

第五章 結論與建議

5.1 結論

本研究將台灣某廢紙回收廠之廢水初沉池水樣進行嗜熱厭氧培養，探討各種培養情況下，以批次實驗觀察其中嗜熱厭氧菌群分解纖維素與甲烷生成之最佳化條件。

以 70 或 75°C 培養分別有最高纖維降解速率，培養 3 天即可將濾紙完全分解，45°C~65°C 的培養時，隨溫度下降而降解效果不佳，證實此混合菌群為嗜熱性菌群。最大甲烷生成量為 70°C 培養時，有 1252±50 μmole 生成，在 60 與 65°C 培養時之最大甲烷生成量略低，分別為 1113±57 μmole 與 1134±56 μmole，因此，甲烷生成菌群最適範圍生長範圍為 60~70°C，培養在 45°C~55°C 與 75°C 時，則甲烷生成量大幅降低。纖維素降解效率在 70°C 與 75°C 時相當，然而，最佳甲烷生成效率是在 70°C 培養時，有最高比甲烷生成速率 1.17±0.00 μmole CH₄ day⁻¹ mg⁻¹ protein，因此，此混合嗜熱厭氧菌群最佳培養溫度為 70°C。

培養在 pH 6.6 與 6.8 時之纖維降解速率最高，分別有最高 0.48±0.00 與 0.48±0.06 g L⁻¹day⁻¹，而培養在 pH 6.4 與 7.2 之纖維降解速率略低，培養在 pH 6.1、6.2、7.7、7.8 時有最低的纖維降解速率，分別為 0.33±0.00、0.33±0.03、0.33±0.03 與 0.32±0.01 g

$L^{-1}day^{-1}$ ，因此，在 pH 6.6~6.8 培養為纖維素降解之最適生長 pH 值。在 pH 6.8 培養時有最高的甲烷產量與比甲烷生成率，分別為 $1299\pm 51\mu mole$ 與 $0.91\pm 0.05\mu mole CH_4 day^{-1} mg^{-1} protein$ 生成，而 pH 6.6 培養時略低，因此，此甲烷生成菌群最適範圍生長 pH 範圍為 6.6~6.8，最佳生長之 pH 值為 6.8。

添加 8 g/L 纖維素培養時，有較高的比纖維素降解速率為 $0.60\pm 0.01 g L^{-1}day^{-1}$ ，而在甲烷生成方面，以 8、10、12 與 15 g/L 培養時，有高甲烷生成量，分別為 4123 ± 68 、 4162 ± 4 、 3992 ± 77 與 $4135\pm 96\mu mole$ 生成。添加 8、10、12 g/L 纖維素濃度培養所生成之比甲烷生成率相當，分別為 0.87 ± 0.01 、 0.89 ± 0.01 、 $0.86\pm 0.02\mu mole CH_4 day^{-1} mg^{-1} protein$ 生成，其中 8 與 10 g/L 纖維素培養之比甲烷生成速率相當，表示少量之 8 g/L 纖維素培養時，具有高於 10 g/L 纖維素培養有較高的纖維素轉化甲烷產率。

在輔基質的添加，以不同濃度之 yeast extract 添加量培養時，在 1 g/L yeast extract 培養時，培養 8 天可將纖維素完全分解，而其它 yeast extract 添加量需 9 天可將纖維素完全分解，且 1 g/L yeast extract 培養時有最高甲烷產量與生成率，分別為 $889\pm 58\mu mole$ 與 $1.22\pm 0.03\mu mole CH_4 day^{-1} mg^{-1} protein$ 。另外在不同 peptone 濃度培養時，添加 1 g/L peptone 有最高纖維降解速率，培養 7 天的時間

可完全分解纖維，但不添加 peptone 有最高甲烷產量與比甲烷生成率，分別為 $1179 \pm 26 \mu\text{mole}$ 與 $0.83 \pm 0.05 \mu\text{mole CH}_4 \text{ day}^{-1} \text{ mg}^{-1} \text{ protein}$ 生成。且添加 1 g/L peptone 培養時甲烷產量與比甲烷生成率，分別為 $1033 \pm 90 \mu\text{mole}$ 與 $0.67 \pm 0.01 \mu\text{mole CH}_4 \text{ day}^{-1} \text{ mg}^{-1} \text{ protein}$ ，但因添加 1 g/L peptone 培養可增進此嗜熱混合菌群生長，並達到最佳的纖維降解速率，而本研究考量纖維素降解速率，故採用後續 1 g/L peptone 進行實驗培養。

利用此嗜熱厭氧混合菌群降解廢棄紙類，瓦楞紙與報紙培養至第 14 天時在培養基中仍可測得殘餘纖維素，分別為 0.55 ± 0.03 與 $1.10 \pm 0.20 \text{ g/L}$ 之纖維素濃度，以稻稈培養時，取出之樣品中並沒有檢測到纖維素，培養至第 14 天的稻稈沒有很明顯的瓦解情形，只出現一些細長的絲狀纖維殘渣，且空白組的稻稈沒有此現象。比甲烷生成率最高至最低依序為瓦楞紙、報紙、稻稈、 α -纖維素、濾紙、影印紙，分別為 2127 ± 47 、 1989 ± 18 、 1421 ± 19 、 1195 ± 47 、 983 ± 83 與 $720 \pm 49 \mu\text{mole}$ ，因此此混合菌群可應用在環境中含纖維廢棄物之處理，其中以報紙培養有最高比甲烷生成率，為 $1.43 \pm 0.02 \mu\text{mole CH}_4 \text{ day}^{-1} \text{ mg}^{-1} \text{ protein}$ 生成。在前面的培養中，培養基內之 pH 值在培養至第 2 或第 3 天時驟降，有相當明顯的酸累積情形，因此以 2、4、5、6 g/L 之 NaHCO_3 添加進行實驗，試著以此提高

甲烷生成量，實驗後發現在最高的 6 g/L NaHCO₃ 添加濃度下，有最高的纖維降解率與甲烷生成，分別為 2.0 g L⁻¹day⁻¹ 與 1921±75 μmole，可去除 54 %之 TCOD，且此條件下有最低的醋酸濃度與比乙酸生成率，分別為 30±0.5 mM 與 0.217±0.01 mM day⁻¹，表示緩衝效果佳，不至於使酸累積過多而造成抑制。

因此，再進行 8、10、12 g/L NaHCO₃ 添加時，以 8 g/L NaHCO₃ 有最高的甲烷產量與比甲烷生成速率，分別為 4287±73 μmole 與 0.97±0.00 μmole CH₄ day⁻¹ mg⁻¹ protein，因此，8 g/L NaHCO₃ 為最佳添加濃度，可成功提高甲烷生成為原來的 2 倍。

5.2 建議

可嘗試以最佳條件進行纖維降解與甲烷生成之純菌分離，進一步明確鑑別此類嗜熱厭氧菌株中，纖維分解菌與甲烷純菌等嗜熱菌株之基本特性，或以纖維分解酵素、甲烷菌產甲烷機制等方向探討。