

Čištění odpadních vod z pivovarsko-sladařského průmyslu

663.4

Ing. MARIE KOBROVÁ, Výzkumný ústav potravinářského průmyslu — Středisko technických informací, Praha

Klíčová slova: pivovarsko-sladařský průmysl, odpadní vody, čištění, pivo, slad, anaerobní čisticí proces, energetická náročnost

ÚVOD

Nepříznivá situace v zásobování pitnou vodou i nutnost ochraňovat a racionálně využívat podzemní i povrchovou vodu bude vytváret stále větší tlak na zajišťování trvalého poklesu znečištění vod. Zvláště potravinářský průmysl je závislý na množství a kvalitě nezávadné pitné vody, a proto potravináři musí hájit svoji základní a nepostradatelnou surovinu.

Nejdůležitějším způsobem zastavení růstu znečištění podzemních i povrchových vod a cestou ke zlepšení současného stavu je výstavba čistíren odpadních vod s nejrůznějšími způsoby úpravy a čištění odpadních vod, které se v zahraničí uplatnily.

Při výrobě sladu připadá hlavní podíl odpadních vod na praní ječmene, kdy se vyluhují organické i anorganické látky v nepříliš vysokých koncentracích. Odpadní vody z humen vznikají při mytí a dezinfekci podlah

apod. a obsahují hlavně nerozpuštěné látky a dezinfekční činidla. Složení směsi odpadních vod ze sladovny je uvedeno v tabulce 1.

Při výrobě piva jde hlavně o tyto odpadní vody:

— odpadní vody z varny, např. mycí vody z varných kádí a zbytky vyslazovacích vod, jejichž BSK₅ je vysoké, až 4 000 mg .l⁻¹;

— odpadní vody z mytí kalolisů na mladinu obsahují hořké kaly a extrakt (v sušině hořkých kalů je až 50 % bílkovin);

— odpadní vody ze spilky a z ležáckých sklepů jsou nejvíce znečištěny. Obsahují odpadní kvasnice z mytí kvasných kádí a ležáckých sudů. Jejich BSK₅ je 2 000 až 13 000 mg .l⁻¹. Nejvyšší zatížení představují „deky“ z kvasných kádí s BSK₅ až 50 000 mg .l⁻¹;

— odpadní vody z mytí stáčecích aparatur a plniček

Tabulka 1. Složení odpadní vody z výroby sladu

Ukazatel	Koncentrace
pH	7
veškeré látky	(mg .l ⁻¹) 500—4 000
nerozpuštěné látky	(mg .l ⁻¹) 30—2 300
CHSK	(mg .l ⁻¹) 150—2 300
BSK _s	(mg .l ⁻¹) 100—1 500
celkový dusík	(mg .l ⁻¹) 30—40

Tabulka 2. Složení odpadní vody z výroby piva

Ukazatel	Koncentrace
pH	5—7
veškeré látky	(mg .l ⁻¹) 500—2 500
ztráta žiháním	(mg .l ⁻¹) 500—2 200
nerozpuštěné látky	(mg .l ⁻¹) 100—500
ztráta žiháním	(mg .l ⁻¹) 50—500
CHSK	(mg .l ⁻¹) 750—4 000
BSK _s	(mg .l ⁻¹) 500—3 000
celkový dusík	(mg .l ⁻¹) 25—45

lahví jsou značně znečištěny; jejich BSK_s je asi 3 000 mg .l⁻¹;

— oteplené odpadní vody od chladičů piva a chladičů kompresorů chladicích strojů nejsou znečištěny.

Složení odpadní vody při výrobě piva je uvedeno v tabulce 2. Celkové množství odpadních vod je asi 0.6 až 1.2 m³ .hl⁻¹ piva. Produkované znečištění lze významně omezit technologickými opatřeními ve výrobě:

1. zachycování hořkých kalů a „deky“ a kompostování těchto odpadů na hnojivo, nebo jejich přidání do mláta a zkrmení;

2. snížení manipulačních ztrát piva, jehož extraktové složky jsou hlavním zdrojem BSK_s v odpadních vodách;

3. zachycení patok, které je možno použít pro vystírku další várky nebo pro zkrmení;

4. zachycení maximálního množství odpadních kvasnic.

Pivovarské vody se po mechanickém předčištění nejčastěji čistí s městskými odpadními vodami. Velmi zápotřebí bývá vyrovnaní kvality v provozdušňované vyrovnavací nádrži. Samostatné biologické čistírny jsou v provozu u několika pivovarů. Nejlepší výsledky se dosahují na nízkozatěžované aktivaci s dlouhou dobou zdržení a stabilizací kalu. Před biologickým stupněm je zařazena sedimentace, úprava pH do alkalické oblasti přídavkem vápna a provozdušňovaná akumulační nádrž. Tam, kde to umožňují místní podmínky, osvědčuje se poměrně dobré dočištěvání ve stabilizačních nádržích a přirozené způsoby čištění odpadních vod jejich likvidací závlahami [1].

Čištěním odpadních vod se ve svých příspěvcích zabývají i některé zahraniční odborné pivovarské časopisy. Vzhledem k nedostatku a zdražování energie se stále většemu významu dostává anaerobnímu způsobu úpravy vod.

POSTUPY ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Postupy anaerobního čištění pivovarských odpadních vod jsou již dlouho známy, ale častěji se jich začalo používat až v posledních letech v souvislosti se zdražováním energie. V současnosti jsou v provozu čistírny odpadních vod se získáváním bioplynu např. v pivovaru Heileman v La Crosse (USA), dále v pivovaru Sebastian-Artois v Armentières ve Francii s reaktorem 1 200 m³ [2]. Další anaerobní zařízení jsou uvedena do provozu v pivovaru Palm, Londerzeel v Belgii o výkonu 840 m³ odpadních vod denně [3] a v pivovaru Bavaria BV v Lieshout v Holandsku s výkonem 300 m³ odpadních vod denně. Na principu získávání alkoholu z vysoko znečištěných odpadních vod pracuje od roku 1981 zařízení v pivovaru Olympia Brewing Company.

Zvláštnosti anaerobních postupů rozkladu oproti aerobním spočívají v energetické oblasti a v malém množství kalů. Anaerobní mikroorganismy využívají pro svůj růst pouze malou část energetického obsahu organických

sloučenin. Z tohoto důvodu činí tvorba kalu ve srovnání s aerobními postupy pouze 10 až 20 %. Produkce kalu při anaerobním postupu je nižší, když z anaerobního čištění jsou stabilnější a snáze odvodnitelné.

Při anaerobním čištění se převážná část organických látok přemění na bioplyn. Tato směs methanu a oxidu uhličitého je vysoko hodnotné palivo. Anaerobní čištění snižuje BSK_s o 80 až 90 %, takže se jedná o velmi efektivní postup [4].

V NSR se prováděly poloprovozní pokusy ve Friesischen Brauhaus v Jeveru se čtyřmi paralelními reaktory s přiřazenými m'čacími a vyrovnavacími nádržemi a odděleně pracujícími předkvašením. Sledování bylo provedeno m'čaný reaktor 16 m³ s dočištěním 5,25 m³, reaktor s vířivou vrstvou plněný peletami průměru 2,5 mm s dočištěním 4 m³, reaktor s pevnou vrstvou, plněný zrnitým syntetickým materiálem s dočištěním 4 m³ a Upflow reaktor s dočištěním 4 m³. Nejlepší výsledky byly docílovány v reaktoru s pevnou vrstvou a v Upflow reaktoru. Výtěžnost plynu v reaktoru s pevnou vrstvou je 0,3 m³ .kg⁻¹ CHSK [4].

Kvasný plyn z methanových fermentorů se skládá z 80 % z methanu a z 15 až 20 % z oxidu uhličitého. Tento plyn se shromažďuje v horní části fermentoru a vede se do jímacích nádob. Před použitím je nutno jej filtronat a odsírovat. Je nutno zajistit bezpečnost před výbuchem a požárem, proto je používání kvasného plynu vázáno na dodržování bezpečnostních předpisů, neboť směs methanu se vzduchem je silně výbušná. Vlastní spalování probíhá ve speciálních hořácích, které jsou navojeny přímo v zásobnících.

Bioplyn lze využívat k přímému spalování, k vytápění reaktorů i jiných zařízení. Může sloužit k pohonu motorů nebo k výrobě elektrické energie (asi 1,9 kWh z 1 m³ bioplynu [4]).

Autoři Dilly a Rosenwinkel uvádějí toto srovnání obou procesů: pivovar s ročním výstavem 1 mil. hl piva a specifickým znečištěním 0,5 BSK_s .hl⁻¹ piva produkuje ročně 500 000 kg BSK_s. Při průměrném a pro pivovarské vody charakteristickém poměru CHSK : BSK_s = 1,5:1 to představuje specifické znečištění 0,75 kg CHSK .hl⁻¹ piva, tj. 750 000 kg CHSK ročně.

Při aerobním procesu čištění pivovarských odpadních vod na BSK_s 20 mg .l⁻¹ je třeba na odbourání 1 kg BSK nejméně 1 kWh energie. V pivovaru o výstavu 1 mil. hl ročně to představuje spotřebu 500 000 kWh za rok.

Při anaerobním procesu odbourání stejněho množství CHSK znamenalo produkci asi 180 000 m³ plynu a snížení znečištění o 80 %. Energetický zisk z uvedeného množství bioplynu představuje 108 t topného oleje ročně (1 m³ bioplynu odpovídá 0,58 kg topného oleje), neboť 1 m³ bioplynu znamená 20 000 kJ využitelné tepelné energie či 5,6 kWh využitelné elektrické energie. V uváděném výkladu to představuje roční zisk 1,06 mil. kWh [4]. Vzhledem k nedostatku a zdražování energie budou anaerobní způsoby úpravy odpadních vod získávat stále větší význam a představují aktuální trendy energetiky.

Pro čištění pivovarských odpadních vod se rovněž osvědčil postup se skrápěním biofiltem s náplní z plastu. Předností tohoto reaktoru s pevným ložem je, že nezávisle na zatížení produkuje dobré usaditelný kal. Pro tento typ s náplní Flokor se pro čištění pivovarských odpadních vod udává účinnost odstranění organických látok 65 % vůči objemové zatížení B_v 28 kg .m⁻³ .d⁻¹ BSK_s, 57 % vůči B_v 48 kg .m⁻³ .d⁻¹ BSK_s [4].

Jiným způsobem anaerobního zařízení je systém Upflow pro odpadní vodu realizovaný v pivovaru Heileman Brewing (La Crosse). Methanizační nádrž je zhotovená ze dvou částí, každá do 2 550 m³. Pivovar dosahuje jen polovinu svého konečného výstavu a v současné době je v provozu jen jedna nádrž. K zpracování se využil kal z anaerobního reaktoru Upflow jednoho cukrovaru v Nizozemí. Skutečná množství odpadních vod a nodily CHSK jsou mnohem nižší než předpokládané hodnoty. Očekává se však, že další výstavbou pivovaru se dosáhne plánovaných hodnot [5].

Sachová aktivace byla poprvé realizována pro předčištění pivovarských vod v Molson's Brewery. Čištění aktivovaným kalem probíhá v šachtě o hloubce až 150 m. Vzduch se přivádí do sestupného proudu v hloubce 46 m,

při vysokém tlaku se v odpadní vodě zcela rozpustí, což zaručuje vysoké využití kyslíku. Při expanzi pak uvolněný plyn (dusík) lze využít k oddělení kalu flotací. Zejména při nepříznivých hodnotách kalového indexu lze takto udržet v systému dostatečně vysokou koncentraci aktivovaného kalu [5].

Jiný ekonomický a jednoduchý způsob úpravy odpadních vod představuje filtrace stabilizovaných kalů přes kalová pole s rákosovým porostem [6]. Filtrace přes rákosové pole v čistírně odpadních vod, která zpracovává hlavně odpadní vody z pivovaru (v Ustersbachu v NSR), pracuje jako ukázkové zařízení, přičemž rákos roste bez dodávání energie a chemikalií. Odloučené kaly se odvodní a převádějí na humus. Do rákosového kalového pole se vpouští aerobně stabilizovaný kal vždy po 10 dnech. Asi po 10 letech se celé rákosové pole na jednou vyklidí a konečný produkt — bahnitý mokrý humus — se zkompостиuje a využije v zemědělství.

Výsledky získané na rákosovém poli v Ustersbachu ukazují, že z přivedeného kalu zbývají ve formě humusu jen asi 2 až 3 %, tzn. že po vypuštění asi 18 m^3 kalu (obsah sušiny asi 1 %) na 1 m^2 rákosového pole za dobu 8 let zbude objem humusu pouze asi $0,36 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2}$. Toto ohromné zmenšení objemu je velmi důležité, poněvadž celé rákosové pole se může vybírat až po několika letech. Další výhodou je několikaletá životnost bez pozorovatelného snížení odvodňovacího výkonu. Díky intenzívnímu prorůstání kořenů dochází k odvodňování i po dobu vegetační přestávky, za deště, sněhu a mrazu. Rákosová vrstva byla zatěžována dávkami běžnými pro konvenční kalová pole, 40 až 55 kg $\cdot \text{m}^{-2}$ za rok. Výhoda rákosového filtračního pole nespočívá v úspoře plochy, nýbrž v úspoře každoročního nákladného vyklízení a přípravy nového filtru, v odpadajících nákladech na transport a manipulaci i v úspoře případných doplatků. Rákosové filtrační pole může být v provozu průměrně 8 až 9 měsíců ročně. Při zimním provozu je možné lehké zastřelení. Pokusné vyklízení rákosového pole zemědělskými stroji potvrdilo, že tento postup je velmi snadný.

ZÁVĚR

Lze konstatovat, že největší přínos pro snížení produkce znečištění mohou přinést zásahy přímo ve výrobě, na místě, kde odpadní látky přecházejí do odpadních vod. Zde by se měla odpovědně dodržovat technologická kázeň a hledat účinná motivace všech pracovníků ke snížení ztrát a tím omezit znečištění vod. Omezení spotřeby vody ve výrobě by zmenšilo produkci odpadních vod.

K řešení vysokého znečištění biologicky lehce rozložitelných látek, by se měla vozornost projektantů zaměřit především na progresivní, energeticky méně náročné varianty anaerobních procesů [1].

Literatura

- [1] KOLLER, J.: Ochrana prostředí a průmyslu, 1. vydání, SNTL, Praha 1987
- [2] Olympia Brewing Company, News Release Public Affairs, Department Olympia Washington, 1984
- [3] Tageszeitung für Brauerei, **82**, 1985, s. 89
- [4] DILLY, P., ROSENWINKEL, K. H.: Forum der Brauerei, **38**, 1985, s. 242
- [5] ROSENWINKEL, K. H., SEYFRIED, C. R.: Brauwelt, **124**, 1984, s. 1229
- [6] NEUROHR, G. A.: Monatsschrift für Brauwissenschaft, **37**, 1984, s. 353

Lektoroval Ing. Jiří Šrogl

Kobrová, M.: Čištění odpadních vod z pivovarsko-sladařského průmyslu. Kvas. prům., **35**, 1989, č. 3, s. 78—84.

Článek přináší informaci o složení odpadních vod z výroby sladu a z výroby piva. V další části se zaměřuje na uvedení některých příkladů čištění pivovarských odpadních vod publikovaných v zahraničních, převážně pivovarských časopisech. Důraz je kladen na anaerobní čisticí procesy, především z důvodů menší energetické náročnosti.

Kobrova, M.: Очистка сточных вод из производства солода и пива. Квас. прум. 35, 1989, № 3, стр. 78—84.

Работа дает информацию о составе сточных вод из производства солода и производства пива. В дальнейшей своей части она направлена на приведение некоторых примеров очистки сточных вод пивоваренного производства, опубликованных в зарубежных журналах, прежде всего посвященных пивоварению. Подчеркиваются анаэробные процессы очистки, прежде всего изза меньшей энергетической требовательности.

Kobrová, M.: Treatment of Waste Waters from Malt and Beer Industry. Kvas. prům., **35**, 1989, No. 3, pp. 78—84.

The composition of waste waters from malt and beer production is described. Further, some examples of waste water treatment from beer production, published in foreign journals, are discussed. Anaerobic treatment processes are emphasized due to their lower energy consumption.

Kobrová, M.: Die Reinigung der Abwässer aus der Malz- und Brauindustrie. Kvas. prům., **35**, 1989, Nr. 3, S. 78—84.

Der Artikel enthält Informationen über die Zusammensetzung des Abwassers aus der Malz- und Bierherstellung. In dem weiteren Teil werden Beispiele der Reinigung der Brauerei-Abwasser erörtert, die in den ausländischen Brauerei-Fachzeitschriften veröffentlicht wurden. Besondere Aufmerksamkeit wird den anaeroben Reinigungsprozessen gewidmet, deren Vorteil in dem geringeren Energieverbrauch besteht.