

Podmienky chmeľovaru a chmeľové preparáty

MARIANA CVENGROSCHOVÁ - DANIELA ŠMOGROVIČOVÁ

SÚHRN. Varenie sladiny s chmeľom - chmeľovar, patrí k dôležitým úsekom výroby piva. Z technologického pohľadu zabezpečuje sterilizáciu mladiny, denaturáciu enzýmov, prechod horkých chmeľových látok a chmeľových silíc do roztoku, koaguláciu proteínov, polyfenolov a niektorých ďalších látok za tvorby „lomu“ vypadávajúceho z roztoku a zakonzentrovanie mladiny na konečnú stupňovitosť. Článok prináša prehľad jednotlivých faktorov ovplyvňujúcich kvalitu hotovej mladiny (trvanie chmeľovaru, teplotu, odpar, pH, použitý typ chmeľu, a diskutuje o použití netradičných chmeľových preparátov pripravených izomerizáciou a hydrogenáciou a ich vplyvu na kvalitu mladiny a piva.

KLÍČOVÉ SLOVÁ: chmeľovar; mladina; chmeľové preparáty

Chmeľovar je jedným z dôležitých krokov procesu prípravy mladiny. Samotný proces a kvalita hotovej mladiny je ovplyvnená mnohými faktormi, ako napríklad trvaním chmeľovaru, teplotou chmeľovaru, dávkovaním chmeľových preparátov v čase, pH a aj druhom použitého chmeľového prípravku. Celý priebeh chmeľovaru ovplyvňuje následne kvalitu hotovej mladiny a hotového produktu - piva. K najdôležitejším fyzikálnym a chemickým reakciám pri chmeľovare patrí predovšetkým:

- inhibícia enzýmových aktivít teplom a s tým súvisiace determinácie sacharidového zloženia mladiny a oxidoredukčnej kapacity mladiny;
- sterilizácia mladiny teplom s inhibíciou reziduálnej mikroflóry z vody, sladu, chmeľu a surogátu;
- koagulácia a flokulácia dusíkatých látok s vyššou molekulovou hmotnosťou teplom a interakciami s ostatnými zložkami;
- interakcie dusíkatých a sacharidových zložiek mladiny za tvorby reduktónov a farebných látok;

Ing. Mariana CVENGROSCHOVÁ, Pivovar Šariš a. s., Pivovarská 9, 082 21 Veľký Šariš.

Ing. Daniela ŠMOGROVIČOVÁ, Phd., Katedra biochemickej technológie, Fakulta chemick-
ej a potravinárskej technológie STU, Radlinského 9, 812 37 Bratislava.

Korešpondujúci autor: Ing. Mariana CVENGROSCHOVÁ,

E-mail: mariana.cvengroschova@saris.sabmiller.com

- oxidačné reakcie, s ktorými súvisia zmeny mnohých zložiek extraktu, predovšetkým polyfenolov a následne farby a koloidej stability piva;
- odparenie časti vody a skoncentrovanie mladiny na požadovanú hodnotu;
- oddestilovanie časti chmeľových silíc, oxidačných produktov a teplotou podmienených reakcií s vodnou parou [1].

Článok prináša prehľad faktorov pri chmeľovare ovplyvňujúcich kvalitu mladiny a hotového produktu - piva a prehľad v súčasnosti používaných druhov chmeľu v pivovarníctve. Diskutuje sa o trvaní a teplote chmeľovaru, dávkovaní chmeľových preparátov a pH. Článok sa zaoberá jednotlivými chmeľovými preparátmi, chmeľovými granulátmi, extraktami a upravovanými chmeľovými preparátmi pomocou izomerizácie a hydrogenácie a ich vplyvom na kvalitu hotového produktu.

Trvanie chmeľovaru

Trvanie a teplota chmeľovaru ovplyvňujú okrem izomerizácie α -horkých kyselín aj denaturáciu proteínov, ktoré ovplyvňuje vylučovanie kalov, čo je predpokladom pre dobrú intenzitu kvasenia. Klasický chmeľovar trvá asi 75–90 minút pri atmosferickom tlaku. Pre dosiahnutie technologických výsledkov je potrebné dosiahnuť 8 % celkového odparenia mladiny. Mladinu výbornej kvality je možné vyrobiť už pri 4% odparení a ušetriť tak 50 % energie. Teplotou prihrievania je možné zabezpečiť šetrný chmeľovar a nastaviť dusíkaté frakcie na požadovanú hodnotu [2].

V súčasnosti sa odporúča napúšťať varné nádoby zospodu, obmedziť intenzitu varu (a tým aj pohyb rmutov) chmeľovaru na mieru potrebnú na optimálne vylúčenie kalov a docielenie primeranej hodnoty odparu, zbytočne nepredlžovať chmeľovar (najviac 90 min), scedzovanie a hlavne nepredlžovať dobu mladiny vo vírivej kadi. Niektorí autori navrhujú, aby sa od mletia sladu proces prípravy mladiny prebiehal v inertnej atmosfére [3].

V dôsledku vyšších teplôt sa filtrovateľnosť zhoršuje, pričom doba tepelného ošetrenia tu nehrá rozhodujúcu úlohu [4]. U konvenčných varných systémov je priemerná doba varu okolo 90 minút, čo je pri normálnom tlaku doba postačujúca pre izomerizáciu α -kyselín u chmeľových extraktov. Pre granulované chmele stačí aj kratšia doba, pre lisovaný hlávkový chmeľ je naopak potrebná dlhšia doba varu. Pri tzv. nízkotlakovom chmeľovare stačí pre dostatočný priebeh izomeračných reakcií už len doba 15 až 20 minút a pri ešte vyššom tlaku zaručujúcom teploty 140 °C stačia už 2 až 3 minúty. Základnou požiadavkou je dosiahnutie optimálneho odparu, spravidla 10 % za hodinu i viac [1].

Predĺžením chmeľovaru prechádza na jednej strane do roztoku viac horkých látok a zvyšuje sa tvorba penotvorných glykoproteínov, na druhej strane sa vylučuje viac koagulovateľných proteínov a stúpa koncentrácia voľných mastných kyselín [5].

Skrátením chmeľovaru o 7 minút, znížením odparu z 5 % na 4,5 % a predchladením mladiny na 89 °C došlo k zníženiu rozdielu koeficientu TBA (kyselina tiobarbiturová) z 9 na hodnotu 2,3 a zvýšeniu farby iba o 0,4 jednotiek EBC (European Brewery Convention) oproti 0,9 jednotiek v porovnávacích várkach. Znížil sa aj obsah dimetylsulfidu o 30–45 %. Neprejavil sa vplyv skráteného procesu na izomerizáciu horkých látok, výsledná horkosť finálnych pív bola obdobná. Takisto sa neprejavili rozdiely v intenzite kvasenia, ani filtrovateľnosti a bolo potvrdené aj zlepšenie senzorickej stability [6]. Skrátená doba varu zo 65 na 40 minút a polovičná celková doba odparovania (z 8,5 % na 4,4 %) ušetrili asi 40 % energie počas jedného varenia. Skrátením doby varu aj odparovania dochádza v studenej mladine ku zvýšeniu koagulovateľného dusíka. Výťažok horkých látok sa znižuje nepatrne [7]. Vysoký obsah koagulovateľného dusíka v mladine znamená nedokonalý lom mladiny, ktorý môže byť mimo iného spôsobený zlou kvalitou sladu alebo nedostatočným varom. Odporúčaná hodnota je 18–22 mg.l⁻¹ [8].

Mladiny varené na vzduchu majú najväčší odpar a poskytujú najlepšie pívá, odparovanie musí prebiehať vo všetkých fázach varného procesu, pri posudzovaní pív z nízkotlakových várok má význam nielen celkový obsah dimetylsulfidu, ale taktiež 1-hexanol, hexanal alebo 2-furfural. Čím vyšší bol obsah hexyl-, heptyl-, oktylesterov kyseliny octovej, tým lepšie bolo hodnotené pivo. Je dôležité, aby sa pri odparovaní udržoval v kotli pohyb a neboli tam žiadne mŕtve miesta [9]. Na hladinu N-heterocyklov (pyrazín, 2-etyl-3,5-dimetylpyrazín, pyrol, 2-acetylpyridín, 2-acetylthiazol, metylester kyseliny nikotínovej, benzotiazol, metylester kyseliny nikotínovej, benzotiazol, 2-acetylpyrol, indol) v mladine pôsobia dlhé výdrže pri teplote 95 °C pred varom alebo po ňom, dlhé doby varu mladiny, malé odparovanie, vysoké teploty počas varu mladiny [10].

Teplota chmeľovaru

Okrem varenia pri atmosferickom tlaku sa používa aj varenie pri nízkom tlaku (NDK), varenie mladiny pri vysokej teplote (HTW), mechanická alebo termická kompresia brýdových pár (BV) [11, 12]. Štúdiom rôznych spôsobov varu pri použití vonkajšieho varáku sa pozoroval vplyv teploty (100 °C, 107 °C a 110 °C) a rôzneho odparu (od 3 % do 15 %). Zistilo sa, že aldehy-

dy 2-metylbutanal a 3-metylbutanal prchajú počas varu mladiny, avšak so stúpajúcou intenzitou varu sa opäť tvoria. Produkty Maillardovej reakcie sa správajú podobne, napr. 2-furfural a 2-furfurylhydroxid. Iba hexanol sa varom vypudí, avšak znovu nevzniká. Obsah dusíkatých heterocyklických zlúčenín závisí od termického zaťaženia a od odparu. Chuť piva z várok pri vyšších teplotách a väčšom odpare (11 %) bola priaznivejšia [9]. Tu sa objavila paralelnosť s obsahom esterov kyseliny octovej (hexyl-, heptyl-, oktyl-) v pive. Zníženie oxidácie v priebehu rmutovania a prípravy mladiny znižuje aj prítomnosť furfuralu, 5-hydroxymetylfurfuralu (indikátory starnutia) [13, 14].

Pri nižšom odpare (menej ako 8 %) mali pívá príchut po pluchách, popr. mladine a plochú horkosť. Vplyv intenzity varu na stabilitu chuti piva je nepatrný [9]. Vyššie tepelné zaťaženie v závislosti od jeho trvania a teploty mladiny vo varnom kotli (106 °C, 104 °C, 100 °C) má za následok zvýšenú prítomnosť furfuralu a furfurylalkoholu ako aj 2-acetylpyrolu v zakvasenej mladine, pričom absolútne hodnoty nezávisia iba od odparu, ale od samotného priebehu odparovania [15]. Pri nízkotlakovom varení je približne za 50–70 minút mladina pripravená k vyrážaniu [16].

Vyššie teploty pri varení mladiny pod tlakom nemajú vplyv na frakciu voľných vyšších mastných kyselín [17]. Príliš intenzívny var mladiny (je nutné sledovať teplotu varu, dobu varu a teplotu varného média) má nepriaznivý vplyv na penu [18]. Pre koloidnú stabilitu piva je nutné, aby v priebehu výroby došlo k vyzrážaniu proteínov s vysokou molekulovou hmotnosťou. Obsah koagulovateľného dusíka v mladine určenej na kvasenie nesmie byť vyšší ako 20 mg.l⁻¹ (prepočítané na 10% mladinu). Súčasne je potrebné zachovať v mladine polypeptidy s nižšou molekulovou hmotnosťou, ktoré sú nutné pre tvorbu kvalitnej peny. Priebeh denaturácie proteínov ovplyvňuje doba a teplota varu, teplota povrchu výmenníka tepla zahrievajúceho mladinu a vírenie (turbulencia) vo varnej kadi. Znížením obsahu koagulovateľného dusíka dochádza k predĺženiu trvanlivosti piva [19].

Vplyv pH

pH mladiny ovplyvňuje čírosť, penivosť, izomerizáciu, koloidnú stabilitu, mikrobiologickú stabilitu, ako aj priebeh kvasenia.

Nižšie pH pri chmeľovare v oblasti blízkej izoelektrickému bodu proteínov 5,0–5,2 znamená vyššiu koaguláciu proteínov a tvorbu bohatšieho lomu. Tým dochádza k zlepšeniu separácie kalov a taktiež k čírosti spilanej mladiny. Naopak negatívny vplyv to môže mať na penivosť piva. Nižšie pH

počas chmeľovaru môže negatívne ovplyvniť využitie horkých kyselín, spôsobiť slabšiu izomerizáciu. Avšak hotové pivo má pri nižšom pH lepšiu koloidnú aj mikrobiologickú stabilitu. Optimálne pH vyrážanej mladiny je medzi 5,0–5,2 a znamená taktiež predpoklad pre rýchlejší rozbeh kvasenia. Ak sa okysľuje hotová mladina, je to možné vyriešiť takisto dávkovaním vápenatých solí po skončení chmeľovaru, napr. do vírivej kade [8].

Zníženie hodnôt pH mladiny k hranici 5,1 biologickým okyslením rmutov je prínosné pre enzýmové reakcie a zníženie oxidačných reakcií na varni [20], ale znižuje tvorbu prirodzeného antioxidantu pri kvasení, ktorým je oxid siričitý. Mohlo by taktiež urýchľovať i reakcie voľných radikálov, a tým podporovať tvorbu starej chuti v stočenom pive. Pri znížení pH asi o 0,3, čo uplatňujú v praxi CURRIE a kol., sa uvedené negatívne vplyvy vyššej kyslosti mladiny popierajú [21].

Biologickému okysleniu termofilnými kmeňmi mliečnych baktérií, používanému v zahraničí pri výrobe piva, sa všeobecne pripisuje priaznivé pôsobenie na zlepšenie chuťových vlastností piva i na jeho fyzikálno-chemickú a biologickú stabilitu [22]. Za vhodné pH mladín pre rozmnožovanie kvasiniek a efektívne využitie aminokyselín sa považuje rozmedzie 5,3–5,6. Príliš vysoká hodnota pH môže meniť flokuláciu niektorých kvasných kmeňov a akumuláciu vicinálnych diketónov [23]. Úprava pH na nižšie hodnoty sa pozitívne prejaví pri kvasení. Kyselina mliečna je pre okysľovanie najvhodnejšou kyselinou [24].

Zabránenie prístupu kyslíka počas výroby mladiny, úprava pH rmutu na 5,5 a pH mladiny na 5,1, dokonalá separácia kalov a tým aj látok typu mastných kyselín v priebehu scedzovania a ošetrovania mladiny, obmedzenie tepelnej reakcie minimalizovaním doby, ktorá uplynie medzi koncom varu mladiny a koncom chladenia na 80–100 min, napomáhajú senzorickej stabilite piva [25].

Dávkovanie chmeľových preparátov

Chmelenie podporuje vylučovanie mastných kyselín počas odstraňovania kalov a jeho dávkovanie v čase je dôležité hlavne po senzorickej stránke.

Ak má chladená mladina obsahovať málo prchavých aromatických látok chmeľu, je účelné dávkovať chmeľ skoro, popr. použiť chmeľový extrakt. Ak sa požaduje naopak vysoký obsah chmeľovej silice, je vhodné dávkovať chmeľ neskôr, popr. použiť neextrahovaný chmeľový produkt [26]. U pív s vyššou horkosťou a s požadovanou výraznou chmeľovou arómou sa odporúčajú dve dávky (prvá väčšia po zavarení a druhá, menšia 30 minút

pred koncom) alebo tri dávky (prvá - 50 % - po zavarení, druhá - 35 % - 60 minút pred koncom a posledná - 15 % - 15 minút pred koncom chmeľovaru). Zásadou je, že najprv sa dávajú vysokoobsažné chmele. Jemné aromatické chmele sa dávajú až ku koncu [1].

Chmelenie predku pomocou pelet typu 45 na 30 % až 50 % podielu celkovej dávky chmeľu nasleduje po zaplnení dna panvy tekutinou. Pivá s chmeleným predkom poskytujú lepšiu hodnotu penivosti, nižšie obsahy chmeľových aromatických látok a lepšie senzorické vlastnosti [27].

Chmelením sa obsah mastných kyselín v mladine zvyšuje len nepatrne. Ich vylučovanie z procesu odstraňovaním kalov podporuje chmelenie [28]. Z výsledkov prevedených analýz vyplýva, že na obsah dusičnanov v pive má najväčší vplyv hlavne chmeľ a dusičnany vo varnej vode. Chmeľové produkty majú, s výnimkou chmeľového extraktu extrahovaného oxidom uhličitým, relatívne vysoký obsah dusičnanov. Vplyv sladú je nepatrný [29].

Chmeľové preparáty

Prídavkom chmeľových preparátov a samotným procesom chmeľovaru sa zabezpečuje koloidná stabilita, biologická stabilita, chuťová stabilita, trvanlivosť peny, pričom chmeľ ovplyvňuje horkosť, vôňu, farbu a „gushing“ (samovolné prepeňovanie piva) [30, 31]. V súčasnosti sa používajú chmeľové granuláty, extrakt, ako aj izomerizované chmeľové preparáty.

Na začiatku chmeľovaru dochádza k prudkému zvýšeniu horkosti vplyvom neizomerizovaných α -horkých kyselín, zvýšenie obsahu α -horkých kyselín je rovnomerné a reakcia na dávkovanie chmeľu je pomalšia. Použitie pelet na začiatku chmeľovaru vedie k rýchlejšiemu rozpusteniu a izomerizácii α -horkých kyselín. Pri použití etanolového extraktu je rozpúšťanie a izomerizácia α -horkých kyselín zo začiatku pomalšia, po určitej dobe rýchlejšia, než v prípade peliet. K lepšej izomerizácii kohumulónu dochádza iba pri aplikácii čisto živcového extraktu do prvej dávky [32, 33]. Menšinovou zložkou α -kyselín, adrehumulónu a prehumulónu, sú živcové kyseliny. Ich izomerizované deriváty značne zlepšujú stabilitu peny piva a tak zlepšujú aj jeho kvalitu [34]. Intenzita horkosti i schopnosť stabilizovať penu závisia od veľkosti hydrofóbneho charakteru chmeľových zlúčenín. Izokohumulóny javia signifikantne nižšiu horkosť ako iné, viac hydrofóbne chmeľové zlúčeniny. Rovnako zjavné sú aj rozdiely horkosti medzi *cis*- a *trans*-izomérmi, z ktorých prvé sú viac horké. *Trans*-izoméry sa pri kvasení hromadia v pene, čím je možné vysvetliť pozorované obohatenie hotového piva *cis*-izomérmi [35].

Použitie vysokého tlaku pri mladinovom vare ovplyvňuje rozpustnosť horkých látok a izomerizáciu α -kyselín v mladine. Ošetrovanie vysokým tlakom vedie k zníženiu zákalového potenciálu [36].

Použitie redukovaných izomerizovaných extraktov sa stalo v poslednej dekáde veľmi populárne tiež z hľadiska lepšej penivosti a svetelnej stability. Klasická analýza horkosti pív chmeľených týmito extraktmi, stanovenie BU (Bitterness Units), je nevhodná - prepočítavacie faktory na pociťovanú horkosť sú 1,0–1,1 pre tetrahydro-izo- α -kyseliny (THIA) a 0,7 pre rho-izo- α -kyseliny (RHIA). Kvalita horkosti pociťovanej senzoričky klesá so zvyšujúcim sa obsahom THIA aj RHIA. Izomerizované chmeľové pelety znižujú až o tretinu spotrebu horkých kyselín, pričom je možno ovplyvňovať chmeľovú arómu piva bez ekonomických strát. Rovnaký postup je možno aplikovať u chmeľových extraktov [37]. Izomerizované chmeľové pelety sa používajú ako náhrada za pelety typu 90. Extrakcia α -kyselín pri chmeľovare prebieha veľmi rýchlo (10 min) a z tohto dôvodu je možné ich pridať v priebehu procesu neskôr, aby sa využili esenciálne silice. Izomerizované pelety, ako pelety typu 90, vykazujú množstvo výhod pri priaznivej cenovej relácii [38]. Výskyt sekundárneho „gushing“ (samovoľného prepeňovania piva) spôsobený inými príčinami než kvalitou sladu sa zaznamenal predovšetkým u pív vyrobených z izomerizovaných chmeľových extraktov [39].

Pri kombinácii naturálneho chmeľu s dvojzložkovým chmeľovým extraktom sa dosiahla úspora asi 13 % a pri kombinácii granulovaného chmeľu s dvojzložkovým chmeľovým extraktom sa dosiahla 8% úspora horkých látok [40]. Výťažky špecifických horkých látok sú mierne vyššie u etanolového živcového extraktu, zatiaľ čo trieslovínové frakcie vo forme polyfenolov a antokyanogénov sú vyššie u pív vyrobených s peletami typu 45. Neukázali sa žiadne rozdiely v pomere horkých látok, polyfenolov a aromatických látok. Nezistil sa vplyv na trvanlivosť peny ani na pomer aromatických látok. Pri senzoričkých skúškach sa nezistili v pivách žiadne významné rozdiely [41].

Penivosť pozitívne ovplyvňujú aj izomerizačné a hydrogenačné produkty horkých chmeľových kyselín. Pri oboch týchto skupinách látok hrajú pozitívnu úlohu ich hydrofóbne vlastnosti a vnútorná štruktúra molekúl. Úloha polyfenolov, ktoré sú všeobecne schopné krížových väzieb s proteínmi, rovnako ako úloha pH zatiaľ zostávajú nejasné. Poukazuje sa však na negatívne účinky lipidov, etanolu, vyšších alkoholov, esterov a bázických aminokyselín [42]. Chmeľové živice sa čiastočne zúčastňujú aj na tvorbe lomu, ich význam spočíva predovšetkým v tvorbe zložiek dodávajúcich mladine typickú horkú chuť. Vzniknuté produkty sú izozlúčeniny alebo izohumulóny. Stupeň izomerizácie α -horkých kyselín za vzniku izo- α -horkých kyselín ovplyvňujú pod-

mienky chmeľovaru, ako je pH mladiny, doba chmeľovaru, teplota a intenzita varu, koncentrácia α -kyselín a niektorých ďalších zložiek extraktu mladiny. Zvýšením teploty pri chmeľovare za tlaku je možné reakčnú dobu skrátiť a využitie horkých kyselín zvýšiť, avšak za súčasného ovplyvnenia ďalších chemických reakcií chmeľovaru, čo môže mať vplyv na zloženie mladiny [1].

Záver

Samotný proces chmeľovaru je jedným z najdôležitejších krokov prípravy mladiny. Využitie jednotlivých chmeľových preparátov v súčasnosti poukazuje na široké možnosti, od chmeľových granulátov, chmeľový extrakt až po upravované chmeľové preparáty. Zosúladenie jednotlivých faktorov chmeľovaru (teplota, trvanie, pH), ako aj dávkovania príslušných preparátov výrazne ovplyvňuje kvalitu pripravenej mladiny a následne aj hotového produktu - piva.

Literatúra

1. ČEPIČKA, J. - BASAŘOVÁ, G.: Stratégia moderného chmelenia. Kvasný průmysl, 39, 1993, s. 66.
2. WEINZIERL, M. - STIPPLER, K.: Ein neues Würzekochsystem. Teil 1: Erste Ergebnisse aus Pilotversuchen. Brauwelt, 139, 1999, s. 185-189.
3. BASAŘOVÁ, G. - JANOUŠEK, J.: Význam aminokyselín v technologii a v kvalitě piva. Kvasný průmysl, 46, 2000, s. 314-317.
4. HE, G. Q. - GRIMM, A. - EISELT, G. - KRÜGER, E.: Einfluß von Malzqualität und Sudhausparametern auf die β -Glucanstruktur. Brauwelt, 135, 1995, s. 1171.
5. ŤOPKA, P. - VOBORSKÝ, J.: Technologické možnosti ovlivnění pěnivosti piva. II. část: Vliv surovin a technologie. Kvasný průmysl, 33, 1987, s. 99-101.
6. KROTTENTHALER, M. - BACK, W.: The effects of wort precooling during cast-out. Brewing and Distilling International, 32, 2001, s. 14-15.
7. JACOB, F. - KRIEGER, R. - WAHL, R.: „Würze - Stripping“ - Auswirkungen auf die Würze - und Bierqualität. Brauwelt, 141, 2001, s. 167-165.
8. ŠEMÍK, P. - SEKORA, M. - GUBIŠ, J.: The operation experiences in addition of calcium during wort production. Kvasný průmysl, 48, 2002, s. 192-194.
9. NARZISS, L. - MIEDANER, H. - SCHNEIDER, F. P.: Weiterführende Untersuchungen zur Technologie der Würzekochung unter besonderer Berücksichtigung energiesparender Maßnahmen. Monatsschrift für Brauwissenschaft, 44, 1991, s. 96-106.
10. NARZISS, L. - MIEDANER, H. - SCHWILL, A. - SCHMIDT, R.: Stickstoff-Heterozyklen im Malz, bei der Würzebereitung und im Bier. Monatsschrift für Brauwissenschaft, 38, 1985, s. 128-136.
11. SCHU, G. - STOLZ, F.: Die Wirtschaftlichkeit von Würzeerhitzung und Brüdenverdichtung. Brauwelt, 133, 1993, s. 1380.

12. SCHWARZ, K.: Wärmerückgewinnung im geschlossenen System aus den Kochbrüden der Brauerei. *Lebensmittelindustrie*, 32, 1985, s. 124-125.
13. TAKASHIO, M. - SHINOTSUKA, K.: Continuing progress with the anti-oxidative beer production system. *Technical Quarterly of the Master Brewers Association of the Americas*, 38, 2000, s. 41-45.
14. SHIMIZU, CH. - NAKAMURA, Y. - MIYAI, K. - ARAKI, S. - TAKASHIO, M. - SHINOTSUKA, K.: Factors affecting 5-hydroxymethyl furfural formation and stale flavor formation in beer. *Journal of American Society of Brewing Chemists*, 59, 2001, s. 51-58.
15. EILS, H. G.: Der Einfluß der Sudhauseinrichtung auf die Eigenschaften des Bieres. *Brauerei Journal*, 112, 1994, s. 568.
16. DODT, P.: Modernizace a zvyšování výkonu stávajících zařízení na výrobu mladiny. *Kvasný průmysl*, 46, 2000, s. 5-9.
17. NARZISS, L. - MÜCK, E.: Das Verhalten der langkettigen freien Fettsäuren beim Würzekochen und bei Würzebehandlung. *Monatsschrift für Brauwissenschaft*, 39, 1986, s. 252-257.
18. NARZISS, L. - REICHENEDER, E. - VOIGT, J.: Technologische Faktoren zur Beeinflussung des Bierschaums. *Brauwelt*, 134, 1994, s. 360.
19. CHLYNOVSKIJ, M. D.: Izmenenie sostava pivnogo susla pri jeho kipjačeniji. *Pivo i napitki*, 4, 1999, s. 18-19.
20. NARZISS, L.: Untersuchungen zur Beeinflussung der Geschmacksstabilität durch Variation technologischer Parameter bei der Bierherstellung. *Monatsschrift für Brauwissenschaft*, 52, 1999, s. 192-206.
21. CURRIE, B. R.: Brewing and wort pH. In: *Proceedings. 21th Convention of the Institute of Brewing (Aust. N. Z. Section)*. *Journal of the Institute of Brewing*, 96, 1990, s. 117-118.
22. BACK, W.: Biologische Säuerung. *Monatsschrift für Brauwissenschaft*, 41, 1988, s. 152-156.
23. VERNEROVÁ, J. - ČEJKA, P.: Poruchy hlavného kvašení a jejích příčiny. *Kvasný průmysl*, 33, 1987, s. 33-35.
24. VELDICHOVÁ, Z. - DEBOURG, A. - VAN DERVELDE, L. - RYCHTERA, M.: Production of biologically acidified wort - impact of varying pH on fermentation performance. *Kvasný průmysl*, 45, 1999, č.10 (Pivovarské a sladařské dny), s. 10.
25. NARZISS, L. - MIEDANER, H. - GRAF, H. - EICHHORN, P. - LUSTIG, S.: Technological approach to improve flavour stability. *Technical Quarterly of the Master Brewers Association of the Americas*, 30, 1993, s. 48-53.
26. NARZISS, L. - MIEDANER, H. - GRESSER, A.: Das Verhalten einiger Hopfenaromastoffe während der Würzekochung in Abhängigkeit technologischer Maßnahmen. 1. Mitteilung. *Monatsschrift für Brauwissenschaft*, 38, 1985, s. 448-454.
27. PREIS, F. - MITTER, W.: Die Wiederentdeckung der Vorderwürzehopfung. *Brauwelt*, 133, 1993, s. 2137.
28. NARZISS, L. - MÜCK, E.: Der Gehalt an langkettigen Fettsäuren im Hopfen und der Einfluss der Hopfengabe auf den Fettsäuregehalt der Würze. *Monatsschrift für Brauwissenschaft*, 39, 1986, s. 216-222.
29. BORCHERT, C. - JORGE-NOTHAFT, K. - KRÜGER, E.: Ionenchromatografische Methode zur Bestimmung des Nitratgehaltes in Brauwasser, Malz, Hopfen, Würze und Bier. *Monatsschrift für Brauwissenschaft*, 41, 1988, s. 426-434.
30. ŠAUER, Z.: Praxe použití chmele a chmelových výrobků v pivovarství. *Kvasný průmysl*, 37, 1991, s. 351.
31. FORSTER, A.: Hopfen-mehr als nur ein -Säureträger. *Mitteilungen Österreichisches Getränkeinstitut*, 54, 2000, s. 116-120.

32. MITTER, W.: Geprüfte Variation. Bitterhopfengabe in Form von Pellets und Extrakt und deren Einfluss auf Würze und Bier. *Brauindustrie*, 84, 1999, s. 560-564.
33. WILSON, J. H. R. - ROBERTS, T. - SMITH, R. J. - BIENDL, M.: Improving hop utilization and flavor control through the use of pre-isomerized products in the brewery kettle. *Technical Quarterly of the Master Brewers Association of the Americas*, 38, 2000, s. 11-21.
34. SMITH, R. - DAVIDSON, D.: Natural foam stabilizing and bittering compounds derived from hops. *Journal of American Society of Brewing Chemists*, 56, 1998, s. 52.
35. HUGES, P.: The significance of iso- α -acids for Beer Quality Cambridge Prize Paper. *Journal of the Institute of Brewing*, 106, 2000, s. 271-276.
36. FISHER, S. - SCHÖBERL, H. - RUB, W. - MEYER-PITTOFF, R.: Auswirkungen von hydrostatischem Hochdruck auf den Brauprozess und das Bier. *Monatsschrift für Brauwissenschaft*, 51, 1998, s. 120-123.
37. WEISS, A. - SCHÖNBERGER, CH. - MITTER, W. - BIENDL, M. - BACK, W. - KROTTENTHALER, M.: Sensory and analytical characterisation of reduced, isomerised hop extracts and their influence and use in beer. *Journal of the Institute of Brewing*, 108, 2002, s. 236-242.
38. WESTWOOD, K.: Hop products and their effect on bittering quality. *Brewers Guardian*, 123, 1994, s. 31.
39. ČEPIČKA, J. - ŠROGL, J. - ŠKACH, J.: Samovolné prepeňovanie piva - gushing. *Kvasný průmysl*, 39, 1993, s. 98.
40. CUŘÍN, J.: Výsledky práce Výzkumného ústavu pivovarského a sladařského v Praze. *Kvasný Průmysl*, 32, 1986, s. 225-227.
41. MITTER, W. - KESSLER, H. - BIENDL, M.: Beobachtung einer Verwandlung. Isomerisierungsverlauf der Alphasäuren im grosstechnischen Massstab. *Brauindustrie*, 85, 2000, s. 138-140.
42. ČEPIČKA, J.: Contemporary knowledge on beer foam. *Kvasný průmysl*, 45, 1999, č. 10 (Pivovarské a sladařské dny - příloha), s. 4.

Do redakcie došlo 17.12.2003.

Wort boiling conditions and hop preparations

CVENGROSCHOVÁ, M. - ŠMOGROVIČOVÁ, D.: *Bull. potrav. Výsk.*, 42, 2003, p. 173-182.

SUMMARY. Wort boiling with hop belongs to important processes in beer production. From the technological point of view, it causes wort sterilization, denaturation of enzymes, solubilization of bitter hops substances and essential oils, coagulation of proteins, polyphenols and certain other compounds by forming a precipitate, as well as concentration of wort to the final grade. Individual factors having an influence on wort quality (boiling duration, temperature, evaporation, pH, type of hop used) are reviewed and the use of non-traditional hop preparations prepared by isomerization and hydrogenation as well as their influence on the quality of wort and beer is discussed.

KEYWORDS: wort boiling; wort; hop preparations