

KONTROLA OXIDACE V MODERNÍM PIVOVARU

JEROEN VANDENBUSSCHE¹⁾, LUBOR MOJDL²⁾, ¹⁾Meura S. A. Chaussée d'Antoing, Belgie, ²⁾zastoupení firmy Meura S.A. v České republice

1 ÚVOD

V posledním desetiletí několik pivovarů v nevídaném měřítku zvýšilo svůj podíl na světové výrobě piva. Tak vznikla situace, kdy pouze deset největších pivovarů produkuje až polovinu celého světového výstavu piva. V souladu s tímto trendem se vyrábějí piva s velmi dlouhou dobou trvanlivosti – téměř všechny větší pivovary v současné době zaručují trvanlivost svých výrobků po dobu nejméně osmi až dvanácti měsíců. Pro zaručení požadované doby koloidní stability piva je nutno věnovat velkou pozornost používané lahvárenské technice, stejně jako výrobě piva.

Téměř všichni sládky zastávají všeobecnou zásadu, že stárnutí piva má nepříznivý vliv na jeho kvalitu. Pokud pivo začne mít lepenkovou (oxidační) chuť, nebo dostává nějakou jinou nežádoucí příchuť, je to pro každého výrobce důvod k znepokojení. Neplatí to však vždy zcela absolutně, neboť v některých zemích může být určitá nezvyklá chuť považována za charakteristickou pro daný typ piva.

Autoři tohoto článku vycházeli z předpokladu, že jakákoliv změna chuti piva po jeho stočení do lahve a případné tepelné úpravě je nepřijatelná. V článku je popsán technologický postup pro snížení stupně oxidace piva, který byl vyvinut na pracovišti Meura Technologies, patřící do belgického koncernu Meura a.s.

2 PROBLÉMY OXIDACE

Chuť piva se během skladování mění. Tato změna je vyvolána chemickými reakcemi, jejichž rychlost závisí zejména na teplotě (podle [1] znamená zvýšení teploty o 10 °C dvojnásobnou rychlost chemické reakce), dále na přítomnosti kyslíku a UV světla a na pohybu. Změna chuti piva probíhá různými chemickými mechanismy. V posledních desetiletích byla provedena řada vědeckých prací za účelem zkoumání složení všech sloučenin piva, avšak stále zbývá vykonat hodně úsilí, aby bylo možno popsat všechny chemické reakce a jejich cesty při tvorbě sloučenin, které negativně ovlivňují chuť piva a způsobují jeho stárnutí. Tvorba

těchto sloučenin a/nebo jejich prekurzorů začíná již ve varně.

Zvýšení obsahu kyslíku během výroby mladiny se přímo projevuje v nárůstu enzymatických a neenzymatických oxidací sloučenin ve rmutu.

Hlavní oxidační reakce:

- oxidace S-H skupin v proteinech a polypeptidech, což prodlužuje dobu scezování,
- oxidace polyfenolů,
- oxidace sladových reduktorů, což zvyšuje barvu sladiny a snižuje redukční sílu mladiny,
- oxidace nenasycených mastných kyselin, která má za následek zhoršení chuťové stability a stárnutí piva.

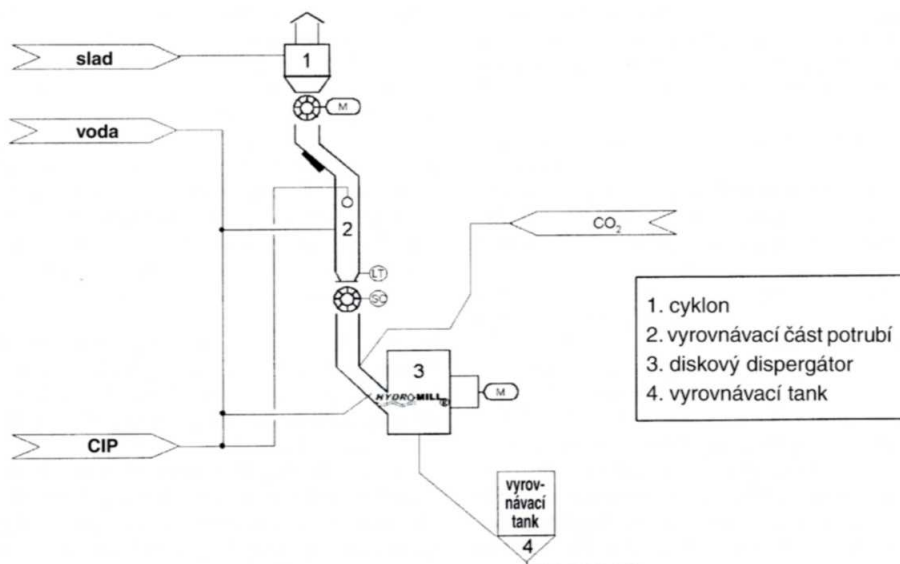
Pozornost přitahují karbonylové sloučeniny, které nejvíce odpovídají za senzorickou nestabilitu. Ze všech karbonylových sloučenin je uváděn zejména *trans*-2-nonenal jako nejčastější původce lepenkové chuti piva. Tento nežádoucí jev je způsoben tím, že obsah *trans*-2-nonenalu (tzv. nonenalový potenciál) ve sledovaném pivu překračuje prahovou hodnotu (přibližně 0,1 ppb)

a jeho koncentrace se v průběhu stárnutí piva dále zvyšuje. Je pravděpodobné, že *trans*-2-nonenal je pouze jednou z příbuzných skupin sloučenin, které způsobují tuto příchut. Oxidace lipidů rovněž způsobuje tvorbu *trans*-2-nonenalu. Linolová kyselina je oxidována na hydroperoxy, transformuje se na trihydroxykyseliny a rozkládá se na senzory aktivní *trans*-2-nonenal. Nejvíce mastných kyselin v mladině pochází ze sladů, malá část může přecházet ze surogátů nebo ze chmele. Sladovaný ječmen může obsahovat až 8 % lipidů v sušině, avšak jejich převážná část odchází v mlátu a horkých kalech [11].

Při tvorbě cizí vůně a chuti je pravděpodobně působení lipoxxygenasy (LOX) důležitější než autooxidace. Reakce za účasti lipoxxygenasy probíhají během výroby sladiny a vyžadují přítomnost kyslíku a dalších substrátů, jako např. kyseliny linolové. Ideální teplota je 62 °C a hodnota pH vyšší než 5,3. Kobayashi et al. [2] zjistili, že produkce hydroperoxidů vzrůstá spolu s aktivitou LOX ve sladě během rmutování. Několik studií prokázalo vysoký stupeň korelace mezi nonenalovým potenciálem a *trans*-2-nonenalem, vznikajícím v pivu během přirozeného stárnutí. *Trans*-2-nonenal není prokazatelný během přípravy mladiny. Předpokládá se, že se během tohoto procesu vytvářejí pouze jeho prekurzory a *trans*-2-nonenal je pak chráněn vazbou s aminokyselinami a bílkovinami před utracením kvasnicemi během kvašení [3].

Liegeois et al. [3] zjistili vyšší nonenalový potenciál, docházelo-li k oxidaci během rmutování (vyšší aktivita LOX), nebo když mladina neměla dostatečný lom (nepatrné zvýšení nonenalového potenciálu). Tyto výzkumy rovněž uvádějí, že nonenalový potenciál způsobuje chuťové změny piva, což potvrzuje předpokládanou skutečnost, že chuťová stabilita piva má původ již v oxidaci sladiny a přispívá k němu i stáčení (tab. 1).

Pro sládka je sice zajímavé být infor-



Obr. 1 Schéma zařízení Hydromill

mován o nejnovějších výsledcích výzkumu, prováděného za účelem poznat lépe proces v pivovaru, ale je pro něho možná důležitější se dozvědět, že dodavatelé strojního zařízení jsou též schopni vývoje nových výrobních technologií, které mohou být snadno použity při výrobě piva a jejichž aplikace přispívá ke zvýšení kvality hotového výrobku.

3 KONTROLA OXIDACE MLADINY BĚHEM JEJÍ VÝROBY

3.1 Hydromill

Na posledním kongresu EBC v Cannes prezentovali Biche et al. ze společnosti Meura své poznatky z provozu poloprodučního zařízení Hydromill, které představuje novou generaci šrotovníků [5]. Toto zařízení bylo konstruováno se zřetelem na splnění dvou hlavních cílů:

- **lepší kvalita**, dosažená mletím sladů bez přístupu kyslíku pod vodou,
- **lepší produktivita**, dosažená lepší výtežností. Autoři vycházeli z předpokladu, že výtěžek laboratoř – varna

bude vyšší nebo alespoň stejný. Tento předpoklad je rovněž dán vyšším počtem várek, předpokládá se až dvánáct várek za 24 hodin [5].

Na základě vyhodnocení výsledků z poloprodučního zařízení bylo vyprojektováno provozní zařízení, které rovněž pracuje na principu mletí sladů pod vodou. Jedno menší provozní zařízení bylo dodáno do pivovaru Jordan, větší zařízení pod obchodní značkou Hydromill[®] bylo instalováno do pivovaru Centralcer v portugalském městě Vialonga. Podrobný popis tohoto zařízení spolu s dosaženými výsledky byl prezentován na konferenci v Louvain-la-neuve v září roku 2000 panem De Brackeleire et al. [14].

3.1.1 Popis zařízení

a) Princip (obr. 1)

Slad ze síla je přiváděn pneumatickým dopravníkem do cyklonu (1), ve kterém se zbavuje vzduchu. Poté slad padá do svislé vyrovnávací části (2), ve které se máčí vodou, jejíž hladina je udržována na konstantní výši. Teplota přiváděné vody je temperována na 50 °C. Vzduch, který do vyrovnávací části (2) přišel společně se sladem, je v této části zařízení průběžně odseparován. Voda společně se sladem je k šrotovníku vedena přes rotační uzávěr, jehož počet otáček je řízen frekvenčním měničem. Do této části potrubí za rotačním uzávěrem je dávkován pod tlakem oxid uhličitý, který slouží jako ochrana proti oxidaci. Vlastní mletí probíhá na diskovém dispergátoru (3), mokré sladové šrot padá do vyrovnávacího zásobníku (4), ve kterém se udržuje konstantní hladina vody. Z tohoto zásobníku je čerpán do vystřací nádoby.

b) parametry zařízení:

- kapacita síla: max. 12 t
- výkon pneumatického dopravníku: 10,8 t/h

Tab. 1 Vztah mezi nonenalovým potenciálem v mladině, získaným za různých experimentálních podmínek, a chuťovou stabilitou daného piva [4]

| | Nonenalový potenciál před varem [ppb] | Nonenalový potenciál před hlav. kvašením [ppb] | <i>Trans</i> -2-nonenal po zrychleném stárnutí [ppb] | <i>Trans</i> -2-nonenal po 3 měs. přirozeného stárnutí [ppb] |
|--|---------------------------------------|--|--|--|
| výroba mladiny CO ₂ ^{a)} | 0,3 | 1,4 | 0,22 | 0,27 |
| výroba mladiny s vysokým obsahem O ₂ dobrý mladinový lom ^{b)} | 3,9 | 3,3 | 0,4 | 0,98 |
| výroba mladiny s vysokým obsahem O ₂ špatný mladinový lom ^{c)} | 4,5 | 5,1 | 0,65 | 2,69 |

^{a)} 4 l CO₂ proháňeno várkou během prvních 15 minut rmutování (57 l odplynněné vody a 18,3 kg šrotu mletého bez přítomnosti kyslíku)

^{b)} 4 l O₂ proháňeno várkou během prvních 15 minut rmutování (57 l odplynněné vody a 18,3 kg šrotu mletého bez přítomnosti kyslíku)

^{c)} množství a vzhled

Tab. 2 Příkon při různé velikosti šterbiny

| | | | | | |
|----------------------|------|------|------|------|------|
| rychlost mletí [t/h] | 10,8 | 10,8 | 10,8 | 10,8 | 10,8 |
| šířka šterbiny [mm] | 0,9 | 0,7 | 0,55 | 0,45 | 0,35 |
| příkon [kW] | 54 | 56 | 62 | 67 | 75 |

Tab. 3 Příkon v závislosti na rychlosti mletí

| | | | |
|----------------------|------|------|------|
| rychlost mletí [t/h] | 10,8 | 12,5 | 15,5 |
| šířka šterbiny [mm] | 0,35 | 0,35 | 0,35 |
| příkon [kW] | 75 | 83 | 97 |

- cyklon: průměr 630 mm
výška 1499 mm
- výkon rotačního uzávěru:
16 t/h sladu
- vyrovnávací zásobník:
rozměr 450 x 450 mm
výška 2000 mm
- výkon rotačního uzávěru:
50 m³ sladu za hodinu
- rozměry celého zařízení:
délka 2150 mm
šířka 880 mm
výška 1950 mm
průměr kotoučů 600 mm
příkon elmotoru 132 kW
hmotnost 3 000 kg
- vyrovnávací tank:
průměr 1000 mm
výška 2000 mm

3.1.2 Dosažené výsledky

Počáteční podmínky:
hmotnost sladu: 9490 kg
hmotnost kukuřice: 4160 kg
objem vody: 380 hl
objem kalů: ± 30 hl
rmutování – infuzní postup
teploty: 50/63/76 °C
scezování na sladinovém filtru:
při 76 °C na filtru MEURA 2001 s 60
komorami (odpovídá ekvivalentu
192 kg sladu na jednu komoru)

Z porovnání údajů uvedených v obou
tabulkách je patrné, že zatímco příkon
elektromotoru diskového dispergátoru
je přibližně přímo úměrný rychlosti
mletí, při změně velikosti šterbiny v roz-
sahu 0,9 a 0,7 mm se příkon téměř ne-
mění, jeho hodnota se zvyšuje až od ve-
likosti šterbiny 0,55 mm a výrazněji
přibývá při zmenšení šterbiny na 0,35
mm.

Při této velikosti šterbiny byl namě-
řen příkon 144 kg sladu/kW, což odpo-
ovídá 10,8 tunám za hodinu, alternativně
160 kg/kWh (15,5 t/h).

3.1.2.1 Kalý ve scezené sladině

Sladina, připravená ze šrotu z disko-
vého dispergátoru a scezená na sladi-
novém filtru Meura 2001 byla kalnější,
než sladina ze sladu, pro jehož mletí byl
použit kladívkový mlýn a týž sladinový
filtr. Suché šrotování dávalo jiskrnější
sladiny než slady šrotované mokrou
cestou. Tento výsledek však byl očeká-

Tab. 4 Objem kalů ve sladině v závislosti na množství sladiny a pracovním tlaku ve sladi-
novém filtru

| | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|
| objem mladiny [hl] | 10 | 25 | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 |
| obsah kalů [ml/l] | 60 | 13 | 2 | 0 | 1 | 12 | 4 | 2 | 0 |
| tlak v sladinovém filtru [MPa] | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,45 | 0,52 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |

Tab. 5 Porovnání výsledků analýzy mladiny (mokré a suché šrotování, sladinový filtr, scezo-
vací kád)

| | Sladinový filtr + Hydromill | Scezovací kád | Sladinový filtr |
|---------------------------------------|-----------------------------|---------------|-----------------|
| původní extrakt [°P] | 14,2 | 14,3 | 14,2 |
| dosažitelný extrakt (zdánlivý) [°P] | 2,66 | 2,59 | 2,6 |
| dosažitelné prokvašení (zdánlivé) [%] | 81,7 | 82,4 | 82,1 |
| dosažitelné prokvašení (skutečné) [%] | 67,8 | 68,4 | 68,2 |
| barva [jEBC] | 9,3 | 10,3 | 10,5 |
| pH | 5,4 | 5,4 | 5,4 |
| hořkost [BU] | 40 | 40 | 40 |
| množství chmele (extrakt) [g/hl] | 16,15 | 16,85 | 17,46 |
| FAN [ppm] | 171 | 163 | 178 |

ván a lze ho s výhodou použít pro řízení
koncentrace lipidů ve sladině, nutné pro
rychlé kvašení.

K dosažení stejného podílu kalů
v sladině jako při použití suchého šro-
tování však postačí prodloužit přibližně
o dvě minuty dobu podrážení při
scezování. Tento poznatek umožňuje
sládkovi řídit podle požadovaných
parametrů sladiny průběh scezování
s ohledem na kontrolu obsahu kalů.
Z vyhodnocení procesu lze konstatovat,
že celkový obsah kalů ve sledované sla-
dině (14,6 %) byl 4,5 ml/l. Tento podíl
se při recirkulaci ve sladinovém filtru po
dobu dvou minut snížil na hodnotu
1,5 ml/l.

3.1.2.2 Analýza studené sladiny (průměr za měsíc)

Porovnávaly se tři mladiny, jedna byla
vyrobená ze sladového šrotu, připe-
něného na diskovém dispergátoru Hydro-
mill, pro výrobu druhé a třetí mladiny byl
použit šrot ze suchého šrotování. Sla-
diny pro první a třetí mladinu se filtro-
valy sladinovým filtrem Meura 2001,
druhá mladina se scezovala scezovací
kádí. Všechny mladiny byly vyrobeny
v jednom pivovaru ze stejných surovin.
První mladina (slad připraven na zaří-
zení Hydromill), měla však nižší barvu
než srovnávací sladina, což znamená
nižší provzdušnění během její výroby
(tab. 5).

Tab. 6 Doba scezování sladiny ze sladu se-
šrotovaného na Hydromillu na sladinovém
filtru Meura 2001

| | Čas [min] | Objem sladiny [hl] | Pův. konc. mladiny [%] |
|----------------------|-----------|-----------------------|---------------------------|
| plnění | 6 | 0 | |
| scezování předku | 26 | 350 | 21 |
| předlisování mláta | 5 | 35 | |
| vyslazování mláta | 52 | 300 | |
| lisování mláta | 9 | 40 | |
| druhé lisování mláta | 4 | 8 (odhad) | 1,5 |
| celková doba | 102 | 733 | 14,6 |

V tab. 6 je uvedena doba scezování
sladiny, připravené ze sladové tluče
(šrotu) z Hydromillu.

Při stanovení nonenalového potenci-
álu na konci rmutovacího procesu (tep-
lota rmutu 76 °C) vychází jednoznačně
příznivěji jeho obsah ve rmutu, k jehož
výrobě byl použit Hydromill. Porovnání
hodnot nonenalového potenciálu v kla-
sicky vyrobeném rmutu ve starém pivo-
varu (pětiválcový šrotovník a starý sla-
dinový filtr) a rmutu z varny v novém

Tab. 7 Porovnání nonenalového potenciálu ve
dvou rmutech (teplota 76 °C)

| | Nonenalový potenciál [ppb] |
|--|----------------------------|
| klasický rmut (pětiválcový šrotovník, sladinový filtr) | 2,3 |
| rmut z nového pivovaru (Hydromill, sladinový filtr Meura 2001) | 1,9 |

pivovaru (sladový šrot z Hydromillu
a nový sladinový filtr Meura 2001) je
uvedeno v tab. 7.

Po vyhodnocení výsledků dosaže-
ných ve velkém pivovaru při použití no-
vého zařízení Hydromill lze konstatovat,
že se potvrdily výsledky získané na po-
loprovozním zařízení. Výhody nového
zařízení tedy jsou:

- výborná výtěžnost,
- výborná produktivita, doba scezování
klesla pod 120 minut při zatížení jedné
komory 192 kg, zatímco při použití kla-
divového mlýnu je zatížení v jedné ko-
máře pouze 175 kg,
- kontrolovatelný a nižší obsah kalů ve
sladině.

Důsledkem nižší oxidace rmutů
(světlejší barva a nižší hodnota none-
nalového potenciálu) během práce ve
varně při použití nového šrotovacího za-
řízení Hydromill je pivo z takto vyrobené
mladiny chuťově stabilnější.

Pokračování v dalším čísle