

# Využití hydrolyzátu dřeva se syntetickým ethanolem pro produkci krmného droždí — II

663.14:636.087 663.14.031.2

Ing. KAREL KADLEC, CSc., Ing. JANA PELECHOVÁ, CSc., Vysoká škola chemicko-technologická, Praha; Prof. Ing. VLADIMÍR KRUMPHANZL, DrSc., Mikrobiologický ústav ČSAV; Doc. Ing. TOŠKO SOKOLOV, CSc., Vysoká škola chemicko-technologická, Sofia, BLR

V rámci družební spolupráce mezi VŠCHT a VCHTI v Sofii byl prováděn výzkum zdrožďování hydrolyzátu dřeva obohaceného syntetickým ethanolem. Výhodou tohoto směsného substrátu je možnost vyrovnat nízký a kolísavý obsah uhlíku v hydrolyzátu dřeva a zefektivnit celý proces fermentace. Výzkum se uskutečnil ve dvou etapách. V první etapě proběhly pokusy v laboratorním měřítku na katedře kvasné chemie a technologie VŠCHT Praha a jejich výsledky byly předmětem předcházející-

ho sdělení [1] V druhé etapě pokračoval výzkum provozním pokusem v závodě na výrobu krmného droždí v Razlogu v BLR.

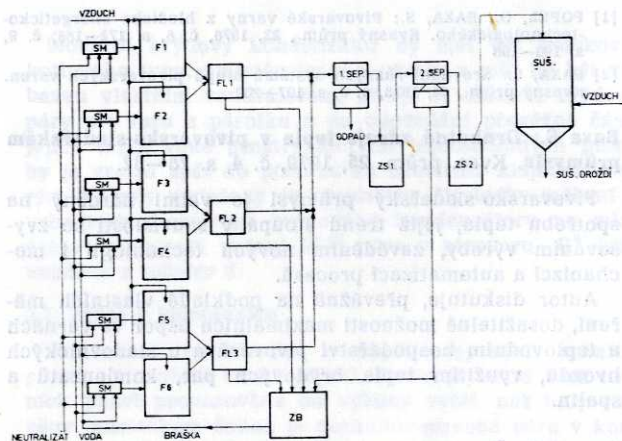
Závod Vladimíra Poptomova v Razlogu vyrábí krmné droždí z hydrolyzátu dřevných odpadů. Závod vznikl v roce 1963 a pracuje na základě sovětské technologie. V třísměnném provozu produkuje za rok 11 700 t droždí s obsahem 50 % bílkovin v sušině. Surovina, kterou je dřevný odpad při těžbě či z dřevozpracujících závodů, se dováží auty ze vzdálenosti až 150 km, vlakem až 450 km. Dřevný odpad se štípe, hydrolyzuje za tlaku a zvýšené teploty za přítomnosti kyseliny sírové a vzniklý hydrolyzát se fermentuje na krmné droždí. Z 1 t suroviny dřeva se získá 450 až 480 kg sacharidů. V současné době se projektuje rozšíření závodu. Výroba závodu je plně rentabilní, k čemuž přispělo komplexní zpracování i dalších produktů, jako je briketování odpadního ligninu, výroba furalu apod.

## Technologické schéma fermentace

Na obr. 1 je nakresleno základní schéma výrobního procesu v závodě Razlog.

Ve směšovačích se mísí neutralizát, což je dřevný hydrolyzát po neutralizaci vápenným mlékem s obsahem 2 až 2,5 % cukrů, s tzv. braškou. Braška je fermentační médium s podstatně sníženým obsahem kvasnic po flotaci a separaci. K této směsi se popřípadě přidává ještě voda. Běžně se přidává k jednomu objemu neutralizátu stejný objem brašky.

Fermentace probíhá v šesti fermentorech typu Le-francois o objemu 600 m<sup>3</sup>. Do každého fermentoru se



Obr. 1. Technologické schéma fermentace

F 1 až F 6 — fermentory, SM — směšovač, FL — flotátor, ZB — zásobník brašky, 1. SEP, 2. SEP — 1. resp. 2. separace, ZS — zásobník suspense, SUŠ — sušárna



přivádí 40 m<sup>3</sup>/h fermentační půdy, tj. 20 m<sup>3</sup>/h neutralizátu a 20 m<sup>3</sup>/h brašky. Pracovní náplň fermentoru je 150 m<sup>3</sup>, teplota média je udržována na 36 až 37 °C, pH je regulováno na hodnotu asi 4,5. Vzduch se přivádí shora dolů osou fermentoru. Při průtočném množství vzduchu 8 500 m<sup>3</sup>/h dochází k intenzivnímu promíchání směsi. Odtahovaná suspenze z fermentorů je přiváděna do flotátorů, a to tak, že vždy ke dvěma fermentorům je připojen jeden flotátor. Braška z flotátorů se shromažďuje v zásobníku brašky. Suspenze ze všech flotátorů se spojuje a přichází na první separaci. Braška z první separace se vypouští do odpadu, suspenze do zásobníku a odtud se přivádí na druhou separaci. Braška z druhé separace se shromažďuje opět v zásobníku brašky, odtud se čerpá pro ředění neutralizátu ve směšovačích před přívodem k fermentorům. Braška obsahuje asi 0,1 % hm. redukujících látek a 10 g/l biomasy.

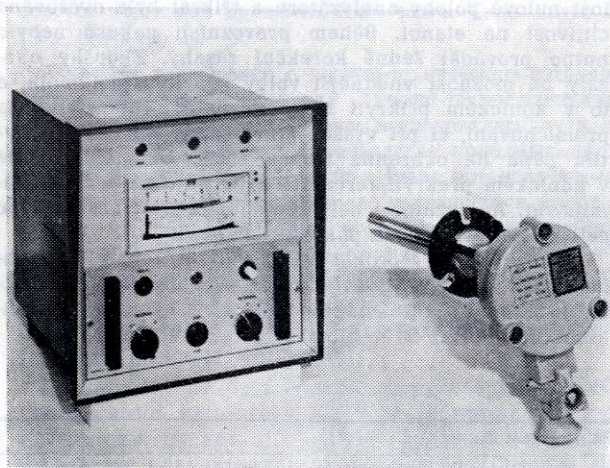
Suspenze z druhé separace s obsahem biomasy asi 600 g/l přichází v množství 3 300 l/h do sušárny, kde se suší horkým vzduchem při teplotě asi 100 °C. Přicházející horký vzduch má teplotu 300 °C a přivádí se v množství 1 200 m<sup>3</sup>/h. Hotové sušené droždí se balí do pytlů.

### Regulace přítoku etanolu do fermentoru

Pro realizaci fermentačního pokusu s přidáváním ethanolu do média bylo nutno doplnit dosavadní technologické zařízení regulačním obvodem pro řízení přítoku etanolu.

Základem regulačního obvodu je analyzátor Metrex, typ DEP, zkonstruovaný na katedře technické fyziky a elektrotechniky VŠCHT. Přístroj je určen pro kontinuální měření a regulaci koncentrace ethanolu v kvasicím médiu. Analyzátor pracuje nepřímou metodou, při které se měří obsah ethanolových par v odtahu z kvasné kádě. Funkčním principem je metoda katalytického spalování [2].

Přístroj, jehož funkce i konstrukce byla podrobně popsána v [3], se skládá ze dvou konstrukčních celků, tj. z čidla a vlastního analyzátoru (obr. 2).

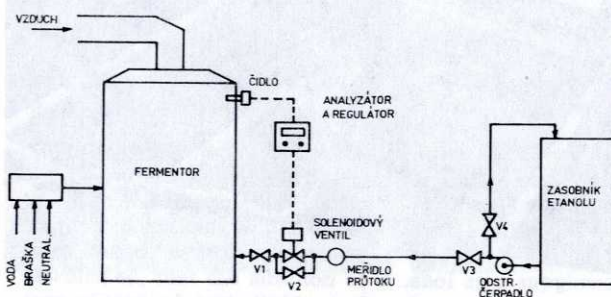


Obr. 2. Analyzátor METREX, typ DEP

V čidle jsou vestavěny dvě komůrky, v nichž jsou umístěny měřicí a srovnávací elementy. Povrch měřicích elementů je katalyticky účinný a za přítomnosti ethanolových par probíhá na povrchu spalovací reakce. Zvýšení teploty je úměrné koncentraci ethanolu ve vzorku a vyhodnocuje se jako změna elektrického odporu měřicího elementu. Komůrky jsou vyrobeny ze sintrovaného skla a vzorek plynu se vyměňuje difúzí porézní stěnou. Čidlo se proto umísťuje přímo do prostoru odtahu plynu z kvasné kádě.

Vlastní analyzátor, který je určen k zabudování do panelu, obsahuje stabilizovaný zdroj pro napájení mě-

řicího můstku, regulátor Zepafot a časovací obvod pro řízení přítoku etanolu. Přístroj má tři přepínatelné měřicí rozsahy, a to 0 až 0,5 %, 0 až 1 % a 0 až 2 % hm. ethanolu v médiu. Funkci regulátoru zastává fotoelektrický regulátor spolu s časovacím tranzistorovým obvodem.

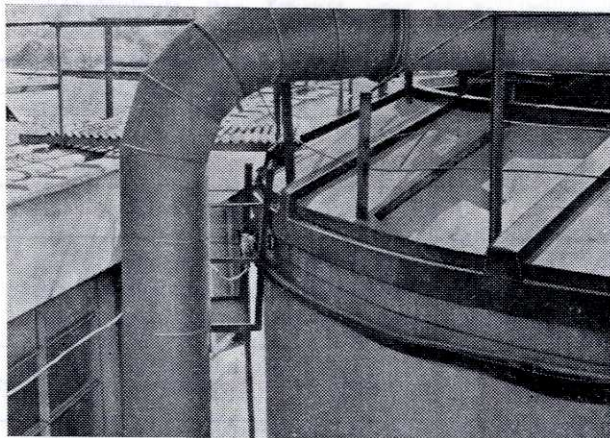


Obr. 3. Regulační obvod s analyzátozem

Na obr. 3 je nakresleno schéma zapojení regulačního obvodu s analyzátozem. Při pokusech bylo použito dvoupolohové regulace s impulsním dávkováním ethanolu. Koncentrace ethanolu byla udržována v určitém, předem zvoleném rozmezí. Při koncentraci menší než dolní mez uvažovaného rozmezí byl ethanol do fermentoru přiváděn trvale. Jestliže koncentrace přesáhla horní mez, byl přítok ethanolu zcela uzavřen. Byla-li koncentrace ve zvoleném rozmezí, byl ethanol dávkován impulsově, přičemž délka impulsu bylo možno vhodně zvolit. Jako akčního členu pro ovládání přítoku ethanolu do fermentoru byl užito solenoidového ventilu. Ventil V1 sloužil k úplnému uzavření přívodu ethanolu, ventil V2 byl určen pro ruční regulaci, nebyl však používán, poněvadž automatický obvod pracoval spolehlivě. Pomocí ventilů V3 a V4 bylo možno seřídit požadovaný průtok ethanolu při otevřeném solenoidovém ventilu. Při uzavřeném solenoidovém ventilu proudil ethanol obtokem přes ventil V4 zpět od zásobníku. K měření spotřeby ethanolu bylo použito integrálního průtokového měřidla (vodoměru), který umožňoval odečítat proteklé množství s přesností 0,5 l.

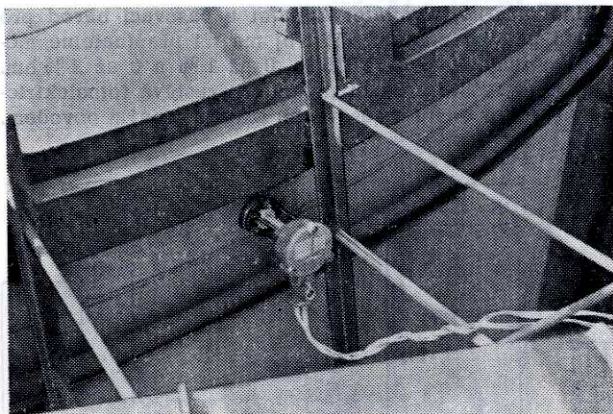
Čidlo analyzátoru bylo umístěno v horní části válcového pláště fermentoru nad přívodem chladicí vody. Do stěny fermentoru byla zavařena příruba s výkyvnými šrouby a pro snadný přístup k čidlu byla na vnější stěně fermentoru připevněna montážní plošina (obr. 4 a 5).

Analyzátor byl zapojen u ovládacího panelu v provozní místnosti fermentačního cechu. Čidlo bylo s analyzátozem propojeno asi 50 m dlouhým kabelem.



Obr. 4. Umístění čidla v horní části fermentoru





Obr. 5. Připojení čidla

Analýzátor s čidlem byl pro účely provozních zkoušek připraven a seřízen na VŠCHT v Praze a jeho správná funkce byla ještě před montáží do provozu kontrolována v laboratoři závodu VI. Poptomova v Razlogu. Vzhledem k tomu, že ze strany závodu byly experimenty připraveny velmi dobře, podařilo se uvést během jednoho dne celou automatiku do provozu.

Po funkčním odzkoušení jednotlivých částí obvodu automatického dávkování ethanolu byl analyzátor seřízen. Nejprve byla nastavena správná poloha nulové výchylky přístroje při nulovém obsahu ethanolu v médiu. Do fermentoru bylo poté dopraveno vypočtené množství ethanolu tak, aby koncentrace v médiu byla 0,05 % hm. Po seřízení přístroje bylo možno přistoupit k vlastním provádění fermentačních pokusů.

#### Materiál a metodika

##### Mikroorganismus

Pokusy byly prováděny s běžnou provozní kulturou. Jde o směsnou kulturu kvasinek rodu *Candida*, hlavně *Candida scottii* a *Candida tropicalis*.

##### Složení živného média

Neutralizovaný hydrolyzát dřeva obsahující 0,7–1 % hm. redukujících látek, doplněný požadovanými solemi podle provozního technologického postupu. Do média byl přítokován ethanol, jehož koncentrace byla automaticky udržována na hodnotě 0,06–0,10 % hm.

##### Analytické metody

Koncentrace redukujících látek byla stanovována ebulioskopicky; koncentrace biomasy byla zjišťována od-

středěním 25 ml vzorku fermentační pudy v kalibrovaných kyvetách. Všechny analýzy prováděli bulharští partneři v laboratořích závodu.

#### Výsledky a diskuse

Fermentační pokus s přidáváním ethanolu k hydrolyzátu dřeva probíhal ve fermentoru F1. Koncentrace ethanolu byla automaticky udržována v rozmezí 0,06 až 0,10 % hm. Ve fermentorech F2 až F6 probíhala paralelně fermentace na dřevných hydrolyzátech běžnou technologií. Tyto fermentory sloužily jako kontrolní. Fermentace na směsném substrátu probíhala nepřetržitě po dobu čtyř dnů. V tabulce 1 jsou shrnuty výsledky, vyjádřené jako průměrné hodnoty koncentrace biomasy a redukujících látek. Uvedené hodnoty ukazují, že koncentrace biomasy v pokusném fermentoru je ve všech případech vyšší než ve fermentorech kontrolních. Průměrná hodnota koncentrace biomasy v pokusném fermentoru činí 34,67 g/l a v kontrolních fermentorech 25,11 g/l. Koncentrace biomasy v pokusném fermentoru byla o 38,1 % vyšší než průměrná koncentrace biomasy v kontrolních fermentorech a o 26,3 % vyšší než ve fermentoru F3, který vykazoval nejlepší výsledky ze všech kontrolních fermentorů.

Jak je patrné z výsledků v tab. 1, dochází k výrazné intenzifikaci fermentačního procesu v případě, že je využíváno ethanolu jako doplňujícího zdroje uhlíku. Přitom potřebné úpravy technologického zařízení jsou relativně jednoduché.

Při průmyslové výrobě krmného droždí na směsném substrátu je možno použít s výhodou syntetického ethanolu. Automatická regulace jeho koncentrace v médiu v závislosti na průběhu procesu hydrolýzy poskytuje možnost vyrovnávat kolísání koncentrace užitelného uhlíku ve fermentačním médiu, což zaručuje trvale vysokou koncentraci biomasy.

V průběhu experimentů byla průběžně sledována činnost regulačního obvodu, denně byla kontrolována stálost nulové polohy analyzátoru a třikrát byla ověřována citlivost na ethanol. Během provozních pokusů nebylo nutno provádět žádné korekční zásahy. Zkoušky ukázaly na možnost vhodnější volby pro umístění čidla, a to v kónickém přikrytí fermentoru. Při intenzivnějším promíchávání, či při vyšším stavu pěny, se někdy uchytí pěna na ochranné trubce čidla. Umístěním čidla v kónickém přikrytí fermentoru lze tuto skutečnost eliminovat. Analyzátor i celý regulační obvod pracoval po celou dobu provozních pokusů bez závad.

Provozní pokusy prokázaly, že při kontinuální fermentaci dřevných hydrolyzátů za přídavku ethanolu, je možno dosáhnout výtěžek odpovídající 60 % biomasy z ethylalkoholu a 48 až 50 % biomasy z redukujících látek.

Tabulka 1.

Doba fermentace	Číslo fermentoru											
	pokusný F 1		kontrolní fermentory									
			F 2		F 3		F 4		F 5		F 6	
	B [g/l]	RL [% hm.]	B [g/l]	RL [% hm.]	B [g/l]	RL [% hm.]	B [g/l]	RL [% hm.]	B [g/l]	RL [% hm.]	B [g/l]	RL [% hm.]
1. den	36,00	0,09	21,1	0,10	28,3	0,08	29,5	0,09	29,00	0,09	28,80	0,09
2. den	36,00	0,10	21,5	0,10	29,0	0,10	29,8	0,10	28,10	0,10	28,10	0,10
3. den	33,66	0,08	22,0	0,14	26,7	0,12	20,7	0,10	20,37	0,28	22,37	0,19
4. den	33,00	0,08	23,6	0,06	25,8	0,08	25,4	0,09	21,20	0,08	20,00	0,08
průměrné hodnoty	34,67		22,8		27,45		26,35		24,67		24,27	

Vysvětlivky:

B..... biomasa

RL..... redukující látky



## Literatura

- [1] PELECHOVÁ, J., KRUMPHANZL, VL., KADLEC, K., STANĚK, J., SOKOLOV, T.: Využití dřevného hydrolyzáту se syntetickým ethanolom pro produkci krmného droždí — I. Kvasný průmysl 25, 1979, č. 3, s.
- [2] KADLEC, K., SLÁDEČEK, J.: Analyzátor ethanolu v zápaře. Čs. patent 142 889 (1971)
- [3] KADLEC, K., HONDEK, F., SLÁDEČEK, J.: Provozní analyzátor ethanolu při fermentačních procesech. Sborník VŠCHT, P 3 1979 (v tisku)
- [4] ANDREEV A. A., BRYZGALOV L. I.: Proizvodstvo kormovych drožej, vyd. Lesnaja promyšlennost, Moskva 1970.
- [5] EMEĽJANOVA I. Z.: Chimiko-techničeskij kontrol gidroliznyh proizvodstv. Lesnaja promyšlennost, Moskva 1976.

Kadlec K., Pelechová J., Krumphanzl V., Sokolov T.: Využití hydrolyzáту dřeva se syntetickým ethanolom pro produkci krmného droždí II. Kvas. prům. 25, 1979, č. 4, s. 82—89.

V rámci vědeckotechnické spolupráce mezi VŠCHT Praha a VCHTI Sofia byl proveden výzkum možnosti zefektivnění výroby krmného droždí z dřevných hydrolyzáту. Výsledky výzkumu prokázaly, že přidávání ethanolu jako doplňkového zdroje asimilovatelného uhlíku přispívá k intenzifikaci fermentačního procesu a umožňuje udržovat trvale optimální režim fermentace. Výsledky z laboratorních pokusů byly ověřeny v provozním měřítku v bulharském závodě na výrobu krmného droždí v Razlogu.

Potřebné úpravy fermentačního zařízení pro novou technologii jsou poměrně jednoduché a spočívají hlavně v doplnění technologického zařízení obvodem samočinné regulace přítoku ethanolu. Ethanol se dávkuje do fermentoru automaticky na základě kontinuálního měření jeho aktuální koncentrace v médiu. U fermentačního systému v závodě Razlog se podařilo zvýšit výkon o více než 26 %.

Кадлец, К. — Пелехова, Я. — Крүмпханзл, В. — Соколов, Т.: Применение гидролизата древесины с добавкой синтетического этанола в качестве среды при производстве кормовых дрожжей. 2-ая часть. Квас. прум. 25, 1979, № 4, стр. 82—89.

V rámci соглашения о научно-техническом сотрудничестве, заключенного между Химико-технологическими институтами в Праге и Софии, исследовались пути повышения эффективности производства кормовых дрожжей из гидролизатов древесины. Было установлено, что добавка синтетического этанола, являющегося дополнительным источником усвояемого углерода, интенсифицирует процесс сбраживания и дает возможность поддерживать постоянный, оптимальный режим брожения. Результаты лабораторных экспериментов проверялись в производственном масштабе в Болгарии на фабрике кормовых дрожжей в Разлоге.

Приспособление бродильного оборудования к требованиям новой технологии оказалось сравнительно весьма простым, так как по существу сводилось к установке устройства для автоматической дозировки подачи этанола. Количество добавляемого этанола регулируется

автоматически в зависимости от его фактической концентрации и питательной среде. Эта концентрация измеряется датчиками непрерывного действия. Применение новой технологии повысило производство дрожжей в Разлоге на больше чем 26 %.

Kadlec K., Pelechová J., Krumphanzl V., Sokolov T.: Wood Hydrolysate with Synthetic Ethanol as a Medium for Food Yeast Propagation. Part II. Kvas. prům. 25, 1979, No. 4, pp. 82—89.

In the framework of cooperative agreement existing between High Chemical Schools in Prague and Sofia comprehensive research works have been carried out into the ways, how to make the production of food yeast from wood hydrolysate more efficient. It has been established, that the addition of ethanol as a supplementary source of assimilable carbon intensifies fermentation processes and enables to maintain optimum fermentation conditions. The results of laboratory experiments have been verified on a production scale in a food yeast plant at Razlog in Bulgaria. Fermentation plants can be adjusted to new technology comparatively very easily. Reconstruction is simple and consists essentially in the installation of an automatic methanol metering device. The amount of added ethanol is automatically adjusted to its concentration in the fermenter and this quantity is continuously measured. The output of the fermentation plant at Razlog has been increased by more than 26 %.

Kadlec K., Pelechová J., Krumphanzl V., Sokolov T.: Ausnützung des Holzhydrolysats mit synthetischem Äthanol zur Futterhefeherproduktion. II. Kvas. prům. 25, 1979, No. 4, S. 82—89.

Im Rahmen der wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit der chemisch-technologischen Hochschulen in Prag und in Sofia wurde eine Studie der Möglichkeit der Effektivisierung der Futterhefeherproduktion aus Holzhydrolysaten durchgeführt. Die Versuchsergebnisse zeigten, daß die Zugabe von Äthanol als Zusatzquelle des assimilierbaren Kohlenstoffs zur Intensifizierung des Fermentationsprozesses beiträgt und die ständige Einhaltung des optimalen Fermentationsregimes ermöglicht. Die Ergebnisse der Laboratoriumsversuche wurden im Betriebsausmaß in der bulgarischen Futterhefefabrik in Razlog bestätigt.

Die erforderliche Anpassung der Fermentationseinrichtung für die neue Technologie ist relativ einfach und besteht hauptsächlich in der Ergänzung der technologischen Anlage durch die automatische Regulierung des Äthanolzulaufs. Das Äthanol wird in den Fermentor automatisch dosiert, und zwar aufgrund der kontinuierlichen Messung seiner aktuellen Konzentration im Medium. Bei dem Fermentationssystem des Betriebes Razlog wurde die Leistung des Systems um mehr als 26 % erhöht.