

1. はじめに

有機性廃棄物である生ごみはバイオマスとして資源化されることが期待されている。しかし、各家庭からの生ごみは、手間のかかるゴミステーションからの回収となるため資源化に要する費用が高くなり、現状では資源化率も約 20%と低い状況である。そこで、低コストの資源化技術が必要であり、連続的な非滅菌 L-乳酸発酵を提案することとした。

既存研究では非滅菌模擬生ごみを原料に高温 L-乳酸発酵が行えることが実証されている¹⁾。本研究では、腐敗が進行していると考えられる実際の生ごみに原料を置き換えて、温度・pHを管理することによる連続的な非滅菌 L-乳酸発酵を実施した。なお、L-乳酸は、生分解性プラスチックとして近年生産量の伸びの著しいポリ乳酸(PLA)の原料として利用できるものである。

2. 実験方法

2.1 生ごみ

本研究で用いた実生ごみの組成を表 1 に示す。同生ごみは、鳥取市内のゴミステーションに各家庭から排出されたものをを用いた。収集した生ごみは、スラリー状になるまで破碎し、冷蔵、冷凍保存した。培養実験には、蒸留水で 2 倍希釈した生ごみ培地を滅菌操作を行わずに用いた。

表 1. 実生ごみの組成

	Total	Dissolved
TS(g/L)	161±2	–
VTS(%)	87.9±0.2	–
TOC(g-C/L)	53.0±3.4	30.9±2.9
T-N(g-N/L)	3.2±0.4	1.4±0.1
T-P(g-P/L)	0.63±0.07	0.54±0.05
糖質(g-glucose/L)	62±8	–
タンパク質(g-C/L)	20.2±2.6	–
乳酸(g/L)	–	8.1±1.9
pH(–)	5.1±0.2	–
平均値±σ		

2.2 実験装置

本研究で用いた実験装置の概略図を図 1 に示す。反応器は有効容積 1L のセパラブルフラスコを用い、反応器内の攪拌には攪拌機(アズワン, SM-104)を用いた。温度制御にはウォーターバス(アズワン, TM-1), pH 制御は pH

コントローラー(日伸理化, NPH-660)と中和剤供給のためのローラーポンプ(東京理化機器, MP-1000)を用いて、pH コントローラーの ON/OFF 制御により行った。また、反応器内を嫌気状態に保つため、反応器の上層部を窒素ガスにて置換した。さらに、2 つのガスバック(発生ガス捕集用と発酵液引き抜き時の容積補充用として窒素ガスを充填したもの)を取り付けた。

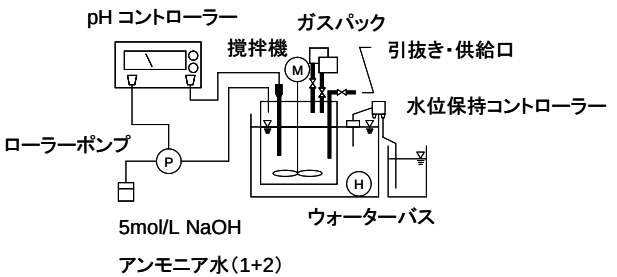


図 1. 実験装置の概略図

2.3 実験条件

実験条件を表 2 に示す。乳酸生成に伴って低下する pH の中和には、5mol/L 水酸化ナトリウムまたはアンモニア水(1+2)を用いた。植種菌株は高温 L-乳酸菌 *Bacillus coagulans* JCM 2257 を用いた。温度と pH は *B. coagulans* の優占化に最適な 55℃, pH5.5 に設定し、生ごみ培地添加および発酵液の引き抜き操作は 2 日に 1 回の頻度で行った。HRT の 3 倍時間以降を定常状態とみなし、L-乳酸発酵を評価した。

表 2. 実験条件

培養温度(℃)	55
pH(–)	5.5
反応器の容積(L)	1.0
生ごみ培地供給量(mL)	400
HRT(日)	5
半連続操作間隔(日)	2
実施期間(日)	1–26
評価期間(日) ^a	16–26

a: 馴致期間を3HRT時間想定

2.4 分析方法

分析項目は、D-,L-乳酸(日立, 液体クロマトグラフシステム, SUMICHIRAL OA-5000), 糖質(グルコース換算濃度:フェノール硫酸法)である。なお、溶解性成分の分析に

は、0.45 μ m シリンジフィルターを用いてろ過した試料を対象とした。乳酸収率は、ホモ乳酸発酵において理論上グルコース 1g から乳酸 1g が生成されることに基づき、生成乳酸量を生ごみ培地中の糖質量で除して求めた。光学純度は、D-,L-乳酸の絶対量を求め、その存在量から次式により算出した。

$$\left| \frac{(\text{L-乳酸}) - (\text{D-乳酸})}{(\text{L-乳酸}) + (\text{D-乳酸})} \right| \times 100(\%) \quad (1)$$

3. 結果および考察

3.1 実生ごみからの非滅菌高温 L-乳酸発酵

中和剤として 5mol/L 水酸化ナトリウムを用いた非滅菌高温 L-乳酸発酵の結果を図 2 に示す。馴致期間である実験開始から 6 日目までは、実生ごみを破碎後、冷凍保存せずに冷蔵庫にて保存した生ごみを用いたため、培養で使用する以前に腐敗が進み、D-,L-乳酸が生成された。評価期間である 16 日目以降は光学純度、乳酸ともに定常状態で維持された。評価期間内の生成乳酸に対する光学純度の平均を求めると、L-乳酸 18.3g/L、D-乳酸 0.3g/L より 97%以上の高い純度の L-乳酸が得られた。また、乳酸収率は 0.63 であった。以上より実生ごみからでも非滅菌 L-乳酸発酵が実施できることが確認された。

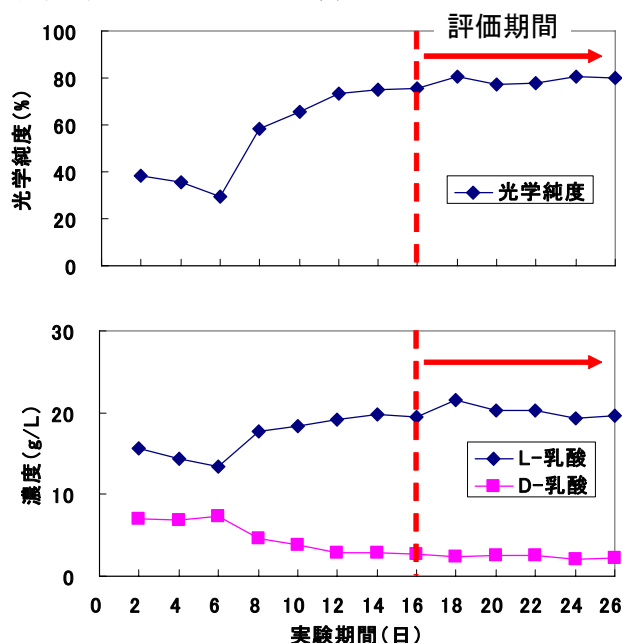


図 2. 5mol/L 水酸化ナトリウムによる L-乳酸発酵の結果

3.2 中和剤による乳酸発酵への影響の比較

アンモニア水 (1+2) を用いた非滅菌高温 L-乳酸発酵の結果を図 3 に示す。本実験では、当初より冷凍生ごみを用いたため、5mol/L 水酸化ナトリウム中和剤の場合とは異なり、培養開始直後から光学純度 80%付近を維持できた。

評価期間内の生成乳酸に対する光学純度の平均を求めると、L-乳酸 22.4g/L、D-乳酸 0.0g/L より、99%以上の高い純度の L-乳酸が得られた。また、乳酸収率は 0.69 であった。この結果より両者の乳酸収率を比較したところ、アンモニア水 (1+2) を用いた場合に有利となる傾向を確認した ($p < 0.05$, 片側検定)。

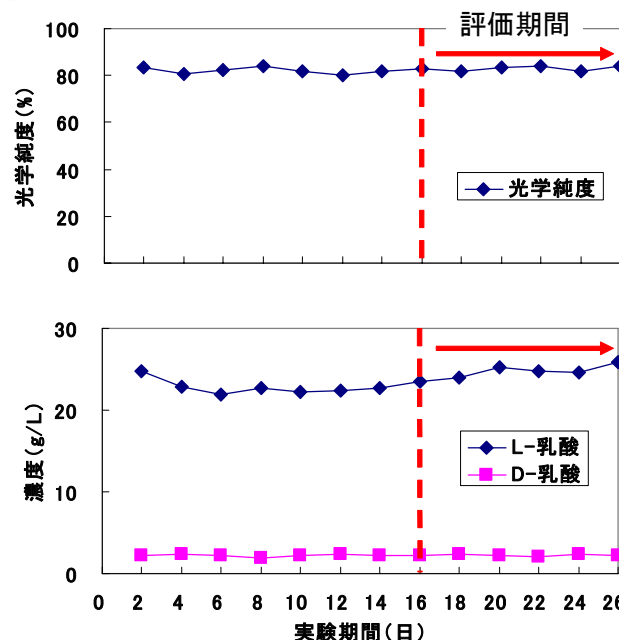


図 3. アンモニア水 (1+2) による L-乳酸発酵の結果

4. 結論

本研究では、実生ごみを用いた非滅菌高温 L-乳酸発酵を行った。以下に本研究で得られた主な結果を示す。

- 1) 実際の生ごみに対しても、非滅菌高温 L-乳酸発酵が行えることを確認した。
- 2) 5mol/L 水酸化ナトリウムを中和剤として用いた場合、生成乳酸として L-乳酸 18.3g/L、D-乳酸 0.3g/L が得られ、光学純度も 97%以上となった。乳酸収率は 0.63 であった。
- 3) アンモニア水 (1+2) を中和剤として用いた場合、生成乳酸として L-乳酸 22.4g/L が得られ、D-乳酸についてはほとんど生成されなかった。また、光学純度も 99%以上であった。乳酸収率は 0.69 であった。
- 4) 中和剤による乳酸発酵への影響の比較では、両者の乳酸収率を比較したところ、アンモニア水 (1+2) を用いた場合に有利となる傾向を確認した ($p < 0.05$, 片側検定)。

参考文献

- 1) 赤尾聡史, 津野洋, 堀江匠: 非滅菌模擬生ごみを原料とする高温 L-乳酸発酵の半連続式培養への適用, 土木学会論文集 G, Vol.63, No.1, pp.68-76, 2007