

SLADAŘSTVÍ

Historie, trendy a perspektivy sladařství, kapacity. Přehled surovin.

Pro výrobu sladu jsou základními surovinami ječmen a voda, pro výrobu piva navíc chmel, chmelové výrobky, případně náhražky sladu. Teoreticky lze sladovat více druhů obilí, prakticky se však používá pouze sladovnický ječmen a v zahraničí v malé míře i pšenice k výrobě pšeničného sladu určeného pro výrobu pšeničných piv. V České republice se prakticky výhradně vyrábí několik druhů ječných sladů, z nichž naprosto převažuje výroba světlého sladu plzeňského typu.

Ječmen patří mezi nejstarší kulturní rostliny. Počátky pěstování ječmene zasahují do období 10 000 let př.n.l., a to do oblasti Babylonie a Egypta. Ječmen pronikl do Evropy asi 7000–4000 let př.n.l. pravděpodobně z oblasti mezi Egyptem a Iránem, patrně v souvislosti s migrací obyvatelstva ze Severní Afriky přes Gibraltar do západní Evropy a přes Sicílii a Itálii do střední Evropy. V 17. stol. se postupně rozšiřovalo sladování ječmene místo pšenice, což mělo za následek rozmach ve stavbě sladoven, především v 70. letech devatenáctého století.

V roce 1884 vznikla jedna z nejvýznamnějších světových odrůd sladovnického ječmene, Proskowetz Hana pedigree, vyšlechtěná individuálním výběrem Emanuela Proskowetze z hanácké krajové provenience v Kvasicích na Kroměřížsku. Tato odrůda se pěstovala desítky let, prakticky až do roku 1958, nejen u nás, ale i v zahraničí. Rozhodující úlohu však měla jako donor ve světových šlechtitelských programech. Sladovnického ječmene, Proskowetz Haná pedigree, vyšlechtěná individuálním výběrem Emanuela Proskowetze z hanácké krajové provenience v Kvasicích na Kroměřížsku. Tato odrůda se pěstovala desítky let, prakticky až do roku 1958, nejen u nás, ale i v zahraničí. Rozhodující úlohu však měla jako donor ve světových šlechtitelských programech. Po roce 1990 se začaly na našem území pěstovat i zahraniční odrůdy. Ty kromě exportu se začaly používat i v našich pivovarech. Pro výrobu sladu a sladových výtažků se na našem území pěstují vybrané odrůdy jarního, dvouřadého, nícího ječmene (*Hordeum distichum* var. *mutans*), které patří k nejkvalitnějším odrůdám na světě. Rovněž se u nás pěstují i některé ozimé ječmeny a šestiřadé ječmeny, které jsou daleko více rozšířeny ve světě. Mnohé zahraniční odrůdy mají genetický základ z našich odrůd pocházejících zejména z oblasti Hané. Na podkladě technologických zkoušek jsou odrůdy sladovnických ječmenů schváleny vždy pro daný rok a pouze tyto odrůdy jsou povoleny. K odrůdám s výběrovou sladovnickou jakostí patří Jersey, Kompakt, Prestige, Scarlett, Tolar a Sabel (sklizeň roku 2003). V tabulce I je uvedena výroba sladu, počet sladoven a jejich druh v České republice v roce 2002.

Tabulka I Výroba sladu, počet sladoven a jejich velikost podle druhu v ČR v roce 2002.

Sladovny	Ukazatel	Jednotka	Hodnota roku 2002
pivovarské	počet		24
	výroba sladu	(t)	143 960
	průměrná velikost	(%) (t/rok)	31,83 5 998
komerční	počet		17
	výroba sladu	(t)	308 287
	průměrná velikost	(%) (t/rok)	68,17 18 135
celkem	počet		41
	výroba sladu	(t)	452 247
	průměrná velikost	(t/rok)	11 030

Zdroj: Pivovarský kalendář 2004 (Výzkumný ústav pivovarský a sladařský Praha, 2003)

Voda - základní surovina pro pivovarství a sladařství, složení, úpravy. Technologické reakce iontů vody.

Voda je ve sladařském a pivovarském průmyslu důležitou surovinou, neboť přímo ovlivňuje kvalitu piva a má i jinak široké uplatnění a spotřebuje se jí celkově velké množství. Podle technologického postupu a vyspělosti technického zařízení se spotřebuje na výrobu 1 tuny sladu 10 až 15 hl vody a na 1 hl vystaveného piva se spotřebuje 12 až 15 hl vody. Jako provozní voda je jednou z hlavních surovin pro výrobu piva a nazývá se varní voda. Její podíl z celkové spotřeby je však poměrně malý, neboť hlavní část se spotřebuje ve sladovnách k máčení ječmene a v pivovarech k mytí a čištění, hlavně ve spilce, sklepech a stáčírnicích, a dále k chlazení a v kotelnách.

Dříve byly pivovary a sladovny zásobovány téměř výhradně z vlastních zdrojů pivovarských studní. Se stoupající spotřebou a s poklesem hladiny podzemních vod však vyvstala nutnost využívat i další zdroje vod, tj. pramenité vody, povrchové vody a vody z městských vodovodních řádů.

Spodní vody vznikají prosakováním srážkové vody svrchními vrstvami zemského povrchu a jejich kvalita závisí na složení podpovrchových vrstev. Většinou jsou prosty mikroorganismů a bývají nejkvalitnějšími zdroji pitné a varní vody. Jímají se převážně studnami, šachtovými, vrtnými a artézskými.

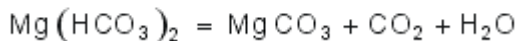
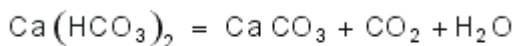
Pramenité vody jsou spodní vody, které se na povrchu mohou dostat do styku s povrchovými vodami. Musí se jímát takovým způsobem, aby nemohlo dojít k jejich znečištění.

Povrchové vody jsou přirozené vody srážek a roztátého sněhu, často smíšené s pramenitými vodami, které zůstávají na povrchu ve formě rybníků, jezer, potoků a řek. Jsou prakticky vždy biologicky závadné a pro přímé použití v pivovarech a sladovnách nejsou vhodné a musí se čistit a upravovat.

Městská voda má kvalitu pitné vody a je plně použitelná i jako varní voda, pokud není třeba upravovat její chemické složení při výrobě určitých druhů pív.

Všechny přirozené vody jsou více méně zředěnými roztoky pevných látek a plynů a povrchové navíc obsahují suspendované látky. K nejdůležitějším rozpuštěným látkám patří vápenaté a hořečnaté soli, které vytvářejí tvrdost vody, což je důležité kritérium posuzování kvality vody pro pivovarské účely. Rozlišuje se tvrdost stálá čili nekarbonátová a tvrdost přechodná čili karbonátová. Tvrdost stálá je tvořena vápenatými a hořečnatými solemi, které jsou stálé (síraný,

chloridy, křemičitany aj.), kdežto tvrdost přechodná je tvořena hydrogenuhličitanu, které se varem úplně či částečně rozkládají (odtud název přechodná tvrdost):



Celková tvrdost je součtem tvrdosti stálé a přechodné. Dříve se vyjadřovala ve stupních německých (°n), nyní v mmol/l a podle její hodnoty se vody dělí na:

- měkké do 1,4 mmol/l tj. do 8 °n
- středně tvrdé do 2,1 mmol/l tj. do 12 °n
- tvrdé do 5,3 mmol/l tj. do 30 °n
- velmi tvrdé nad 5,3 mmol/l tj. do 30 °n

Z pivovarského hlediska je důležité, že některé ionty svými reakcemi s fosforečnany sladu způsobují snížení pH, čili zvyšují kyselost rmutů, sladiny a mladiny. Takto působí především ionty vápníku a částečně i hořčíku pozitivně na činnost enzymů při rmutování. Na druhé straně hydrogenuhličitanové a uhličitanové ionty působí opačně, zvyšují pH, tudíž snižují kyselost a působí negativně na varní proces.

Pro výrobu světlých piv je vhodná měkká voda s menším podílem hořčíku a přechodné tvrdosti. Pro tmavá piva nevádí i tvrdší voda. Varní voda nemá zásadně obsahovat alkalické uhličitany, chlór a příliš železa, manganu a dusičnanů. Má splňovat normu pro pitnou vodu.

Podle stupně znečištění se povrchové, pramenité a výjimečně i spodní vody čistí, popřípadě se upravuje složení varní vody, některým z následujících procesů:

- odstranění suspendovaných látek,
- odstranění nežádoucích rozpuštěných látek,
- odstranění mikroorganismů neboli dezinfekce.

Používají se postupy mechanické, fyzikální, chemické a u odpadních vod i biologické. Prakticky se provádí nejčastěji čištění čířením s následnou filtrací, odželezování a odmanganování, denitrifikace, odstraňování oxidu uhličitého neboli odkyselení, dezinfekce či sterilace a eventuálně i měkčení či odsolování varní vody.

Číření

se provádí mechanicky v usazovacích nádržích u větších a těžších částic a chemicky pomocí čířidel (síran hlinitý, chlorid železitý) u jemných a koloidních kalících částic.

Filtrace

se provádí na pískových filtrech či rychlofiltrech a automatickou regenerací.

Odkyselování

neboli odstraňování volného agresivního oxidu uhličitého se provádí buď provětráváním vody (rozprašovače), nebo filtrací vody přes mramor za vzniku hydrogenuhličitanu vápenatého (nevhodné pro varní vodu), nebo nakonec přidávkem vápenné vody opět za vzniku hydrogenuhličitanu vápenatého.

Odželezování a odmanganování

se provádí chemicky oxidací s následným odfiltrováním nerozpustných hydroxidů na pískovém filtru, nebo přímo filtrací přes speciální náplň Fermago.

Denitrifikace

se provádí různými postupy, např. na iontoměničích, elektrochemicky aj. V posledních letech tato úprava složení vody nabývá na významu.

Dezinfekce

či sterilace vody se provádí chemicky chlorací s následným odstraněním přebytečného chlóru v dechlorátorech, oligodynamii využívající katadynické účinky stříbra, ozonizací či ozařováním vody UV-paprsky.

Měkčení

vody čili odstraňování tvrdosti se provádí demineralizací na iontoměničích nebo reverzní osmózou.

Chmel - rostlina, změny při skladování a zpracování.

Chmel, jako jedna ze tří základních pivovarských surovin je představován usušenými chmelovými hlávkami samičích rostlin chmele evropského (*Humulus lupulus* var. *europaeus*). Poskytuje pivu typickou hořkou chuť, přispívá k tvorbě charakteristického aróma a má další technologicky důležité vlastnosti. V České republice se pěstuje chmel na vysoké úrovni a asi třetina z celkové produkce se vyváží do celého světa. Velký podíl chmele se dále zpracovává na chmelové výrobky.

Chmele pěstované v žatecké oblasti patří mezi vysoce kvalitní jemné, aromatické odrůdy chmele evropského otáčivého. Po sčesání chmele, které se v posledních letech provádí převážně mechanicky, se chmelové hlávky suší při nižších teplotách a lisují do balotů a žoků.

Pivovarsky cenných látek chmele podléhá snadno chemickým změnám při skladování a transportu, proto se v posledních desetiletích většina hlávkového chmele zpracovává na různé chmelové výrobky. Chmelové hlávky, které se sklízí pro pivovarské účely, se skládají ze stopky, věténka, pravých a krycích listenů a při oplození obsahují navíc semeno neboli pecku. Na vnitřní straně listenů se při zrání chmele vylučují pryskyřičná zrnka lupulinu obsahující chmelové pryskyřice a silice.

Pěstování chmele v České republice je státně kontrolováno a řízeno. Jsou povoleny tři pěstitelské oblasti - Žatecko a Ústecko v Čechách a Tršicko u Olomouce na Moravě. Z pivovarského hlediska se odrůdy chmele dělí na jemné čili aromatické (obsah alfa-hořkých kyselin do 4,5%), představované především žateckými odrůdami, s příjemným chmelovým aróma, na aromatické chmele s obsahem nad 4,5% alfa-hořkých kyselin a na vysokoobsažné čili hořké odrůdy s vysokým obsahem pryskyřic, ale zpravidla s hrubým aróma. Orientační specifikace hlavních chmelových odrůd z hlediska obsahu a kvality alfa-hořkých kyselin je uvedena v tabulce II. V tabulce III je světová produkce alfa-hořkých kyselin v roce 2002 podle skupin. Podle zabarvení chmelové révy se rozděluje chmelové odrůdy na červeňáky, opět představované žateckými odrůdami, a na zeleňáky pěstované v zahraničí, zejména v Anglii, Belgii a Americe.

Chmel je rostlina náročná na světlo, vláhu a teplotu i na půdní podmínky a výživu. Obsah vody v chmelových hlávkách po sklizni bývá 72 až 82 % a sušením se musí snížit až na 8 %. Chmel se suší nejčastěji v komorových žaluziových sušárnách, které jsou obdobou třílískových hvozďů ve sladovnách. Ve vrstvě přibližně 20 cm se suší chmel 5 až 8 hodin teplým vzduchem, přičemž teplota pod spodní žaluzii nemá přesáhnout 50 °C. Modernější pásové sušárny pracují kontinuálně, mají vyšší výkon a mohou být zapojeny do linky přímo k česacímu stroji. Po odsušení se chmel skladuje na půdách, kde přijímá vzdušnou vlhkost, a tím zvyšuje obsah vody asi na 11 %. Poté se třídí, lisuje do žoků a odesílá buď k dalšímu zpracování nebo přímo do pivovarů.

Tabulka II - Specifikace hlavních chmelových odrůd z hlediska obsahu a kvality alfa-hořkých kyselin

Specifikace z hlediska obsahu a kvality alfa-hořkých kyselin:	
Skupina I: jemné aromatické chmele s obsahem cca do 4,5%	Odrůdy: Žatecký červeňák, Hallertauer, Spalter, Tettnanger, Hersbrucker
Skupina II: aromatické chmele s obsahem nad 4,5%	Odrůdy: Sládek, Perle, Hallertauer Tradition, Spalter Select, First Gold, Kirin Flower, Sterling, Willamette, Goldings, Cascade
Skupina III: hořké a vysokoobsažné chmele s obsahem cca 8% a více	Odrůdy: Bor, Premiant, Agnus, Northern Brewer, Hallertauer Magnum, Hallertauer Taurus, Nugget, Target, Tsingdao, Flower, Galena, Warrior, Chinook, Chelan, Cluster, Super Pride, Marko Polo

Zdroj: Pivovarský kalendář 2004 (Výzkumný ústav pivovarský a sladařský Praha, 2003)

Tabulka III - Světová produkce alfa-hořkých kyselin v roce 2002 podle skupin

Skupina	Slizeň chmele (t)	Podíl sklizně (%)	Průměrný obsah (% - EBC 7.4)	Produkce alfy (t)	Podíl produkce (%)
I	16 565	16,4	3,1	511	5,8
II	24 793	24,6	6,4	1 591	18,2
III	59 524	59,0	11,2	6 643	76,0

Zdroj: Pivovarský kalendář 2004 (Výzkumný ústav pivovarský a sladařský Praha, 2003)

Chmel - chemické složení, chmelové výrobky - pelety, extrakty, chemicky modifikované výrobky.

Chemické složení chmele je závislé na odrůdě, provenienci, ročníku a způsobu posklizňové úpravy. Průměrně obsahuje zhruba 10 % vody, 15 % celkových pryskyřic, 4 % polyfenolových látek, 0,5 % silic, 3 % vosků, lipidů, 15 % dusíkatých látek, 44 % sacharidických složek a 8 % minerálních látek.

Pro kvalitu chmele je rozhodující obsah pivovarsky cenných složek, zejména **pryskyřic, polyfenolů a silic**. Současně je nutný nízký obsah cizorodých látek pocházejících z ochranných postřiků a dusičnanů jako přirozené složky. **Chmelové pryskyřice** jsou původcem hořké chuti piva. **Chmelové polyfenoly** se uplatňují v průběhu technologie při srážení vysokomolekulárních bílkovin (příklad monomerních látek je uveden na obr.3 a chmelové silice vytvářejí charakteristické chmelové aroma (rozdělení je uvedeno na obr.4). Chmelové pryskyřice jsou tvořeny řadou chemicky podobných látek, z nichž je nejúčinnější skupina alfa-hořkých kyselin, skládající se převážně z humulonu, kohumulonu a adhumulonu. Méně účinné jsou ostatní složky pryskyřic, jako beta-hořké kyseliny (lupulon, kolupulon, adlupulon), nespecifické měkké pryskyřice (humulinony, luputriony) a tvrdé pryskyřice (humulinové a hulupinové kyseliny). Struktura některých těchto látek je uvedena na obr.1. Obsah alfa-hořkých kyselin se nejčastěji stanovuje konduktometricky a udává se jako konduktometrická hodnota v procentech (KH). Naše chmele vykazují zpravidla konduktometrickou hodnotu v rozsahu 3 až 5 %, zahraniční odrůdy i více, zejména vysokoobsažné odrůdy.

Alfa-hořké kyseliny snadno oxidují a mění se v nesespecifické měkké pryskyřice až tvrdé pryskyřice, které mají podstatně nižší pivovarskou hodnotu. Proto se musí chmel skladovat v chladu a temnu za omezeného přístupu kyslíku. Polyfenoly neboli třísloviny chmele mají důležité technologické vlastnosti, jako je jejich srážecí účinek na vysoko a středně molekulární bílkoviny při chmelovaru, a přispívají též k plnosti a říznosti chuti piva. **Chmelové silice** sice z větší části při výrobě piva vytékají při chmelovaru, ale přesto část, která zůstane v mladině a přejde až do hotového piva, vytváří jeho aróma.

Z důvodů nízkého využití cenných pivovarských složek chmele při zpracování hlávkového chmele a chemické nestálosti většiny obsahově cenných složek, se dnes více než dvě třetiny produkce chmele ve světě zpracovávají na **chmelové výrobky**. Chmel lze zpracovat mechanickými úpravami, fyzikálními úpravami a chemickými postupy.

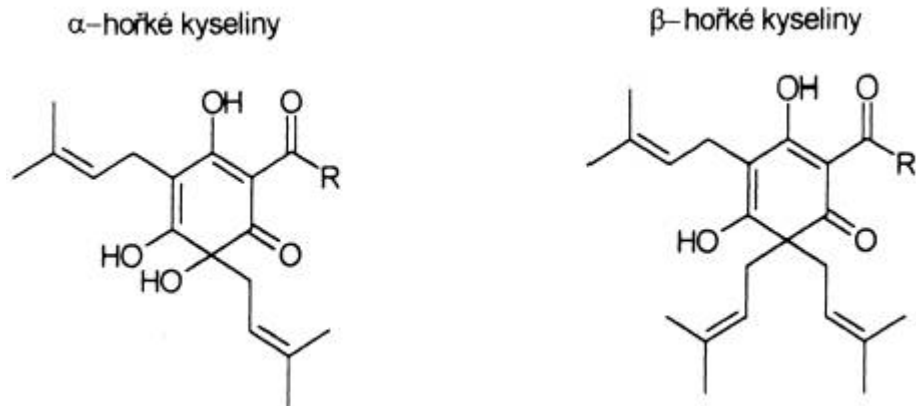
Nejjednodušší a nejstarší formou zpracování chmele je jeho lisování. Mechanickou úpravou se připravují granulované chmele. Granulovaný chmel (práškový, drcený) se vyrábí tak, že hlávkový chmel se dosuší na nízkou vláhu a mele se či drtí a sítuje na sítích o velikosti 3,5 nebo 7 mm. V této formě se lisuje buď po evakuaci, nebo v inertní atmosféře dusíku ve vysokotlakých granulátorech do obalů nepropouštějících vlhkost, vzduch a světlo. **Granulovaný (peletovaný) chmel** rozeznáváme typ 90 a typ 45 (ze 100 gramů nasypného chmele obdržíme 90 nebo 45 gramů pelet).

Nejdůležitější fyzikální úpravou je extrakce chmele. **Chmelové extrakty** vyráběné extrakcí hlávkového chmele 90% ethanolem, který je mírně polárním rozpouštědlem ekologicky a hygienicky nezávadným pro výrobu piva. Výsledný extrakt se rozděluje na polární, tříslovinný extrakt (vodní podíl) a na nepolární pryskyřičný extrakt. Na trh přichází buď čistý pryskyřičný extrakt, nebo na zvláštní přání zákazníka se dodává směs pryskyřičného a tříslovinného extraktu jako standardizovaný extrakt o určité koncentraci α -hořkých kyselin. Chemickým složením pryskyřic je ethanolový extrakt, až na vyšší koncentrace, velmi blízký zpracovávanému chmelu, pozměněné má však složení silic.

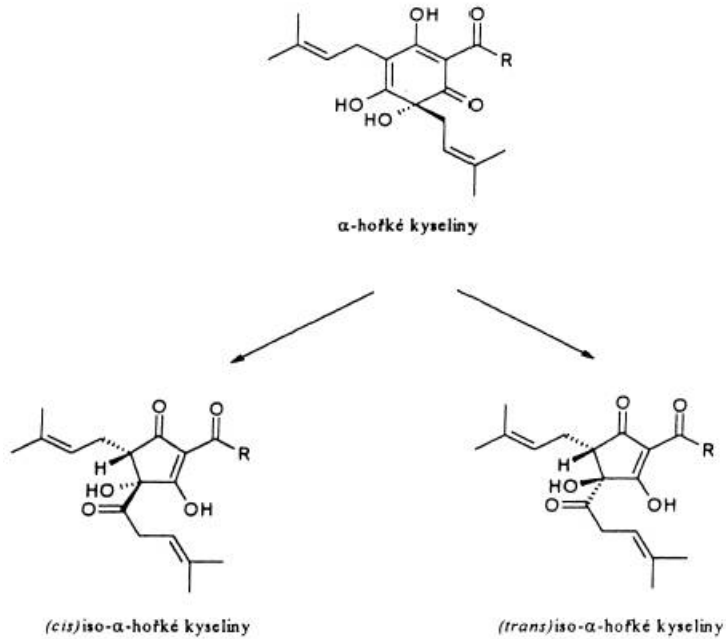
Velmi moderní způsob výroby chmelového extraktu je extrakce kapalným či superkritickým oxidem uhličitým za vysokého tlaku. Z charakteru rozpouštědla vyplývá, že extrakt obsahuje pouze nepolární složky výchozího chmele, tedy především hořké kyseliny a silice, dále obsahuje v nepatrném množství nepolární rezidua postřikových látek. CO₂-extrakt prakticky neobsahuje polární složky chmele, jako polyfenolové látky a dusičnany. Podkritický extrakt se vyrábí za mírnějších podmínek, ale s nižší výtěžností, superkritický se vyrábí při vyšší teplotě, ale s větším výtěžkem. Oba extrakty jsou prakticky čisté pryskyřičné extrakty, vysoce homogenní s dlouhodobou stabilitou chemického složení. Na přání se CO₂-extrakt dodává smíšený s tříslovinným extraktem

Chemickými postupy se vyrábějí speciální izoextrakty, v nichž jsou již předem uskutečněny chemické přeměny, které jinak probíhají při chmelovaru. Tyto extrakty lze použít k tzv. studenému chmelení až do hotového piva, neboť jsou zpravidla dokonale rozpustné.

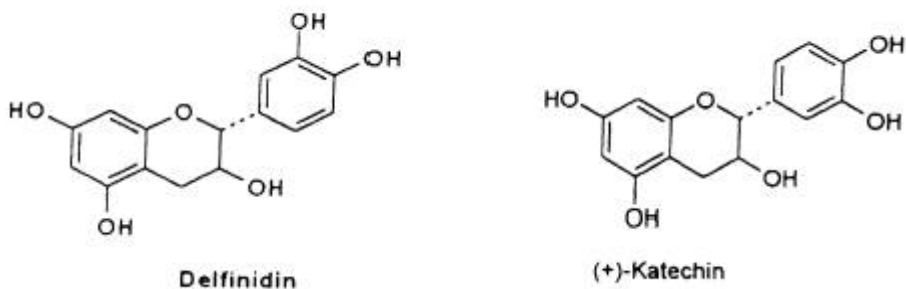
Katalytickou chemickou redukcí surových nebo přečištěných iso- α -hořkých kyselin, v nichž se redukuje karbonylová skupina, se připravují preparáty redukováných iso- α -hořkých kyselin, nazývaných též ρ -iso- α -hořké kyseliny nebo dihydro-iso- α -hořké kyseliny. Hydrogenací se připravují tetrahydro-iso- α -hořké kyseliny s hydrogenovanými dvojnými vazbami postranních řetězců v molekule. Nejhlubší hydrogenace vede k hexahydro-iso- α -hořkým kyselinám, v nichž jsou hydrogenovány všechny výše uvedené nestabilní části molekuly.



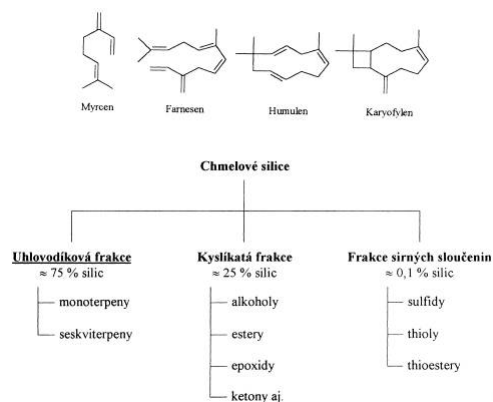
Obr. 1 - Strukturní vzorce α -hořkých a β -hořkých kyselin
 (-CH₂CH(CH₃)₂ – humulon, lupulon, -CH(CH₃)₂ – kohumulon, kolupulon,
 -CH₂CH(CH₃)₂CH₃ – adhumulon, adlupulon, -CH₂CH₃ – posthumulon, postlupulon
 -CH₂CH₂CH(CH₃)₂ – prehumulon, prelupulon)



Obr. 2 – Schema isomerace alfa-hořkých kyselin na iso-alfa-hořké kyseliny



Obr. 3 – Příklad monomerů polyfenolů chmele



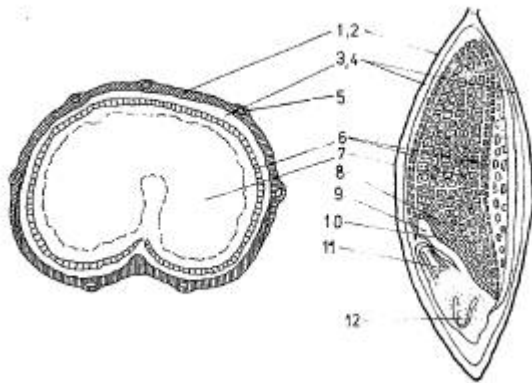
Obr. 4 - Hlavní terpenické složky chmelových silic

Ječmen - botanika, fyziologie ječného zrna.

Ječmen (rod *Hordeum*) patří do říše rostlin, oddělení semenných (Spermatophyta), pododdělení krytosemenných (Angiospermae), třídy jednoděložných (Monocotyledonae), čeledi lipnicovité (Poaceae). Podle způsobu růstu se ječmeny dělí na divoce rostoucí plané ječmeny, z nichž je u nás nejrozšířenější ječmen myší, a ječmeny seté – *Hordeum sativum*, které se vyskytují v kultuře a jsou jednoletou jarní nebo ozimou trávou. Kulturní ječmeny se pak ještě dělí na ječmeny dvouřadé a víceřadé. Dvouřadé ječmeny se dělí do tří skupin: na ječmeny nící, ječmeny vzpřímené a ječmeny paví. Hlavní skupinu sladovnických ječmenů tvoří ječmeny nící (*Hordeum distichum*, var. *nutans*). Podle novějšího taxonomického zařazení se pro dvouřadý nící ječmen používá pojmenování *H. vulgare* var. *nutans* (*H. vulgare* var. *pallidum* pro šestiřadý ječmen). Zrna takovýchto ječmenů jsou přirostlá ke klasovému větenu, takže osiny jsou souběžné. Klas během zrání háčkuje, na rozdíl od ječmene vzpřímeného. Ječmeny paví mají vějířovitě uspořádané osiny.

Pro účely sladařského průmyslu se využívá ječné zrnko (obilka), které se skládá z obalových částí (pluch a plušek), zárodku (klíčku, embrya), z něhož při klíčení vycházejí podněty k aktivaci enzymů v celém zrně, a z endospermu, který zaujímá největší část obilky (obr.5). Je hlavním zdrojem zásobních sacharidů, bílkovin a dalších složek, nutných při vytváření charakteristických vlastností sladu. U sladovnického ječmene se posuzují nejen pěstitelské vlastnosti, tedy výnos, odolnost, náročnost, ale zejména sladařské vlastnosti, tj. chemické složení a vhodnost pro výrobu sladu. Tyto vlastnosti se rozdělují na fyziologické, mechanické a fyzikálně-chemické. Z fyziologických znaků je důležitá klíčivost a klíčivá energie, které udávají procentický podíl zrn schopných vyklíčit za stanovených podmínek během 3 až 5 dnů.

Z mechanických znaků jsou nejdůležitější objemová hmotnost 1 hl, absolutní hmotnost 1000 zrn, podíl zrn nad sítím 2,5 mm a především odrůdová čistota a homogenita dodávaných partií. Důležitý je i co nejnížší podíl cizích a biologicky poškozených zrn, plesnivých zrn či zrn se zahnědlými špičkami, která mohou být původcem samovolného přepěňování piva (tzv. gushing).



Obr.5 – Příčný a podélný řez zrnem ječmene

Obaly: 1–hřbetní plucha, 2–břišní plucha, 3–oplodí, 4–osemení, 5–nervové svazky

Endosperm: 6–aleuronové buňky, 7–škrobové buňky, 8–prázdné buňky

Zárodek: 9–štítek, 10–sací epitel, 11–pochva štítková (scutela), 12–pochva kořinková (coleorhysa)

Ječmen - chemické složení ječného zrna, technologické vlastnosti.

Při chemickém rozboru se sleduje především obsah vody, škrobu, celkových extraktivních látek a bílkovin. Kvalitní odrůdy sladovnických ječmenů obsahují 62 až 65 % škrobu v sušině. **Ječný škrob** obsahuje větší podíl rozvětveného **amylopektinu** (~80 %) s 1,4 a 1,6-glukosidickými vazbami, než lineární **amylozy** (~20 %) s pouze 1,4 vazbami. Kromě amylozy a amylopektinu obsahuje ječný škrob asi 3 % příměsí tvořených dusíkatými a minerálními složkami. Ječný škrob je v endospermu zrna lokalizován ve škrobových zrnkách (granulích) typického tvaru. Větší granule eliptického tvaru o velikosti až 40 μm představují až 90% hmotnosti škrobu, obsahují okolo 75% amylopektinu a jsou snadněji enzymově štěpitelné. Menší granule sférického tvaru o velikosti 1-10 μm tvoří jen 10% hmotnosti škrobu, obsahují ještě větší podíl amylopektinu, jsou částečně vázané na bílkoviny a enzymově jsou hůře štěpitelné. Každé zrnko je obaleno mikroskopickými vrstvami bílkovin, **lipoproteinů** a **lipidů**. Okolo 10% hmotnosti ječného zrna tvoří neškrobové polysacharidy, hlavně **celulosa**, **hemicelulosa**, **pentosany** a **lignin**. Celulosa tvoří hlavní stavební složku obalových pluch, hemicelulosa se podílí na stavbě a pevnosti buněčných stěn. Endospermální hemicelulosa jsou složeny ze 75% z **β -glukanů** a 25% pentosanů, kdežto u hemicelulos pluch je poměr opačný. Zvýšený obsah β -glukanů v ječmeni a následně ve sladu ztěžuje jeho sladařské a pivovarské zpracování sníženou přístupností škrobových zrn enzymům, zvyšováním viskozity roztoků a snížením koloidní stability piva. Nízkomolekulární sacharidy představované hlavně maltosou, sacharosou, rafinosou, glukosou a fruktosou jsou přítomny jen v nepatrném množství.

Bílkoviny (správněji hrubé bílkoviny, neboť se stanovují jako obsah dusíku násobený faktorem 6,25), jejichž obsah má být v optimálním rozsahu 10,5 až 11,5 %, jsou obsaženy ve formě rozdílně rozpustných frakcí albuminů, globulinů, hordeinů, glutelinů a jejich štěpů. Nebílkovinné dusíkaté složky představované dusíkatými bázemi, fosfatidy a amidy tvoří jen nepatrný podíl a jsou přítomné převážně v klíčku. Z technologického hlediska dalšího zpracování jsou důležitými složkami ječmene enzymy, přítomné jak v latentní, tak v aktivní formě. Převažují zde hydrolytické enzymy (amylolytické, proteolytické, cytolytické enzymy a fosfatasy).

Dusíkaté složky ječného zrna výrazně ovlivňují technologii jeho zpracování na slad i pivovarskou technologii a kvalitu vyrobeného piva. Z ostatních složek obsahuje ječmen neškrobové polysacharidy (celulosu, hemicelulosy, pentosany, b-glukany), peptidy, volné aminokyseliny, polyfenolové látky, řadu vitamínů a minerální látky, z nichž jsou velmi důležité fosforečnany. Ze sladařsko-pivovarského hlediska jsou nejdůležitějšími složkami ječmene a následně i sladu sacharidy, zejména ty, které přejdou do rozpustné a zkvasitelné formy, dusíkaté látky s enzymy, polyfenolové a minerální látky.

Ječmen ihned po sklizni není schopen klíčit a po dobu několika týdnů posklizňově fyziologicky dozrává (**dormancie ječmene**), dále je po této době i tzv. citlivý na vodu, někdy se této vlastnosti říká II. dormancie. Během této doby dochází oxidačními procesy v zrně k odbourání přítomných inhibitorů klíčení a současně dochází k aktivaci stimulatorů klíčení. Důležitý je proto přístup kyslíku ke skladovanému zrně, které se z tohoto důvodu musí pravidelně provětrávat. Dormancii lze snížit i fyzikálně-chemickými zákroky (sušení ječmene horkým vzduchem, máčení ječmene ve vodě syčené kyslíkem či obsahující chemická činidla (kyselinu gibberelovou nebo látky s -SH skupinami). Dormancie ječmene je odrůdovou vlastností a je závislá i na půdních a klimatických podmínkách pěstování. U nás pěstované odrůdy sladovnických ječmenů mají vesměs krátkou dobu posklizňového dozrávání (4 až 5 týdnů). Ječmeny s dlouhou dobou posklizňového dozrávání mají většinou nízký obsah enzymů a poskytují méně kvalitní slady.

Sladovací proces - princip, schéma, technologické postupy.

V ČR se v roce 2002 vyrobilo 452 tisíc tun sladu, z čehož se 179 tisíc tun vyvezlo do zahraničí.

Cílem sladování je vyrobít řízeným procesem klíčení a hvozďení z ječmene slad, obsahující potřebné enzymy a aromatické i barevné látky nezbytné pro výrobu určeného druhu piva. Principem sladování je vytvoření optimálních podmínek pro klíčení ječmene, přičemž dochází v zrně k aktivaci a tvorbě technologicky důležitých enzymů, především cytolýtických, proteolytických a amylolytických, při zamezení ztrát potlačením růstu. Tím vzniká tzv. zelený slad, který se následným hvozďením, při kterém se působením zvýšené teploty vyvolají chemické reakce tvorby aromatických a barevných látek, přemění v hotový slad. Podle způsobu a techniky sladování se sladovny rozdělují na periodické humnové sladovny, pneumatické bubnové a skříňové sladovny, polokontinuální sladovny typu posuvné hromady a na kontinuální sladovny pásové, tunelové či šachtové. Bez zřetele na výrobní postup a typ výrobního zařízení lze výrobu sladu rozdělit na pět základních úseků:

- **Příjem, čištění a skladování ječmene**
- **Máčení ječmene**
- **Klíčení ječmene**
- **Sušení a hvozďení zeleného sladu**
- **Úprava odsušeného sladu, skladování a expedice**

Příjem, čištění a skladování ječmene.

Příjem ječmene se provádí na příjímací rampě sladovny z vagonů, aut, cisteren a v místech lodní přepravy i z lodí. Z každé dodávky se odebírají vzorky k analýze. Limitujícími ukazateli jsou obsah vody, bílkovin, klíčivost, podíl zrna nad sítem 2,5 mm, podíl zlomků, nečistot, napadení škůdci, případně mikrobiální kontaminace.

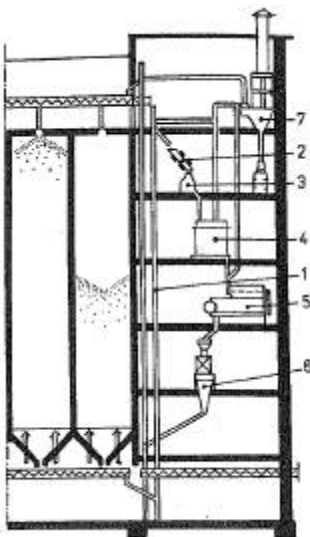
Příjímací rampa je vybavena mostní nebo automatickou váhou. Pod rampou jsou zabudovány příjímací koše, jejichž objem musí odpovídat asi šestnáctinásobku hodinového výkonu čistící

stanice. Dostatek košů zajišťuje oddělené přijímání zásilek ječmene podle kvalitativních znaků a odrůd.

Dopravní zařízení na sladovnách slouží k dopravě ječmene, zeleného sladu a hotového sladu. Dělíme je na mechanické a pneumatické dopravníky. Mechanické dopravníky se rozdělují na: vertikální (elevátory, skluzy, tobogany a shozy) a horizontální (redlery, šneky, pásy, třasadla a vibrátory). Pneumatická doprava se dělí na sací systémy a systémy dopravy tlakovým vzduchem.

Čištění a třídění ječmene se provádí pro zbavení ječmene prachu, nečistot a přímísenin a rozřídění podle velikosti a kvantitativních znaků. Jen za těchto podmínek lze vyrobit dobře rozluštěné slady a zaručit nízké sladovací ztráty. K základnímu vybavení čisticí třídící stanice sladoven (obr.6) patří dopravní zařízení, automatická registrační váha, aspirátor, triér, třídiče, magnet, odklasňovač a přečišťovací triér a jímače prachu (cyklóny, proudové filtry).

Skladovaný ječmen představuje živý organismus, jehož životní projevy jsou utlumeny, nikoliv však zastaveny. energii potřebnou pro životní projevy získává zrno odbouráváním rezervních polysacharidů, hlavně škrobu. Podle okamžitých podmínek získává energii buď aerobním dýcháním v přítomnosti kyslíku, nebo anaerobním kvašením v nepřítomnosti kyslíku. Při skladování se čerstvě sklizený a vytříděný ječmen nachází ve stadiu základního klidu, tzv. dormance, a není schopen vyklíčit. Špatná klíčivost čerstvě sklizeného ječmene je způsobena přítomností inhibitorů klíčení tzv. dorminů. Teprve po jejich odbourání oxidací dormance zaniká, uvolňuje se činnost stimulatorů (giberelinů) a zrno se stává schopným klíčit. Vyčištěný a vytříděný ječmen se skladuje ve starších sladovnách na půdách, nebo dnes již většinou v silech. Sila jsou vybavena pneumatickou dopravou, provzdušňovacím zařízením poháněným ventilátorem, popř. i zaplynovacím zařízením k potírání skladištních škůdců. Příčinou hlavních strát uloženého zrna bývá zpravidla intenzivní dýchání, způsobené především zvýšeným obsahem vody a vyšší teplotou. Intenzivním dýcháním zrno spotřebovává část svých bezdusíkatých organických látek. Vzniklý oxid uhličitý je třeba větráním odvést. Vzniklé zplodiny jsou pro klíček zrna velmi škodlivé. Intenzita dýchání zrna s vlhkostí 15% a při teplotách do 20 °C je malá a prakticky neznamená žádné zvýšené ztráty na skladovaném ječmeni. Vyšší vlhkost a teplota zrna napomáhají i rozvoji kontaminujících mikroorganismů na povrchu a v obalových částech zrna.



Obr. 6 – Schema čisticí a třídící stanice na ječmen

1-elevátor, 2-magnet, 3-odklačovač, 4-aspirátor, 5-triér, 6-přečišťovací triér a třídící zrna, 7-automatická váha, 8-odprašňovací filtr na vzduch

Teorie a praxe máčení ječmene.

Cílem máčení je zvýšení obsahu vody v ječném zrně z 12-15% na 42%-48%. Řízeným způsobem se zvýší obsah vody v zrně pro zahájení enzymatických reakcí a pro klíčení zrna. Při únosné spotřebě vody se odstraní splavky a lehké nečistoty, umyje zrna a ze zrna se vylouží nežádoucí látky. Máčení dnes považujeme za nejdůležitější úsek výroby sladu, který rozhoduje o jeho budoucí kvalitě. Dosažený obsah vody se nazývá **stupeň domočení** a liší se podle typu vyráběného sladu.

Technologicky velmi významným efektem je vyprání ječmene, neboť se z ječmene vylouží barevné a hořké látky, kyselina křemičitá a bílkoviny z pluch. Tyto látky jsou nežádoucí, neboť zhoršují sensorické vlastnosti piva a podporují tvorbu zákalu v pivu. V dobře uskladněném ječmeni je činnost enzymů, důležitých při sladování, výrazně utlumena, některé skupiny enzymů jsou syntetizovány později. Zvýšení obsahu vody v zrně vede k zahájení projevů života – ke klíčení. Podmínkou pro správný průběh klíčení je dostatek vody a vzduchu u namáčeného ječmene.

Máčení ječmene probíhá v náduvnících, které byly dříve kamenné, později betonové, dnes výhradně kovové, z legovaných ocelí – ať již válcové, nebo čtyřhranné se spádovým kónusem dna 45°, aby ječmen mohl samovolně vytékat ven. Dnes se staví máčírny obvykle dvoudenní, nejlépe přepouštěcí. Nad namáčecím náduvníkem je zabudován zásobní koš, do něhož je připraven vytříděný a odvážený ječmen k namočení. Namáčecí náduvník se naplní asi do jedné poloviny vodou, ječmen ze zásobního koše se spustí do náduvníku. Současně přitéká namáčecí voda a jsou v činnosti protiprachové trysky nad náduvníkem. Je-li náduvník vybaven větráním tlakovým vzduchem, náduvník se nejprve dokonale převrství vodou, poté následuje sběr splavek za současného přepřelavování.

Rychlost příjmu vody zrnem ovlivňuje řada faktorů, z nichž nejvýznamnější jsou: teplota vody, velikost zrna, struktura zrna a provětrávání ječmene.

V současnosti užívaný postup **vzdušného máčení** má tyto parametry:

1. namočení – na 30 % obsahu vody, tj. 2 – 6 h pod vodou v závislosti na teplotě vody a stavu zrna (ročníku), následuje vzdušná přestávka 14 – 20 h, v závislosti na citlivosti ječmene na vodu. Po sklizni volíme přestávku delší, později kratší, v níž se již v druhé polovině odsává oxid uhličitý.

2. namočení – na 38 – 40 % obsahu vody, tj. 6 – 10 h pod vodou, obvykle dle provozních možností a podmínek. Následující vzdušná přestávka je nezbytná k obeschnutí ječmene. Během ní se v závislosti na teplotě v náduvníku a v máčírně odsává oxid uhličitý.

3. namočení – na 42 – 44 % obsahu vody, tj. 4 – 6 h pod vodou, po spuštění vody a 2 – 4 h okapávání ječmene se ječmen za sucha vymáčí nebo se s třetí vodou přímo vymáčí do pneumatických klíčidel. Použití technologie vzdušného máčení je nutné při sladování čerstvých, neodleželých ječmenů. Z dalších technologií máčení se používá **záplavové máčení, opakované máčení, sprchové máčení a klasické máčení**. Klasické máčení je opakem moderního vzdušného máčení, neboť doby namočení ječmene pod vodou jsou dlouhé a vzdušné přestávky jsou krátké. Tento způsob máčení poskytuje vysoce kvalitní slady, ale pouze u ječmenů fyziologicky zdravých, dokonale vyzrálých a odleželých. Vyráběné slady jsou sladovány s vyšší výtěžností, neboť ztráty dýcháním během máčení jsou minimální. Nižší jsou i provozní náklady, neboť odsávání oxidu uhličitého se prakticky neprovádí.

Celkové ztráty při máčení by neměly překročit 3 % z hmotnosti namáčeného ječmene. Podílí se na nich prach a nečistoty (asi 0,1 %), vyloužení pluch (asi 0,8 %), splavky (0,1 až 1,0 %), dýchání ječmene během máčení (0,5 až 1,5 %) podle délky a postupu máčení.

Teorie klíčení ječmene, fyziologické chemické změny ječného zrna.

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

α -Amylasy není v ječmeni přítomna. Největší množství tohoto enzymu se tvoří od druhého do čtvrtého dne klíčení. Pro výrobu velmi enzymaticky bohatých sladů, např. pro zpracování velkých množství škrobu v lihovarech, se proto nechává slad velmi dlouho klíčit, přičemž obsah α -amylasy se nadále zvyšuje.

β -Amylasy je přítomna v malém množství již v ječném zrna. Po přechodné malé ztrátě v prvním dni klíčení se její množství od druhého a třetího dne dále zvyšuje. Tvorba β -amylasy je bezprostředně spojena s dýcháním v prvním dni klíčení. Proto je pro její tvorbu důležité dostatečné provětrávání již v první fázi klíčení.

Množství amylas vzniklých při klíčení je závislé na mnoha faktorech:

- Obsah amylas je odrůdovou závislostí a je rovněž ovlivněn klimatickými podmínkami ročníku.
- Vyšší obsah vody v zeleném sladu zvyšuje množství amylas.
- Studené vedení klíčení dává vždy vyšší hodnoty amylas.
- Vyšší teploty při máčení a klíčení jsou příznivé pro činnost enzymů, ale celkové vzniklé množství enzymů je menší.

Během klíčení neprobíhá jen tvorba a zvýšení obsahu enzymů, nýbrž i to, že nízkomolekulární produkty štěpení jsou za součinnosti enzymů v omezeném množství spotřebovány pro výživu zárodku a pro výstavbu nových buněk – kořínků a klíčku. Tyto látky jsou ovšem pro sladaře nevratně ztraceny.

Uměním sladaře je, že dokáže proces dýchání, vnitřní přeměnu zrna a současně výstavbu nových buněk řídit v požadovaných mezích. Z látkových přeměn zajímají sladaře zvláště procesy, které se označují celkově jako „rozluštění“ (rozštěpení vysokomolekulárních látek na jejich štěpné produkty). Jedná se především o rozrušení buněčných stěn a následně o rozštěpení škrobových zrn a bílkovinných řetězců. Buněčné stěny endospermu se skládají převážně z kostry tvořené molekulami hemicelulos a bílkovin. Během klíčení jsou buněčné stěny odbourány (rozrušeny) činností enzymů patřících do komplexu cytas. Tím je umožněno proniknutí dalších specifických

enzymů a jejich činnost ve vnitřní části buněk endospermu. Ke komplexu cytas, tzv. cytolýtických enzymů (enzymů štěpících buněčné stěny), patří např. hemicelulasy a β -glukanasy.

Hemicelulosity, které jsou součástí kostry buněčných stěn, jsou tvořeny vysokomolekulárními molekulami neškrobových polysacharidů – β -glukanů. Vzhledem k tomu, že β -glukany výrazně zvyšují viskozitu roztoků, je při výrobě sladu velmi důležité jejich rozštěpení. Jinak mohou nastat potíže při stékání sladiny a filtraci piva. Odbourávání β -glukanů se při sladování děje pomocí endo β -1,4-glukanasy a endo β -1,3-glukanasy. K tomu přistupuje β -glukansolubilasa, která luští β -glukany ze sloučenin s bílkovinami. Množství solubilasy se zvyšuje během sladování až o 150 až 170 %. Protože je obsah β -glukanů odrůdovou závislostí, je nutné šlechtění ječmene na nízký obsah β -glukanů, neboť slad je rozhodujícím faktorem pro obsah β -glukanů ve sladince a pivu.

Technologie klíčení - klasické a moderní sladovací postupy.

Čerstvě sklizený ječmen nikdy neposkytne dobře rozluštěný slad. V ječmeni musí proběhnout posklizňové dozrávání, které u našich ječmenů trvá při standardních podmínkách během vegetace a při sklizni 6 až 8 týdnů. V případě nepříznivých podmínek během sklizně je posklizňové dozrávání delší, ječmeny podtržené nikdy nedosáhnou potřebných sladařských vlastností. Neméně důležité je i chemické složení ječmene. Ječmeny s vyšším až vysokým obsahem dusíkatých látek se obtížněji luští – ve sladařské terminologii říkáme, že ječmeny jsou tvrdší. Je-li zvýšený obsah bílkovin v zrně způsoben suchým počasím v závěru vegetace, a tím vynuceným dozráním ječmene, je takové zrno obvykle sklovité, těžko přijímá vodu a obtížně se luští. Je-li vyšší obsah bílkovin důsledkem nadměrné dusíkaté výživy, ječmen není sklovitý, ale vyrobený slad má nízký extrakt a jeho výrobní náklady jsou vyšší. Proto je obsah bílkovin základním požadavkem technologické kvality ječmene. Vymočený ječmen má většinou nižší obsah vody (stupeň domočení), než který je potřebný pro průběh klíčení a k obvykle požadovanému rozluštění zrna. V pneumatických sladovnách se ječmen běžně vymáčí s obsahem vody okolo 42 %, ve sladovnách humnových okolo 44 %. Ihned po oschnutí ječmene – nikoliv dříve (asi po 24 h) – se oschlá hromada pokropí a na humnech ihned obrátí. V pneumatických sladovadlech se kropí a obrací současně. Účinnost kropení má být alespoň 2 % na jedno kropení.

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

Základní technologie klíčení

Z hlediska teplotního průběhu rozeznáváme:

Klíčení při konstantní teplotě – teplota při klíčení je po celou dobu konstantní a může být nízká (např. při zpracování porostlých ječmenů), střední nebo vysoká, která se používá při zpracování vysokobílkovinných ječmenů.

Klíčení při vzestupné teplotě – teplota při klíčení se zvyšuje v průměru denně asi o 1 °C. Tato technologie odpovídá přirozenému klíčení na humně, je méně energeticky náročná.

Klíčení při sestupné teplotě – teplota se od druhého dne postupně snižuje při současném zvyšování obsahu vody v zrně.

Klíčení při vzestupně-sestupné teplotě – technologie sladování, při níž se vzájemně využívá zpočátku efektu zvýšení teploty k rychlejšímu nástupu klíčení, ve druhé polovině klíčení se postupným ochlazováním hromady dosáhne přijatelnějších sladovacích ztrát.

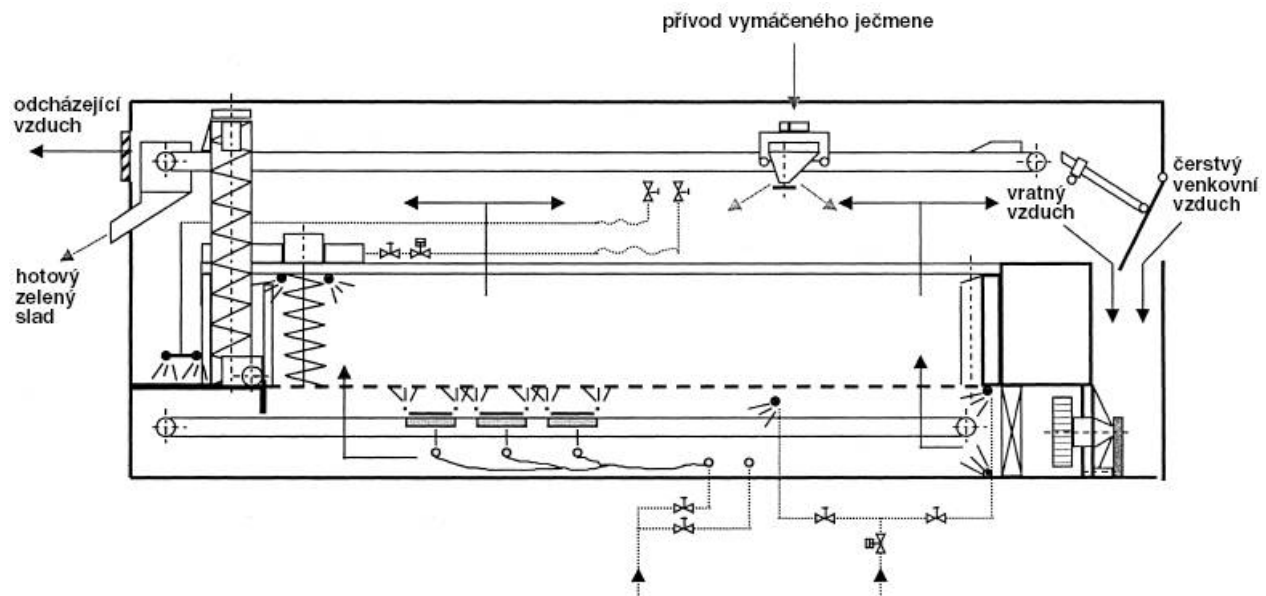
Z hlediska hodnot teploty při klíčení rozeznáváme:

Klíčení studené – teplota nepřekročí 12 °C.

Klíčení při střední teplotě – teplota se pohybuje v rozmezí 14 – 18 °C.

Klíčení teplé – při vyšší teplotě, která nepřesahuje 22 °C.

Sladovací zařízení lze rozdělit na klasická a moderní. Do klasických sladoven řadíme humna, moderní systémy – pneumatické – rozdělujeme na bubnová, skříňová a věžová. Z těchto typů je u nás velmi rozšířená Saladinova skříň (obr.7).



Obr.7 – Schéma Saladinovy skříňe

Teorie hvozdění zeleného sladu, fyziologické a chemické změny zrna.

Cílem hvozdění je snížení obsahu vody ve sladu pod 4%, zastavení vegetačních pochodů při zachování požadované enzymové aktivity a vytvoření chuťových, barevných a oxidoredukčních látek, tvořících charakter sladu. Dosahuje se toho nejprve řízeným šetrným způsobem sušení v nadbytku vzduchu při teplotách 20 – 60 °C a v další fázi hvozděním ve slabém proudu horkého vzduchu při teplotách 60 – 80 °C u světlého a 60 – 105 °C u tmavého sladu. Tím se hvozdění liší od normálního sušení, které by jinak bylo dosažitelné rychleji a levněji, ale získaný slad a z něj vyrobené pivo by postrádaly požadované vlastnosti. Zelený slad má vysoký obsah vody a není na rozdíl od hotového sladu skladovatelný.

Při sušení a hvozdění se rozeznávají z hlediska chemických a biochemických změn tři fáze:

Růstová fáze – obsah vody nad 20%, teplota do 40 °C, zrno je schopné dále klíčit (růst kořínků a střílky)

Enzymová fáze – obsah vody poklesl pod 20%, teploty mezi 40 až 60 °C, zastavení vegetačních procesů, ale pokračují enzymové reakce

Chemická fáze – obsah vody pod 10%, teploty nad 60 °C, zastaveny enzymové reakce, probíhají chemické reakce vedoucí k tvorbě barevných a chuťových látek

Při popisu charakteru vlhkosti rozeznáváme při sušení rozeznáváme tyto pojmy:

Nevázaná (volná) vlhkost je tekutý podíl sorpčně zachycený na povrchu látky. Sušením proudem vzduchu se snadno odstraňuje, má stejný parciální tlak páry jako čistá voda v témže prostředí.

Vázaná vlhkost je podíl vody obsažené ve vnitřním kapilárním systému látky, který vedle kapilárních sil je vázán chemicky a fyzikální adsorpcí. Parciální tlak vodní páry ve vázané vlhkosti je nižší než tlak čisté vody. Dá se odstranit snížením parciálního tlaku vodní páry (pomocí vakua) nebo ohřátím vzduchu, a tím snížením jeho relativní vlhkosti, kdy je parciální tlak obsažené vody velmi nízký.

Kritická vlhkost je stav při sušení, kdy v materiálu je jen kapilární vlhkost. Je to bod rozdělující fázi s konstantní rychlostí sušení od fáze s klesající rychlostí sušení.

Z hlediska biochemického je velmi důležitá **změna enzymových aktivit během hvozdění**. Ztráta aktivity enzymů je tím větší, čím více zrno obsahuje vody při vysokých teplotách v důsledku nesprávného průběhu hvozdění. Aktivita endopeptidas se zvyšuje do 50 °C a v zásadě se neničí ani během dotahování. Aktivita exopeptidas nejprve výrazně vzrůstá, ale v hotovém sladu je přibližně stejná jako v zeleném sladu. Endo- β -glukanasy a lipasy jsou během hvozdění méně poškozovány, naopak fosfatasy se ničí až z 50 %. Polyfenoloxidas a peroxidasy jsou výrazně inaktivovány při teplotách nad 80 °C. Dusíkaté látky jsou procesem hvozdění značně ovlivněny.

Mění se – zejména u výšemolekulárních – jejich disperzita, nastává koagulace určitých frakcí, což má vliv na chuť, pěnivost a koloidní stabilitu piva. Důležité jsou změny enzymů odbourávajících škrob: obsah α -amylasy se během předsoušení zvyšuje až o 30 %, ale při dotahování klesá na původní hodnotu v zeleném sladu. β -amylasa je na teplotu citlivější a její obsah v hotovém sladu odpovídá pouze 40 až 50 % obsahu v zeleném sladu.

K nejdůležitějším reakcím při hvozdění patří **tvorba chuťových (aromatických) a barevných (oxidoredukčních) látek**. Tyto látky tvoří charakter sladu, jeho vůni, chuť, barvu a oxidoredukční schopnosti. Prvně jmenované látky vznikají při vyšších teplotách interakcemi štěpných produktů sacharidů a bílkovin, zejména monosacharidů a aminokyselin. Řada chemických reakcí, zvaných Maillardovy reakce, vede od výchozích hexos a aminokyselin přes několik meziproductů nejprve k reduktonům a dále až k tvorbě melanoidinů. Bezdušičaté barevné aromatické látky vznikají při hvozdění karamelizací sacharidických složek při termickém štěpení cukrů, enzymovou oxidací za vzniku melaninů a neenzymatickým hnědnutím (komplexy polyfenolů a železa). Pro dostatečnou tvorbu těchto látek je nezbytným předpokladem hluboké rozštěpení polysacharidů a bílkovin během klíčení ječmene. Melanoidiny, reduktony, melaniny, karamelizační produkty i ostatní barevné a aromatické látky mají koloidní charakter a chrání složky koloidních roztoků vůči změnám disperzity. Dále mají tyto látky oxidoredukční vlastnosti, čímž zlepšují koloidní stabilitu a nakonec svým zabarvením vytvářejí typickou barvu sladu a z něho vyrobeného piva.

Technologie hvozdění - klasické a moderní postupy.

Zařízení, v němž se suší a hvozdí zelený slad, se nazývá hvozd. Dříve se stavěly hvozdy vícelískové, dnes převážně vysokovýkonné jednolískové hvozdy a ve světě I polokontinuální a kontinuální hvozdy pásové a šachtové. Hlavními konstrukčními prvky hvozdů jsou vyhřívací

system (topeniště, kalorifery, rekuperátory tepla), lísky (šachty), větrací system, regulační a ovládací prvky. Hvozdy lze dělit podle celé řady hledisek. Nejčastěji se rozdělují:

Podle uspořádání lísek na hvozdy horizontální a hvozdy vertikální;

Podle počtu a tvaru lísek na hvozdy s jednou, dvěma nebo třemi lískami; na hvozdy pravoúhlé nebo kruhové;

Podle zatížení lísek na hvozdy běžné, normální anebo hvozdy vysokovýkonné;

Podle způsobu a druhu ohřevu na hvozdy s přímým anebo nepřímým ohřevem; na hvozdy plynové, parní, horkovodní;

Podle plynulosti pracovního procesu na hvozdy pracující periodicky, polokontinuálně a kontinuálně.

Hlavní zásadou pro **hvozdění sladů plzeňského typu** je omezení nadměrného vzniku barevných a aromatických sloučenin a maximální uchování enzymové aktivity a křehkosti sladu.

K dosažení tohoto cíle je nutné:

- rychlé snížení obsahu vody v zeleném sladu vysokým tahem vzduchu ventilátorem na 10 – 12 % při teplotách do 55 °C.

- pozvolné vyhřátí sladu.

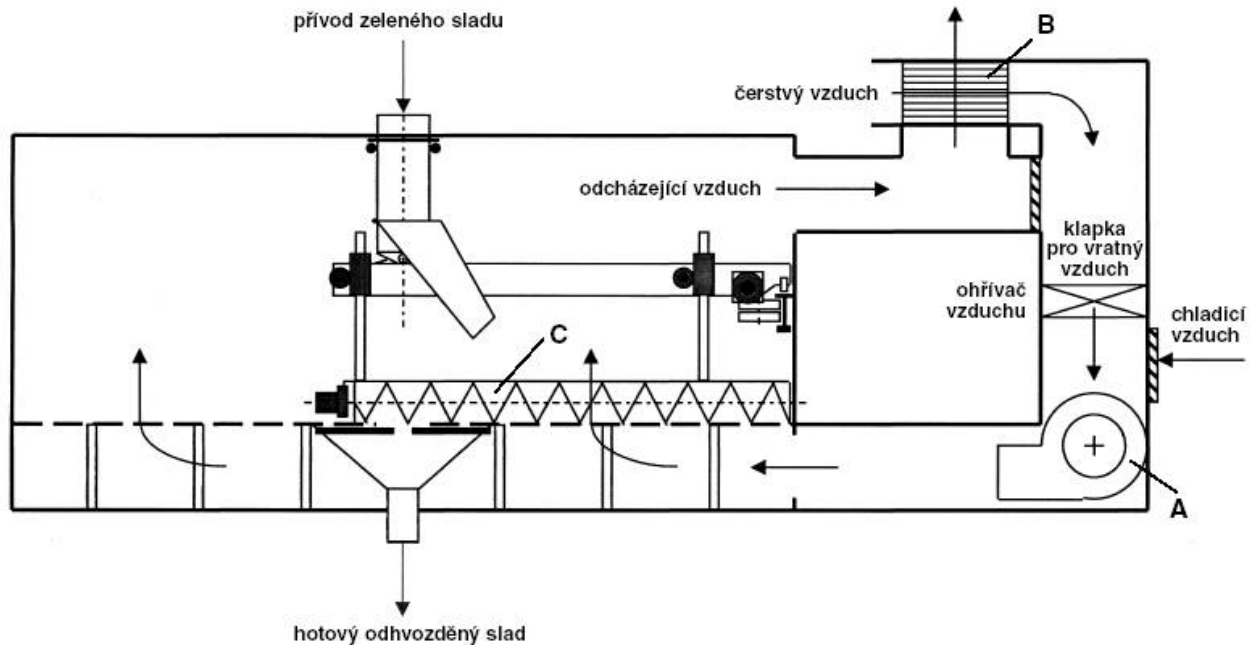
-dokonalé dotažení sladu při teplotě max. 85 °C.

Světlý slad (plzeňského typu) se dříve hvozdil na dvoulískových hvozdech systémem 2x12 hodin. Zelený slad se nastřel na horní lísku ve vrstvě 15-40 cm, kde probíhalo sušení ve dvou fázích. V první fázi se snížil obsah vody na 30% vzduchem o teplotě 35-40 °C. Ve druhé fázi se za dalších 6 hodin snížila vláha z 30 na 10% vzduchem o teplotě 50 až 60 °C a slad se spustil na dolní lísku. Na spodní lísce se teplota zpočátku udržovala na 55-60 °C, pak se zvýšila na 70 °C a nakonec se 3 až 4 hodiny dotahovalo při teplotě 80-85 °C.

Hvozdění zeleného sladu při výrobě světlého sladu na vysokovýkonných jednolískových hvozdech ve vrstvě 50-120 cm se v současnosti provádí způsobem 1x18 až 22 hodin. Od předchozí technologie je rozdíl ve výšce nastíraného sladu, a v intenzivním regulovaném větrání, což má za následek lepší rozluštění a hlavně se ušetří manuální práce, neboť se jenom jednou za 24 hodin nastírá slad.

Hvozdění tmavého sladu (bavorského typu) postupem 2x 24 hodin začíná nastřením zeleného sladu na horní lísku ve vrstvě 20 –25 cm. Při teplotě 40 °C se sníží obsah vody na 20-25%. Dále se suší při teplotě 55 až 60 °C a spouští se na spodní lísku. Za prvních 12 hodin na spodní lísce se sníží obsah vody na 10%. Potom se zvýší teplota na 70 °C a vláha klesne na 5%. Nakonec se dotahuje při 100 –105 °C.

Odhvozděný slad se sklápí do košů a dopravuje k odkličovače, kde se zbavuje kořínků (sladový květ). Pro vysoký obsah biologicky aktivních látek je sladový květ vyhledávanou surovinou v krmivářství a ve fermentačních technologiích.



Obr.8 - Schéma jednolískového hvozdu s pevnou lískou (fa Bühler)

A – ventilátor hvozdu, B – tepelný výměník hvozdu, C – zařízení pro nastření zeleného sladu a pro vyskladnění hotového sladu

Kvalitativní znaky sladu. Druhy sladu. Náhražky sladu.

Nejběžněji vyráběnými **druhy sladů** v České republice jsou **světlý slad** a **bavorský slad**. Ostatní druhy sladů jsou v našich zemích vyráběny pouze v malých množstvích pro speciální účely. Základní charakteristiky různých typů sladů jsou shrnuty na obr.9.

Hodnocení jakosti sladu se provádí na základě mechanického a fyzikálně-chemického rozboru. **Mechanický rozbor** zahrnuje posuzování barvy, tvaru, a velikosti zrna, vůně a chuti zrna, napadení mikrobiální kontramínací a přítomnost nečistot, dále objektivními metodami měřitelné znaky, jako podíl moučnatých a sjklovitých zrn, křehkost zrn, vývin střílky uvnitř zrna, absolutní a hektolitrovou hmotnost. **Fyzikálně-chemický rozbor** sladu zahrnuje obsah vody, extraktivnost sladu, vůni a barvu sladiny a dále speciální rozbor, jako jsou diastatická mohutnost, popisující aktivitu amylolytických enzymů, Hartongovo číslo, popisující celkovou enzymatickou aktivitu sladu, rozdíl v extraktivnosti moučky a šrotu, Kolbachovo číslo, jako kritérium rozluštění sladu, případně další analýzy podle požadavků odběratele, zejména při exportu.

Speciální slady – k výrobě tmavých a speciálních piv, popř. pro použití v jiných oborech kvasného a potravinářského průmyslu, se vyrábějí speciální slady. Od běžných světlých a tmavých sladů se liší především enzymovou aktivitou, redoxní kapacitou, kyselostí, barvou a vůní. Jejich přidání k běžným sladům se dosahuje úpravy sensorických vlastností piva, zejména chuti, barvy, aroma a pěnivosti. Mezi speciální slady patří slady karamelové, slad barevný, slad diastatický, slad nakuřovaný a slad lihovarský. V zahraničí se vyrábějí další druhy speciálních sladů, jako slad proteolytický, melanoidinový, vesměs pro výrobu speciálních piv, stejně jako pšeničný slad.

Náhražky sladu (surogáty)

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

Rozdělují se na:

Škrobnaté náhražky jsou představovány nesladovaným, případně tepelně opracovaným obilím (ječmen, Triticale, pšenice aj.), obilnými vločkami (z ječmene, pšenice, ovsa), přečištěnými frakcemi obilných zrn (kukuřice, rýže, čirok), předvařenými obilnými vločkami (kukuřice, rýže), obilnými moukami, obilnými škroby (bramborový, tapiokový škrob).

Cukerné náhražky zahrnují sacharosu (řepný, třtinový cukr), invertní cukr (po enzymové hydrolýze sacharosy), hydrolyzáty škrobů, hydrolyzáty sladových výtažků, cukerné sirupy, mladinové extrakty (koncentráty).

Typy sladů							
parametr jakosti	1	2	3	4		6	7
				svět.	tmavý		
obsah vody [%]	4	2,5-3	7	2	2	2	7
barva [j.EBC]	3,5-4	-10	+3	+100	+150	+150	+4
viskozita [mPa.s ⁻¹]	+1,6	n	n	n	n	n	n
pH	5,8-6	n	n	n	n	n	n
extrakt mladiny [%]	-80,5	+79	n	+78	+78	+75	-82
rozdíl extraktu m-š [%]	+2	n	n	n	n	n	n
relat.ex.45 °C [%]	36-39	n	n	n	n	n	n
diastat.mohut. [j.WK]	220-300	n	-350	n	n	n	-300
prokvašení [%]	79-82	n	n	n	n	n	n
obsah bílkovin [%]	10-11,5	+12	n	n	n	n	-12
rozp. N [mg.100ml ⁻¹]	75-85	n	n	n	n	n	n
Kolbachovo číslo	38-42	n	n	n	n	n	n
friabilita [%]	80-90	n	n	n	n	n	+70
sklovitost [%]	+4	n	n	+5	n	n	+15
homogenita [%]	-70	n	n	n	n	n	n
modifikace [%]	80-95	n	n	n	n	n	n
β-glukany [mg.l ⁻¹]	100-200	n	n	n	n	n	n
α-AN [mg.100 ml ⁻¹]	150	n	n	n	n	n	n
α-amylasa [j.]	-30	n	n	n	n	n	n
obsah PDMS [mg.kg ⁻¹]	+6	n	n	n	n	n	n
gushing [ml]	0-5	n	n	n	n	n	n
objem. hmotnost [kg]	52-56	n	n	n	n	n	n
hmot. 1000 zrn [g]	-35	-32	n	n	n	n	n
obsah plísni [%]	+0,5	n	+0,5	n	n	n	n
n nestanovuje se							
1 světlý							
2 mnichovský							
3 diastatický							
4 karamel sv.							
5 karamel tm.							
6 barevný							
7 pšeničný							
+ max. hodnota							
- min. hodnota							

Obr. 9 - Charakteristika typů sladů – běžné hodnoty (v sušině vzorku)

- Doporučená literatura: Basařová G. a kol.: Sladařství a pivovarství, SNTL Praha 1985
Kunze W.: Technology Brewing and Malting, 2nd Edition, VLB Berlin 1999
Kosař K., Procházka S. a kol.: Technologie výroby sladu a piva, Výzkumný ústav pivovarský a sladařský a.s., Praha 2000.