

琉球大学学術リポジトリ

半固形メタン発酵法によるサトウキビ葉・梢頭部からのバイオガス生産(生物資源科学科)

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学農学部 公開日: 2008-02-14 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 石原, 昌信, 当山, 清善, Ishihara, Masanobu, Toyama, Seizen メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/3843

半固形メタン発酵法によるサトウキビ 葉・梢頭部からのバイオガス生産

石原昌信*・当山清善*

Masanobu ISHIHARA and Seizen TOYAMA : Biogas production from sugar-cane top & leaves by semi-solid state methane fermentation

Summary

Sugar-cane top & leaves produced as a waste at harvesting sugar-cane were subjected to semi-solid state methane fermentation by syringe method. The methane fermentation was carried out at 37°C and 7.5 of pH in a 200-ml syringe containing the sludge which was acclimated to the same substrate, and evolution and composition of the gas, volatile fatty acids and pH were measured.

A good gas production from the substrate was observed when water content in the mash was higher than 84%(v/v). The optimum pH range and temperature of the mash for methane fermentation were from 7 to 8 and 37°C, respectively. The total gas evolved was 402ml per g of substrate with a methane ratio of 54% in 30 days of fermentation. Acetate, propionate and n-butyrate were accumulated in the mash in early stages of fermentation and decreased during fermentation process. The biodegradation of cellulose in the materials amounted to 60% in 30 days of fermentation.

The gas production from the alkali-treated sugar-cane top & laeves was 1.3 times higher than that from the untreated materials.

緒 言

近年、バイオマス資源や有機系廃棄物等からのエネルギー回収法としてのメタン発酵が省エネルギー対策の観点から注目されるようになり、国内外において実用化に向けて活発に推進されている^{2,8)}。しかし従来のメタン発酵では、メタン細菌の増殖速度が極端に遅いために長い滞留時間を要し、大量処理においては大型装置の設置を余儀なくされる。また、通常メタン発酵は液状で行われるため基質添加の増加に伴って発酵液が排出し、排出に際しては処理液のBOD値が比較的高いことより再処理を施す必要がある。この二次処理には活性汚泥法等が用いられているが、大型設備の設置と多量のエネルギーを消費することから安価で効率的な処理法の開発が緊急の課題となっている。これらの欠点を解決する

*琉球大学農学部生物資源科学科

ために、メタン発酵の高速化や発酵システムの改良が検討され、これまでに種々の方法が報告されている^{1,4,5,6)}。著者ら^{3,10)}は、セルロース性廃棄物を連続的に添加した発酵においては上記の様な問題点の他に発酵液中に未分解残渣が発酵槽からの排管の目詰りを引き起こし、発酵に支障をきたすことを観察した。そこで本研究では、発酵液が排出しない半固形メタン発酵法に着目し、サトウキビ葉・梢頭部を基質とした発酵におけるメタンガス発生条件等について調べた。

実験方法

- (1) サトウキビ葉・梢頭部：成熟サトウキビの収穫時に採取した葉・梢頭部を水洗、乾燥後ウィレー氏粉碎機を用いて粉末化し、40メッシュの篩を通した。粉碎葉・梢頭部中のセルロース及びヘミセルロース含量はそれぞれ36%と38.1%であった。また、灰分及び水分含量は8.16%と7.84%であり、有機物量は84%であった。粉碎葉・梢頭部のアルカリ処理は0.5%水酸化ナトリウム溶液を葉・梢頭部重量の20倍量を加え、120℃で20分間オートクレーブ処理して行ない、残渣を洗浄後乾燥して使用した。
- (2) メタンスラッジの調製：供試スラッジは前報³⁾にて用いた種スラッジであり、サトウキビ葉・梢頭部とともに無機栄養源を加えて30℃にて常法通り馴養を行なった。
- (3) メタン発酵と発生ガス量：200ml 容注射筒に上記の馴養スラッジ5g（湿重）を採り、これに1.0gの基質と無機栄養源を加え、pHを調節した後、水分量が84%になるように調製した。発酵は、37℃の恒温器中で20～30日間保持して行なった。発生ガス量は注射筒の目盛りの変化から求め、mlで表示した。
- (4) 発生ガスの分析：発酵で発生したガスの分析は前報³⁾に準じて行なった。
- (5) 揮発性有機酸の分析：揮発性有機酸の抽出及び分析は前報³⁾と同様な方法で行なった。

実験結果

1. ガス発生量に及ぼす発酵開始時の水分含量の影響

サトウキビ葉・梢頭部を基質とした半固形メタン発酵条件を設定するに当たり、ガス発生量と発酵開始時の水分含量との関係について調べた。200ml容シリンジに馴養スラッジ5g（湿重）と基質1.0gを採り、これに無機栄養源を添加したのち、水分含量が76から90%の範囲になるように加水した。発酵は30℃、pH7.5で30日間インキュベーター中に保って行なった。各発酵における全ガス発生量、発生ガス中のメタン含量及びpHについて調べた結果をFig. 1に示した。図より、発酵開始時の水分含量が84%以上の時には良好なガス発生が認められ、発生ガス中のメタン含量も高いことがわかった。他方、水分含量が80%以下の発酵では発酵液のpH低下は認められないもののガス発生量は微量であることから、基質の微生物分解が律速になっていることが推察された。90%以上の水分含量の場合には液状発酵に該当することより、以下の実験では水分含量が84%の半固形発酵におけるガス発生条件等について調べた。

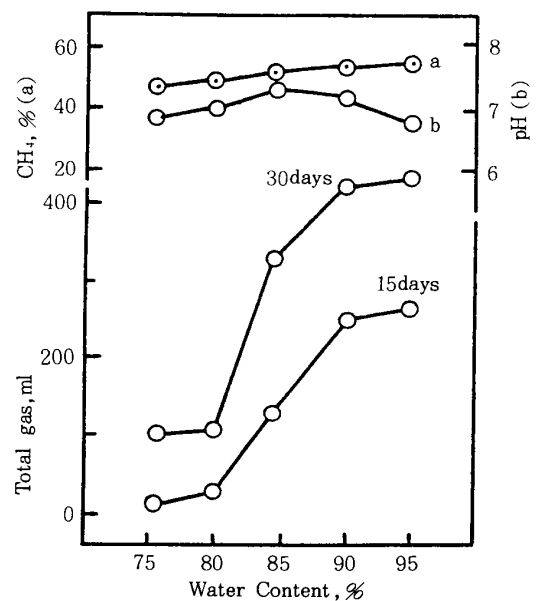


Fig. 1 Effect of water content in the mash on the biogas production

Sugar-cane top & leaves were pulvelized in a Willey mill and passed through sieves of 40 mesh. The pulvelized materials were subjected to semi-solid state methane fermentation. The methane fermentation was carried out at 37 °C, pH7.5 and various water contents in the mash in 200-ml-syringe containing 5.0g (w.wt) of acclimated sludge and 1.0g of the substrate. After fermentation, the volume of the gas formed and pH were measured. The gas composition was determined using a gas chromatography.

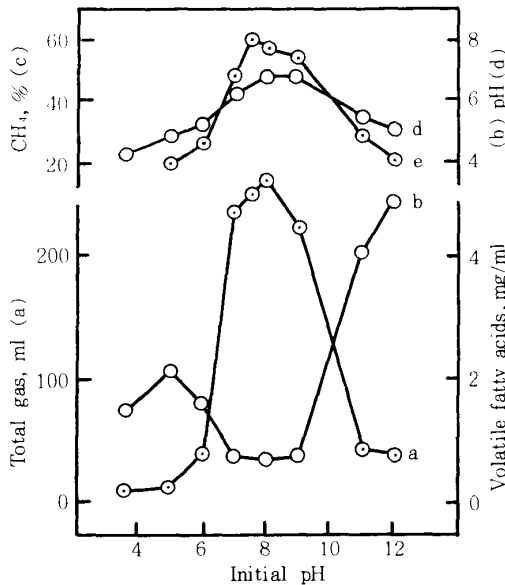


Fig. 2 Effect of fermentation temperature on the biogas production

Methane fermentation was carried out at 84% of water contents and indicated temperature for 20 days in a 200-ml-syringe containing 5g of acclimated sludge and 1.0g of the substrate. Volatile fatty acids were analyzed using a gas chromatography.

Other conditions are stated in the legend to Fig.1.

2. ガス発生量に及ぼす発酵温度の影響

半固形発酵における発酵温度とガス発生量との関係について調べたのがFig. 2である。発酵はシリンジを用いて常法通り所定量の種スラッジと基質を混合したのち、図に示した各温度で20日間静置して行なった。発酵終了後の全ガス発生量、発生ガス中のメタン含量、発酵液のpH及び発酵液中の揮発性有機酸量について調べた。結果より、発酵温度が37°Cの時にガス発生量は最高値を示し、発生ガス中のメタン含量も高い値であった。発酵温度が30°C以下及び45°C以上の場合には発酵液中に揮発性有機酸の蓄積が認められ、これに伴ない発酵液のpHは低下し、ガス発生量及び発生ガス中のメタン含量ともに低い値を示した。

3. ガス発生量に及ぼす初発pHの影響

次に、発酵における初発pHがガス発生量に及ぼす影響について調べたのがFig. 3である。発酵液のpH調整は、あらかじめ図に示したようなpHに調節した蒸留水を加えて行なった。図で明らかのように、全ガス発生量は初発pHが7～8の時に多く、発生ガス中のメタン含量も高い値を示した。初発pHが6.0以下及び10以上の時には発酵液中に揮発性有機酸の過剰蓄積が認められ、発酵液のpHは急激に低下し

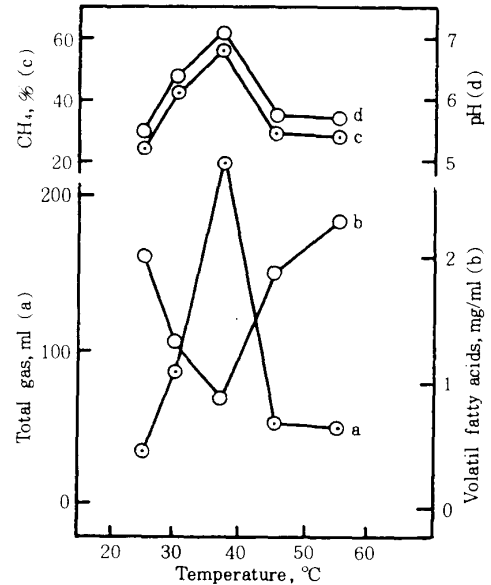


Fig. 3 Effect of initial pH of the mash on the biogas production

Methane fermentation was carried out at indicated pH for 20 days in a 200-ml-syringe containing 5g of acclimated sludge and 1.0g of the substrate. Other conditions are stated in the legend to Fig.2.

た。pH低下に伴ないガス発生は微弱となり、全ガス発生量及び発生ガス中のメタン含量ともに低い値を示した。

4. サトウキビ葉・梢頭部を基質とした半固形メタン発酵

上記の結果から得られた最適発酵条件下でサトウキビ葉・梢頭部を基質とした半固形メタン発酵を行ない、ガス発生量、発生ガス中のメタン含量、pH、揮発性有機酸量及びセルロース含量の変化について調べた。結果をFig. 4に示した。発酵は200ml容シリンジを用い、37℃で30日間静置して行なった。ガス発生は発酵10日目までは穏やかな増加を示したが、発酵時間の経過に伴って急激に増大した。発酵初期にはメタン含量の低いガスが発生したが、発酵の進行とともにメタン含量の高いガスが発生した。発酵30日間では54%のメタンガスを含むガスが基質1g当たり402ml発生した。また発酵初期には、酢酸、プロピオン酸及びn-酪酸等の揮発性有機酸の生成・蓄積がみられ、これに伴ない発酵液のpHは低下した。発酵の進行とともに揮発性有機酸は減少し、発酵液のpHは上昇した。基質中のセルロースは発酵開始とともに減少の傾向を示し、発酵30日間では約60%が分解された。

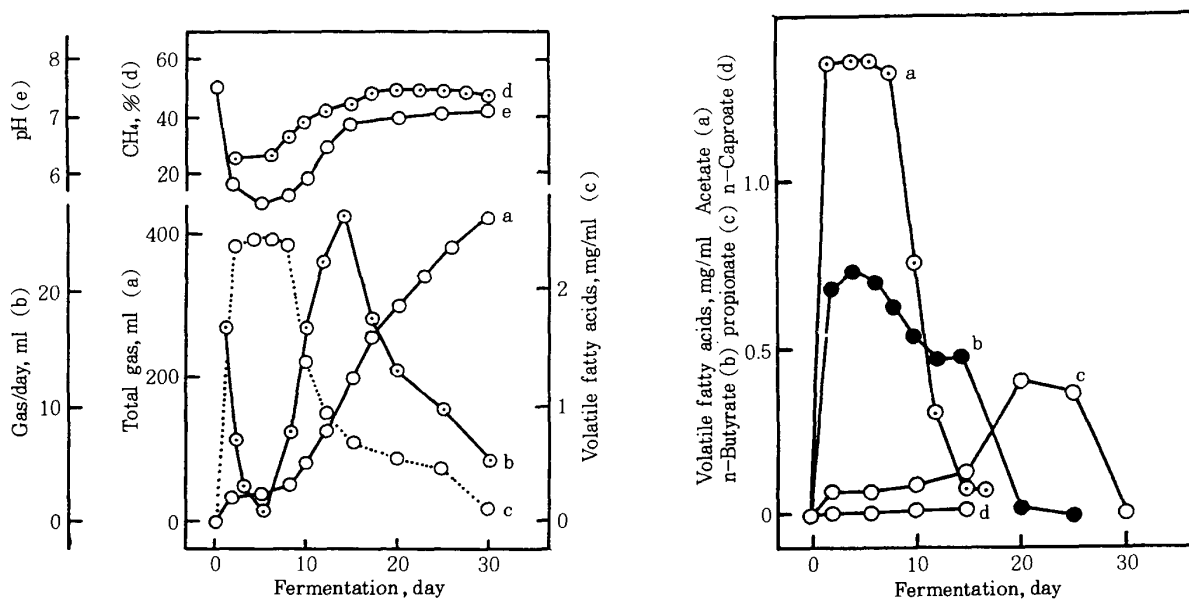


Fig. 4 Biogas production from sugar-cane top & leaves in the semi-solid state methane fermentation by batch method

Methane fermentation was carried out at 37℃ for 30 days in a 200-ml-syringe containing 5g of acclimated sludge and 1.0g of the substrate. Other conditions are stated in the legend to Fig.2.

5. ガス発生量に及ぼすアルカリ処理の影響

粉碎処理サトウキビ葉・梢頭部を基質とした発酵において良好なガス発生が得られたわけだが、ガス発生量に及ぼすアルカリ処理の効果について検討した(表1)。アルカリ処理には0.5% NaOH溶液を用い、120℃で20分間オートクレーブ処理した。発酵は粉碎処理葉・梢頭部0.5gあるいはアルカリ処理葉・梢頭部0.25gを所定量の種スラッジと混合したのち、前述の通り37℃で20日間静置して行なった。基質1g当たりのガス発生量、発生ガス中のメタン含量及び発酵液のpHについて比較した。表に示したよ

うに、粉碎葉・梢頭部からは基質 1 g 当たり 406 ml のガスが発生し、そのうち 53. % がメタンガスであった。他方、アルカリ処理した基質からは基質 1 g 当たり 523 ml のガス発生量を示し、メタン含量は 57 % であった。結果より、基質をアルカリ処理すると無処理に比べて約 1.3 倍ガス発生が高められることがわかった。発酵液の pH は両発酵において 6.5 を示し、順調に発酵が進行したことがわかった。

Table. 1 Biogas production from untreated and alkali-treated residue of sugar-cane top & leaves

Substrate	Gas produced (ml/g)	Methane (%)	pH
Untreated	406	53	6.5
Alkali-treated	523	57	6.5

Ground sugar-cane top & leaves were pretreated with 0.5% sodium hydroxide at 120 °C for 20 min. The alkali-treated residues were washed with water, and dried (alkali-treated residues). Methane fermentation was carried out at 37 °C for 20 days in a 200-ml-syringe containing 5g of acclimated sludge and 0.5g of untreated or 0.25g of alkali-treated residues.

Other conditions are stated in the legend to Fig.2.

考 察

サトウキビ葉・梢頭部を基質とした半固形メタン発酵におけるガス発生量から判断した最適水分量は 84 % 付近であった。水分含量が低い発酵系ではガス発生量は微量であり、有機物の分解速度が極端に遅いことがわかった。一方、水分含量が 90 % 以上の発酵では良好なガス発生が見られたが、本発酵系は液状発酵に該当するため本研究の対象にはならない。半固形メタン発酵における最適発酵温度は 37 °C 付近であり、30 °C 以下及び 45 °C 以上の発酵ではガス発生量は低かった。45 °C 以上で発酵を行なった時には特に発酵液中に過剰の揮発性有機酸の蓄積が認められ、発酵液の pH は低下した。これは酸生成細菌による基質成分の分解は比較的高温域で活発に進行するが、ガス生成に關与する細菌の作用が弱いことを示している。ガス発生量に及ぼす初発の pH の影響について調べた結果、pH が 7 ~ 8 の発酵で比較的高いガス発生量が認められ、発生ガス中のメタン含量も高いことがわかった。他方、pH 6.0 以下及び 10 以上の発酵においてはガス発生量は著しく減少する傾向がみられた。次に、サトウキビ葉・梢頭部を基質とした回分式半固形メタン発酵を行なった結果、発酵 30 日間で基質 1 g 当たり 402 ml のガス発生がみられ、そのうち 54 % がメタンガスであった。この値は前報³⁾の無処理バガスを基質とした液状メタン発酵において得られた発生ガス量の約 1.3 倍に相当し、サトウキビ葉・梢頭部がバガスよりも嫌気性細菌によって資化・分解され易いことが明らかになった。発酵初期には酢酸、プロピオン酸及び n-酪酸等の揮発性有機酸の蓄積がみられたが、発酵の進行に伴ない徐々に減少した。基質中のセルロースは発酵時間の経過に伴ないゆるやかな減少を示し、発酵 30 日間で約 60 % 分解された。一方、粉碎葉・梢頭部のセルラーゼ標品による酵素分解率は 20 % 程度であり、粉碎バガスの分解率とほぼ同じ値であったことを著者らは確認した。

基質を 0.5 % NaOH 溶液で前処理すると無処理に比べて約 1.3 倍のガス発生量を示したが、最大負荷量は無処理より低い値であった。他のセルロース性物質の微生物分解においてもアルカリ溶液等で前処理すると分解性が高められることが知られている⁷⁾。また稲ワラ等のセルロース性物質を基質としたメタン発酵では、粉碎の程度によってもガス発生量が増大することが明らかにされている⁸⁾。サトウキビ葉・梢頭部の粉碎程度とガス発生量については今後検討する予定である。

要 約

小型容器を用いてサトウキビ葉・梢頭部を基質とした半固形メタン発酵を行ない、全ガス発生量、発生ガス中のメタン含量、発酵液のpH及び揮発性有機酸量について調べた。

発酵開始時の水分含量が84%以上の発酵で良好なガス発生が認められた。最適発酵温度及び初発pHはそれぞれ37℃と7～8付近であった。発酵30日間で基質1g当たり402mlのガス発生量を示し、そのうち54%がメタンガスであった。発酵初期には酢酸、プロピオン酸及びn-酪酸等の揮発性有機酸が生成・蓄積されたが発酵時間の経過に伴ない減少した。基質中のセルロースの分解率は発酵30日間で約60%に達した。水酸化ナトリウム溶液で前処理すると無処理の約1.3倍のガス発生量が得られた。

最後に、本研究にご協力下さった河村俊哉君並びに上山和彦君に感謝致します。

引用文献

1. 遠藤銀朗 1986 上向流式嫌気性汚泥床 (UASA) 法の処理性能とメタン菌によるグラニューールの形成 醸工 64:207-210
2. Dhavises, G., Sriprasertsak, P., Tanaka, T., Taniguchi, M., Oi, S. 1985 Mesophilic and thermophilic methane fermentation of agro-wastes and grasses J. Ferment. Technol. 63:45-49
3. 石原昌信、当山清善、与那覇和雄 1988 メタン発酵によるバガスからのバイオガスの生産 琉大農学報 35:45-51
4. 栢分英助、遠矢幸男、六代稔、清水康利、本田繁、田中龍太郎、江口清久 1988 濾過型リアクターによるメタン発酵と発酵液の特性 醸工 66:453-460
5. 南清司、堀山剛、清瀬純一 1986 固定床型リアクターを用いた製紙廃液からのメタン生成 醸工 64:220-223
6. Nishio, N., Kayawake, E., Nagai, S. 1985 Rapid methane production from formate or acetate in Fixed Bed Bioreactors J. Ferment. Technol. 63:205-209
7. Oi, S., Tamura, S., Nakai, K., Tanaka, T., Taniguchi, M. 1982 Hydrogen and methane fermentation of rice straw and kitchen leftovers J. Ferment. Technol. 60:509-515
8. Sharma, S. K., Mishra, I. M., Sharma, M. P., Saini, T. S. 1988 Effect of particle size on biogas generation from biomass residues Biomass 17:251-263
9. Toyama, S., Yonaha, K., Ishihara, M. 1981 Degradation of bagasse cellulose by *Acremonium* sp. Sci. Bull. Coll. Agr. Univ. Ryukyus 28:89-100
10. 当山清善、大久保勉、石原昌信、与那覇和雄 1984 甘藷茎葉のメタン発酵 第2報大型発酵槽を用いた発酵 琉大農学報 31:29-34