
ČIROST	0,0
pH	5,22
OBSAH ALKOHOLU	13,4
PROKVAŠENÍ	25,2
CO 2	0,225
O 2	-
ROZBOR PŘEVZEL	<i>[Signature]</i>

DEGUSTAČNÍ POSOUZENÍ
 PIVO POSOUĐIL A KE STAČENÍ SCHVÁLIL
 SKLEPMISTR p. R. ŠTÁBL
 v zastoupení :
 četař sklepa p. K. ŠLANČAR
 laboratoř

TANK NARAŽIL	JMÉNO	
	PODPIS	
	DATUM	
	ČAS	

PŘEDAL	podpis	
PŘEVZAL	dat / hod	

Tank-12

BITTER 10 CLASSIC

KONTROLNÍ LIST PRO RSP
(pivo před stačením)

ČÍSLO PT	120
DATUM FILTRACE	22. 8. 2016
OZNAČENÍ VZORKU (banky)	2K 2.2
LABORATORNÍ ROZBOR	
STUPNOVITOST	2,40
BARVA	0,0
ČIROST	0,0
pH	5,22
OBSAH ALKOHOLU	13,4
PROKVAŠENÍ	25,2
CO 2	0,225
O 2	-
ROZBOR PŘEVZEL	<i>[Signature]</i>

DEGUSTAČNÍ POSOUZENÍ
 PIVO POSOUĐIL A KE STAČENÍ SCHVÁLIL
 SKLEPMISTR p. R. ŠTÁBL
 v zastoupení :
 četař sklepa p. K. ŠLANČAR
 laboratoř

TANK NARAŽIL	JMÉNO	
	PODPIS	
	DATUM	
	ČAS	

PŘEDAL	podpis	
PŘEVZAL	dat / hod	



Pivovar Litovel

Stáčírna sudového piva



Další typy pív - **SPODNĚ kvašená**

- **Piva bavorského typu**

mnichovský slad – tmavá barva, sladové aroma

silná piva s hustou pěnou

- **Bock** – česky „kozel“

silná piva „pro zahřátí“ v zimním období – nad 6% alkoholu

při extraktu sladiny nad 18% - Doppelbock

Další typy piv - SVRCHNĚ kvašená

- Ale** středně silné až silné (4,8 – 5,5%)
různé barvy, vyšší hořkost
- Porter** silné pivo (až 9%)
velmi tmavé, velmi hořké
- Stout** středně silné (4 – 5%)
velmi tmavé – barvící slady, karamel, silně hořké
- Weissbier** pšeničný slad
výrazně světlé, méně hořké

Nejsilnější české pivo: **X-Beer 30 (33)**

minipivovar U Medvídků (Staré Město)

* zraje víc než půl roku

* 33,48 st. extraktu – 11,8 % alkoholu

* charakterem blízko ječnému vínu

2-fázové dokvašování během cca 7 měsíců:

1) dokvašování pivovarskými kvasnicemi

2) dokvašování pomocí vinných kvasinek



Další speciály: **Jubiler** (Vyškov, 16,8), **Porter** (Pardubice, 19)

Primátor Double (Náchod, 24 st, 10,5% alk.)

Další info zdroje: olomoucká **Pivotéka**

Nejsilnější pivo na světě:

Tactical Nuclear Penguin (32%)

pivovar BrewDog Brewery (Skotsko)

- * základem Imperial Stout (10%)
- * zraje 16 měsíců
- * 32 % alkoholu
- * dozrávání v sudech po whisky



Mrazové zahušťování:

- 1) v průběhu 3 týdnů opakovaně zamraženo na -20°C
- 2) zvýšení koncentrace cukrů, EtOH, aromatických látek

Speciální piva

Nízkoalkoholická piva (0,6-1,2% alk.)

Nealkoholická piva (méně než 0,6% alk.)

-možnosti výroby:

a) potlačené kvašení z nízkoprocentních mladin

- nízkocukerná mladina (Pito)
- smíchání piva se sladinou
- inhibice kvašení tlakem

b) odstranění alkoholu z běžně vyrobeného piva

- vakuová destilace (odparky)
- revezní osmóza
- dialýza
- sprejové sušení

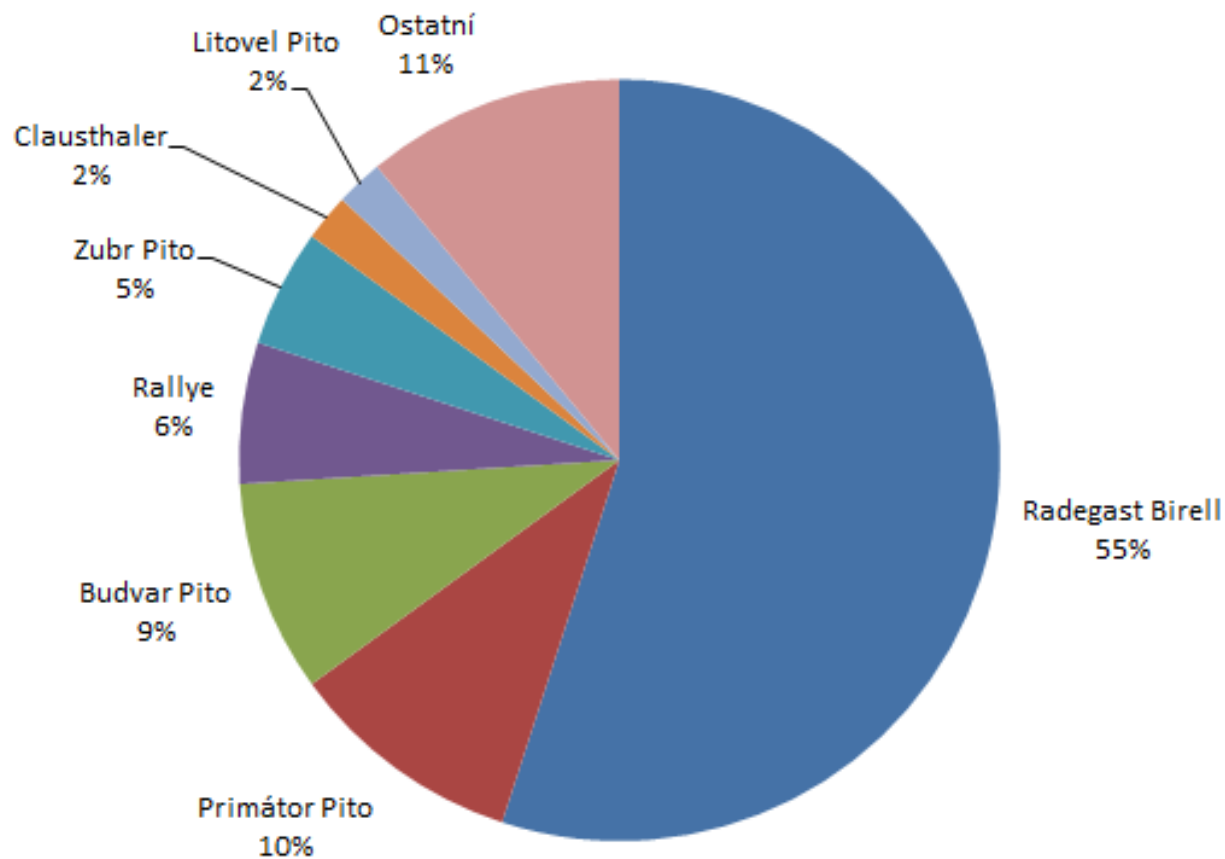
c) speciální kmeny kvasinek – nízké prokvašení při stejné době (Birell - [web výroby](#))

Kvasnicové pivo – bez provedení filtrace

Dia pivo – vysoký stupeň dokvašení



Nealko piva



Děkuji Vám za pozornost!



Pivovary a sladovny - Olomoucko