

Zpracování odpadních kvasnic a stažkového piva

663.44 663.45

I. Teoretická část a laboratorní zkoušky

Ing. PETR ŤOPKA, Ing. JAN VOBORSKÝ, Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha

Klíčová slova: *odpadní kvasnice, filtrační vlastnosti, způsoby zpracování, stažkové pivo, vracení do mladiny, sterilita, ztráty ethanolu*

Využití pivovarských odpadů se dostává stále více do popředí zájmu pracovníků pivovarského průmyslu. Vznikající tlak na zvýšení efektivnosti výroby a zákonná opatření pro ochranu životního prostředí vedou ke snaze maximálně omezit extraktivní ztráty, jakož i zachytit a zhodnotit veškeré pivovarské odpady.

Není třeba zdůrazňovat, že prvořadá pozornost je věnována odpadním kvasnicím. Jejich objem činí při klasické výrobě 1,5 až 2 % z celkového výstavu piva a při obsahu sušiny 11 až 17 % zadržují 45 až 55 % piva. Pivovarské kvasnice mají ze všech pivovarských odpadů nejvyšší BSK₅ (1—5). Jako bohatý zdroj bílkovin, vitamínů

a dalších složek se využívají po odpovídajícím zpracování jak pro výživu lidí, tak ke krmným účelům [6, 7].

Sdělení se zabývá v první části možnostmi zpracování odpadních kvasnic různými separačními systémy a filtračními vlastnostmi přebytkových kvasnic ze spítky a stažkových kvasnic. Dále se diskutují podmínky pro vrácení získaného piva do horké mladiny, a to zejména s ohledem na zajištění sterility a zabránění ztrát ethanolu. Druhá část pak shrnuje výsledky provozních zkoušek: sběru, uchovávání a filtrace kvasnic kalolisem a vrácení stažkového piva do horké mladiny.

PŘEHLED LITERATURY

Způsoby zpracování odpadních kvasnic

Nejjednodušším a investičně nejméně náročným způsobem je prodej tekutých kvasnic zemědělským podnikům. Z 1 hl tekutých kvasnic o sušině 15 % se získá zředěním před expedicí 2,5 hl kvasnic o sušině 6 %. Nevýhodou je ztráta veškerého piva zadrženého kvasnicemi (40 až 50 l na hl kvasnic).

Jinou možností je *vrácení kvasnic do varny*. Přídavkem tekutých kvasnic s 15 % sušinou do vstírky v množství odpovídajícím 1 l na hl mladiny lze získat minimálně 0,7 l 10 % mladiny. Výhodou je zvýšení obsahu aminodusíku v mladině o 30 až 40 mg.l⁻¹, což se může příznivě projevit zejména u surovaných várek. Nevýhodou je ztráta ethanolu v zadrženém pivu a zvýšení obsahu nukleových kyselin [1].

Požadavek získat maximální množství piva zadržovaného v kvasnicích vedl k použití různých *separačních systémů*. Kvasnice obsahují 65 až 70 % vázané buněčné vody. Separací lze tedy dosáhnout maximálně 30 až 35 % sušiny [8]. Je třeba si uvědomit, že nedokonalé sedimentované kvasnice zadržují při 5 % sušině více než 80 % piva a i při dobré sedimentaci a sušině 15 % lze získat ještě 50 % piva z původního objemu kvasnic. Stahování stažkového piva z povrchu sedimentovaných kvasnic v ležáckém tanku (jak se dříve běžně provádělo), není tedy dostatečně efektivní.

Separací systémy pro zahušťování odpadních kvasnic

Pro separaci kvasnic se používá nejrůznějších systémů, např. komorový lis, membránový lis, odstředivka, dekan-tační odstředivka, tlakový bubnový filtr, rotační vakuový filtr nebo tangenciální filtrace [9, 10].

Dobře filtrovatelné jsou obvykle čerstvě sebrané kvasnice z kvasných kádí nebo cylindrokónických tanků pro hlavní kvašení. Kvasnice z ležáckého sklepa činí podstatně větší problémy a u některých separačních systémů nelze uspokojivého oddělení dosáhnout [3, 4, 11].

Komorové lisy (kalolisy) jsou nejčastěji osazeny polypropylenovými filtračními deskami a polypropylenovými plachtami. Filtrační cyklus je zpravidla rozdělen do dvou fází; v první fázi, která trvá asi 60 minut, je při tlaku 0,4 až 0,6 MPa získáno 80 až 90 % z veškerého objemu piva. Ve druhé fázi, která slouží k dolisování filtračního koláče, se pracuje s tlakem 1,2 až 1,5 MPa. Tlakový režim je naprogramován. Po uvolnění tlaku vypa-dávají lisované kvasnice o sušině nad 28 % samovolně při posunu desek. Při automatickém posunu trvá výhoz kvasnic 20 až 30 minut, pak následuje čištění vodou o tlaku 10 MPa a sterilace horkou vodou. Čas od času se doporučuje cirkulační čištění filtru 2 % roztokem NaOH o teplotě 60 °C [3, 5]. Při vstupní koncentraci kvasničných buněk nad 500 miliónů na ml se zjistila jejich koncentrace ve filtrátu při nízkotlaké fázi až do 100 miliónů na ml, ve vysokotlaké fázi do 4 miliónů na ml. Obsah rozpuštěného kyslíku ve filtrátu nepřekročil 0,8 mg.l⁻¹ [4].

Membránový lis je konstruován obdobně jako běžný komorový lis. Konstrukce filtračních desek však umožňuje pomocí membrán měnit objem komor a zkrátit tak dobu dolisování. K expanzi membrán se používá tlakový vzduch nebo voda. Celková doba lisování se zkracuje ze 120 až 140 minut na 60 minut. Dopravní čerpadlo pracuje s tlakem do 0,5 MPa a je tedy menší a levnější. Rovněž filtrační plochu je možno zmenšit o 35 %. Obsah sušiny získaných kvasnic se pohybuje v rozmezí 32 až

35 %, obsah kvasničných buněk ve filtrátu v rozmezí 0,3 až 0,5 miliónů na ml [12].

Na podobném principu pracuje *automatický lis s nekončitou plachtou* firmy Grau Filtertechnik. Při plně automatizovaném chodu se celková doba lisování zkracuje na 35 minut a celková doba filtračního cyklu včetně čištění na 45 minut. Při lisování se v průběhu 20 až 25 minut zvýší tlak z 0,1 na 0,7 MPa, přičemž vzrůst tlaku lze přesně naprogramovat podle zpracovávaného substrátu. Následuje fáze dolisování, kde se po dobu 10 minut pomocí membrán taktově mění tlak z 0,7 na 0,9 MPa. Vylisované kvasnice s obsahem sušiny 30 % jsou během 20 s vyneseny nekončícím pásem z lisu. Následuje ostřík plachetek vodou o tlaku 8 až 10 MPa. Výrobce potvrzuje hospodárnost tohoto systému od výstavu 140 tisíc hl za rok. V provozu jsou zařízení ke zpracování až 320 hl směsi za 18 hodin [9, 11, 13]. Obsah kyslíku ve filtrátu klesá z 2,2 na 0,4 mg.l⁻¹, obsah kvasničných buněk nepřevyšuje 0,4 miliónů na ml [4].

Dekantační odstředivky umožňují zahustit kvasničnou suspenzi maximálně na 24 % sušiny. Nejlepší hospodárnosti se dosáhne, pracuje-li dekanter nepřetržitě po celý pracovní týden. Jejich nasazení je ekonomické od výstavu 100 tisíc hl za rok. Moderní dekantéry umožňují optimální nastavení pro zpracovávaný substrát. Vhodnou konstrukcí se zabráni usazování substrátu uvnitř stroje, čistí se bez rozebírání ze sanační stanice.

Podmínkou pro dosažení výše uvedené sušiny je zpracování čerstvě sebraných kvasnic. Stažkové kvasnice se separují obtížně a mnohdy není dobré oddělení vůbec možné. Po zahájení provozu dekanteru bývá ve filtrátu zjištěn vysoký obsah kyslíku a kvasničných buněk. Stroj však může být předpíněn oxidem uhličitým. Po 3,5 hodinách provozu dekanteru byl zjištěn obsah kvasničných buněk pod 1 milión na ml [4, 9, 14, 15].

K separaci kvasnic lze rovněž použít *rotačních vakuových filtrů*. Jejich nevýhodou je nutnost naplavení základní vrstvy pomocného filtračního prostředku a enormní provzdušnění získaného piva. Filtry vyžadují homogenní nástřik a trvalou kontrolu. Obsah sušiny získaných kvasnic obvykle nepřekročí 22 %. [16, 17].

Zpracování získaného stažkového piva

Stažkové pivo mává proti běžnému pivu vyšší pH, barvu, hořkost, obsah celkového dusíku a aminodusíku, polyfenolových a těkavých látek. I po úpravě silikagelem nebo aktivním uhlím se pohybuje hodnota pH v rozmezí 4,7 až 4,9 [18].

Vrácení stažkového piva do *studené fáze výroby*, to je např. k mladému pivu nebo k pivu před filtrací, může způsobit chuťové změny a kontaminaci výrobku. Proto se obvykle doporučuje úprava filtrátu z kalolisu křemelinovou filtrací a průtokovou pasterací [12].

Pivo z kalolisu není nutno pasterovat, je-li dávkováno do *horké mladiny*, tj. do vířivé kádě nebo do mladinového potrubí před deskovým chladičem. Teplotní účinek by měl odpovídat 100 pasteračním jednotkám. Je-li pivo dávkováno do mladinového potrubí, nedochází ke ztrátě ethanolu. Přídavek 2,5 % piva neovlivnil degustační hodnocení výrobku a neprojevil se ani analyticky [3].

Lisované kvasnice se nejčastěji zředí vodou (obsah sušiny pod 16 %), což již umožňuje jejich čerpání.

FILTRAČNÍ VLASTNOSTI KVASNIC

Při filtraci kvasničné suspenze kalolisem závisí doba filtrace na filtračních vlastnostech kvasnic. Velmi obtížně se obvykle filtrují kvasnice z ležáckých tanků, které obsahují větší podíl kalů. Měřitkem filtračních vlastností je specifický filtrační odpor (α_i), který se stanoví za konstantního tlaku na speciální filtrační aparatuře [19]. Hodnoty α_i umožňují výpočet parametru kalolisu nebo pro daný kalolis výpočet filtrační doby [19, 20]. V *tabulce 1* je uveden specifický filtrační odpor kvasnic odebraných z kvasných kádí a z ležáckých tanků ze tří různých pivovarů. Pro názornost je vypočtena doba filtrace pro kalolis se šířkou kalového prostoru 30 mm.

Doba filtrace je vypočtena podle skutečných hodnot z filtračních testů a je interpolována na výšku filtrační vrstvy 15 mm [suspenze se filtruje ze středu kalového

Tabulka 1. Filtrační vlastnosti kvasnic

Označení vzorku	α_f 10^{15} m^{-2}	Doba filtrace (min)
Kvasnice spilka	A ₁	0,992
	A ₂	1,064
	B	2,428
	C	2,286
Kvasnice ležácký sklep	A	5,205
	B	14,65
	C	34,28

α_f stanoveno při konstantním rozdílu tlaků $\Delta p = 0,5 \text{ MPa}$

prostoru na obě strany). Při vysokém obsahu kalů se filtrační vrstva ucpává dříve, než je zaplněn kalový prostor. Takový případ nastává, jestliže je filtrační doba, vypočtená z filtračních testů, vyšší než 180 min.

Kvasnice ze spilky jsou velmi dobře filtrovatelné a jejich specifický filtrační odpor kolísá v poměrně úzkých mezích. Značné rozdíly ve filtračních vlastnostech se však vyskytují u kvasnic z ležáckých tanků. Například kvasnice C jsou samotné prakticky nefiltrovatelné. Přijatelných filtračních vlastností lze dosáhnout smícháním obou druhů kvasnic v poměru alespoň 1:1. Výsledná doba filtrace se pak pohybuje v průměru 60 až 120 min.

Filtrovatelnost kvasnic z ležáckých tanků lze rovněž zlepšit přidávkou křemelin. Obvykle postačí dávka 200 až 300 g křemelin na hl suspenze, což představuje 2 až 4 % sušiny křemelin v sušině kvasnic.

Zvláštností kvasnic je, že se stoupajícím tlakem v rozsahu 0,5 až 1,5 MPa zůstává filtrační doba prakticky stejná. Kvasnice jsou silně stlačitelné a specifický filtrační odpor vzrůstá lineárně v závislosti na tlaku (tab. 2). U nestlačitelných materiálů je α_f na tlaku nezávislý a filtrační rychlost se zvyšuje s rostoucím tlakem. Stlačným vrstvy kvasnic se vliv tlaku na filtrační rychlost kompenzuje.

Tabulka 2. Vliv tlaku na dobu filtrace kvasnic

Označení vzorku	Δp (MPa)	α_f 10^{15} m^{-2}	Doba filtrace (min)	s	α_1 10^{15} m^{-2}
Kvasnice spilka	A ₁	0,5	0,992	0,981	1,959
		1,0	1,907		
		1,5	2,924		
	A ₂	0,5	1,064	0,916	2,007
		1,0	2,275		
		1,5	2,912		
Kvasnice sklep	A	0,5	5,205	1,043	10,48
		1,0	10,47		
		1,5	16,36		

Závislost α_f na rozdílu tlaku filtrační přepážky lze vyjádřit jednoduchým, pro tento účel vyhovujícím vztahem

$$\alpha_f = \alpha_1 \cdot (\Delta p)^s$$

kde α_1 je specifický filtrační odpor při jednotkovém tlaku (1 MPa)

s — koeficient stlačitelnosti.

Obě hodnoty jsou vypočteny z naměřených hodnot α_f v tabulce 2 podle obvyklých vztahů [21]. Hodnoty koeficientu stlačitelnosti blízké hodnotě 1 zdůvodňují lineární závislost α_f na Δp .

PODMÍNKY PRO VRACENÍ PIVA DO HORKÉ MLADINY

Pivo získané filtrací stažkových kvasnic se musí vrátit do provozu bez újmy na kvalitě piva. Vracení do studené části provozu je spojeno s rizikem kontaminace nežádoucími mikroorganismy. Vracení stažkového piva do horké mladiny řeší tento problém bez dalších nároků na zařízení a energii. Pivo lze vracet buď do vířivé, popř. usazovací kádě nebo do potrubí s horkou mladinou. Při vra-

cení piva do vířivé kádě před čerpáním mladiny z varny v množství do 10 % objemu mladiny je zcela bezpečně zajištěna jeho sterilita. Oprávněnost námitky ke ztrátám ethanolu odpařením byla pokusně ověřena. Při vracení piva do potrubí jsou ztráty ethanolu vyloučeny a je nutno naopak zajistit takové podmínky, aby účinek teploty a doby zdržení odpovídal minimálně 100 pasteračním jednotkám.

Ztráty ethanolu

Pokusně byly modelovány podmínky odpovídající vracení piva do horké mladiny ve vířivé kádě. K 10 % mladiny zahřáté na 90 °C bylo přidáno 10, 20 a 30 % piva s obsahem ethanolu 4,34 %. Směs byla udržována v uzavřené nádobě s odvědušením 60 min při teplotě 90 °C. Po ochlazení byl stanoven obsah ethanolu a porovnán s obsahem ethanolu ve studené mladině se stejným množstvím piva. Z tabulky 3 je zřejmé, že za podmínek, které přicházejí v provozu v úvahu, zůstává veškerý ethanol z přidaného piva v mladině. Ztráty lze pozorovat až při obsahu ethanolu v horké mladině nad 1 %.

Tabulka 3. Ztráty ethanolu po přidavku piva do horké mladiny

Přídavek piva (%)	10		20		30	
	srovnávací	pokusný	srovnávací	pokusný	srovnávací	pokusný
Ethanol (%)	0,46	0,46	0,87	0,83	1,32	1,14
Ztráta ethanolu (%)	—	0	—	5,0	—	14,0

Zajištění sterility

Při vracení piva do potrubí se zajistí požadovaný pasterační efekt příslušnou délkou potrubí a teplotou výsledné směsi. Výpočet délky potrubí je patrný z tohoto příkladu.

a) Vstupní parametry: teplota horké mladiny $T_M = 90 \text{ °C}$, teplota stažkového piva $T_P = 10 \text{ °C}$, podíl stažkového piva $P = 0,15$ [15 %], průtok horké mladiny $Q = 150 \text{ hl.h}^{-1}$ potrubím o průměru $d = 65 \text{ mm}$. Požadovaný pasterační efekt 100 pasteračních jednotek (PJ).

b) Výpočet směšovací teploty:

$$T = \frac{T_M + P \cdot T_P}{1 + P} = \frac{90 + 0,15 \cdot 10}{1 + 0,15} = 79,6 \text{ °C}$$

c) Výpočet doby zdržení t :

$$PJ = t \cdot 1,4 \exp (T - 60)$$

$$t = \frac{PJ}{1,4 \exp (T - 60)} = \frac{100}{1,4 \exp (79 - 60)} = \frac{100}{1,4^{19}} = 0,16 \text{ min}$$

$$t \approx 10 \text{ s}$$

d) Výpočet délky potrubí L

$$Q = 150 \text{ hl.h}^{-1} = 4,16 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$$

$$\text{průřez potrubí } F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,065^2}{4} = 3,32 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{F} = \frac{4,16}{3,32} = 1,25 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\text{délka potrubí } L = v \cdot t = 1,25 \cdot 10 = 12,5 \text{ m}$$

Vypočtená délka potrubí se podstatně zkracuje při nižším podílu stažkového piva, jak je patrné z tabulky 4. Naopak při původní délce potrubí se pasterační efekt výrazně zvyšuje. K zajištění sterility dávkovaného piva v provozních podmínkách je nutná kontrola teploty na konci směšovacího potrubí. Při poklesu teploty pod hodnotu potřebnou pro 100 PJ se sníží přítok piva.

Tabulka 4. Podmínky pro zajištění sterility při vrácení piva do potrubí

Podíl stažkového piva {%}	Výsledná směšovací teplota [°C]	Delka potrubí pro 100 PJ [m]	Letální účinek při délce potrubí 12,5 m [PJ]
2,5	88,0	0,6	2065
5,0	86,2	1,1	1127
7,5	84,4	2,0	615
10,0	82,7	3,6	347
12,5	81,1	6,2	203
15,0	79,6	10,2	122

Předpoklady: $T_M = 90\text{ °C}$, $T_P = 10\text{ °C}$, $Q = 150\text{ hl} \cdot \text{h}^{-1}$, $d = 65\text{ mm}$,
doba zdržení pro potrubí 12,5 m = 10 s

Literatura

- [1] VOBORSKÝ, J., ZIMOVA, I.: Využití pivovarských odpadů, DÚ 1 Využití odpadních kvasnic ve varně. (Závěrečná zpráva), VÚPS, Praha, 1983
- [2] VOBORSKÝ, J.: Využití pivovarských odpadů, DÚ 1 Využití odpadních kvasnic. (Závěrečná zpráva), VÚPS, Praha, 1984
- [3] OECHSLE, D.: Brauind. **71**, 1986, s. 257
- [4] DONHAUSER, S.: Brauwelt, **126**, 1986, s. 1150
- [5] MÜLLER, G.: Brauind. **68**, 1983, s. 1189
- [6] DWIVEDI, B. K., GIBSON, D. L.: Can. Inst. Food Technol. **1**, 3, 1970, s. 110
- [7] MACHER, L.: Brauwelt, **108**, 1968, s. 406
- [8] ANDREWS, D. A.: Brewers Guard. **118**, 1984, s. 28
- [9] DONHAUSER, S., GLAS, K.: Brauwissenschaft, **40**, 1986, s. 284
- [10] anonym: Brewers Guard., **118**, 1979, č. 12, s. 28
- [11] anonym: Brauind., **71**, 1986, s. 406
- [12] MÜLLER, G.: Techn. Quarterly, **19**, 1982, s. 57
- [13] Reklamní strana firmy Grau-Feinwerktechnik: Brauwelt, **123**, 1983, s. 1627
- [14] Prospektový materiál firmy Flottweg, Vilsbiburg, NSR, 1984
- [15] COLESAN, F., BANNERT, I.: Brauwelt, **126**, 1986, s. 1790
- [16] O'ROUKE, T.: Brewers Guard., **109**, 1980, č. 9, s. 39
- [17] BOUGHTON, R. A.: Brewer, **69**, 1983, s. 260
- [18] NARZI, L.: Brauwelt, **119**, 1979, s. 637
- [19] TOPOLÁNEK, A.: Metody filtračních zkoušek a výpočtů filtračních lisů, Výzkumný ústav Přerovských strojů, 1984
- [20] MIKA, V.: Základy chemického inženýrství, SNTL, Alfa, Praha, 1981, s. 195
- [21] PILAR, A.: Chemické inženýrství I, SNTL, Praha, 1959, s. 320

Lektoroval Ing. Jan Šíma

Topka, P. — Voborský, J.: Zpracování odpadních kvasnic a stažkového piva. I. Teoretická část a laboratorní zkoušky. Kvas. prům., **34**, 1988, č. 4, s. 99—102.

První část sdělení shrnuje možnosti zpracování odpadních kvasnic. Jsou uvedeny filtrační vlastnosti kvasnic ze spilky a stažkových kvasnic z ležáckého sklepa a orientačně vypočtena doba filtrace kalolisem. Dále jsou specifikovány podmínky, za kterých se při vrácení získaného stažkového piva do horké mladiny zabrání ztrátám ethanolu a zajistí sterilita.

Топка, П. - Воборски, Я.: Переработка отработанных дрожжей и остаточного пива. I. Теоретическая часть и лабораторные испытания. Квас. прум., **34**, 1988, № 4, стр. 99—102.

Первая часть сообщения дает обзор по возможностям переработки отработанных дрожжей. Приводятся фильтрационные свойства дрожжей после брожения и остаточных дрожжей из лагерного хранения, ориентировочно рассчитано время фильтрования на фильтрпресе. Далее определяются ближе условия, при которых при обратной подаче полученного остаточного пива в горячее сусло препятствуется потерям алкоголя и обеспечивается стерильность.

Topka, P. — Voborský, J.: Treatment of Waste Yeasts and Rest Beer. I. Theory and Laboratory Tests. Kvas. prům., **34**, 1988, No. 4, pp 99—102.

In the first part a possible treatment of waste yeasts is discussed. The filtration properties of yeasts from a fermenting cellar and a stock cellar are described. In addition, an informative filtration time with a filter press is calculated. The conditions for a recycle of rest beer into hot hopped wort without alcohol losses and keeping a sterility are specified.

Topka, P. — Voborský, J.: Verarbeitung der Abfallhefe und des Gelägerbieres. I. Theoretischer Teil und Laborversuche. Kvas. prům., **34**, 1988, Nr. 4, s. 99—102.

Der erste Teil der Mitteilung behandelt zusammenfassend die Möglichkeiten der Verarbeitung der aus dem Gärkeller abfallenden Hefe. Es werden die Filtrationseigenschaften der Abfallhefe aus dem Gärkeller und der Gelägerhefe aus dem Lagerkeller angeführt, sowie auch die Orientationswerte der Filtrationszeiten in der Trubpresse errechnet. Weiter werden die Bedingungen spezifiziert, unter denen bei der Rückverwendung des gewonnenen Gelägerbieres in die Heißwürze die Alkoholverluste vermieden und die Sterilität gewährleistet werden kann.