

加工場肉品廢棄物厭氣處理⁽¹⁾

鄭于烽⁽²⁾ 雷鵬魁⁽³⁾ 洪嘉謨⁽²⁾

摘 要

收件日期：89 年 02 月 15 日；接受日期：89 年 06 月 23 日

利用厭氣處理方式，自肉品加工場取回之豬肺臟、腸子、碎肉（含脂肪）、豬皮及豬毛等不同部位之殘留物，分別進行試驗。在 MLSS 約為 10,000~14,000mg/L 的厭氣情況下，經 16 週之試驗及記錄，肺臟部位在第 5 週後重量百分比即維持在 0.6%，經迴歸統計後，其 $R^2 = 0.99$ ，顯示在厭氣環境中，其分解趨勢甚為理想。大腸部分則於第 5 週後維持於 1.2%， $R^2 = 0.99$ ，其分解趨勢與肺臟部位相類似。碎肉（含脂肪）部分至第 5 週即停留於 1.8%，不再降低，其 $R^2 = 0.94$ 。而豬皮部分於第 2 週時降至 14.3%，5 週後均維持於 1.2% 左右， $R^2 = 0.84$ 。結果顯示，以厭氣發酵方式處理上述各項廢棄物時，其分解效率均可達 98.2~99.4%。豬毛在第 1 週可能是吸水的緣故，重量百分比增至 160% 左右，第 2 週雖有下降之趨勢，直到第七週後，重量百分比才降至 100% 以下，並快速下降至 7% 左右， $R^2 = 0.73$ 。

利用厭氣方式處理肉品廢棄物，可避免其他處理方式引起之後續問題。如掩埋可能造成之地下水質污染；化製必須集中、搬運及輸送等人力、物力耗費；焚化則需消耗能源且有焚燒不完全之顧慮等。厭氣處理除節省能源外，尚可產生沼氣供為能源，且過程中無臭味產生。

關鍵詞：肉品加工廢棄物（豬皮、豬毛、脂肪、碎肉、肺臟）、厭氣處理。

緒 言

肉品市場加工廢棄物主要以肉豬肉為標的。其產出廢棄物的來源有猝死之全豬；經獸醫師檢驗不合格之部分屠體；加工後剩餘之碎肉、豬皮；不具食用價值之內臟，如肺臟等。另有屠宰後刮除之豬毛，豬血及清洗後之廢污水等。台南縣家畜肉品市場由於每天拍賣之肉豬數量不同，故產生之廢棄物數量亦不同。該市場過去使用焚化爐，以焚燒方式處理各項廢棄物及動物屍體，以高級柴油作為焚燒燃料，操作時每小時需消耗 300 L 之高級柴油如以每公升 18 元計算，每小時即需消耗 5,400 元，每日以平均焚燒 4 小時計算，則每日需 20,000 元以上之燃料費。此外，若考慮焚化爐之折舊及每年 80 萬元維護費，成本更加提高。本試驗主要乃在針對固形廢棄物進行處理試驗。

豬隻屠體之化學組成依部位不同而有著差異性，在約 2 cm 厚之脂肪層覆蓋的食肉其組成平均值如下：蛋白質 17%，脂肪 20%，水分 62%，灰分 1%。如將脂肪層完全去除的赤肉部份，其

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 1009 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所畜牧經營系。

(3) 國立中興大學農業機械系。

平均值則為蛋白質 20%，脂肪 9%，水分 70%，灰分 1%（陳，1989）。由於豬肉所含之灰分甚少，故以厭氣發酵的方式來處理應該是可行的。至於豬隻的骨骼，其成分中因含有許多無機質的成分，可能無法以生物處理的方式將之消除，因此，以厭氣發酵處理豬肉加工廢棄物可能會殘留許多骨骼。不過，以廢棄物處理的觀點而言，以此方式處理能將大部份的有機質去除而大大的減少了廢棄物的量，至於不能消化的物質，可以掩埋等其他的方式再行處理。

還有一項需要注意的是脂肪，因為油脂比重較低，在厭氣發酵的過程中常造成油脂凝集成浮渣（scum）的問題，造成這些物質無法與厭氣細菌充分接觸，而很難被分解（謝及黃，1992）。通常，在厭氣的狀態下若油脂能均勻分佈在液體中，則在降解過程中可被極快速地水解成丙三醇（glycerin）及長鏈脂肪酸（Jeris and McCarty, 1965; Hanaki *et al.*, 1981），長鏈脂肪酸再經由 β -氧化作用降解產生乙酸及氫氣或是乙酸、丙酸及氫氣，然後才能被甲烷菌所利用（徐，1996）。至於豬毛，其蛋白質成分高達 92.6%（Wang and Parsons, 1997），主要成分為角蛋白，所謂角蛋白是由許多緊密相連的多肽鏈所組成，此多肽鏈是由二硫鍵互相連結，故角蛋白缺乏對體內蛋白酶的物理可接受性，對溶劑和酶具有抵抗力（Moran *et al.*, 1996）；脂肪含量 2.1%（Thomas and Beeson, 1997）；灰分 1.9%，蹄中所含灰分較高，有 6.2%。

針對節省燃油之消耗及焚化爐維修等操作成本，除了為台南縣家畜肉品市場在其原有之污水厭氣處理系統旁，另設計動物屍體厭氣處理槽附於其厭氣發酵系統，利用厭氣發酵系統中已穩定之槽內處理水外接至動物屍體厭氣處理槽，進行加工後廢棄物之厭氣生物分解。處理後之溢流水仍流回原厭氣發酵系統，希望能以生物分解方式處理該等廢棄物外。另取回部分加工後之廢棄物進行本試驗，以了解生物分解之情形。

材料與方法

I. 試驗材料及設備：

肉品加工廢棄物：加工後之殘餘屠體，含肥肉（脂肪）、內臟、豬皮、碎肉、豬毛等。

厭氣發酵處理槽：利用本所使用之豬糞尿污水厭氣發酵處理槽第一槽後端之抽水井作為試驗槽。抽水井之長、寬、高分別為 $1\text{m} \times 1.5\text{m} \times 4\text{m}$ ，無覆皮。豬糞尿污水自槽前流入，其水力停留時間約為 1~1.5 天，為厭氣發酵酸化後期，污泥井中無攪拌裝置。

II. 試驗方法：

1. 以鐵籠定量裝入各種肉品加工廢棄物 (1) 碎肉；(2) 肺臟；(3) 豬皮；(4) 豬毛；(5) 肥肉（脂肪）各 $1.00 \pm 0.01 \text{ kg}$ 。
2. 將裝入各種肉品加工廢棄物之鐵籠置入厭氣發酵處理槽第一槽後端之抽污泥井中，利用厭氣槽中之微生物進行分解，抽污泥井之污泥濃度測得 4 次平均為 $1,125 \pm 32 \text{ mg VSS/L}$ ，其水質經分析 4 次平均為：

Item	
pH	7.69 ± 0.2
EC (mS/cm)	6.32 ± 0.44
	mg/L
COD	1681 ± 312
BOD	934 ± 473
SS	500 ± 94
NH_4^+-N	314 ± 58
NO_3^--N	26 ± 11
TN	384 ± 34
TP	99 ± 23

3.本所使用之厭氣發酵處理槽每日流入 7.5m^3 之豬糞尿污水，其水質每月定期分析一次，經連續 6 個月之成分平均為：

Item	
pH	7.96 ± 0.20
COD(mg/L)	$5,891 \pm 566$
BOD(mg/L)	$2,358 \pm 828$
SS(mg/L)	$1,460 \pm 190$

4.每週一次取出試驗物，清洗以紗窗網製之網懸掛 30min.瀝乾水分後，以 Jadever LPW-1260 $6,000 \times 0.5\text{ g Weighing Balance}$ 秤重記錄之。

III.建立相關值及迴歸方程式：

測定所得之相關資料以 Sigma Plot 4.0 輸入建檔，並分別繪製分解度對豬肺臟、腸子、碎肉（含脂肪）、豬皮、及豬毛在延續時間下之分解值。同時，以插入趨勢線方式，求得相關值（ R^2 ）及建立冪次迴歸方程式。

結果與討論

本試驗自肉品加工場取回之豬肺臟、腸子、碎肉（含脂肪）、豬皮及豬毛等不同部位之殘留物。分別裝入鐵籠放入本所現有廢水厭氣處理系統第一槽後方之中。該厭氣系統每天流入 7.5 m^3 之畜舍糞尿廢水，水力停留時間為 10 天。抽水井之長、寬、高分別為 $1\text{m} \times 1.5\text{m} \times 4\text{m}$ ，無覆皮。其水力停留時間約為 1~1.5 天，值其酸化後期，污泥濃度測定 4 次，測定值介於 $1,090 \sim 1,187\text{ mg VSS/L}$ ，平均為 $1,125 \pm 32\text{ mg VSS/L}$ 。置入鐵籠之樣品每週一次，取出沖洗夾雜物後，秤重、記錄重量及重量百分比之減少量。經 16 週之試驗及記錄，肺臟約佔屠體之 0.54%，此部位在 1 週處理後，即可將重量降至原來之 45%，第 2 週則降至原重量之 8.7%，5 週後即維持在 0.6%，經 16 週之測定，以時間及分解率作冪次迴歸，其方程式為 $y = 262e^{(-0.95x)}$ ， $R^2 = 0.99$ ，其中 y 為重量之百分比， e 則為自然對數，結果表示其間有相當之正相關性（如圖 1）。大腸約佔屠體之 1.75%，此部分於處理 2 週時重量減至 50.5%，第 3 週時為 14.1%，第 5 週後即維持於 1.2%，同樣的，經 16 週之測定，其時間及分解率之迴歸方程式為 $y = 145e^{(-0.34x)}$ ， $R^2 = 0.99$ ，表示其間亦有相當之正相關性（如圖 2）。碎肉（含脂肪）部分於第 1 週時增重至 124%，第 2 週降至 54.5%，此後即迅速下降，第 5 週即停留於 1.8%，不再降低，經以時間及分解率作冪次迴歸，其方程式為 $y = 173e^{(-0.36x)}$ ， $R^2 = 0.94$ ，表示其間依然有相當之正相關性（如圖 3）。而豬皮部分約佔屠體之 6%，處理 2 週後即可降至 14.3%，5 週後均維持於 1.2% 左右，其迴歸方程式為 $y = 205e^{(-0.58x)}$ ， $R^2 = 0.84$ ，表示其間亦有正相關性（圖 4）。此結果顯示，以厭氣發酵方式處理上述各項廢棄物時，其分解效率均可達 98.2~99.4%。至於豬毛部分，在第 1 週可能是吸水的緣故，重量百分比增至 160% 左右，第 2 週雖有下降之趨勢，但還是直到第七週後，重量百分比才降至 100% 以下，並快速下降至 7% 左右，以時間及分解率作冪次迴歸統計下，其方程式為 $y = 191e^{(-0.11x)}$ ， $R^2 = 0.73$ ，表示其間之正相關性仍很明顯（圖 5）。

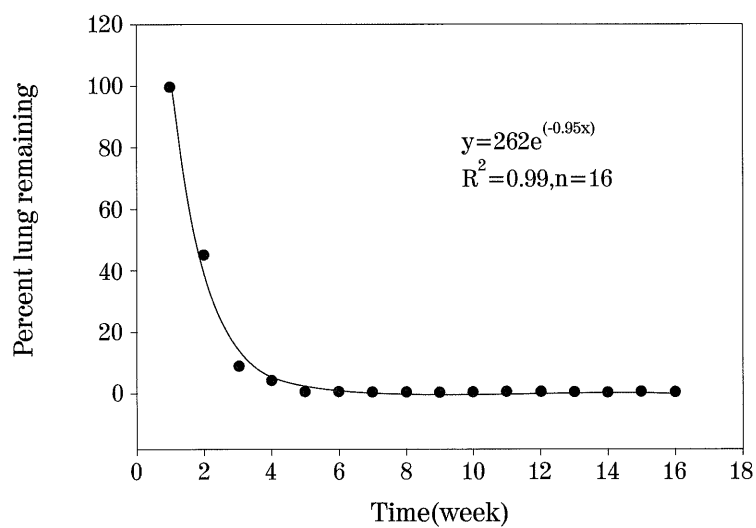


圖 1. 屠宰場加工廢棄物之肺臟部位厭氣處理效果。

Figure 1. Time course of pig's waste organ (lung) remaining in anaerobic digester.

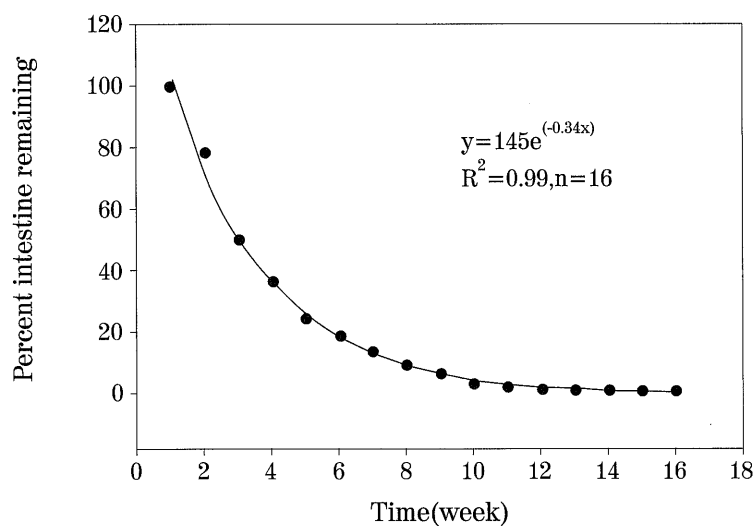


圖 2. 屠宰場加工廢棄物之大腸部位厭氣處理效果。

Figure 2. Time course of pig's waste organ (intestine) remaining in anaerobic digester.

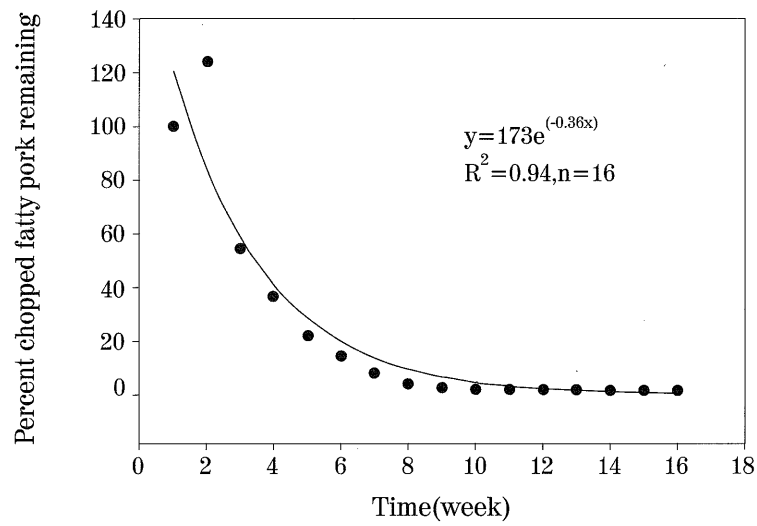


圖 3. 屠宰場加工廢棄物含脂肪之碎肉經厭氣處理之效果。

Figure 3. Time course of pig's waste organ (chopped fatty pork) remaining in anaerobic digester.

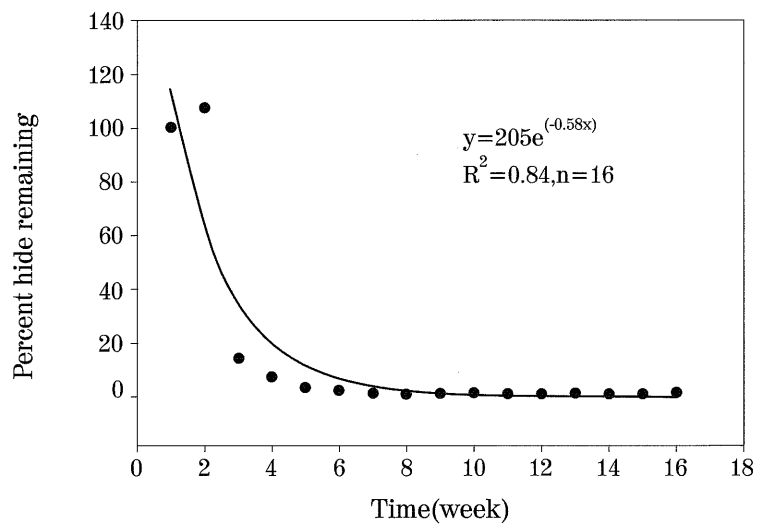


圖 4. 屠宰場加工廢棄物之豬皮部位厭氣處理效果。

Figure 4. Time course of pig's waste organ (pigskin) remaining in anaerobic digester.

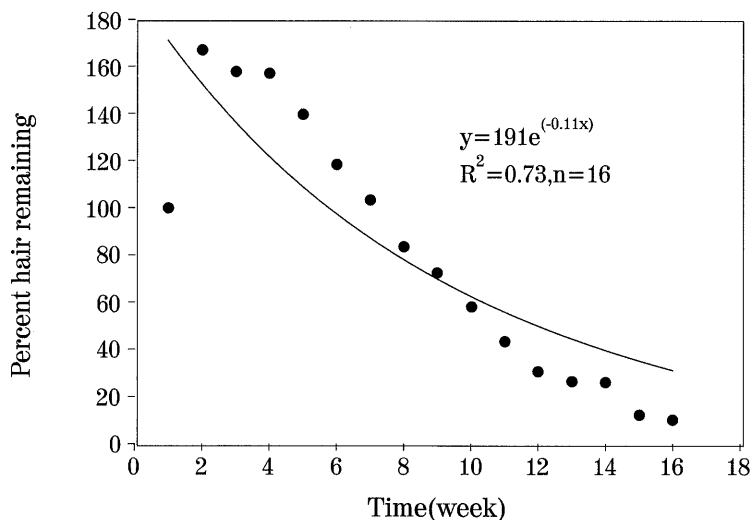


圖 5. 屠宰場加工廢棄物之豬毛部位厭氣處理效果。

Figure 5. Time course of pig's waste hair remaining in anaerobic digester.

本試驗乃使用肉品市場原有之廢水厭氣處理系統配合肉品加工廢棄物厭氣處理槽進行試驗。厭氣水自原系統抽出，經肉品加工廢棄物厭氣處理槽後之排水再回流至原有廢水厭氣處理系統之前槽，故分解後之部分有機物會再流回原有之廢水厭氣處理系統中，由此系統繼續後續之分解處理。至於增加有機負荷後，原有之廢水厭氣處理系統是否足以負擔？在本所曾進行部分先期試驗，試驗過程中也是由廢水厭氣處理槽配合。試驗期間除了發現沼氣產量增加非常明顯外，排出水水質經分析後，比較過去之數值並無明顯之變化。原因可能是回流之廢水連接到原有廢水厭氣處理系統之前槽，相當於厭氣發酵處理之第一天。而厭氣發酵處理設計之水力停留時間為 10 天，故有足夠之調整時間，且大部分之有機物分解為沼氣所致。不過，對於肉品市場之廢水厭氣處理系統水質變化方面，可能還需要進行一段較長時間之觀察和分析，才能作進一步之比較探討。

結論與建議

一般肉品屠宰廢棄物可以化製、掩埋、焚化、堆肥化及厭氣發酵法等方式處理。由於環保意識之高漲，掩埋法已不敷現代環境之要求。另焚化雖然也是可行的方式之一，惟焚化爐除價格昂貴外，另必須負擔消耗燃料的油費，且有燃燒不全，產生惡臭造成空氣污染之慮。此外，堆肥化雖然也是可行方法之一，惟堆肥化處理另須有堆肥場設施。以厭氣發酵法處理雖需較長的處理時間，但可配合已有厭氣發酵處理設備之肉品市場直接使用，其最大優點是可在場內自行處理，而無需其他勞力、能源及往外輸送等之過程與費用，同時動物加工廢棄物因厭氣發酵法處理而能轉換為有用之能源——沼氣。

參考文獻

- 徐武煥。1996。以厭氧醱酵處理家禽體之研究。國立中興大學農業機械工程學研究所碩士論文。
- 陳明造。1989。肌肉的化學組成。肉品加工理論與應用。藝軒圖書出版社印行。pp. 63-102。
- 謝立生、黃建華。1992。環境化學工程。乾泰圖書有限公司。pp. 527-530。
- Hanaki, K.T., T. Matsuo and T. Nagase. 1981。Mechanism of inhibition caused by long chain fatty acid in anaerobic digestion process. *Biotechnol. Bioeng.* 23 : 1591-1610。
- Jeris, J. S. and P. L. McCarty. 1965。The biochemistry of methane fermentation using ^{14}C tracers. *JWPCF.* 37 : 178-192。
- Moran, E. T., J. D. Summers and S. J. Slinger. 1966. Keratins as sources of protein for the growing chick 2. Hog hair a valuable source of protein with appropriate processing and amino acid balance. *Poult. Sci.* 46: 456-465.
- Thomas, V. M. and W. M. Beeson. 1977. Feather meal and hair meal as protein sources for steer calves. *J. Anim. Sci.* 46: 819-825.
- Wang, X. and C. M. Parsons. 1997. Effect of processing systems on protein quality of feather meals and hog hair meals. *Poult. Sci.* 76: 491-496.

Anaerobic Treatment of Meat Processing Wastes⁽¹⁾

Yu-Fong Cheng⁽²⁾, Peng-Kuei Lei⁽³⁾ and Chia-Mo Hong⁽²⁾

Received Feb. 1, 2000; Accepted Jun. 23, 2000

Abstract

Pig lungs, intestines, chopped fatty pork, pigskin, and hairs generated in meat processing factories were treated individually by an innovated anaerobic system. Each anaerobic digestion experiment in this work lasted 16 weeks under the situation of 10,000~14,000 mg/L of MLSS. The weight of pig lungs left after five weeks of degradation was maintained at 0.6% of the initial weight, indicating that pig's lungs could be easily degraded in the anaerobic system. By fitting in experimental data, statistical analysis showed that the time course of the degradation of pig lungs followed a nonlinear relationship with $R^2 = 0.99$. Similarly, the weight of intestines left after five weeks of degradation was maintained at 1.2% ($R^2 = 0.99$). The weight of chopped fatty pork left after two weeks of degradation reduced to 14.3%. With three more weeks of degradation, the weight of chopped fatty pork was maintained at 1.8% ($R^2 = 0.94$). The weight of pigskin left after five weeks of degradation was maintained at 1.2% ($R^2 = 0.84$). Accordingly, when pig lungs, intestine, chopped fatty pork or pigskin was treated by the anaerobic system, its degrading efficiency could reach 98.2% - 99.4%. However, the weight of hair increased to 160% after one week treatment, possibly because of the absorption of water into the matrix of hair. The weight of hair started to decline after two weeks and reduced rapidly to 7% after seven weeks ($R^2 = 0.73$).

The advantages of the anaerobic system in treating various kinds of meat processing waste were: (1) to avoid secondary pollution problems resulting from sanitary landfill, (2) to avoid transportation cost and disease-spreading problems resulting from the rendering process, (3) to save energy cost and to avoid air pollution problems resulting from incineration. In other words, the proposed anaerobic system could not only save energy cost, it could also generate biogas for utilization purposes.

Key words : Meat processing waste (pig lungs, intestines, chopped fatty pork, pigskin, hair), Anaerobic treatment.

(1) Contribution No.1009 from Taiwan Livestock Research Institute, Council of Agriculture.

(2) Department of Livestock Management, COA-TLRI, Hsinhua, Tainan, Taiwan, R.O.C.

(3) National Chung Hsin University, Department of Agricultural Engineering, Taichung, Taiwan, R.O.C.