Význam zinku v pivovarské technologii

663.4 663.43

FRANTIŠEK FRANTÍK, prom. chemik, Ing. VLADIMÍR KELLNER, CSc., Ing. PAVEL ČEJKA, CSc., Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 120 44 Praha

Klíčová slova: *pivo, kovy, zinek, slad, chmel, kvasinky, mláto*

1. ÚVOD

Zinek patří k technologicky nejvýznamnějším prvkům, a to pro svou nezastupitelnou úlohu v procesu kvašení. Je strukturní i funkční složkou řady enzymů a podílí se na jejich katalytickém působení [1]. Předpokládá se, že hraje aktivní roli při transportu aminokyselin přes plazmatickou membránu, stimuluje syntézu bílkovin a účastní se i dalších metabolických pochodů [2]. Na rozdíl od celé řady prokázaných i předpokládaných pozitivních vlivů nejsou v pivovarské literatuře zmínky o škodlivých účincích tohoto prvku.

Analytická problematika stanovení zinku v pivu a pivovarských surovinách byla již dříve v Kvasném průmyslu publikována [3, 4]. Pokládáme však za nezbytné upozornit na tu skutečnost, že při stanovení tohoto prvku je třeba věnovat maximální péči čistotě nádobí a použitých chemikálií, protože zinek je obsažen v životním prostředí v natolik vysokých koncentracích, že může docházet ke kontaminacím řádově vyšším, než jaký je skutečný obsah tohoto prvku ve vzorku.

2. PIVOVARSKÉ SUROVINY

V odborné literatuře se uvádí, že slad obsahuje mezi 15 až 40 mg/kg Zn [5, 6]), ve varních vodách jsou koncentrace Zn obvykle velmi nízké. Vysoké koncentrace zinku může obsahovat chmel, pokud byl ošetřen některým z fungicidů obsahujících Zn, např. Dithone M 45 [7]. Naprostá většina zinku (přes 90 %) se během varního procesu vysráží v mlátu a kalech [8], takže mladina obsahuje poměrně nízké množství Zn.

V *tabulce 1* jsou uvedeny koncentrace zinku v různých surovinách a pivu, zjištěné ve VÚPS Praha v letech 1981—88.

3. VÝROBA SLADU

Již v práci [9] bylo uvedeno, že během výroby sladu narůstá koncentrace Zn oproti původnímu ječmeni, a to mezi 110 až 130 %. Určitá část jde na účet snížení hmotnosti zrna prodýcháním. V průběhu máčení a hvozdění však může dojít i ke změnám absolutního množství zinku v zrnu.

Ke zjištění možnosti výměny zinku mezi zrnem a máčecí vodou byly provedeny jednoduché expe-

Tabulka 1. Obsah zinku v pivu a pivovarských surovinách (mg/l, mg/kg)

	počet vzorků	rozmezí koncentrací
varní vody	54	pod 0,01 - 2,5
slad	75	24 - 38
chmel	24	35 - 102
kvasnice	22	25 - 115
mladina	85	0,04 - 0,48
pivo	306	pod 0,01 - 1,4 (běžně 0,02 - 0,10)

rimenty s namáčením ječmene do vody obsahující 1, 5 a 20 mg/l Zn^{2+} a srovnávací pokus s vodou destilovanou. Na 1 kg ječmene byly použity 2 litry vody, máčení bylo prováděno tři dny přerušovaným způsobem (4, 6 a 6 hodin pod vodou, v mezidobí do 24 h vzdušné přestávky). V průběhu celého experimentu byla použita vždy táž voda, změny v obsahu zinku byly zjišťovány nepřímo měřením Zn v máčecí vodě před a po skončení máčení (změna koncentrace zinku v zrnu pak odpovídala dvojnásobku hodnoty nalezené ve vodě). Výsledky jsou shrnuty v *tabulce 2.*

Tabulka 2. Koncentrace zinku v máčecí vodě a ječmeni na začátku a na konci máčení

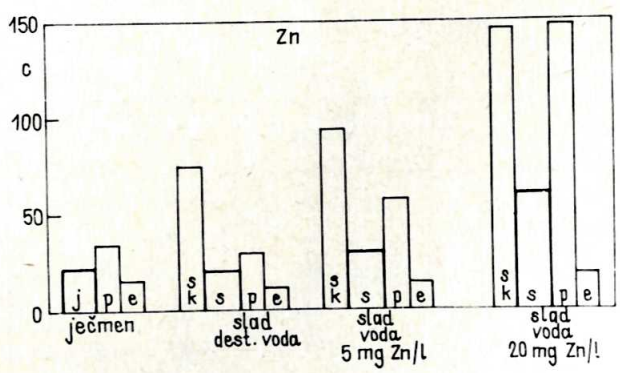
Koncentrace Zn v máčecí vodě (mg/l)		Změny obsahu Zn v zrnu	
začátek máčení	konec máčení	(mg/kg)	(% +)
0	0,42	-0,24	-0,8
0,94	0,62	+0,32	+1,1
5,2	1,04	+4,16	+13,8
19,7	5,6	+14,1	+47

\+ Procentická změna obsahu Zn v zrnu je vztažena na průměrný obsah 30 mg/kg v ječmeni

Významnější změny obsahu zinku v zrnu nastaly teprve při koncentracích 5 mg/l a vyšších, které však prakticky v máčecích vodách nepřicházejí v úvahu.

Ječmeny máčené ve vodě s různým obsahem zinku byly zesladovány a byla zjišťována distribuce zinku do jednotlivých částí zrna a stanoveny analytické vlastnosti kongresních sladin připravených z takto získaných sladů. Distribuce Zn mezi pluchy, endosperm a sladový květ, jakož i mezi ječmen a slady vyrobené máčením ve vodě s různým obsahem Zn, je znázorněna na *obr. 1.*

Při analýze sladů nebyla prokázána žádná významná odchylka mezi slady máčenými v destilované vodě a vodě obohacené zinkem (s výjimkou obsahu tohoto prvku), kongresní sladina obsahovala 0,20 mg/l Zn ve srovnávacím vzorku a 0,30, resp. 0,56 mg/l Zn ve vzorcích s přídavkem 5, resp. 20 mg/l Zn^{2+} do máčecí vody. Průběh sladování nevykazoval žádné anomálie.



Obr. 1. Distribuce Zn do různých částí zrna během sladování při máčení v destilované vodě a vodě obohacené Zn^{2+}
j — ječmen, e — endorsperm, p — pluchy, sk — sladový květ, s — slad

Poznatky o chování zinku během výroby sladu lze shrnout tak, že dochází k určitým změnám, a to jak kvantitativním (zvýšení celkového množství adsorpcí Zn z máčecí vody nebo kontaminací např. ze spalin v průběhu hvozdění), tak kvalitativním (vysoké zakoncentrování tohoto prvku v pluchách a sladovém květu oproti jen minimálním změnám obsahu Zn v endospermu). Přestože nárůst obsahu Zn v zrnu může být při vysokých koncentracích Zn v máčecí vodě relativně značný, ovlivnění složení mladiny je však příliš malé, než aby bylo možno máčení ječmene ve vodě obohacené zinkem prakticky využít.

4. VÝROBA PIVA

4.1. Výroba sladiny a mladiny

Obsah zinku ve sladině a mladině závisí nejen na jeho zastoupení v surovinách, ale i na schopnosti přecházet v průběhu varního procesu do roztoku. Experimenty provedené u 16 vzorků sladu, z nichž byly připraveny kongresní sladiny, neprokázaly přesvědčivou souvislost mezi obsahem Zn v surovině a sladině (byl vypočten korelační koeficient 0,42, což je hodnota na hladině pravděpodobnosti 0,95 statisticky nevýznamná).

Studium koncentračních změn Zn během varního procesu bylo provedeno formou modelových várek ve čtvrtprovozním měřítku (dvourmutový způsob, objem várky 26 l, detailní popis byl publikován v práci [10].

Bylo zjištěno, že zinek vykazuje ve varně chování typického těžkého kovu — do sladiny je extrahováno pouze asi 5 % z původního množství ve sladu (pokusný vzorek sladu obsahoval 23 mg/kg Zn, byla použita destilovaná voda a v pěti várkách bylo ve sladině nalezeno 0,16 až 0,21 mg/l zinku). V průběhu chmelovaru (použitý chmel obsahoval 77 mg/kg zinku) došlo k nárůstu na 0,28 až 0,40 mg/l, což je z hlediska správného kvašení optimální hladina. V provozním měřítku však lze vlivem lepšího odlučování kalů očekávat nižší nárůst. I tak je podíl zinku z chmele na jeho celkovém obsahu v mladině vyšší než u většiny ostatních kovů.

4.2. Kvašení a dokvašování

Zatímco v předchozích fázích výroby piva nehraje zinek žádnou prokazatelnou aktivní úlohu, v této fázi se stává dominantním kovovým prvkem. Již delší dobu je známo, že nedostatek zinku v mladině způsobuje poruchy kvašení, liší se pouze názory na hodnotu mezní koncentrace Zn. *Jacobsen et al.* uvádějí hodnotu 0,20 mg/l [11], *Donhauser* pokládá za dostačující 0,08 mg/l [12]. Velmi pravděpodobně zde hrají roli i jiné faktory. Vzhledem k tomu, že značný podíl vyráběných mladin je deficitní na obsah zinku, byly vypracovány a publikovány různé obohacovací postupy [12, 13, 14], z nichž nejúčinnější a prakticky využitelná je kyselá extrakce mláta (např. přídavkem potravinářsky čisté kyseliny mléčné). Byly rovněž zkoumány přídavky zinku

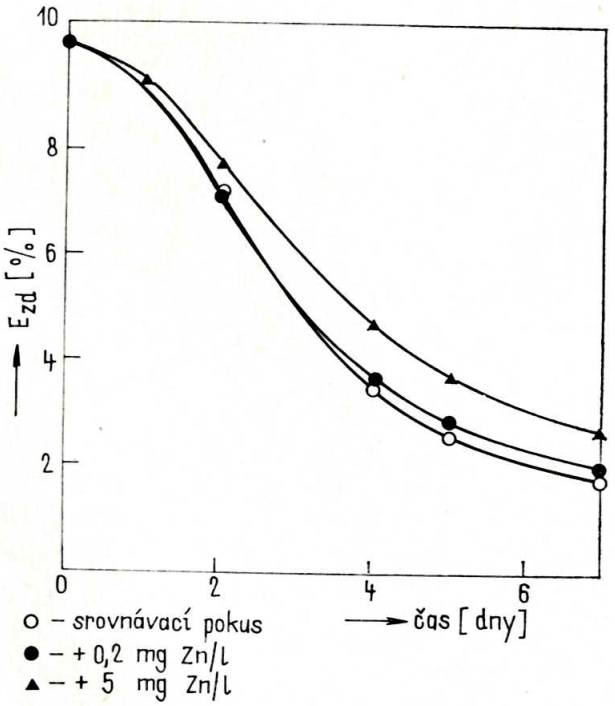
do mladiny ve formě minerálních solí [15], které sice přinesly pozitivní výsledky, praktická použitelnost v provozním měřítku je však z ekonomických důvodů sporadická.

Biochemická úloha zinku byla již na stránkách Kvasného průmyslu diskutována [16] včetně návodu na odhalení nedostatku zinku v mladině kvasnou zkouškou.

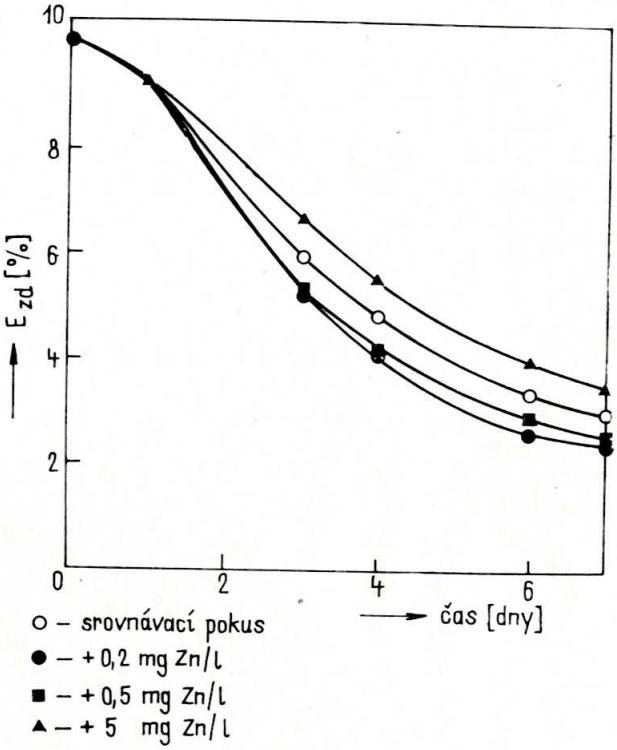
Autoři této práce ověřovali vliv různých koncentrací zinku na průběh kvašení formou přídavku zinečnatých iontů do mladiny s dostatečným i deficitním obsahem Zn (*obr. 2 a 3*). Zjistilo se, že zatímco v mladině s obsahem Zn 0,21 mg/l neovlivnil přídavek 0,2 mg/l Zn^{2+} rychlost a míru prokvašení, u mladiny s obsahem 0,04 mg/l Zn bylo přídavky 0,2 a 0,5 mg/l Zn kvašení urychleno. Charakteristickými projevy bylo i lepší využití volného aminodusíku, pokles pH a lepší sedimentace kvasnic. Koncentrace 5 mg/l zinku byla pro produkční mikroorganismus již mírně toxická (znamenala zpomalení kvašení).

Studium průběhu absorpce zinku kvasinkami z mladiny prokázalo, že již během několika hodin po zakvašení zinek úplně vymizel z média, přičemž rychlost absorpce závisela na jeho koncentraci v mladině, na teplotě, obsahu rozpuštěného kyslíku a obsahu dalších stopových prvků (přídavek 5 mg/l Cu^{2+} absorpci Zn pozorovatelně zpomalil). Dalšími experimenty bylo prokázáno, že zinek přidaný v průběhu logaritmické fáze kvašení je rovněž okamžitě absorbován, zatímco po vyčerpání živin (resp. po dosažení konečného prokvašení) již kvasnice absorbují přidaný zinek jen v nepatrné míře. Kvasnice, které autolyzují, uvolňují opět zinek do prostředí.

Při nízkém obsahu zinku v mladině se jeho koncentrace v kvasnicích snižuje, při vysokém naopak značně zvyšuje. Vzhledem k tomu, že během kvašení se zinek z mladiny úplně odstraní, závisí obsah tohoto kovu v kvasnicích na jeho koncentraci v médiu a na výtěžnosti kvasnic. Tuto koncentraci lze určit přibližným výpočtem. Pro tento účel byl v několika vzorcích provozních kvasnic stanoven obsah zinku v sušině. Byly nalezeny hodnoty od 25 do 115 mg/kg Zn, při nejčastějším rozmezí 50 až 80 mg/kg. Předpokládá-li se průměrně čtyřnásobná výtěžnost kvasnic při zakvašení 1 l mladiny 0,00075 kg sušiny kvasnic, vychází pro obsah 50 mg/kg koncentrace tohoto prvku v mladině 0,11 mg/l, pro 80 mg/kg v kvasnicích pak 0,18 mg/l v mladině. Vypočtené hodnoty souhlasí s hodnotami udávanými literaturou pro koncentraci zinku v mladině [12, 13, 17].



Obr. 2. Vliv koncentrace Zn na průběh poklesu zdánlivého extraktu (laboratorní zkouška, mladina A — 0,21 mg/l Zn
E_{zd} — hmotnostní zlomek zdánlivého extraktu



Obr. 3. Vliv koncentrace Zn na změnu zdánlivého extraktu — laboratorní kvasná zkouška, mladina B — 0,04 mg/l Zn
E_{zd} — hmotnostní zlomek zdánlivého extraktu

Opakované nasazování kvasnic do mladiny s normálním a deficitním obsahem zinku prokázalo, že již druhé nasazení kvasnic u mladiny s nízkým obsahem Zn vedlo ke zpomalení kvašení, v poslední, čtvrté generaci již bylo kvašení výrazně zpomaleno, kvasnice špatně sedimentovaly a obsah Zn v nich se oproti první generaci snížil na čtvrtinu. Táž mladina s přídavkem 0,2 mg/l Zn^{2+} kvasila v průběhu celého experimentu plynule. Vysoké přídavky zinečnatých iontů do mladiny (5 mg/l) vedly k poruchám kvašení, které se začaly výrazněji projevovat od druhé generace, i zde však kvasnice zinek z mladiny totálně absorbovaly. Toxické účinky těchto koncentrací Zn pro kvasinky pozoroval rovněž *Helin* [18] a *Gadd* s *Mowllem* [19], naproti tomu *Frey et al.* [20] uvádějí, že ani 500 mg/l Zn v mladině kvašení nezastavuje.

Závěrem této části je třeba zdůraznit, že význam zinku pro průběh kvašení nelze posuzovat odděleně od dalších faktorů — koncentrace dalších prvků (měď, rozpuštěný kyslík) a sloučenin (dusitany) v mladině. V praxi je nutno předpokládat poruchy kvašení, kdykoli klesne obsah Zn v mladině pod 0,1 mg/l, a to zvláště při opakovaném nasazení kvasnic.

4.3. Filtrace a stáčení

Koncentrace zinku v hotovém pivu je zpravidla velmi nízká — jen výjimečně přesahuje 0,1 mg/l, a protože v mladém pivu již brzy po zakvašení klesá obsah zinku pod měřitelné meze, jde vždy buď o důsledek sekundární kontaminace — v menší míře z filtračního materiálu, ve větší (zvláště u ojedinělých vyšších koncentrací) o uvolněný zinek ze stěn lahví (bylo např. zjištěno, že ve vzorku piva, který obsahoval 1,2 mg/l Zn, byl v jiných lahvích nalezen obsah pod 0,1 mg/l) nebo o důsledek nastalé autolýzy kvasnic. Z tohoto hlediska je patrně nutné posuzovat publikované horní hranice rozmezí koncentrací Zn v pivu — např. *Postel* [21] uvádí až 1,48 mg/l Zn, *Weiner* [22] 1,6 mg/l. *Charalambous* a *Bruckner* [23] nalezli dokonce 2,9 mg/l, všichni autoři však uvádějí průměrnou hodnotu okolo 0,1 mg/l Zn.

5. VLIV ZINKU NA VLASTNOSTI HOTOVÉHO PIVA

5.1. Pěnivost

Všeobecně není zinek pokládán za prvek, který v prokazatelné míře ovlivňuje kvalitu a stabilitu pivní pěny. Stanovení zinku v kapalných frakcích vzniklých rozpadem pěny prokázalo, že v pěně se zinek nehromadí.

5.2. Koloidní stabilita

Z hlediska vlivu na stabilitu piva nestojí zinek v popředí zájmu. Jen pro úplnost byl proto proveden rozbor sedimentovaného pivního zákalu v pivu po 22 měsících skladování. Oproti koncentraci 0,05 mg/l v pivu bylo v zákalu nalezeno 40 mg/kg Zn, což odpovídá přechodu 2 % celkového množství zinku do zákalu. Tato distribuce je o řád nižší než u mědi a srovnatelná s chováním železa. Na rozdíl od železa zinek není schopen vyvolávat oxidačně redukční reakce s organickými molekulami v pivu, a jeho koncentrace v pivu je zpravidla velmi nízká, takže tento prvek nelze podezřívat z významnější úlohy při tvorbě zákalů.

5.3. Senzorické vlastnosti piva

Vzhledem k tomu, že ani ojedinělé vysoké koncentrace zinku v pivu (okolo 1 mg/l) nebyly doprovázeny postižitelnými změnami chuti piva, nebyly systematické pokusy s vyhodnocením v podobě degustačních zkoušek s tímto prvkem prováděny.

5.4. Hygienické aspekty

Současně platná Hygienická směrnice č. 69 [24] limituje obsah zinku v nápojích 5,0 mg/l, v ostatních potravinách (kam by se daly zařadit pivovarské suroviny) je povoleno 50 mg/kg. Při srovnání těchto údajů s reálnými koncentracemi tohoto prvku v našich surovinách a výrobcích je zřejmé, že riziko překročení povolených limitů je v celé pivovarské oblasti — s výjimkou chmele — zanedbatelné.

Literatura

[1] DENSKY, H., CRAY, P. J., BUDAY, A.: Proc. Am. Soc. Brew. Chem., 1966, s. 93.
[2] RODNEY, P. J., GREENFIELD, P. F.: Proc. Biochem., April 1984, s. 48.
[3] KELLNER, V., ČEJKA, P., FRANTÍK, F.: Kvas. prům. **28**, 1982, s. 145.
[4] KELLNER, V., ČEJKA, P., FRANTÍK, F.: Kvas. prům. **32**, 1986, s. 26.
[5] JOPPIEN, P. H., HEINE, W., MAHAHRENS, W: Mschr. Brauwiss. **13**, 1960, s. 133.
[6] MÄNDL, B., HOPULELE, T., PIENDL, A.: Brauwissenschaft **26**, 1973, s. 307.
[7] HAUTKE, P., ŠNAJDÁR, J., SITTOVÁ, M.: Mschr. Brauwiss. **37**, 1984, s. 270.
[8] AULT, R. G., WHITEHOUSE, A. G. R.: J. Inst. Brew. **58**, 1952, s. 136.
[9] KELLNER, V., ČEJKA, P., FRANTÍK, F.: Kvas. prům. **32**, 1986, s. 73.
[10] KELLNER, V., ČEJKA, P., FRANTÍK, F.: Kvas. prům. **33**, 1987, s. 248.
[11] JACOBSEN, T., LIE, S.: J. Inst. Brew. **87**, 1981, s. 223.
[12] DONHAUSER, S., SCHABERGER, W., GEIGER, E.: Brauwelt **123**, 1983, s. 516.
[13] DONHAUSER, S., WAGNER, D.: Mschr. Brauwiss. **39**, 1986, s. 223.
[14] NARZISS, L., BARTH, D., YAMAGISHI, S., HEYSE, K. U.: Brauwissenschaft **33**, 1980, s. 230.
[15] MÄNDL, B.: Brauwissenschaft **27**, 1974, s. 177.
[16] VERNEROVÁ, J., ČEJKA, P.: Kvas. prům. **33**, 1987, s. 33.
[17] JACOBSEN, T., HAGE, T., LIE, S.: J. Inst. Brew. **88**, 1982, s. 387.
[18] HELIN, T. R. M.: Metal Ions in Brewing. (Thesis.) Heriot-Watt University, Edinburgh, 1975.
[19] MOWLL, J. L., GADD, G. M.: J. Gen. Microbiol. **129**, 1983, s. 3421.
[20] FREY, S. W., DEWITT, W. G., BELLAMY, B. R.: Proc. Am. Soc. Brew. Chem., 1966, s. 172.
[21] POSTEL, W., DRAWERT, F., GÖRG, A., GÜVENC, V.: Brauwissenschaft **28**, 1975, s. 301.
[22] WEINER, J.: J. Inst. Brew. **80**, 1974, s. 486.
[23] CHARALAMBOUS, G., BRUCKNER, K. J.: MBAA Technical Quarterly **14**, 1977, s. 197.
[24] Hygienické předpisy MZ ČSR, směrnice č. 69, Avicenum 1986.

Lektoroval Ing. Jaroslav Čepička, CSc.

Frantík, F. - Kellner, V. - Čejka, P.: Význam zinku v pivovarské technologii. Kvas. prům., **35**, 1989, č. 8—9, 1989, s. 225—229.

Práce shrnuje poznatky získané ve Výzkumném ústavu pivovarském a sladařském Praha o pivovarských vlastnostech Zn. Během výroby sladu narůstá obsah Zn v zrnu maximálně o 30 %, dochází však k výraznému zakoncentrování v pluchách a sladovém květu. 95 % původního zinku ze sladu a vody se vysráží v mlátě; na obsahu Zn v mladině se proto podílí chmel větší měrou než u většiny ostatních prvků. Při kvašení je totálně absorbován zinek kvasinkami již v prvních hodinách, a to i v případě, kdy byla do mladiny přidána již toxicky se projevující koncentrace 5 mg/l zinku. Potvrdilo se, že deficit zinku v mladině (0,04 mg/l) způsobuje poruchy kvašení, které se zvětšují při přítomnosti některých dalších látek (měď, dusitany). Samotná koncentrace Zn v hotovém pivu je výsledkem sekundární kontaminace (křemelina, láhve).

Koncentrace přicházející v úvahu nemají negativní vliv na pěnivost, stabilitu, senzorické vlastnosti ani nejsou v rozporu s maximálními limity povolenými hygienickými předpisy. Lze tedy říci, že úloha zinku v pivovarské technologii je pozitivní, potíže nepřináší nadbytek, ale nedostatek zinku v mladině.

Франтик, Ф. - Келлнер, В. - Чейка, П.: Значение цинка в пивоваренной технологии. Квас. прум., 35, 1989, № 8—9, стр. 225—229.

Работа подводит итоги результатов, полученных в НИИ пивоварения и солода Прага о пивоваренных свойствах цинка. В течение производства солода повышается содержание цинка в зерне максимально на 30 %, однако происходит выразительное сконцентрирование его в солодовом цвете. 95 % исходного цинка из солода и воды осаждается в дробине; в содержании его в сусле поэтому участвует хмель в большей степени чем в случае других элементов. При брожении цинк тотально поглощается дрожжами уже в первые часы, и то и в случае, если была в сусло добавлена токсически проявляющаяся концентрация 5 мг/л цинка. Было подтверждено, что дефицит цинка в сусле (0,04 мг/л) вызывает нарушение брожения, которое увеличивается в присутствии некоторых других веществ (медь, нитриты). Концентрация цинка в готовом пиве сама является результатом вторичной контаминации (инфузорная земля, бутылки). Встречающиеся концентрации не оказывают отрицательного влияния на пенообразование, стабильность, вкусовые свойства, и не находятся в противоречии с максимальными лимитами, дозволенными гигиенической нормой. Следовательно можно сказать, что роль цинка в пивоваренной технологии положительная, затруднения не вызывает избыток, а дефицит цинка в сусле.

Frantík, F. - Kellner, V. - Čejka, P.: Significance of Zinc in Brewing Technology. Kvas. prům. **35**, 1989, No. 8—9, pp. 225—229.

The knowledges of a brewing properties of Zn obtained in Research Institute of Brewing and Malting Prague are reviewed in the article. During malting the Zn content in grains increases by maximum 30 %. However, the significant increase of Zn content was observed in husks and in malting germs. 95 % of the original Zn quantity from malt and water is coagulated in spent grains. Therefore, the Zn content in hopped wort depends significantly on the Zn level in hop. Zinc is totally absorbed by yeasts already during several first hours of the fermentation. This absorption was observed even at the concentration of 5 mg $Zn \cdot l^{-1}$ that is already toxic. On the other hand, the zinc deficiency in hopped wort (0.04 mg $\cdot l^{-1}$) results in a bad fermentation, especially in presence of some other compounds (Cu, nitrites). The final Zn concentration in beer results from a secondary contamination (kieselguhr, bottles). Usual Zn concentrations have no effect on frothing power, stability and sensorial properties. They are in a range of limits permitted according to hygiene regulations. It can be concluded that the task of Zn in a brewing technology is positive. Troubles can occur only in case of a zinc deficiency in hopped wort.

Frantík, F. - Kellner, V. - Čejka, P.: Bedeutung des Zinks in der Brauereitechnologie. Kvas. prům., **35**, 1989, Nr. 8—9, S. 225—229.

In der Arbeit werden die Erkenntnisse über die brautechnologischen Eigenschaften des Zinks zusammengefaßt, die in dem Forschungsinstitut für Brauerei und Mälzerei in Prag gewonnen wurden. Während der Malzherstellung wächst der Zn-Gehalt im Korn maximal um 30 % an, es verläuft jedoch eine markante Konzentrierung des Zinks in den Spelzen und in den Malzkeimen. 95 % des ursprünglichen Zinkgehalts aus Malz und aus Wasser werden in den Trebern ausgefällt; an dem Zinkgehalt der Würze beteiligt sich deshalb der Hopfen in einem wesentlich größerem Maß als bei den übrigen Elementen. Bei der Gärung wird das Zink vollkommen durch die Hefen absorbiert, und zwar bereits im Laufe der ersten Stunden, sogar auch in dem Fall, wenn der Würze eine bereits toxisch wirkende Konzentration 5 mg/l des Zinks beigesetzt wurde. Die Versuche bestätigten, daß das Zinkdefizit in der Würze (0,04 mg/l) Gärungsstörungen verursacht, die durch die Anwesenheit einiger weiteren Substanzen (Kupfer, Nitrite) noch gesteigert werden. Die Konzentration des Zinks im Fertigbier stellt das Ergebnis der sekundären Kontamination (Kieselgur, Flaschen) dar. Die praktisch auftretenden Konzentrationen haben keinen negativen Einfluß auf die Schaumfähigkeit, Stabilität und auf die sensorischen Eigenschaften und sich auch in keinem Widerspruch mit den zugelassenen Maximalwerten, die in den hygienischen Vorschriften enthalten sind. Die Problematik kann daher folgendermassen zusammengefaßt werden: das Zink spielt in der Brauereitechnologie eine positive Rolle, wobei Schwierigkeiten nicht durch Überschuß sondern durch Zinkmangel in der Würze entstehen.