

# MOŽNOSTI OVLIVNĚNÍ KVALITATIVNÍCH PARAMETRŮ MLADINY PŘIPRAVENÉ ROZDÍLNÝM ZPŮSOBEM CHMELOVARU

## POSSIBILITIES OF INFLUENCE OF QUALITATIVE PARAMETERS OF HOPPED WORT PREPARED BY DIFFERENT WAYS OF WORT BOILING

PAVEL ŠEMÍK, MIROSLAV SEKORA, ŠTĚPÁN KOVANDA, Plzeňský Prazdroj, a.s., pivovar Plzeňský Prazdroj

**Klíčová slova:** pivo, mladina, chmelovar, energie

**Keywords:** beer, wort, wort boiling, energy

### 1 ÚVOD

Chmelovar je z hlediska tepelné energie nejnáročnější operací při výrobě piva. Spotřeba tepelné energie ve varně se pohybuje mezi 90–115 MJ/hl vystaveného piva, což je zhruba polovina celkové spotřeby tepelné energie pivovaru.

Z technologického pohledu plní chmelovar několik základních funkcí:

- Sterilizace mladiny
- Denaturace enzymů a zastavení všech dobíhajících enzymových reakcí v sladince
- Převedení důležitých hořkých chmelových látek do roztoku a jejich izomerace
- Přechod chmelových silic odpovědných za chmelové aroma piva do roztoku
- Tvorba chuťových a aromatických látek
- Tvorba reduktonů
- Odpar některých těkavých sloučenin odpovědných za nepříznivé senzorické vjemy piva
- Koagulace bílkovin, polyfenolů a některých dalších látek za tvorby lomu vypadávajícího z roztoku
- Zakoncentrování mladiny na konečnou stupňovitost.

Docílení jmenovaných aspektů lze dosáhnout pomocí různých technologických systémů, které se vyvíjely dle postupujícího technického pokroku a také s ohledem na ceny energií a konkurenční boj.

Zde je třeba zdůraznit, že snaha o maximální optimalizaci při přechodu z jednoho na druhý systém chmelovaru nutně nemusí vést k neměnnému složení mladiny při porovnání s nahrazovaným systémem.

### 2 SYSTÉMY CHMELOVARU A ZVLÁŠTNÍ ASPEKTY VÝROBY MLADINY V TUZEMSKÝCH PIVOVARECH

Technologie výroby mladiny v českých pivovarech se významně liší od technologií používaných ve světě. Svůj vliv na to má samozřejmě tradice, víra v úspěšnosti těchto postupů ve vztahu ke kvalitě, ale také čtyřicetiletá doba izolace před moderním pivovarstvím a současná neuspokojivá ekonomická situace v některých pivovarech. Lze tedy předpokládat, že postupem času se budou i v našich pivovarech objevovat některé

technologické novinky týkající se způsobu provedení chmelovaru, které přinášejí radikální energetické úspory a údajně srovnatelnou nebo i lepší kvalitu vyráběné mladiny.

Kvalita vyráběné mladiny očima světových pivovarů je vyjádřena kromě základních parametrů (barva, extrakt původní mladiny, izosloučeniny, pH, jodové číslo, dosažitelné prokvašení) rovněž parametry jako koagulovatelný dusík (svědčící o míře vysrážení bílkovin),  $\alpha$ -aminodusík (poskytuje informaci o obsahu aminokyselin důležitých pro plynulé kvašení), číslo kyseliny thiobarbiturové (dále TBF vyjadřující míru tepelného zatížení a s tím spojený nárůst obsahu karbonylů) a velice populární dimethylsulfid (DMS), vybraný jako zástupce těkavých látek s nepříznivým vlivem na senzorický vjem piva.

Dle Narzisse [1] jsou bezpečné hodnoty DMS v mladině do 70  $\mu\text{g/l}$ ; hodnoty TBF jsou považovány za excelentní pod 40 jednotek, přijatelné do 60 jednotek. Názory na obsah koagulovatelného dusíku se postupně vyvíjí. Dříve byly za optimální z hlediska koloidní stability považovány hodnoty pod 20  $\text{mg/l}$ , v poslední době (zejména kvůli pěnivosti) se hovoří o optimu mezi 22–25  $\text{mg/l}$ .

Obecně se dá říci, že české slady jsou podstatně méně rozluštěné jak po cytolytické a bílkovinné, tak po polysacharidické stránce. To je společně s aplikovanými vyššími dotahovacími teplotami např. předpoklad k nižšímu obsahu S-methylmethioninu (PDMS), rekursoru tvorby DMS. Pokud vezmeme v úvahu fakt, že běžně užívané dekokční způsoby rmutování v tuzemských pivovarech zahrnují povařování rmutů, je zde další aspekt, který snižuje obsah PDMS a DMS již dříve, než začne chmelovar. Proto parametr DMS má pro české sládky trochu jinou vypovídající hodnotu, stejně jako obsah  $\alpha$ -aminodusíku, kterého je v mladině dostatek i z méně luštěných sladů, pokud se nepoužívá masivní surogace, obvyklá u některých světových pivovarů.

Více rozluštěné slady pak obsahují více rozpustných bílkovin, vyjádřených jako  $\alpha$ -aminodusík nebo rozpustný dusík. Při nesurogovaných várkách (např. při dodržování Reinheitsgebote v Německu) obsahuje mladina vysoké množství aminodusíku, z něhož zůstává vý-

znamná část neutilizována kvasinkami a zbylé aminokyseliny poté podléhají reakcím za tvorby komponent staré chuti, zejména aldehydů.

Energeticky výhodný infuzní způsob rmutování s vystírkou do teplot kolem 60 °C, hojně používaný v zahraničí, je vhodný pro tamější výrazně rozluštěné slady, ale z hlediska konečného obsahu DMS ve studené mladině ho lze považovat za negativní. To se týká samozřejmě všech dalších nepříznivých těkavých látek, které mají šanci při povařování rmutů odejít z mladiny.

Koagulovatelný dusík v studené mladině je v tuzemsku udržován na mírně vyšších hodnotách než ve světě, a to kolem 25–28  $\text{mg/l}$ . Těmito hodnotám je přisuzován podíl na vyšší pěnivosti piva, na druhou stranu se jedná o horší předpoklad koloidní stability piva, která je u nás ale většinou kompenzována delší dobou ležení.

Nevýhodou povařování rmutů i delších, ale méně intenzivních chmelovarů, je vyšší tepelné zatížení mladiny, která je pak bohatší na karbonylové sloučeniny. Tím trpí zejména senzorická stabilita piva.

Česká piva jsou obecně více chmelená než piva zahraniční. Pivovary, které využívají větší podíl aromatického žateckého chmele, a zejména časují poslední dávku těsně před zaražením chmelovaru, produkují piva s výrazným jemným chmelovým aroma. Některé moderní varní způsoby však mohou separovat nejen nepříznivé aromatické látky, jako DMS, 2-fenylethanal, ale také některé z chmelových silic. Tím může utrpět charakter piva.

Kdo se ale při představování nových varních systémů zabýval chmelovými silicemi? Většinou je stále jako hlavní kritérium dostatečného odparu brána pouze koncentrace DMS, přestože i např. nepříznivých sirných sloučenin jsou v mladině a pivu desítky.

### Konvenční systémy chmelovaru

V minulosti byl na mladinových pánevích praktikován klasický var za atmosférického tlaku, kdy k otopu bylo používáno pevné (uhlí), tekuté (topný olej) nebo plynné palivo (zemní plyn) a mladinová pánev byla vyhřívána vzniklými spaliny. Další možností byla pára, která předávala teplo mladině pomocí

duplikátorů nebo trubkových hadů zavedených do vnitřku nádoby.

Tyto neefektivní způsoby chmelovaru byly později, od sedmdesátých let minulého století, zejména po období „ropné krize“, postupně nahrazovány interním vařákem na páru nebo vysokotlakou horkou vodu či externím vařákem.

Interní vařák je stojatý trubkový výměník, kde mladina prochází vnitřkem trubek, ohřívá se k varu a vystupuje do kónického pláště, v jehož horní části je hrdlo, které navádí směs mladiny a vodní páry k rozdělovacímu, různě tvarovanému klobouku. Ten rovnoměrně rozděluje vystupující směs po hladině mladiny v pánvi. Po dosažení varu proudí mladina vařákem na principu termosifonu poháněna pouze tepelnou konvekcí. Pro fázi dosažení varu je vhodné urychlit proces zařazením oběhového čerpadla [2].

Externí vařák je trubkový nebo deskový výměník, kdy mladina je čerpadlem odebírána ze dna pánve, vstupuje do výměníku, kde je ohřívána párou a vzniklá směs mladiny s vodní párou se vrací do vertikální, v ose pánve umístěné trubky, která je podobně jako u interního vařáku zakončena rozdělovacím kloboukem. Externí vařák má vyšší investiční i provozní náklady, mladina je cirkulována po celou dobu chmelovaru oběhovým čerpadlem a je vystavena větším střížným silám. Externí vařák se nemusí proti internímu vařáku tak často čistit a lze velmi přesně regulovat průtok a výstupní teplotu mladiny za vařákem [2].

Postupně se objevovaly také i první systémy využívající nízkotlaký var při tlacích 1,08–1,21 bar a teplotách 102–105 °C i vysokotlaký var při teplotách až 145 °C [3, 4].

V posledních letech došlo k dalšímu rozvoji nových varných systémů, u kterých došlo k drastické redukci odparu z původních celkových více než 16 % při 120minutovém a delším chmelovaru na 4–5 % při délce chmelovaru 35–40 minut. Přesto i za těchto podmínek jsou schopny tyto systémy splnit základní požadavky na chmelovar, definované v první části tohoto sdělení.

### Vysoce moderní systémy chmelovaru

Dynamický nízkotlaký var firmy Huppmann, vyvinutý z konvenčního nízkotlakého vaření, pracuje během hlavní varné fáze s několikanásobnými periodickými fázemi nárůstu a poklesu tlaku. Tento způsob vaření využívá princip expanzního odpařování. Expanduje-li kapalina pod tlakem na nižší tlak, je její bod varu snižován a přitom se uvolňující energie je využita k tvorbě bublin páry. V důsledku tohoto dodatečného odpařování vzniká v mladině vyháněcí (stripovací) plyn, který vypuzuje těkavé komponenty z mladiny. Celkový odpar se pohybuje mezi 4–5 %. Tento systém je v provozu od roku 1996 [3, 4].

Systém Merlin firmy Steinecker pracuje pouze s čtyřprocentním odparem. Chmelovar a odpařování probíhá v tenké vrstvě při stékání mladiny po kónickém dně vytápěném párou. Připojená vířivá kád' pak slouží jako sběrná nádoba, která udržuje teplotu mladiny a uzavírá vlastní cyklus. Do vířivé kádě je mladina čerpána středem nádoby kvůli homogenizaci a zároveň tangenciálně, takže již během varu dochází k rotaci a vyloučení části hrubých kalů. Během 35–40 minut varu je mladina asi čtyřikrát přečerpána přes kónickou výhřevnou plochu. Po krátké desetiminutové prodlevě ve vířivé kád' je mladina čerpána k chladiči ještě jednou stripována přes kónické dno, kdy dojde k dalšímu odparu některých nežádoucích těkavých sloučenin [5, 6].

Systém Schoko firmy Kaspar Schulz využívá šedesátiminutovou horkou prodlevu mezi 97–99 °C, kdy dochází zhruba pouze k jednorázovému odparu a dodané teplo neslouží k zajištění intenzity, ale pouze k udržování teploty varu. Po separaci kalů ve vířivé kád' prochází mladina cestou k chladiči tangenciálně přes expanzní odpařovák, kde je udržován podtlak 300 mbar absolutních. Kapalina se po vstupu uvede do rotace, proudí podél stěn jako tenký film a přechází do válcové rozšířené části. Během tohoto procesu dochází k odpaření sedmi procent přivedeného množství mladiny. Mladina se odpařením ochladí na 63 °C a takto přichází do chladiče [7].

Firma Ziemann vyvinula systém chmelovaru s běžným varem pomocí interního nebo externího vařáku a separací kalů ve vířivé kád' s následným expanzním odpařením za absolutního tlaku 600 mbar. Vlastní var trvá 40–50 minut s odparem kolem čtyř procent, po separaci kalů probíhá odpaření ve vakuovém odpařováku kolem dvou procent [8].

Meura nabízí obdobný systém s tím rozdílem, že namísto vakuového odpařováku je používána stripovací kolona, kde protiproudě běží tok mladiny a páry [8].

Varioboil je další systém německé firmy Nerb, který využívá šedesátiminutový chmelovar s externím vařákem. Následuje vakuové odpaření s poklesem teploty na 85 °C, a teprve poté separace kalů ve vířivé kád' [8, 9].

Další možností je vaření za vysokých teplot, kdy je mladina ve třech stupních postupně zahřívána až na 130–140 °C. Tato teplota je udržována po dobu 2,5–3 minut, a poté je mladina zchlazena ve dvou stupních (na 117 a 100 °C) pomocí podtlaku. Následně jsou separovány kaly. Celkový odpar se pohybuje mezi 6–8 procenty [8].

V průběhu devadesátých let firma Huppmann experimentovala také s mikrovlnnou technologií chmelovaru. Mikrovlny jsou vyráběny separátním generátorem a poté přiváděny do pánve [9].

### 3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

V našich podmínkách jsme se zaměřili na základní způsoby provedení chmelovaru:

- Klasický chmelovar s přímým otopem dna pánve spaliny zemního plynu (ZP)
- Chmelovar s otopem párou systémem trubek vedených uvnitř mladiny nové pánve (PA)
- Chmelovar s interním vařákem bez oběhového čerpadla (s přirozenou konvekcí) (IV)
- Chmelovar s externím vařákem a nuceným oběhem (EV).

Jednalo se tedy vesměs o systémy používané v tuzemských pivovarech.

Analytická měření probíhala podle následujících metod:

- Extrakt (přístroj SCABA, vzorce dle EBC, ASBC)
- Barva (přístroj SCABA, EBC)
- Izosloučeniny (přístroj SKALAR, vlastní metodika „flow injection“)
- Chmelové silice (plynová chromatografie, hmotnostní detektor, metodika VŠCHT)
- T150 (metoda elektronové spinové rezonance, SABMiller)
- Čiřost (přístroj DATTS 2000, Dientsbier a Sladký)
- Redukující cukry a dextriny (metodika dle Schoorla, Piv.-slad. Analytika 2 – 6.9.2.
- $\alpha$ -Aminodusík (přístroj SKALAR, vlastní metodika „flow injection“)
- Koagulovatelný dusík (MEBAK 2.8.2.)
- DMS a PDMS (modifikovaná metoda Polar, VÚPS)
- 5-Hydroxymethylfurfural a 2-furfural (metodika VÚPS)
- 2-Methylbutanal a 2-hexanal (modifikovaná metoda EBC/Congress 1993)
- TBF (MEBAK 2.4.).

#### První fáze testů

Před zahájením této fáze testů bylo porovnáváno složení sladiny, aby byl vyloučen vliv odlišných podmínek rmutování. Pro všechny provozní várky byly vždy použity stejné suroviny-varní voda, slad i chmel. Složení šrotu bylo rovněž identické. Použit byl šestiválcový šrotovník s kondicionováním vlažnou vodou.

Protože u prvních třech případů srovnání chmelovarů byla sladina připravena identickým rmutováním na měděných varných nádobách s přímým otopem, složení sladiny bylo prakticky shodné. Test chmelovaru s externím vařákem pracoval se sladinou, která byla vyrobena rmutováním v nerezových nádobách s otopem párou, a proto bylo nutné optimalizovat rmutování tak, aby se složení sladiny max. přiblížilo ostatním sladinám. Došlo tak k úpravám gradientů zahřívání rmutů; tyto úpravy však neměly

vliv na vlastní porovnávání chmelovarů. Doba čerpání, odpočinku ve vířivé kádii a spílání byla obdobná.

Cílem první fáze testů bylo optimální nastavení časů chmelovaru pro stejnou sladinu v různých podmínkách varu dle změn vybraných analytických parametrů. Během chmelovaru, který byl u všech systémů nastaven až na 135 minut, byly po patnácti minutách odebrány vzorky na stanovení koagulovatelného dusíku (KN), čísla kyseliny thiobarbiturové (TBF) a hořkost (vyjádřenou jako MJH). Poté byly stejné parametry změřeny během spílání mladiny. Výsledky jsou zpracovány graficky na obr. 1–4, znázorněny jsou průměry ze tří opakování.

Byly vytvořeny křivky poklesu koagulovatelného dusíku a nárůstu tepelného zatížení a hořkosti v průběhu chmelovaru a během čerpání, separace kalů a spílání u různých varných systémů. Ideální hodnoty koagulovatelného dusíku leží mezi 22–25 mg/l, tepelné zatížení vyjádřené jako TBF by mělo být co nejnižší při dobré výtěžnosti chmelovaru [11]. Na základě získaných křivek a těchto předpokladů byla stanovena ideální doba chmelovaru pro vyráběnou mladinu a externí vařák na 85 minut, pro interní vařák 110 minut a ZP a PA 135 minut.

### Druhá fáze testů

Pro testy byla použita stanovená doba chmelovaru z první části a bylo upraveno chmelení dle výsledků intenzity izomerace tak, aby hotová mladina byla v parametru hořkosti srovnatelná. Protože výsledky variant ZP a PA byly naprosto srovnatelné, v druhé fázi jsme pokračovali v testech pouze u varianty ZP.

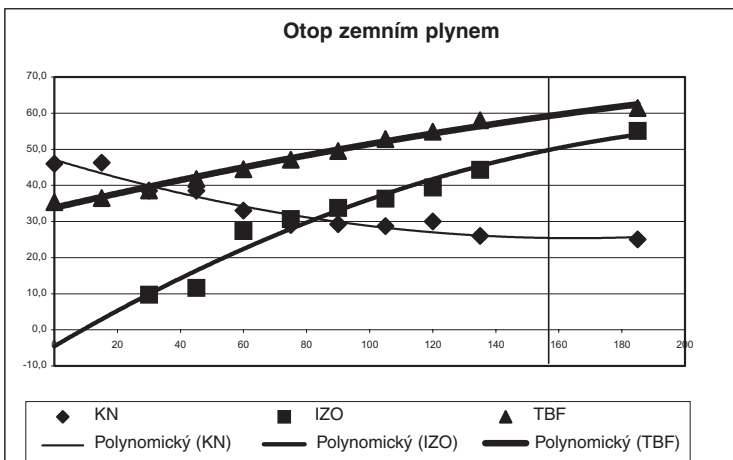
Cílem této fáze testů bylo proměřit obsah dalších důležitých veličin, zejména těkavých látek, během chmelovaru. Protože TBF vyjadřuje velice hrubě a nespecificky obsah karbonylových sloučenin, zajímali jsme se i o některé přímo vybrané karbonylové sloučeniny. Opět byly provedeny tři série pokusů. Některé veličiny byly měřeny i v předku.

V tab. 1 jsou uvedeny hodnoty týkající se času chmelovaru, odparu a použité dávky  $\alpha$ -hořkých kyselin, která byla nastavena dle účinnosti izomerace v první fázi testů:

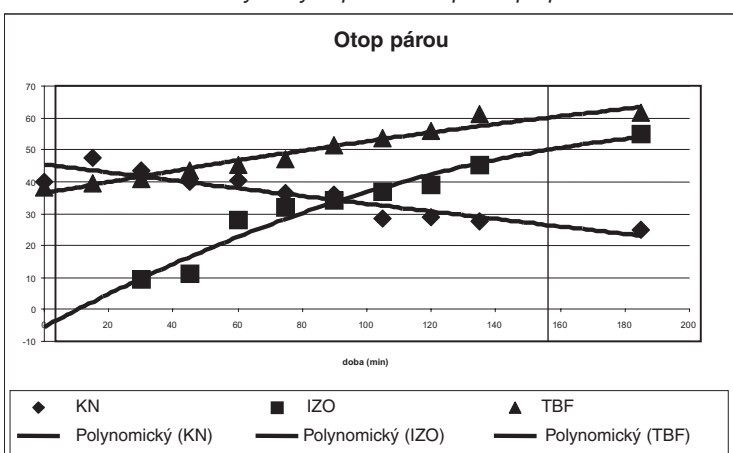
Tab. 1 Výsledky hodnot vybraných parametrů pomocí různých varných systémů

Parametr	Jednotka	ZP Ø	EV Ø	IV Ø
Celková doba chmelovaru	min	136	87	110
Celkový odpar	%	15,7	12,32	11,65
Odpar za 60 min	%	7,95	9,24	6,5
Dávka $\alpha$ -hořkých kyselin	g/hl st.ml.	9,8	10,73	13,37

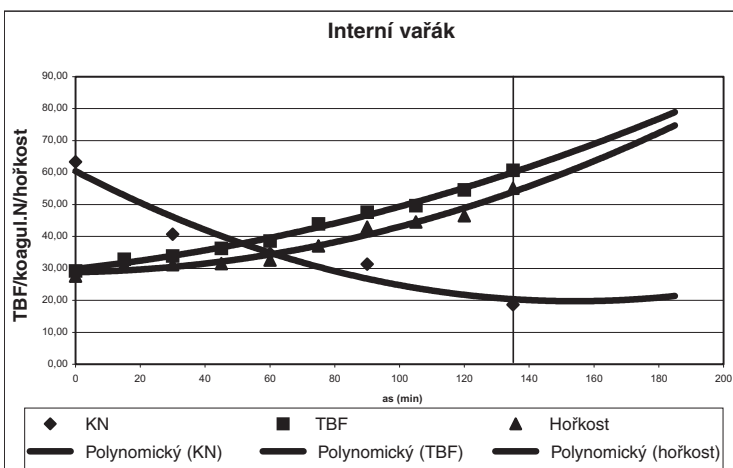
Obr. 1 Průběh hodnot vybraných parametrů při otopu zemním plynem



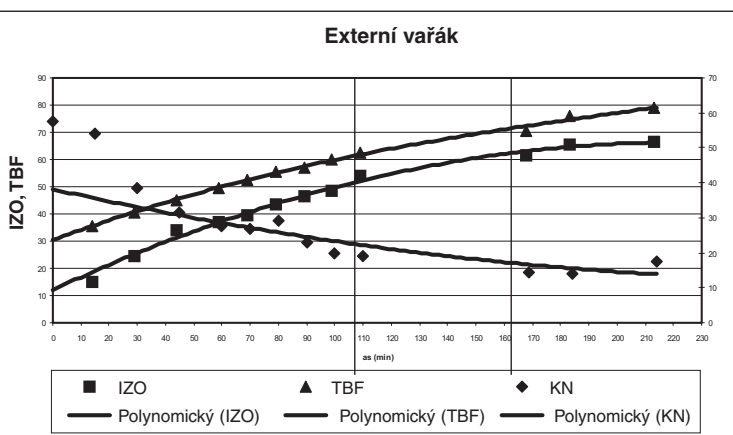
Obr. 2 Průběh hodnot vybraných parametrů při otopu párou



Obr. 3 Průběh hodnot vybraných parametrů při využití interního vařáku

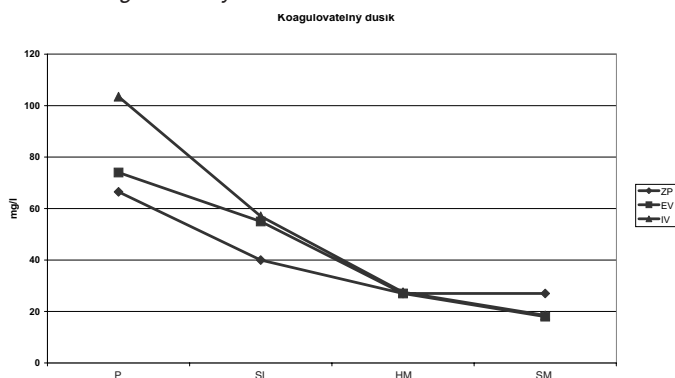


Obr. 4 Průběh hodnot vybraných parametrů při využití externího vařáku

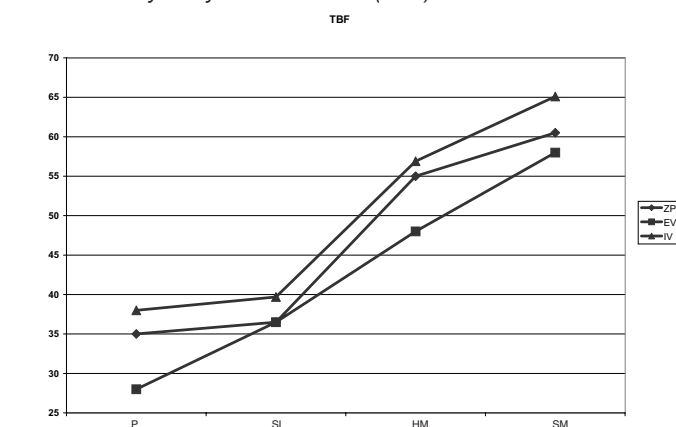


Vývoj hodnot některých parametrů během chmelovaru v porovnání se získanou studenou mladinou je patrný na *obr. 5–15*. U některých parametrů je pro informaci uvedena i hodnota v předku.

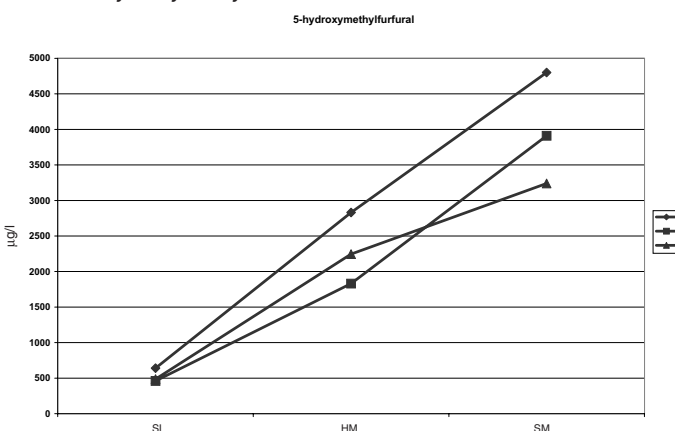
Obr. 5 Koagulovatelný dusík



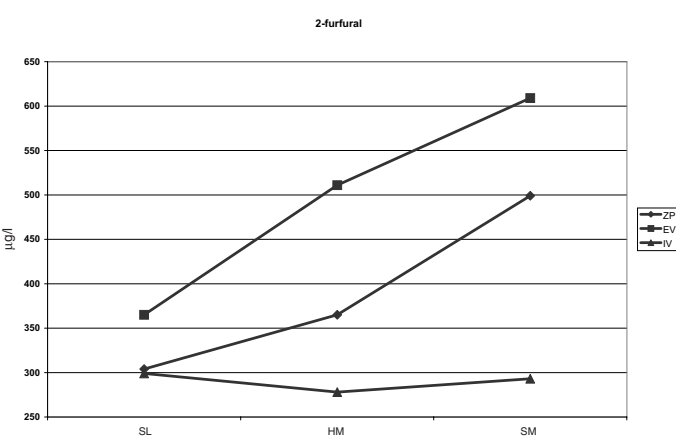
Obr. 6 Číslo kyseliny hiobarbiturové (TBF)



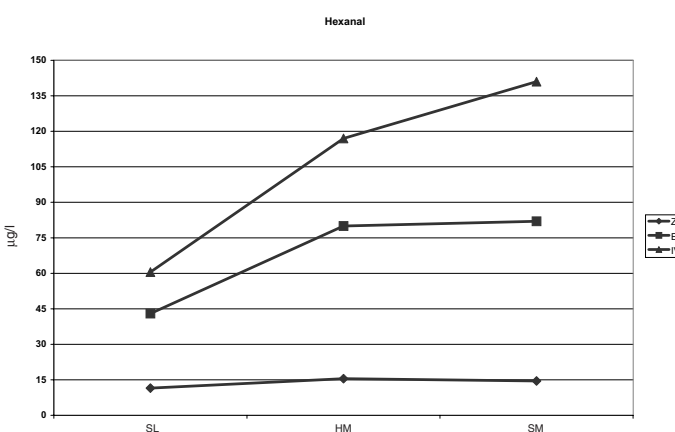
Obr. 7 5-Hydroxymethylfurfural



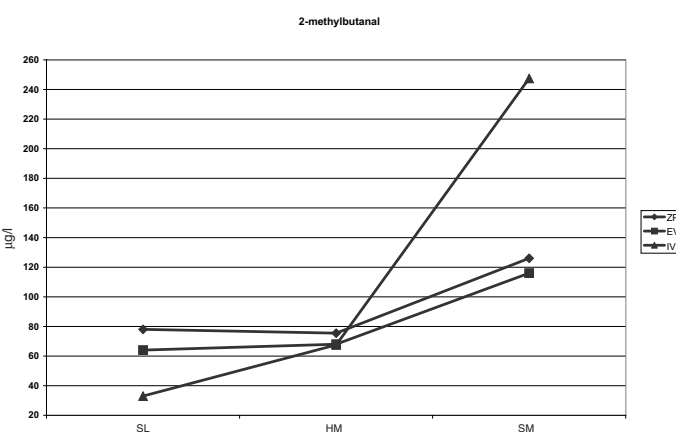
Obr. 8 2-Furfural



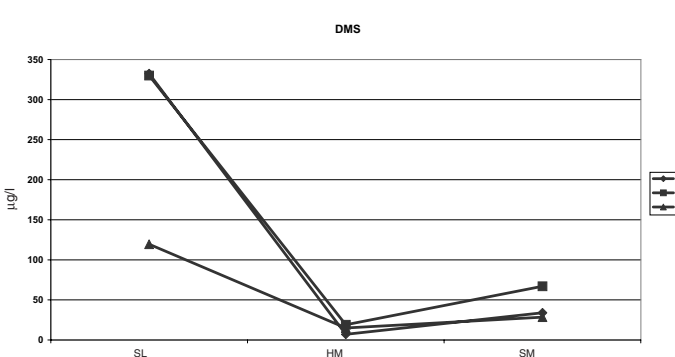
Obr. 9 Hexanal



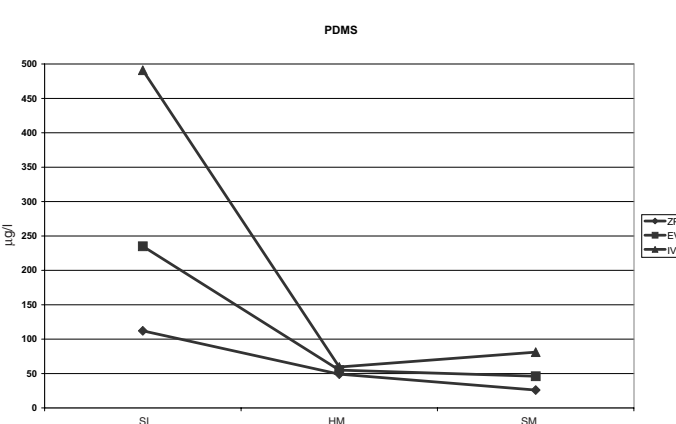
Obr. 10 2-Methylbutanal



Obr. 11 DMS



Obr. 12 PDMS





Některé další výsledky, jako obsah chmelových silic, množství hydroxylových radikálů a další, jsou pak uvedeny v tab. 2 a 3. Grafům i tabulkám se podrobněji věnuje diskuse v části 4.

Tab. 2 Analytické výsledky horké mladiny

Parametr	Jednotka	ZP Ø	EV Ø	IV Ø
Extrakt	% hm.	12,20	12,25	12,23
T 150 (ESR)	–	43 500	34 000	34 500
Chmel. silice				
Uhlovodíková frakce celkem	µg/l	40	46	86
Kyselinová frakce celkem	µg/l	24	56	68
<b>Celkem</b>	µg/l	<b>64</b>	<b>102</b>	<b>154</b>

Tab. 3 Analytické výsledky studené mladiny

Parametr	Jednotka	ZP Ø	EV Ø	IV Ø
Extrakt	%hm.	12,10	11,93	12,14
Čiřost horké mladiny	EBC	15,15	13,95	x
Čiřost studené ml. (90,20°)	EBC	77/65,7	68/55	x
Poměr red. cukru/dextriny	-	7,50	7,82	8,16
α-Aminodusík	mg/l	219	231	281
T150 (ESR)	-	68 500	51 500	62 000
Chmel. silice				
Uhlovodíková frakce celkem	µg/l	20	39	59
Kyselinová frakce celkem	µg/l	29	53	44
<b>Celkem</b>	µg/l	<b>49</b>	<b>92</b>	<b>103</b>

Použité zkratky: P – předek, SL – sladina, HM – horká mladina, SM – studená mladina

#### 4 DISKUSE VÝSLEDKŮ

**Intenzita varu a odpar:** Největší intenzita varu byla podle očekávání zaznamenána na EV, což jen potvrdilo oprávněnost nejkratší zvolené doby chmelovaru u této technologie. Celkový odpar tak u EV byl i při kratší době chmelovaru jen mírně nižší, a to 11,9 %, u IV pak 11,7 %. Větší odpar, než jsme předpokládali, byl u ZP, a to 15,7 %, což bylo v rozporu s předcházejícími výsledky. Zde se přece jen projevila závislost intenzity otevřeného atmosférického varu na okolním tlaku.

Protože spílání U EV v důsledku problémů na CKT trvalo neúměrně dlouho: 104 a 108 minut (zhruba o 30 minut déle), byly výsledné parametry studené mladiny rovněž ovlivněny touto skutečností.

**Změny obsahu koagulovatelného dusíku:** Po skončení chmelovaru byly výsledky u všech systémů prakticky to-

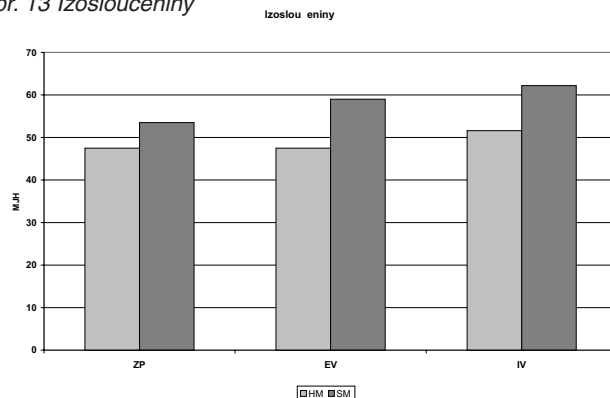
žné: 27 mg/l, což byl náš záměr. Zatímco během dalších operací s mladinou byl pokles na varně s ZP jen minimální – na 25 mg/l, na varně s EV došlo k razantnímu poklesu o 9 mg/l, na 18 mg/l z důvodu delšího spílání (viz výše). Měření na varně s IV – 18,5 mg/l ukázalo nižší hodnotu, než je cílem.

**Tepečné zatížení mladiny a tvorba karbonylových látek:** Zkrácením chmelovaru výrazně klesla hodnota TBF po chmelovaru na EV na 48. Doba odpočinku ve vířivé kádí za vysoké teploty kolem 98 °C v souladu s předpoklady zapříčinila nárůst na hodnotu 58 po spílání. Hodnoty pod 60 jsou považovány za standardní [11]. Další pokles těchto hodnot dle našich zkušeností nastává se snížením teploty páry, zkrácením ohřevu sladiny instalací deskového výměníku, zkrácením času spílání s větším chladičem nebo instalací předchlazení mladiny před vířiv-

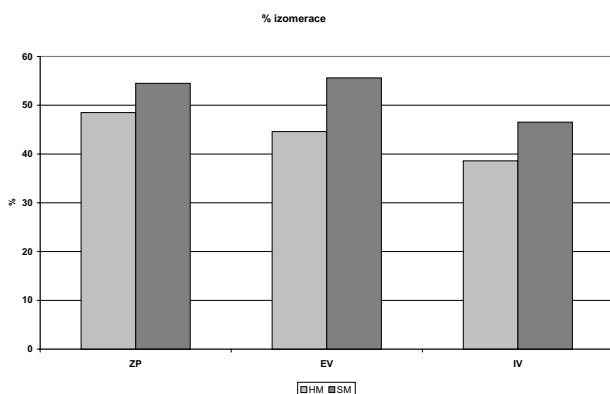
vou kádí. Tyto systémy jsou v současné době rovněž předmětem našeho experimentálního zájmu. Ostatní testované systémy chmelovaru vzhledem k délce varu vykazovaly vyšší hodnoty TBF.

Další indikátory tepelného zatížení, které byly sledovány, jsou 5-hydroxymethylfurfural (HMF) a 2-furfural. HMF by měl být ve sladině v množství nejvýše 1000 µg/l. To bylo splněno na všech varnách, i když výsledky ze ZP byly vyšší. Hodnoty ve studené mladině by se měly pohybovat v rozmezí 3000–5000 µg/l. U ZP, kde var je delší a za přístupu vzduchu, byly hodnoty vyšší (4800). Hodnoty HMF korelovaly s TBF a zdá se, že pro další účely není potřeba stanovovat obě veličiny. Zajímavý je obsah 2-furfuralu, který byl vyšší u EV už před chmelovarem než u systémů IV a ZP, a i po skončení chmelovaru a v studené mladině byly naměřeny vyšší hodnoty (609 proti

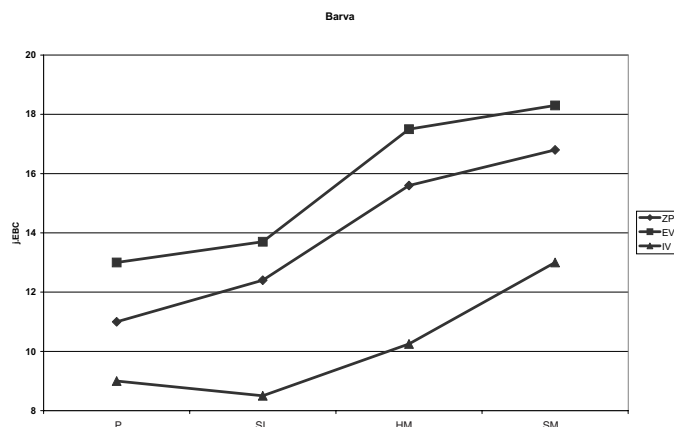
Obr. 13 Izosloučeniny



Obr. 14 Výťažnost hořkých látek



Obr. 15 Barva



499 µg/l u ZP a 293 u IV). Zajímavé je, že na varně s IV jeho obsah stoupl pouze minimálně. Furfural má bod varu 162 °C a je spolu s HMF produktem Maillardových reakcí nebo tepelného rozkladu sacharidů v kyselém prostředí. Obsah furfuralu nekoreloval překvapivě s HMF a TBF.

Hexanal vzniká při enzymatickém odbourání mastných kyselin, zejména z kyseliny linolové během rmutování a chmelovaru. Jeho bod varu je 130 °C. Před chmelovarem jsou udávány standardní hodnoty 80–140 µg/l, během varu vytěkává a při spílání zůstává již konstantní 10–20 µg/l [9]. U IV jsme naměřili takovéto hodnoty, pouze hodnota před chmelovarem byla výrazně nižší, než studoval Krottenthaler et al. [9], zřejmě díky intenzivnímu dekokčnímu způsobu rmutování. Na varnách s EV i IV byla hodnota před chmelovarem rovněž v souladu s literaturou (43 a 60), ale během chmelovaru došlo k nárůstu na 80, resp. 117, což se potvrdilo i měřením ve studené mladině. Obsahy hexanalů mohou být rovněž ovlivněny intenzitou vyslazování mláta a významnějším přechodem lipidických složek do sladin.

2-Methylbutanal je tvořen z aminokyseliny isoleucinu Streckerovým štěpením a jeho obsah v mladinách stoupá s proteolytickým rozluštěním sladu. Krottenthaler et al. [9] uvádí jako standardní hodnoty 120–350 µg/l před chmelovarem, 30–40 µg/l po chmelovaru a nárůst na 40–60 µg/l během spílání ve studené mladině. Námi naměřené hodnoty na obou varnách ukazují velmi nízký obsah před chmelovarem a v podstatě stejné hodnoty i po chmelovaru na všech varnách, což je v rozporu s Krottenthalerem. Během spílání pak 2-methylbutanal dále roste v souvislosti s procesy čerpání do vířivé kádě, dobou odpočinku a spílání.

**Změny obsahu hořkých látek a chmelových silic:** Zkrácená délka varu po první fázi testů u EV v podstatě nepřinesla snížení výtěžnosti hořkých látek (podíl mezi naměřeným obsahem izosloučenin vyjádřeným jako MJH a použitou dávkou α-hořkých kyselin) během chmelovaru, která zůstala na úrovni 51–52 %. Příčinou výrazného nárůstu hořkosti během dalších operací až na 60 MJH, tj. 64 % izomerace, bylo pravděpodobně dlouhé spílání z důvodu problémů na CKT. U IV jsme opět zaznamenali nízké využití hořkých látek, a to cca o 8–10 %. Proto i dávka chmele vztažená na hl je o cca 30 % vyšší než u ostatních systémů. Tento jev bude vyžadovat další zkoumání, protože procentické složení všech tří dávek chmele bylo identické a čas dávkování byl rovněž volen tak, aby byl vzhledem k délkám chmelovarů prakticky identický.

Výsledky obsahu chmelových silic jsou udávány spíše jako orientační. Bohužel současná metodika stanovení po-

mocí GC-MS neposkytuje zatím dostatečně reprodukovatelné výsledky. Zde bude náš výzkum pokračovat.

**Změny obsahu DMS a PDMS:** U ZP díky velkému odparu, ale i u EV se hodnoty DMS pohybují pod bezpečnou hladinou. Narziss udává jako dostačující hodnoty pod 70 µg/l DMS v studené mladině [1], Krottenthaler pod 100 µg/l [9]. Námi naměřené hodnoty jsou 29 µg/l u IV, 34 µg/l u ZP a 67 µg/l u EV. I obsah prekurzoru je nízký. To zřejmě souvisí také s varem rmutů při dekokčním rmutování.

**Antioxidační vlastnosti mladiny:** Naměřené hodnoty obsahu hydroxylových radikálů pomocí ESR (T150) u hořkých i studených mladin byly velice dobré: 43 000 horká a 68 000 studená u ZP, 34 000 horká a 51 000 studená u EV a 34 500 horká a 62 000 studená u IV. Nárůst hodnot mezi horkou a studenou mladinou opět souvisí s časem po chmelovaru ve vířivé kádi, kdy je mladina vystavována vysokým teplotám.

## 5 ZÁVĚR

V teoretické části byly shrnuty vlastnosti nově zaváděných moderních a intenzivních technologií chmelovarů. Praktická část poukázala na to, že vytvořením kalibračních křivek základních analytických parametrů mladiny lze stanovit potřebnou dobu chmelovaru na různých systémech dle intenzity varu. Zároveň byla naznačena cesta k sledování i dalších parametrů, které popisují kvalitu vyráběné mladiny a jež považujeme za neméně důležité. Těm zatím není v literatuře věnována taková pozornost. Týká se to zejména chmelových silic, obzvláště důležitých pro česká piva stavená na použití žateckého chmele.

Zpráva by měla sloužit k zamyšlení hlavně těm, kteří plánují rekonstrukci či budování nového systému chmelovaru.

## Literatura

- [1] Narziss, L., Die Bierbrauerei: Die Technologie der Würze bereitung, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1992.
- [2] Kosař, K., Procházka, S. a kolektiv autorů.: Technologie výroby sladu a piva, Výzkumný ústav pivovarsko-sladařský, Praha 2000.
- [3] Kaltenberg, B., Hackensellner, T.: Zeitgemässe Würzekochung, Brauindustrie 86, 2001, s. 18–22.
- [4] Hackensellner, T.: Würzebereitung mit dynamischer Niederdruckkochung, Brauindustrie 86, 2001, s. 14–16.
- [5] Schwill – Miedaner, A., Miedaner, H.: Würzekochung – heutiger Stand der Technologie und Technik, Brauwelt 141, 2001, s. 670–672.
- [6] Weinzierl, M., Miedaner, H., Stippler, K., Wasmuth, K., Englmann, J.: Merlin – A New Wort Boiling system, Techn. Q. Master Brew. Assoc. Am. 37, 2000, s. 383–391.
- [7] Binkert, J., Haertl, D.: Neues Würzekochsystem mittels Expansionsverdampfung, Brauwelt 141, 2001, s. 1494–1503.
- [8] Mezger, R., Krottenthaler, M., Back, W.: Moderne Würzekochsysteme – ein Überblick, Brauwelt 143, 2003, s. 93–99.
- [9] Krottenthaler, M., Hartmann, K., Back, W.: Use of a flash evaporator for wort treatment, Brauwelt Int. 2001 (6) s. 457–459.
- [10] Herrmann, H., Vollhals, B.: Wort boiling with Microwave technology, Techn. Q. Master Brew. Assoc. Am. 37, 2000, s. 351–357.
- [11] Hackensellner, T.: Dynamic low-pressure boling – optimised energy and process engineering, Brauwelt Int. 2001 (6), s. 462–466.

Lektoroval: Ing. Alexandr Mikyška  
Do redakce došlo 9. 6. 2003

**Šemík, P. – Sekora, M. – Kovanda, Š.: Možnosti ovlivnění kvalitativních parametrů mladiny připravené rozdílným způsobem chmelovaru.** Kvasny Prum. 49, 2003, č. 10, s. 296–303.

Chmelovar je v poslední době jednou z nejdiskutovanějších oblastí technologie výroby piva. Je to zejména z důvodu vysoké energetické náročnosti, neboť při chmelovaru je spotřebováno 35–40 % veškeré tepelné energie potřebné na výrobu piva. Proto byly vyvinuty nové úsporné systémy, pracující s nižším celkovým odparem. Přitom by ale měly být zachovány všechny kvalitativní parametry vyjádřené mladiny. Jako porovnávací mechanismy mezi různými varnými systémy se používají obsah dimethylsulfidu, koagulovatelný dusík a tepelné zatížení mladiny, vyjádřené jako číslo kyseliny thiobarbiturové. Mladina však obsahuje stovky dalších těkavých sloučenin, které se významnou měrou mohou podílet na senzorické kvalitě piva.

V rámci práce byla nejprve pomocí uvedených základních kritérií sledována intenzita chmelovaru na různých konvenčních systémech obvyklých v českých pivovarech: atmosférický chmelovar přímým otopem zemním plynem, atmosférický chmelovar s otopem párou a chmelovary pomocí externího a interního vařáku. Byly sestaveny křivky sledovaných parametrů v závislosti na čase chmelovaru a nastaveny optimální časy pro jednotlivé varné systémy tak, aby mohlo dojít k porovnání naměřených dat. V druhé části práce pak byly porovnávány některé další analytické parametry hotových mladin, jako chmelové silice nebo některé aldehydy.

Výsledky testů naznačily, že při přechodu mezi v tuzemsku používanými konvenčními způsoby chmelovaru lze dosáhnout po optimalizaci stejných základních kvalitativních parametrů mladiny. Hlubší optimalizaci pak vyžaduje úprava varních systémů a technologických postupů z hlediska některých dalších pomocných analytických ukazatelů.

**Šemík, P. – Sekora, M. – Kovanda, Š.: Possibilities of Influence of Qualitative Parameters of Hopped Wort Prepared by Different Ways of Wort Boiling.** Kvasny Prum. 49, 2003, No. 10, p. 296–303.

Recently, wort boiling has been one of the most discussed field of beer brewing technology. This is especially due to a high energy intensity, since 35 to 40 % of the total heat





# ProjectSoft

Kubcova 211  
500 04 Hradec Králové  
info@projectsoft.cz  
tel.: 495 533 512  
fax: 495 533 582

Dovolujeme si Vás pozvat  
na Evropský odborný veletrh nápojového průmyslu

**BRAU Beviale 2003**

Norimberk / Německo, 12.-14.11., hala 7 / stánek 334

*Technologický a strojní inženýring*

*Průmyslová automatizace*

*Výrobně-technologické informační systémy*

energy necessary for beer production is consumed during wort boiling. Therefore, new energy-saving systems have been developed, working with a lower total vapourization. Together with that, all the qualitative parameters of finished wort should be preserved. As comparative mechanisms among various boiling systems, the contents of dimethyl sulfide, coagulable nitrogen and heat load are used, expressed as a number of thiobarbituric acid. But hopped wort contains hundreds of other volatile compounds that can influence sensorial quality of beer significantly.

In the work, the intensity of wort boiling on different conventional systems usually used in Czech breweries was monitored by means of the above mentioned basic criteria: atmospheric wort boiling with natural gas direct heating, atmospheric wort boiling with steam heating and wort boiling with an external an internal boiler systems. Curves of the parameters being monitored were made up in dependence on wort boiling time and optimum times were set for individual boiling systems so that the data measured could be compared. In the second part of the work, some other analytical parameters of finished worts were compared, such as hop oils or some aldehydes.

The results of the tests showed that at the change-over among the conventional ways of wort boiling used in this country, it was possible to reach the same basic qualitative parameters of finished wort after optimization. A deeper optimization than requires the modification of the boiling systems and technology procedures from the point of view of some further auxiliary analytical parameters.

In der letzten Zeit wird das Hopfenkochen zu den meistdiskutierten Themen der Bier-technologie geworden. Weil beim Hopfenkochen werden 35-40 % der gesamten Wärmeenergie verbraucht, wurden eine neue sparsame Verfahren entwickelt, die mit einer kleineren Abdampfung arbeiten. Bei diesem neuen und sparsamen Prozess sollten jedoch alle qualitative Parameter der ausgeschlagenen Würze beibehalten werden. Als die Vergleichsparameter unter verschiedenen Kochsystemen wurden Dimethylsulphidinhalt (DMS), koagulierbarer Stickstoff und die thermische Würzebelastung (Thiobarbiturzahl) ausgewählt. Die Würze enthält jedoch Hunderte von anderen flüchtigen Verbindungen, die die Bierqualität beeinflussen können.

Mittels von obigen angeführten Parameter wurde die Intensität des Hopfenkochens verfolgt, es wurden die klassische Kochgarnitur in verschiedenen tschechischen Bierbrauereien angewandt, die bei den herkömmlichen Kochparametern arbeiteten, z.B. Erdgasbeheizung, Atmosphärendruck, internal- und external Kocher. In Abhängigkeit von dem Zeitverlauf des Hopfenkochens wurden für die individuelle Kochgarniture die Werten von gemessenen Parametern als die Kurven so dargestellt, dass ein Vergleich von festgestellten Dateien zusammengefasst werden konnte. In dem zweiten Teil der Arbeit sind einige weitere analytische Parameter der ausgeschlagenen Würzen verglichen worden, z.B. Aldehyde oder Hopfenöle.

Die Ergebnisse von Versuchsarbeiten haben jedoch es gezeigt, dass beim Übergang unter herkömmlichen im Inland angewandten Verfahren des Hopfenkochens die gleiche qualitative Grundparameter nach einer Optimierung gezielt werden können. Aus dem Gesichtspunkt von einigen anderen analytischen Parametern heraus verlangt eine tiefere Optimierung Hopfenkochsystems- und Verfahrensaufbereitung.

**Шемик, П. – Секора, М. – Кованда, Ш.:  
Возможность влияния на качественные параметры неохмеленного сусла, подготовленного разным способом варки.** Kvasny Prum. 49, 2003, No. 10, стр. 296–303.

В настоящее время в технологической области производства пива очень часто ведется дискуссия над проблематикой варки, именно над потреблением энергии, так как для варки потребляется 35–40 % общей тепловой энергии, нужной для производства пива. Поэтому были разработаны новые экономичные системы, работающие с более низким общим испарением. Однако следует сохранить все качественные параметры получаемого сусла. Сравнительными механизмами между разными системами варки служат содержание диметилсульфида, коагулируемый азот и тепловая нагрузка сусла, выраженная числом кислоты тиобарбитуровой. Однако сусло содержит сотни других летучих соединений, участвующих в значительной степени в сенсорическом качестве пива.

В рамках настоящей работы была сначала исследована при помощи указанных критериев интенсивность варки на разных системах, употребляемых на чешских пивзаводах: атмосферное кипячение с прямым отоплением природным газом, атмосферное кипячение с отоплением паром и кипячение с отоплением внешним или внутренним кипятильником. Были построены диаграммы исследуемых параметров в зависимости от времени продолжения варки и установлено оптимальное время для отдельных систем варки так, чтобы дать возможность сравнивать измеренные данные. Во второй части работы сравнивались некоторые другие аналитические параметры готового сусла, как напр. хмелевое масло или некоторые альдегиды.

Из полученных результатов вытекает, что при переходе между на Родине применяемыми способами кипячения можно достичь путем оптимизации одинаковых основных качественных параметров сусла. Более тщательная оптимизация нужна у систем и технологических процессов, относящихся к некоторым другим вспомогательным аналитическим показателям.

**Šemík, P – Sekora, M. – Kovanda, Š.: Die Beeinflussungsmöglichkeiten von Parametern der durch verschiedene Verfahren hergestellten Würze.** Kvasny Prum. 49, 2003, Nr. 10, S. 296–303.