

# Z výzkumu a praxe

## Strategie moderního chmelení

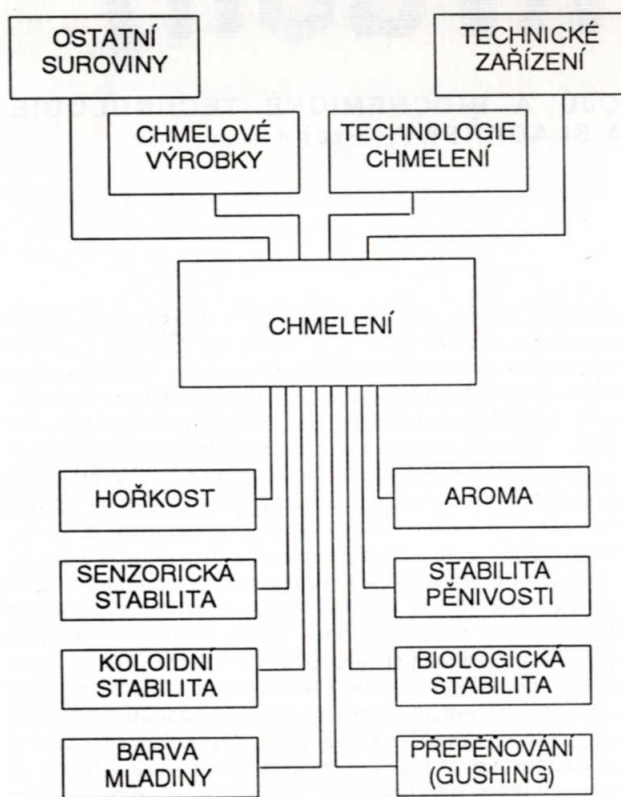
Doc. Ing. Jaroslav ČEPIČKA, CSc., Prof. Ing. Gabriela BASAŘOVÁ, DrSc.

Ústav kvasné chemie a bioinženýrství, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze

**Klíčová slova:** pivo, chmel, chmelovar, mladinová pánev, mladina

663.423, 663.444

Chmelovar je jednou z nejdůležitějších operací pivovarské technologie a z mnoha hledisek určuje nebo alespoň vytváří předpoklady pro dosažení požadovaných kvalitativních vlastností piva.



Obr. 1

Objevné poznatky z chemie přírodních látek, umožněné vysokou specifiitou nejmodernějších separačních a detekčních metodik, ukázaly v nedávné minulosti na širokou komplexnost biochemických, chemických a fyzikálních dějů, které tato operace zahrnuje. Složitost procesu i jeho značná variabilita jsou dnes podtrženy širokou paletou používaných surovin, technického vybavení varen a s tím přímo souvisejícími různými možnostmi obměn technologického postupu při chmelovaru.

K nejdůležitějším fyzikálním a chemickým reakcím při chmelovaru patří především:

- inhibice enzymových aktivit teplem a s tím související determinace sacharidického složení mladiny a oxidoredukční kapacity mladiny;
- sterilace mladiny teplem s inhibicí reziduální mikroflory z vody, sladu, chmele a surogátů;
- koagulace a flokulace výšemolekulárních dusíkatých látek mladiny teplem a interakcemi s ostatními složkami;

- interakce dusíkatých a sacharidických složek mladiny za tvorby redukonů a barevných látek;
- oxidační reakce, s nimiž souvisejí změny řady složek extraktu, především polyfenolů a následně barva a koloidní stabilita piva;
- odpaření části vody a zkoncentrování mladiny na požadovanou hodnotu;
- oddestilování části chmelových silic a produktů oxidačních a teplotou podmíněných reakcí s vodní párou.

Průběh všech výše uvedených fyzikálních jevů a biochemických a chemických reakcí je ovlivňován řadou faktorů, především teplotou varu, mechanickým pohybem vroucí mladiny, odparem, celkovou dobou varu a dalšími faktory.

Z jednotlivých skupin chemických látek mladiny tvoří sacharidické složky asi 90 % extraktu a z nich je kolem 68 až 75 % zkvasitelných. Pouze malá část těchto složek při chmelovaru podléhá interakcím s dusíkatými složkami.

Dusíkaté složky, které představují mnohem menší podíl extraktu mladiny, vykazují při chmelovaru naopak značně větší variabilitu reakcí. V závislosti na podmínkách chmelovaru a na vlastním složení jednotlivých podílů dusíkatých složek dochází k denaturaci a koagulaci výšemolekulárních dusíkatých sloučenin a k řadě dalších interakcí. Tyto reakce výrazně ovlivňují vlastnosti mladiny a piva, jako koloidní stabilitu, trvanlivost pěny, senzoričké vlastnosti a další.

Neméně důležitý je složitý soubor reakcí nížemolekulárních dusíkatých složek mladiny s přítomnými monosacharidy, známý jako Maillardovy reakce, za vzniku různě zabarvených produktů zvaných melanoidiny. Tento komplex reakcí zahrnuje mimo jiné i Streckerovo odbourávání aminokyselin vedoucí k látkám typu redukonů. Řada produktů uvedených reakcí, včetně různých heterocyklických derivátů pyrrolu, thiazolu, pyrazinu a dalších, vykazuje charakteristické chutě a vůně, čímž přispívají k vytváření senzoričkého profilu mladiny a piva.

Polyfenoly podléhají při chmelovaru různým reakcím, které zahrnují složité oxidační, hydrolytické, kondenzační i polymerační reakce. Zúčastní se jich jak deriváty aromatických hydroxykyselin, tak složitější flavanoly, proanthokyanidiny, anthokyanogeny a katechiny. Podrobný popis uvedených reakcí by přesáhl rámec tohoto sdělení, stručně je lze však charakterizovat jako reverzibilní reakce vedoucí následně k tvorbě komplexů polyfenolových látek s polypeptidy, z nichž se část snadno a část obtížněji vylučuje z roztoku. Jejich úloha ve vytváření koloidní rovnováhy a stability piva je natolik významná, že musí být v následných technologických úsecích korigovány různými stabilizačními přípravky, neboť přirozený průběh asociačních reakcí, které intenzívně probíhají po snížení teploty mladiny pod 80 °C při chlazení, nestačí na zajištění požadované stability.



Reakce chmelových pryskyřic v průběhu chmelovaru jsou dnes již poměrně dokonale prostudovány a i když se tyto látky částečně účastní i tvorby lomu, jejich význam spočívá především v tvorbě složek dodávajících mladíně a pivu typickou hořkou chuť. Obdobně jako u dusíkatých látek a polyfenolů se jedná o složitý komplex reakcí zahrnutých pod pojmem izomerace hořkých kyselin. Vzniklé produkty jsou označovány ne zcela přesným termínem izosloučeniny či izohumulony. Nejdůležitější z těchto reakcí jsou izomerace  $\alpha$ -hořkých kyselin za vzniku skupiny stereoizomerů iso- $\alpha$ -hořkých kyselin, charakteristických intenzivní sensorickou hořkostí, neboť ostatní pryskyřice se vzhledem k malé rozpustnosti ve vodných roztocích tolik neuplatňují. Stupeň izomerace je ovlivňován podmínkami chmelovaru, jako je pH mladiny, doba chmelovaru, teplota a intenzita varu, koncentrace  $\alpha$ -kyselin a některých dalších složek extraktu mladiny. Za obvyklých podmínek klasického dvouhodinového chmelovaru za atmosférického tlaku je využití hořkých kyselin pouze asi 50 % i menší, následkem řady vedlejších chemických reakcí. Zvýšením teploty při chmelovaru za tlaku lze reakční dobu zkrátit a využití hořkých kyselin zvýšit, ovšem za současného ovlivnění dalších chemických reakcí chmelovaru, což může mít vliv na složení mladiny a následně i na charakter vyráběného piva. Používání různých typů chmelových výrobků také ovlivňuje technologii chmelovaru, zejména ve smyslu diferencovaného dávkování a využití chmelových pryskyřic. U některých typů chmelových výrobků, zejména tzv. izoextraktů byl však zaznamenán jako následný jev vznik samovolného přepěňování piva, tzv. gushing.

Neméně důležitou složkou chmele vedle pryskyřic jsou i chmelové silice, rozhodující měrou přispívající k vytváření arómatu mladiny a piva. Větší podíl chmelových silic sici při chmelovaru vytéká s vodní párou, ale jsou to často ty složky, jejichž odstranění je nezbytné, neboť vykazují různé vedlejší vůně. Proto nelze za běžných podmínek výroby mladiny považovat přílišné zkrácení doby chmelovaru za vhodné a tato skutečnost se musí brát v úvahu i při diferencovaném dávkování chmele či chmelových výrobků.

Chmelovar zahrnuje v praktickém provedení řadu dílčích operací, jako zahřívání a odpařování, sterilaci, inaktivaci enzymů, tvorbu lomu koagulací bílkovin, tvorbu barevných látek, extrakci, rozpouštění a reakce hořkých látek, oddestilování těkavých podílů a oxidaci extraktových složek. Průběh těchto operací je závislý na řadě faktorů jako jsou:

- materiál varní nádoby,
- způsob otopu,
- konstrukce varní nádoby,
- teplota a tlak při chmelovaru,
- doba chmelovaru,
- dávka chmelového výrobku,
- způsob dávkování chmele či chmelového výrobku.

V praxi se setkáváme se třemi materiály varních nádob: neušlechtilou ocelí, mědí a nerez ocelí. Z mnoha důvodů je v současné době renomovanými výrobci dávána přednost nerez oceli vysoké kvality, ačkoliv z několika hledisek má i měď své opodstatnění. Materiál varní pánve určuje především ekonomické a strojně-technické parametry procesu, pro praxi má však význam i z hlediska sanitační a údržby.

Způsobů otopu mladinové pánve je v praxi opět celá řada, od přímých otopů po nepřímé, od pevných přes kapalná paliva k plynu, s vysokotlakou horkou vodou, s interním a externím váfákem aj. Základním požadavkem je dosažení optimálního odparu, zpravidla 10 % i více za hodinu. Z tohoto hlediska je důležitá i konstrukce nádoby, která má zaručovat dostatečné provaření mladiny s intenzivním mechanickým pohybem zajišťujícím dokonalou extrakci a rozpouštění technologicky významných složek chmelových výrobků a rychlý a intenzivní odvod brýdových par. Na druhé straně je nutno omezit příliš intenzivní oxidační reakce mladiny za varu, což vede k tvorbě prekurzorů sensoricky nepříznivých látek v hoto- vém pivu a k jeho vyšší barvě. Z tohoto hlediska je třeba kriticky hodnotit tlakové způsoby chmelovaru, u nichž je mimo jiné nezbytné zajistit dostatečný odvod zkondenzovaných brýdových par, aby se kondenzující složky nemohly zpětně vracet do mladiny.

V neposlední řadě je pro úspěch chmelovaru rozhodující vlastní technologický postup. Období používání lisovaného hlávkového chmele jako jediného chmelového výrobku je v naprosté většině pivovarů již historií. Producenti chmele a výrobci chmelových výrobků nabízejí dnes celou škálu produktů, které vesměs umožňují jednodušší manipulaci, včetně možnosti poloautomatického či automatického dávkování, využití technologicky významných složek a tím i snížení nákladů.

V provozní praxi se u nás z chmelových výrobků rozšířilo především používání granulovaného chmele a chmelových extraktů. Granulovaný chmel prakticky zachovává základní vlastnosti přirozeného chmele. Zlepšuje se manipulace s touto surovinou i využití pryskyřic následkem zvýšení plochy mezifázového rozhraní během varu mladiny s chmelem. Při dobře fungující vířivé kádě, v níž částečně pokračují izomerační reakce, se dále zvyšuje využití pryskyřic. Některé pivovary dávají, za účelem zlepšení chmelového arómatu, malé podíly lisovaného či granulovaného chmele až na konci chmelovaru nebo až do vířivé kádě. U tohoto postupu je třeba zdůraznit, že je vhodný pouze pro jemné aromatické odrůdy chmele a navíc je sníženo využití pryskyřic a určité nebezpečí je i v ovlivnění stability a pěnivosti.

Důležitým faktorem při rozhodování o použití chmelového výrobku by měla být vždy garance původní odrůdy, z níž byl vyroben. Výrobci poskytují granuláty jak z jemných aromatických chmelů, cenově zpravidla nejdražší, tak z vysokoobsažných, ale i z méně ušlechtilých odrůd. Při časově diferencovaném dávkování je třeba brát tuto okolnost v úvahu, neboť méně ušlechtilé, hrubé odrůdy vyžadují delší dobu varu k oddestilování sensoricky negativních složek.

Tab. 1 Obsah dusičnanů ve chmelu a chmelových výrobcích

Druh chmele nebo chmelového výrobku	Obsah dusičnanů v pův. vzorku (g/kg)
Chmel hlávkový	4,31 - 13,67
Chmel granulovaný	6,49 - 11,04
Dvousložkový extrakt	8,21 - 10,09
Jednosložkový extrakt	1,20 - 6,86
Vodný výluh chmele	20,49
CO <sub>2</sub> -extrakt	0



U chmelových extraktů je dnes k dispozici široká nabídka výrobků od tzv. standardního extraktu, obsahujícího i polyfenolové složky, přes jednosložkový extrakt obsahující pouze pryskyřice a silice až po extrakt vyrobený pomocí superkritického oxidu uhličitého. Tzv. izoextrakty se u nás, až na výjimky zpracování zkušebních vzorků, v širší míře nepoužívají. Obecně pro používání chmelových extraktů platí obdobná pravidla jako pro granulované chmele. Je třeba brát v úvahu nejen obsah  $\alpha$ -hořkých kyselin, ale i původní odrůdu. Pro řadu pivovarů je důležitá i skutečnost, že některé typy extraktů mají snížený obsah dusičnanů a jejich použitím lze snížit hladinu dusičnanů v hotovém pivu. Tuto přednost mají zejména extrakty připravené superkritickým oxidem uhličitým, který jako extrémně nepolární rozpouštědlo neextrahuje dusičnany ani polární složky reziduí postříkových látek, používaných při ochraně chmele. Nepolární složky pesticidů však přecházejí do těchto extraktů naopak ve vyšší míře než do ethanolových či methylenchloridových extraktů. Obsah dusičnanů v různých druzích chmele a chmelových extraktů podle našich sledování v uplynulých dvou letech ukazuje tabulka 1.

Tab 2 Doporučená doba varu postačující k dostatečné izomeraci  $\alpha$ -kyselin

Hlávkový chmel	90 - 120 min
Granulovaný chmel	69 - 90 min
Extrakt	90 min
Nízkotlaký var (110 °C)	15 - 20 min
Vysokotlaký var (140 °C)	2 - 3 min

Tab. 3 Doporučované způsoby dávkování chmele a chmelových preparátů

<b>A. Najednou</b>		
1.dávka	100 %	na začátku nebo 10 - 15 min po zavaření
<b>B. Nadvakrát</b>		
1.dávka	70 - 80 %	na začátku nebo 10 min po zavaření
2.dávka	20 - 30 %	10 - 30 min před koncem
<b>C. Natřikrát</b>		
1.dávka	50 %	na začátku nebo 10 min po zavaření
2.dávka	35 %	50 - 60 min před koncem
3.dávka	15 %	10 - 30 min před koncem

Zásada - nejprve se dávkuje vysokoobsažné chmele, kdežto jemné aromatické až ke konci.

Důležitá je i doba varu. U konvenčních varných systémů je průměrná doba varu okolo 90 minut, což je za normálního tlaku doba dostačující pro izomeraci  $\alpha$ -kyselin u chmelových extraktů. Pro granulované chmele stačí i kratší doba, pro lisovaný hlávkový chmel je naopak třeba delší doba varu. Při tzv. nízkotlakém chmelovaru stačí pro dostatečný průběh izomeračních reakcí již jen doba 15 až 20 minut, a při ještě vyšším tlaku zaručujícím teploty 140 °C stačí již 2 až 3 minuty. Problematické však v těchto případech je dosažení požadovaného chmelového arómatu.

Časová diferenciací dávkování chmelového výrobku je závislá na typu vyráběného piva. Pro piva s nižší hořkostí a slabším chmelovým arómatem stačí jedna dávka po

začátku chmelovaru. U piv s vyšší hořkostí a s požadovaným výrazným chmelovým arómatem se doporučují dvě dávky - první, větší po zavaření a druhá, menší 30 minut před koncem a nebo tři dávky - první (50 %) po zavaření, druhá (35 %) 60 minut před koncem a poslední (15 %) 15 minut před koncem chmelovaru.

Závěrem lze shrnout výše uvedený stručný přehled poznatků základních jevů a jejich důsledků při chmelovaru v doporučení, aby při návrhu či úpravě technologie chmelovaru kromě ekonomického hlediska, které je v současnosti i v budoucím vývoji tržního hospodářství u nás stěžejní, byly zodpovědně zvažovány i fyzikálně chemické aspekty, jinak by mohlo dojít k neočekávaným a nežádoucím změnám v hořkosti i v celkovém senzoreckém charakteru piva se všemi důsledky z toho vyplývajícími.

Lektoroval Ing. Ivo Hlaváček, CSc.

Přednáška na Pivovarském sympoziu a semináři v Plzni  
8.10.1992

Čepička, J.-Basařová, G.: Strategie moderního chmelení. Kvas. prům., 39, 1993, č.3, s.66 - 69

Článek shrnuje nejdůležitější poznatky o fyzikálních a chemických reakcích při chmelovaru, zejména s ohledem na chmelové pryskyřice a silice. Z faktorů uplatňujících se během chmelovaru jsou diskutovány: způsob dávkování a dávky chmele či chmelového výrobku, doba chmelovaru, způsob otopu, teplota a tlak při chmelovaru, konstrukce a materiál varní nádoby.

Z prezentovaných poznatků vyplývá doporučení, aby při návrhu či úpravě technologie chmelovaru byly kromě ekonomického hlediska zodpovědně zvažovány i fyzikálně chemické aspekty. Jinak by mohlo dojít k neočekávaným a nežádoucím změnám v hořkosti i v celkovém senzoreckém charakteru piva.

Чепичка, Я. - Басаржова, Г.: Стратегия современного процесса охмеления. Квас. прум. 39, 1993, № 3, стр. 66 - 69

Статья подытоживает наиболее важные сведения о физических и химических реакциях при хмелеварении, особенно в отношении к хмелевым смолам и эфирным маслам. Из факторов, находящихся место в течение хмелевара обсуждаются: способ дозировки и доза хмеля или хмелевого продукта, время хмелевара, способ отопления, температура и давление при хмелеваре, конструкция и материал варочного чана.

Из представленных сведений вытекает рекомендация, чтобы при проектировании или проведении изменений технологии хмелевара кроме экономических аспектов с ответственностью были учтены и физико-химические аспекты. Иначе могут произойти неожиданные и нетребуемые изменения горькости и суммарного вкусового характера пива.

Čepička, J. - Basařová, G.: Strategies of Modern Hop Boiling. Kvas. prům., 39, 1993, No. 3, pp 66 - 69

The article comprises the most important knowledges about physical and chemical reactions during hop boiling, especially with respect to hop resins and volatile oils. The following factors are discussed: the procedure of hop addition and hopping rate, the time of wort boiling, the form of heating, temperature and pressure during wort boiling, the construction and material of the brewing

vessel. From our knowledges it can be concluded that for a development or a treatment of wort boiling technology it is necessary to take into account, in addition to economic viewpoint, also physico-chemical aspects. Otherwise, some changes in bitterness and the whole sensorial characteristics of beer could occur.

**Čepička, J. - Basařová, G.: Strategie der modernen Hopfung.**  
Kvas. prům. 39, 1993, Nr. 3, S. 66 - 69

Der Artikel bringt eine Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse über die physikalischen und chemischen Reaktionen während des Hopfenkochens, vor allem in Hinsicht auf die

Hopfenharze und Hopfenöle. Von den Faktoren, die während des Hopfenkochens zur Geltung kommen, werden die folgenden diskutiert: Art der Hopfengabe und Dosierung des Hopfens oder des Hopfenpräparates, Dauer des Hopfenkochens, Art der Beheizung, Temperatur und Druck während des Hopfenkochens, Konstruktion und Material der Pfanne (des Kochgefäßes). Aus den präsentierten Erkenntnissen ergibt sich die Empfehlung, bei der Entwicklung oder Modifikation der Technologie des Hopfenkochens neben den ökonomischen Aspekten auch die physikalischen und chemischen Aspekte in Betracht und Erwägung zu nehmen. Andernfalls können unerwartete und unerwünschte Änderungen in der Bitteren und im gesamten sensorischen Charakter des Bieres zustande kommen.