

リンゴ圧搾残渣のメタン発酵における分解特性

長野高専 学生員 ○奥原 達朗
 長野高専 学 生 林 完
 長野高専 正会員 浅野 憲哉

1. はじめに

近年、バイオマスニッポン総合戦略が改正されたり、いわゆる食品リサイクル法が改正されるなど、食品残渣などのバイオマス有効利用の具体化がますます要求されている。利用法としては、飼料や肥料としての循環利用やエタノール、メタン、油脂製品といったエネルギー回収があげられる。また、当然ながら廃棄物の発生量抑制も求められている。

一方、国内の年間リンゴ果汁加工量は原料処理量で約 12 万トンであり、長野県内で 2-3 万トン程度であるが、その 25%程度が圧搾残渣として発生していると考えられる。リンゴの圧搾残渣は発生する季節が偏っており、飼料としての利用が限定的である。一部は開放型の施設で時間をかけて堆肥化されているが、その際に臭気やメタンガスの放出を伴う。リンゴ圧搾残渣を発生施設近辺でメタン発酵することは、メタンガスとしての熱回収に加え、肥料化の高効率化や廃棄物量の抑制にもなると期待できる。

リンゴの圧搾残渣は約 20%の固形物濃度を持ち、そこには糖質、ペクチン質、繊維質、タンパク質、脂質などが含まれる。糖質などの分解性の高い成分を高濃度に含む基質のメタン発酵では、急激な酸性化による発酵阻害がしばしば問題となっている。

以上のことから本研究ではリンゴ残渣のメタン発酵を想定し、実験室規模の発酵タンクによるリンゴ残渣の回分実験と、リンゴ成分を意識した基質ごとのバイアル実験をした。

2. 方法

長野市内の下水処理場より消化汚泥を入手し、嫌気条件下で数ヶ月ほど静置したものを種汚泥とした。本実験に用いたリンゴ残渣の固形物濃度(下水試験法 1997 年版による)は、蒸発残留物(TS)21%、うち強熱減量(VS)97%であった。

2.1 反応槽によるリンゴ圧搾残渣のメタン発酵

実験装置の概略図を図 1 に示す。容積 1.5L の密閉された反応槽に、種汚泥 980g リンゴ圧搾残渣 190g 合計 1170g を投入した。リアクター内の温度を 37℃ に保ち、テフロン製の軸受けにより嫌気性を維持しながらプロペラで攪拌した。発生したガスはメスシリンダーによるガスホルダへ蓄え、水上置換法にて体積を測定した。TDC-ガスクロマトグラフにて水素、メタン、二酸化炭素のガス組成を測定した。pH が 6.0 未満に低下したときは、4N の NaOH により pH6.0 以上に調整した。

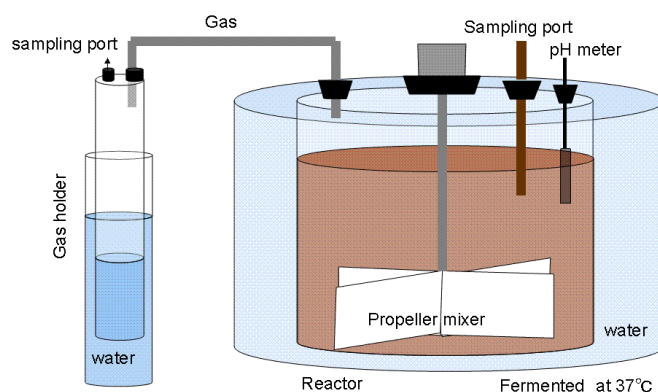


図 1 メタン発酵槽概念図

2.2 バイアルによる各成分のメタン発酵

容量 120mL の血清バイアルの中に、種汚泥を 80mL、各有機物(リンゴ残渣を乾燥したもの、サラダ油、ショ糖、ペクチン、セルロースのいずれか)2g を投入し、アルゴンガス充填したものをサンプルとした。サンプルは各試験で 2 個用意し、比較用に種汚泥のみの空試験も設けた。それぞれサンプルを水で満たした振とう培養機に入れ、水温を約 35℃ に保ち、毎分 80 往復の頻度で振とうした。発生したガスの体積は、ガラスシリンジにより測定した。ガス組成は前項と同様に測定した。

3. 結果

3.1 反応槽によるリンゴ圧搾残渣のメタン発酵

図2にリンゴ圧搾残渣の回分実験の結果を示す。実験開始後から水素ガスが発生し、8日目までにほぼ停止したが、累計水素生成量は1200mLであった。その際、図示はしていないがpHが4.0以下へと急激に低下したため、4N NaOHを添加して6.0以上に調整した。リンゴ残渣に最も多く含まれる成分はNFEと呼ばれる糖質や炭水化物であり、次に粗繊維が多く含まれる^り。式1および式2に示すとおり、水素発酵は副産物として二酸化炭素や揮発性脂肪酸の生成を伴う。糖質は代謝速度の速い水素生成細菌に資化されやすいために培地のpHが大きく低下したと考えられる。

その後メタン発酵が始まり、13日目あたりからメタン生成速度が増加した。25日目あたりで一旦生成速度が低下したが、30日目あたりから再びメタン生成が増加した。メタン生成が開始してからは、pHは徐々に増加していった。70日目の時点で累積メタン生成量は約9700mLであり、メタン収率は250mL-CH₄/g-VSであった。

3.2 バイアルによる各成分のメタン発酵

図3にバイアル実験の累積メタン生成量の結果を示す。ショ糖およびペクチンでは、培養開始後から水素生成が確認できたが、水素生成が停止した後はメタン生成がほとんど確認できなかった。しかし、リンゴ残渣からも水素生成が確認できたが、その後メタン生成が確認できた。セルロースは水素生成は見られず、メタン発酵のみが確認された。リンゴ残渣で約390mL、セルロースで約220mLのメタン生成が確認できた。サラダ油からも1000時間を越えたあたりからメタンガスの発生が確認できた。

水素発酵の最適pHが約5.5であるのに対し、メタン発酵の最適pHは中性付近であるため、大幅なpH低下はメタン生成を完全に阻害してしまう。ショ糖とペクチンの試験区でメタン生成が見られなかった理由として、このことが考えられる。また、リンゴ残渣でも水素生成が起きたが、水素発酵の基質が比較的低濃度であったために、引き続きメタン発酵が起きたと考えられる。

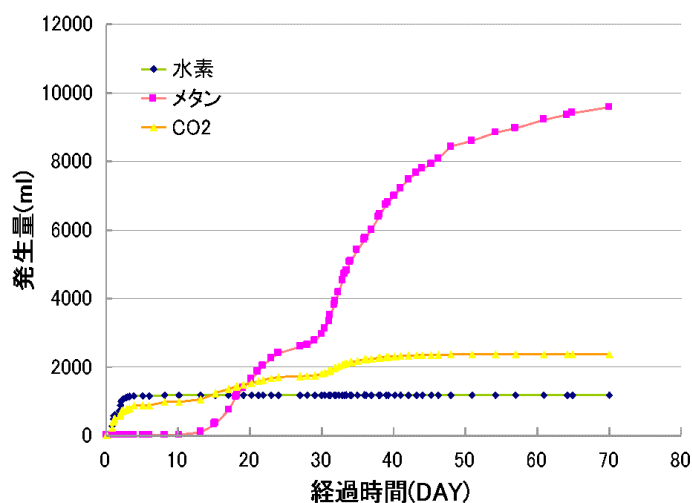
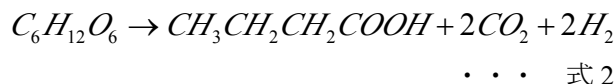
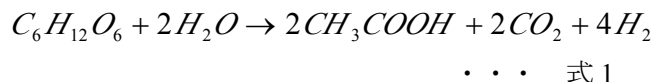


図2 リンゴ残渣のメタン発酵槽における
累積ガス生成量

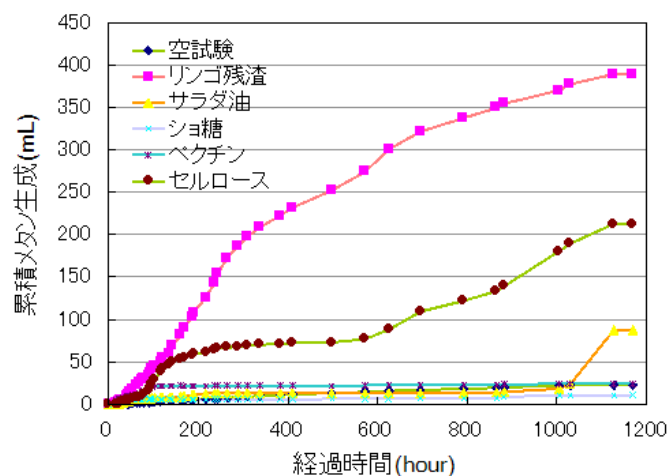


図3 各種有機物のバイアル実験における
累積メタン生成量

4. まとめ

リンゴ残渣を下水消化汚泥でメタン発酵したところ、約250mL-CH₄/g-VSの収率が得られた。

リンゴの加工残渣をメタン発酵するには、固形物濃度によってはpHを調整する必要がある。

5. 参考文献

- 1) 有機質資源化推進会議編：有機廃棄物資源化大事典、農山漁村文化協会、p.212-215