



國立臺灣大學生物資源暨農學院動物科學技術學系
博士論文

Department of Animal Science and Technology

College of Bioresources and Agriculture

National Taiwan University

Doctoral Dissertation

最佳化孵化場廢棄物熱處理為飼料原料之過程
與產蛋雞與年輕豬隻對其之生物利用效率
Optimization of the thermal condition for processing
hatchery waste eggs as meal for feed and measurement
of its bioavailability for laying hens and young pigs

邱雯政

Wen-Zan Chiu

指導教授：魏恆巍 博士
Advisor: Dr. Hen-Wei Wei
中華民國 106 年 2 月
February, 2017

致謝

凡是過去，皆為序章

-莎士比亞



2016 年牛津字典選出的年度單字為”Post-turth”，這個單字的意思並不是說真相不重要，而是在情緒影響的當下，大多數人是不在乎真相的。

就如同我一樣。

一直到最後一刻，我才終於明白，我所堅持的真相，其實根本不重要。更重要的是我的目的與我的初衷。我應該追求的是一個真實達到標準的博士論文，與此之前所有的紛擾與錯誤的引導，是我自己，走錯了方向。

遠離了正確的道路。

一直到了上次奕雯學姊寫給我的一封信，我不知道這封信是學姊寫的還是轉述丁老師的話，在哪一刻我才領悟，我的博士論文並不是三篇 paper 所聚集起來的筆記，也不是教授升等的工具，而是我這段學習過程的痕跡與紀錄。所有構思、許多困難、解決問題時的喜悅應該都在裡面，是一個學習過程的證實，也是一個成長的時光筆記。

感謝魏老師提醒我”莫忘初衷”

面對眼前的這個時刻，遙望過去的一年，真真切切的學習到許多，感謝眾多老師的提醒與堅持，才能讓我真切的認知自己的問題，在時間的長河裡，眼前的阻礙也許在未來微不足道，但此刻的我感受到自己認知的改變，凡事以自我為本，不去責怪他人的阻礙，終究能為自己負責的還是自己。

歲末，也是 2017 的開始，是一個結束，也是開始的好時機。

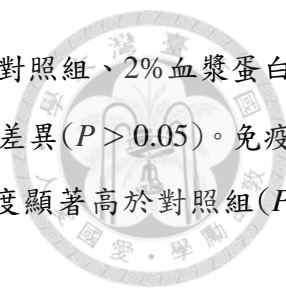
摘要

本研究之主旨為建立孵化場廢棄物之最佳化處理方法與條件，並建立評估指標反應模式。多方面的評估決定孵化場廢棄物最佳化的處理條件，並以此條件生產廢棄蛋蛋粉。接續評估廢棄蛋蛋粉作為蛋白質補充原料於產蛋雞與年輕豬隻飼料之應用參數與價值，最後添加於產蛋雞與保育豬飼料中，了解其應用價值。

孵化場廢棄物由無精蛋、中止蛋、破殼失敗之雞雞與蛋殼組成，含有豐富的粗蛋白質與鈣。現行的掩埋與加熱煮沸等方法未能充分利用其豐富營養價值的特性。本研究以熱處理作為方法。試驗設計使用中心複合設計。以加熱時間與溫度建構蛋白質體外消化率、乾物質、電能、粗蛋白質、真蛋白質、沙門氏菌與大腸桿菌之反應模式。以最高的蛋白質體外消化率作為主要訴求，乾物質 87% 與較低的電能消耗作為限制條件。當加熱溫度為 65°C，加熱時間為 23 h 時為此需求之最佳化處理條件。

本研究共製作 16 批次廢棄蛋蛋粉，其組成為乾物質 88.3%、粗蛋白質 38.0%、灰分 27.8%、脂肪 21.5%、鈣與磷分別是 14.5 與 1.6%。使用性成熟雄蛋雞檢測廢棄蛋蛋粉之氮矯正表面代謝能為 3378.4 kcal/kg。廢棄蛋蛋粉於蛋雞之能量、粗蛋白質、脂質、乾物質、鈣與磷之消化率，雌蛋雞之數據分別為為 87.9、88.6、77.8、85.7、90.2 與 62.5%；雄蛋雞分別為 82.1、78.5、60.1、74.5、40.3 與 37.2%。雌蛋雞之各項營養成份之消化率皆顯著高於雄蛋雞 ($P < 0.05$)；而廢棄蛋蛋粉於保育豬與生長豬之表面消化能分別為 2629.1 與 3637.4 kcal/kg。藉由外科手術將矽膠瘻管裝置於保育豬與生長豬迴腸末端，收集迴腸內容物計算迴腸可消化率。結果顯示，廢棄蛋蛋粉於保育豬之乾物質、粗蛋白質、脂質、鈣與磷之迴腸可消化率分別為 55.3、36.3、58.0、55.1 與 60.3%；而生長豬各項營養成份之迴腸可消化率皆顯著高於保育豬者 ($P < 0.05$)，分別為 90.5、87.5、86.8、77.2 與 75.3%。

廢棄蛋蛋粉之產蛋雞試驗由 100 隻、23 週齡海蘭品系來亨蛋雞逢機平均分入五組。對照組為含魚粉 2%，其餘四組分別為添加廢棄蛋蛋粉 0、4、8 或 12%。試驗結果廢棄蛋蛋粉對產蛋雞之產蛋性能與蛋品質並未有負面的影響。凡添加廢棄蛋蛋粉之組別，蛋殼強度顯著高於 2% 魚粉組與未添加組別。品評試驗之結果顯示，添加廢棄蛋蛋粉之組別平均有 3% 的人查覺異味，但認為該味道不影響風味，對照組查覺異味的比例為 3.3%。



另一方面保育豬試驗添加 4% 廢棄蛋蛋粉配製飼糧。與對照組、2% 血漿蛋白添加組進行比較。試驗結果顯示各組之間生長性能並沒有顯著差異 ($P > 0.05$)。免疫表現方面，廢棄蛋蛋粉添加組之血漿與腸道黏膜 IgA 之濃度顯著高於對照組 ($P < 0.05$)。小腸絨毛性狀在各處理間並無顯著差異。

總而言之，本研究建立孵化場廢棄物處理為廢棄蛋蛋粉之反應模式，可依不同之需求產生最佳化之處理條件組合。以最高的蛋白質體外消化率、87% 乾物質與較低的電能消耗作為最佳化之參數。經過產品品質最佳化後生產之廢棄蛋蛋粉添加 12% 於產蛋雞飼糧，對其本身、產蛋性能與蛋的品質皆無負面影響，而在蛋殼強度有正面的增進。應用於豬隻，生長豬較保育豬能充分利用廢棄蛋蛋粉之營養成份。於保育豬添加 4% 廢棄蛋蛋粉對其生長並未有負面的影響，血漿與腸道黏膜 IgA 濃度提升可降低大腸桿菌可能之影響，且不影響腸道絨毛之性狀。此結果可作為未來處理孵化場廢棄物與應用廢棄蛋蛋粉之參考。

關鍵字：孵化場廢棄物、反應曲面法、廢棄蛋蛋粉、蛋雞氮矯正真代謝能、豬隻表面消化能

Abstract

The purpose of this study is to establish the optimal treatment methods and conditions of hatchery waste eggs and to build a response model with the evaluation factors. Hatchery waste egg meal can be produced by determining the optimal processing conditions of hatchery waste eggs according to the evaluation multi-factors. The application value of hatchery waste egg meal as a protein supplement feedstuff is evaluated. And finally feed to laying hens and weanling pigs for their effects on production or growth performance and the quality of their products.

Hatchery waste eggs contain the infertile eggs, dead embryos in shell, dead or low grade chicks, and contains high amounts of protein and calcium. Composted and boiled for current disposal methods, failed to achieve the hatchery waste eggs properties of high nutritional value. Heat treatment, as in this study, experiment design using central composite design, constructing the model of heating time and temperature in vitro digestibility of protein and dry matter, energy, crude protein and true protein, amount of *Salmonella* and *Escherichia coli*. The optimize processing conditions with the highest in vitro protein digestibility whose main appeal, Dry matter 87% and low energy consumption as a limiting condition. When the heating temperature is 65°C, heating time at 23 h meet the optimize processing conditions.

This study has produced 16 batches hatchery waste egg meal, dry matter, content 88.3%; crude protein content of 38.0%; ash 27.8%; fat 21.5%; calcium and phosphorus are 14.5 and 1.6%. The cockerel was used to detect hatchery waste egg meal apparent metabolizable energy corrected to nitrogen equilibrium of laying hens to 3378.4 kcal/kg. Detecting digestibility of hatchery waste egg meal of energy, crude protein, lipid, dry matter, calcium and phosphorus, respectively, of the laying hen to 87.9, 88.6, 77.8, 85.7, 90.2 and 62.5%, while the cockerel was 82.1, 78.5, 60.1, 74.5, 40.3 and 37.2%. The digestibility of nutrients of the laying hen is significantly higher than the cockerel ($P < 0.05$); Apparent digestible energy of hatchery waste egg meal in weanling pig and growing pig were 2629.1 and 3637.4 kcal/kg. Silicone post-valve T-ileum through surgical devices in weanling pig and growing pig the end of the ileum, collected digests to detect the nutrient of ileal digestibility. Results showed that hatchery waste egg meal in weanling pig of dry matter, crude protein, lipids, calcium and phosphorus ileal digestibility was 55.3,

36.3, 58.0, 55.1 and 60.3%; The growing pig of dry matter, crude protein, lipid, calcium and phosphorus ileal digestibility is significantly higher than that of weanling pig ($P < 0.05$), respectively 90.5, 87.5, 86.8, 77.2 and 75.3%.

A total of 100 Single Comb Leghorn Hy-line strain laying hens, 23 weeks of age, were randomly divided into five groups. The control group was fed 2% fishmeal and the feed of the other four groups was supplemented with 0, 4, 8, and 12% hatchery waste egg meal. The nitrogen content, apparent metabolizable energy corrected to nitrogen equilibrium, and calcium content were equal for each group. The duration of the trial was 18 weeks. The results showed no significant differences in body weight, egg production rate, egg weight, feed intake, feed efficiency, and egg quality among the various test groups ($P > 0.05$). However, supplementation with hatchery waste egg meal resulted in significantly greater eggshell strength ($P < 0.05$). Moreover, the results of sensory analysis revealed that only 3% of the subjects might have aware the taste of peculiar smell, although this did not seem to affect acceptance.

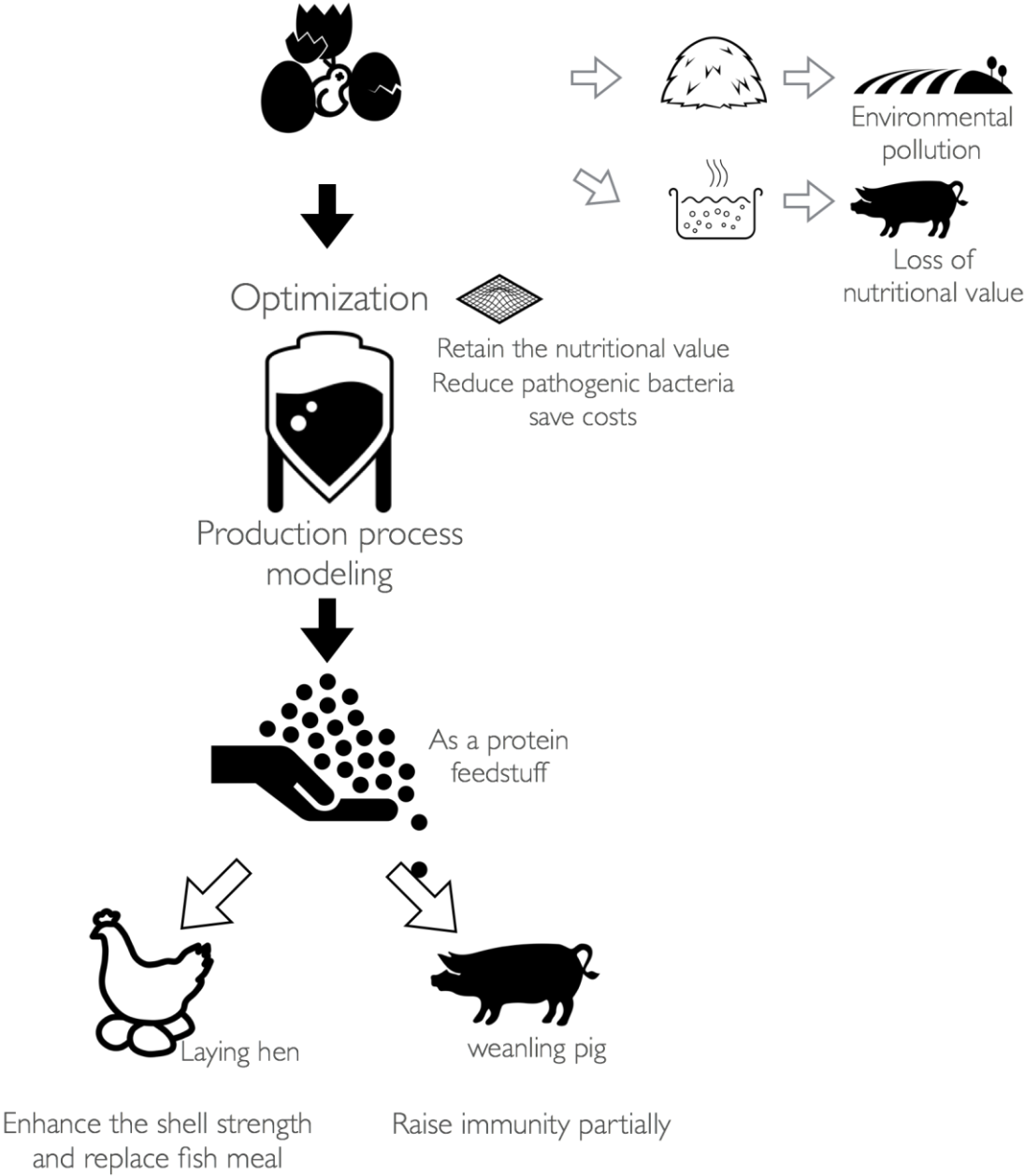
Finally, diets containing spray-dried porcine plasma 2%, hatchery waste egg meal 4% or non-animal protein (control) were given to weanling pigs weighing at 10 kg. When body weights reached 20 kg the pigs were sacrificed to determine the concentration of immunoglobulins in plasma or intestine and the villus structure of small intestine. Their growth performance was recorded as well. Results showed that no significant differences existed in growth performances between groups. Pig fed the diet containing spray-dried porcine plasma exhibited higher concentration in plasma IgG and IgM compared with the control and HWEM groups. IgA concentration in plasma and intestine was raised significantly in the spray-dried porcine plasma and hatchery waste egg meal group. As for villus height, villus area and depth of crypt, no significant differences were observed between those groups.

All in all, this study to establish response patterns hatchery waste eggs for the hatchery waste egg meal depending on demand to optimize processing conditions. With the highest protein in vitro digestibility, dry matter 87% and lower power consumption as a parameter optimization. After product quality optimized production hatchery waste egg meal add 12% in laying hen diet, on its own, no negative impact on laying performance and the quality of eggs, eggshell strength had positive promotion. the growing pig had

better digestibility of nutrition than weanling pig. Add 4% hatchery waste egg meal in weanling pig diet not have a negative impact on its growth performance and can improve intestinal mucosal and plasma IgA concentration, without affecting the character of the intestinal villus structure. The results can be used as a reference for future treatment and application of hatchery waste egg meal.

Keywords: Hatchery waste eggs, Hatchery waste egg meals, Response surface methodology, Apparent metabolizable energy corrected to nitrogen equilibrium of laying hen, Apparent digestible energy of young pig.

Graph abstract

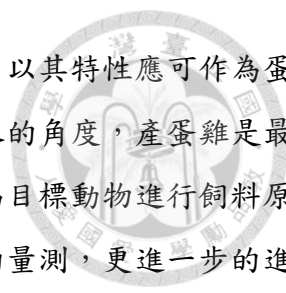


楔子

家禽孵化場孵化過程中所產生的廢棄物主要為孵化場廢棄物，其組成為未受精的無精蛋、發育中止的胚胎稱為中止蛋，未順利完成破殼的雛雞以及順利破殼雛雞所留下的蛋殼，這些廢棄物統稱為孵化場廢棄物 (Hamm and Whitehead, 1982)。現行的處理方法除了文獻中敘述的掩埋、堆肥、加熱煮沸、發酵與化製外，實際到現場發現，多半的孵化場並沒有固定的處理方式，其原因主要是孵化場廢棄物的數量沒有大到足以投資化製場處理，同時也沒有少到可以置之不理或丟棄。以本次試驗提供孵化場廢棄物之種雞場為例。種雞場與附近幾家養餵水豬之養豬戶達成協議，種雞場會將孵化場廢棄物裝桶推出，而養豬戶會在時間內將廢棄物移出場區。養豬戶使用方法會與餵水或添加玉米粉一起煮沸，放涼後，以液體飼料的方式餵飼生長豬。因此孵化場廢棄物並沒有妥善的被處理。

然而，孵化場廢棄物含有一部分雞蛋的成份，雞蛋的蛋白質具有高利用率，但高溫煮沸後反而會降低其利用效率。但若不進行熱處理則可能具有安全性的問題。另外一個問題是處理設備，較低的投資門檻，一個小作坊，甚至一台機器在場區內就可以直接處理。除了便於操作也可以降低儲存或運送所產生的汙染或可能的疾病傳播的問題。因此找到一個妥善處理的條件與合適的處理設備，同時兼顧產品利用效率以及安全性是本研究想要處理的第一個問題。

第二個問題是在評估處理方法對某一項指標最佳的處理條件是容易的，但眾多指標時，指標之間不一定是正相關性。最佳化過程中若有兩個以上的指標，指標通常會是互相矛盾的，一個指標達到最大值，另一個指標可能會是遠低於期待值。甚至在某需求下某指標的重要性是最高的，狀況轉換後他的重要性則可能發生變化。而理想的最佳化的處理條件也會是因應不同狀態所產生的一種組合。舉例來說，電費的計算並非恆定的，白天的電價較高，到了離峰時間也就是凌晨左右電費較低，若我可以縮短處理時間在離峰時間完成處理，雖然溫度較高，功率較高，消耗電量較高，但會不會其實比起長時間在尖峰時期的電費來的低?在探討時間與成本之關係的同時，是否我還可以要求較高的利用效率，也就是說要盡量保留孵化場廢棄物的可利用性，而每縮短 1 h，每節省一度電，其他參數相對應的反應為何?為了完成這樣複雜的分析，需要建立模式化的系統，一起評估多項的需求。



完成了孵化場廢棄物之處理的產品，稱為廢棄蛋蛋粉，以其特性應可作為蛋白質補充原料。高含量粗蛋白質與鈣的營養特性，依營養需求的角度，產蛋雞是最適合的物種，依其較高的蛋白質可利用率的角度保育豬可作為目標動物進行飼料原料的評估。本研究以這兩個物種為目標，進行基礎營養資訊的量測，更進一步的進行動物飼養試驗，了解廢棄蛋蛋粉作為蛋白質補充原料於產蛋雞與保育豬應用。以上為本研究之目的。

圖目錄



圖 1-1、中心複合設計.....	16
圖 1-2、Box-Behnken 設計.....	17
圖 1-3、陡升、陡降法.....	18
圖 1-4、家禽能量利用示意圖.....	23
圖 1-5、豬隻能量利用示意圖.....	27
圖 1-6、Ileo-rectal anastomosis 之手術過程。(a) 將盲腸移除 (b) 切開結腸 (c) 將迴腸與結腸連接至直腸.....	32
圖 1-7、Post-valve T - ileum 收集法示意圖.....	33
圖 2-1、容積 3 L 之直立式攪拌機.....	48
圖 2-2、橫臥式孵化場廢棄物處理器 v1.0.....	49
圖 2-3、橫臥式孵化場廢棄物處理器 v2.0.....	50
圖 2-4、橫臥式孵化場廢棄物處理器 v3.0.....	50
圖 2-5、孵化場廢棄物.....	54
圖 2-6、廢棄蛋蛋粉.....	55
圖 3-1、(a) 加熱溫度，(b) 添加水量，或 (c) 加熱時間對廢棄蛋蛋粉之蛋白質體外消化率與乾物質含量之影響.....	69
圖 3-2、加熱溫度與時間對於廢棄蛋蛋粉之蛋白質體外消化率之影響.....	75
圖 3-3、加熱溫度與時間對於廢棄蛋蛋粉之乾物質含量之影響.....	75
圖 3-4、加熱溫度與時間對於廢棄蛋蛋粉之化製過程電能消耗之影響.....	76
圖 3-5、加熱溫度與時間對於廢棄蛋蛋粉之大腸桿菌數 (cfu/g) 之影響.....	76
圖 3-6、23 - 41 週蛋雞體重變化圖.....	88
圖 3-7、蛋之官能品評結果 (問卷為 180 份)	89

表目錄



表 1-1、孵化場廢棄物處理方式與廢棄蛋蛋粉組成份之文獻整理.....	7
表 1-2、廢棄蛋蛋粉於動物試驗之文獻整理.....	8
表 2-1、產蛋雞試驗飼料之組成份.....	63
表 2-2、保育豬飼養試驗各處理組之飼料成分配方.....	66
表 3-1、中心複合設計各因子之組合以及各項反應值，包括蛋白質體外消化率、乾物質、粗蛋白質、真蛋白質、消耗電能、大腸桿菌與沙門氏菌數.....	73
表 3-2、迴歸模式之變方分析.....	74
表 3-3、三批次孵化場廢棄物近似分析.....	80
表 3-4、三批次廢棄蛋蛋粉近似分析結果.....	80
表 3-5、廢棄蛋蛋粉之化學組成與各營養成份於蛋雞之消化率.....	81
表 3-6、廢棄蛋蛋粉於雌產蛋雞之胺基酸消化率.....	82
表 3-7、廢棄蛋蛋粉之化學組成與保育豬與生長豬之消化率與可消化能.....	83
表 3-8、廢棄蛋蛋粉於保育豬之胺基酸表面迴腸消化率.....	84
表 3-9、儲存時間對廢棄蛋蛋粉過氧化價與酸價之影響.....	85
表 3-10、各處理組之產蛋性能與蛋品質.....	90
表 3-11、保育豬之生長性能.....	91
表 3-12. 保育豬血漿與小腸黏膜免疫球蛋白濃度.....	92
表 3-13. 保育豬小腸絨毛性狀.....	93
表 4-1、孵化場廢棄物、廢棄蛋蛋粉、大豆粕、魚粉與肉骨粉之化學組成分析與廢棄蛋蛋粉之化製過程消耗之電能、過氧化價與微生物分析.....	103
表 4-2、廢棄蛋蛋粉、大豆粕、魚粉與肉骨粉之胺基酸組成.....	104
表 4-3、不同處理條件以及其對應之評估指標.....	105
表 4-4、廢棄蛋蛋粉、全脂大豆、大豆粕、魚粉、肉骨粉與菜籽粕之氮矯正表面代謝能與近似分析.....	110
表 4-5、廢棄蛋蛋粉、全脂大豆、大豆粕、魚粉、肉骨粉與菜籽粕之消化能與近似分析.....	114
表 4-6、廢棄蛋蛋粉於蛋雞飼料的經濟效益評估.....	116

表 4-7、廢棄蛋蛋粉於保育豬飼料的經濟效益評估.....117

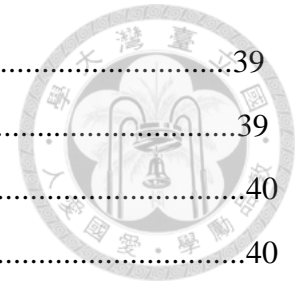


目次



口試委員審定書.....	i
致謝.....	ii
中文摘要.....	iii
Abstract.....	v
Graph abstract.....	viii
楔子.....	ix
圖目錄.....	xi
表目錄.....	xii
目次.....	ivx
一、文獻檢討.....	1
(一)、孵化場廢棄物.....	1
1、孵化場廢棄物簡介.....	1
(1)、孵化場廢棄物之定義與產量.....	1
(2)、孵化場廢棄物之營養組成.....	2
2、孵化場廢棄物之處理方式與應用狀況.....	3
(1)、文獻紀錄之處理方式.....	3
(2)、廢棄蛋蛋粉做為動物飼料之應用.....	4
(二)、常用畜產廢棄物處理方法.....	9
1、焚燒處理.....	9
2、加熱處理.....	9
3、微生物處理.....	10
(三)、處理條件最佳化之方法論.....	11
1、處理條件之篩選.....	11
2、模式化之方法論.....	12
3、反應曲面法(Response surface methodology, RSM).....	12
4、最佳化的定義.....	15
(四)、廢棄蛋蛋粉作為蛋白質補充原料之評估與應用.....	19

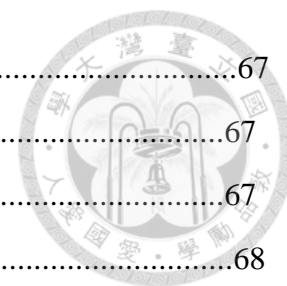
1、蛋白質補充原料之定義.....	19
2、評估飼料原料之方法與各項指標.....	19
3、做為家禽飼料應用所需之資訊.....	21
(1)、家禽的能量系統.....	21
(2)、家禽代謝能與各項營養物質之檢測方法.....	24
A、組成份分析法.....	24
B、體外模擬分析法.....	24
C、動物試驗分析法.....	25
4、做為家畜飼料應用所需之資訊.....	26
(1)、家畜能量系統.....	26
(2)、家畜消化能與各項營養物質之檢測方法.....	28
A、豬之近似分析組成份估算法.....	28
B、豬體外試驗法.....	29
C、體內試驗法.....	29
5、儲存時間評估.....	34
(五)、做為產蛋雞蛋白質補充原料之評估指標.....	35
1、產蛋雞生產性能指標.....	35
2、蛋的品質.....	35
3、風味評估方法.....	35
(六)、做為保育豬蛋白質補充原料之評估指標.....	37
1、生長性能.....	37
2、免疫球蛋白與腸道絨毛性狀.....	37
(七)、研究目的.....	38
二、材料與方法.....	39
(一)、近似分析、化學分析以及其他檢測方法.....	39
1、近似分析.....	39
(1)、粗蛋白質(Crude protein, CP)含量.....	39
(2)、粗脂肪(Ether Extract, EE)含量.....	39



(3)、乾物質(Dry matter, DM)含量.....	39
(4)、灰分(Ash)含量.....	39
2、鈣含量.....	40
3、磷含量.....	40
4、鉻含量.....	40
5、過氧化價(Peroxide Value, PV).....	40
6、酸價(Acid value, AV)	41
7、蛋白質體外消化率(Protein digestibility in vitro, PDIV).....	42
8、真蛋白質檢測方法.....	42
9、胺基酸含量分析.....	42
10、微生物分析.....	43
(1)、大腸桿菌(<i>Escherichia coli</i>).....	43
(2)、沙門氏菌 (<i>Salmonellas spp.</i>)	43
(二)、電能計算.....	44
(三)、熱能檢測方法.....	45
(四)、孵化場廢棄物處理器之設計與開發.....	46
1、處理條件最佳化預實驗(以下簡稱預實驗)處理器.....	46
2、處理條件最佳化主實驗(以下稱主實驗)處理器.....	46
(1)、孵化場廢棄物處理器 v 1.0.....	47
(2)、孵化場廢棄物處理器 v 2.0.....	47
(3)、孵化場廢棄物處理器 v 3.0.....	47
(五)、廢棄蛋蛋粉之備製.....	51
1、孵化場廢棄物之來源.....	51
2、孵化場廢棄物之預處理.....	51
3、處理條件最佳化預實驗.....	52
4、處理條件最佳化主實驗.....	52
5、產蛋雞試驗.....	53
6、保育豬試驗.....	53

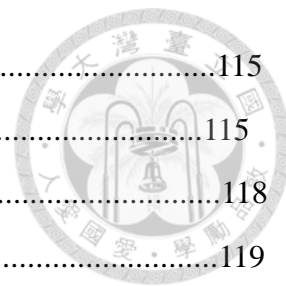
7、廢棄蛋蛋粉之儲存試驗.....	53
(六)、廢棄蛋蛋粉作為家禽飼料應用之基礎資料測定.....	56
1、氮矯正表面代謝能與氮矯正真代謝能.....	56
2、廢棄蛋蛋粉各種營養物質之檢測方法.....	57
3、廢棄蛋蛋粉於產蛋雞之消化率檢測方法.....	57
(七)、廢棄蛋蛋粉作為保育豬與生長豬飼料的基礎資料.....	58
1、迴腸瘻管手術.....	58
2、表面可消化能.....	58
3、營養成份與胺基酸之表面迴腸消化率.....	59
(八)、產蛋雞動物試驗.....	60
1、試驗設計.....	60
2、試驗檢測項目.....	60
(1)、蛋雞體重.....	60
(2)、產蛋率.....	60
(3)、蛋重.....	61
(4)、採食量.....	61
(5)、蛋殼強度.....	61
(6)、蛋黃重.....	61
(7)、飼料效率.....	61
(8)、雞蛋之官能品評.....	61
(九)、保育豬動物試驗.....	64
1、試驗設計.....	64
2、試驗檢測項目.....	64
(1)、生長速度.....	64
(2)、飼料利用效率.....	64
(3)、腸道絨毛性狀與血液免疫指標樣品之採集.....	64
(十)、試驗設計與統計模式.....	67
1、處理條件最佳化預實驗.....	67

2、處理條件最佳化主實驗.....	67
3、產蛋雞餵飼試驗.....	67
4、保育豬餵飼試驗.....	67
三、結果.....	68
(一)、處理條件最佳化模式建立.....	68
1、處理條件最佳化預實驗.....	68
2、處理條件最佳化主實驗.....	70
(二)、孵化場廢棄物與廢棄蛋蛋粉之營養成份分析.....	77
1、孵化場廢棄物與廢棄蛋蛋粉之近似分析與鈣磷分析結果.....	77
2、廢棄蛋蛋粉作為產蛋雞飼料應用之基礎資料.....	77
(1)、氮矯正表面代謝能、氮矯正真代謝能與各營養物質之消化率.....	77
(2)、胺基酸消化率.....	78
3、廢棄蛋蛋粉作為保育豬與生長豬飼料應用之基礎資料.....	78
(1)、廢棄蛋蛋粉於之近似分析與鈣磷含量.....	78
(2)、廢棄蛋蛋粉各營養成份於保育豬與生長豬消化率以及表面可消化能.....	78
(3)、胺基酸表面迴腸可消化率.....	78
4、廢棄蛋蛋粉之儲存試驗.....	79
(三)、產蛋雞與保育豬之廢棄蛋蛋粉飼養試驗.....	86
1、廢棄蛋蛋粉於產蛋雞飼養試驗.....	86
(1)、生產性能評估.....	86
(2)、蛋品質評估.....	86
(3)、蛋風味評估.....	86
2、保育豬廢棄蛋蛋粉飼養試驗.....	87
(1)、生長性能評估.....	87



(2)、免疫球蛋白指標與腸道絨毛性狀.....	87
四、討論.....	94
(一)、孵化場廢棄物處理條件最佳化模式之應用.....	94
1、本研究採用之最佳化處理條件之探討.....	95
(1)、以蛋白質體外消化率為最佳化主要指標.....	95
(2)、廢棄蛋蛋粉中沙門氏菌與大腸桿菌之探討.....	96
(3)、隨處理條件改變的粗蛋白質.....	97
(4)、評估廢棄蛋蛋粉之營養價值(處理條件為 65°C，23 h).....	98
2、處理條件最佳化模式應用之方法.....	98
(1)、最低處理溫度需求.....	98
(2)、最低菌數要求.....	99
(3)、耗能最低需求.....	99
(4)、時間最短需求.....	100
3、最佳化模式之通用性.....	100
(1)、不同孵化場廢棄物組成之因應對策.....	100
(2)、如何應用本次試驗模式於未來規模擴大.....	101
(二)、廢棄蛋蛋粉作為蛋白質補充原料之營養價值評估.....	106
1、廢棄蛋蛋粉之營養含量.....	106
2、廢棄蛋蛋粉之營養特性.....	106
3、廢棄蛋蛋粉之安全性評估.....	107
(三)、廢棄蛋蛋粉於產蛋雞的應用.....	108
1、廢棄蛋蛋粉於蛋雞之營養分可利用性分析.....	108
2、廢棄蛋蛋粉對蛋雞之產蛋性能與蛋品質的影響.....	108
3、廢棄蛋蛋粉於蛋雞之生物安全性與風味之影響.....	109
(四)、廢棄蛋蛋粉於保育豬的應用.....	111
1、廢棄蛋蛋粉於保育豬隻營養分生物利用率分析.....	111
2、廢棄蛋蛋粉對保育豬免疫指標與腸道性狀之影響.....	111
(五)、廢棄蛋蛋粉之經濟效益分析.....	115

1、成本估算.....	115
2、作為蛋白質補充原料之經濟效益.....	115
五、總結.....	118
六、參考文獻.....	119
七、附錄.....	132
(一)、家禽真代謝能測定方法.....	132
(二)、豬隻瘻管手術方法.....	134
(三)、雞蛋官能品評記錄表.....	140





一、文獻檢討

本研究之主旨為將孵化場廢棄物再資源化為蛋白質補充原料（廢棄蛋蛋粉），並應用於畜禽飼料。首先，必須了解孵化場廢棄物的營養成份與特性，並探討過往與現行處理方式之優缺點。接著建立一個可用之模式，同時兼顧品質、成本以及安全性等多項評估指標。例如，高溫會降低蛋白質的可利用率（Wang and Parsons, 1998），溫度過低可能會有安全性的問題（Shirley and Parsons, 2000），若能建立反應模式，則可以依照需求而取得最佳反應點。這都是這個研究企圖深入探討的議題。

最佳化處理條件製成的廢棄蛋蛋粉要成為畜禽可利用的蛋白質補充原料，必須先建立基礎資訊。例如家禽的代謝能、家畜的消化能、各種胺基酸的含量以及其消化率等資訊，才能在配製飼料時作為參考。獲得足夠資訊後進行動物試驗的相關評估工作。以上是整個研究的大致架構，文獻檢討也依此脈絡進行介紹，以下為孵化場廢棄物之簡介。


（一）、孵化場廢棄物

孵化場廢棄物為來自於家禽產業之廢棄物，由於蛋是非常好的蛋白質來源，其胺基酸組成良好，消化率高(Schaafsma, 2000)，若能妥善處理將有望成為優良的蛋白質補充原料。以下為孵化場廢棄物的簡介與現行與過去的處理方法。

1、孵化場廢棄物簡介

（1）、孵化場廢棄物之定義與產量

孵化場廢棄物之來源為家禽產業中種雞場或孵化場孵化過程中未受精的無精蛋、胚胎發育中止的中止蛋、未順利破殼的雛雞與順利破殼雛雞所脫下的蛋殼，統稱為孵化場廢棄物（Hamm and Whitehead, 1982）。未成功孵化的蛋，約佔整體入孵的 15%。以台灣為例，2014 年根據行政院農委會統計年報資料（Council of Agriculture, 2014）。家禽在養隻數為 10556.1 萬隻（包含蛋種雞、蛋雞、肉種雞、白肉雞、有色肉雞、蛋鴨、肉種鴨、肉鴨、鵝與火雞）。年度屠宰家禽為 37039.1 萬隻（包含蛋雞、白肉雞、有色肉雞、蛋鴨、肉鴨、鵝與火雞）。因此，2014 一整年需要 47595 萬隻家禽。以孵化率為 85% 作為保守估計，必須要入孵 55994 萬



顆蛋，才能提供 47595 萬隻家禽，供 2014 年飼養所需。而這 15% 未孵化的蛋，以一顆約 55 g 作為計算基數。2014 年台灣地區之孵化場所產生的孵化場廢棄物約 4620 噸。如此龐大的廢棄物數量，依照農委會發布之農業新聞表示過去主要處理方式為委外掩埋處理，又或者以堆肥做為另一種處理方式(農委會，2000)。而本研究採集孵化場廢棄物之種雞場，其處理方式為與附近之養豬業者達成協議，種雞場無償提供孵化場廢棄物，而養豬業者則是將孵化場廢棄物與餵水混合煮沸以液體飼料的形式餵食豬隻。然而，孵化場廢棄物其營養成份含量豐富(Ilian and Salman, 1986)，具有再資源化為飼料原料之潛力。在台灣，這些孵化場廢棄物並沒有被妥善的處理或再資源化。

(2)、孵化場廢棄物之營養組成

孵化場廢棄物之組成主要為水分、粗蛋白質、脂肪、鈣跟磷(如表 1-1)，表中 Tacon (1982)將孵化過程中沒有順利孵化的雛雞，烘乾後粉碎。其粗蛋白質含量高達 55.4%，脂肪達 22.0%，但研究未進一步了解營養成份之可利用率與動物試驗，造成應用上的困難。Miller (1984)將孵化場廢棄物與玉米混合(1：3)，利用擠出機擠出。由於添加了玉米，粗蛋白質僅 13.6%。Tadtiyanant *et al.*, (1993)則是使用液態的孵化場廢棄物，也就是不含蛋殼以及未順利破殼的雛雞，其粗蛋白質含量達 51.3%，脂肪含量達 32%。此做法與 Abiola and Onunkwor (2004)相同，利用未孵化的蛋所製成的廢棄蛋蛋粉其粗蛋白質含量達到 56.0%，脂肪含量達 18.1%。由以上文獻可以了解，若所收集之孵化場廢棄物組成不同，其營養組成也會發生變化。

上述的文獻所處理的是部分的孵化場廢棄物，與 Hamm and Whitehead (1982)所定義之孵化場廢棄物(無精蛋、中止蛋、未順利破殼的雛雞與蛋殼)不同。以作者在現場看到的狀況，所有孵化場廢棄物是被丟棄在一起，若僅想要無精蛋或未成功孵化的雛雞，都會增加操作上的難度。因此近年來較多的文獻是將所有孵化場廢棄物一起處理的案例。

Ilian and Salman (1986); Handa *et al.*, (1996); Deshmukh *et al.*,

(1997b); Rasool *et al.*, (1999); Adeniji and Adesiyan (2007); Mehdipour *et al.*, (2009); Al-Harthi *et al.*, (2010); Chiu and Wei (2011); Abiola *et al.*, (2012)所生產廢棄蛋蛋粉的原料皆是包含所有部分的孵化場廢棄物。但即使是大家的基礎原料相同，其處理後產物營養組成分仍存在差異，以粗蛋白質為例，參考文獻中最低的為 22.1%，最高為 44.3%(表 1-1)，差異達到二倍。因此不同孵化場之孵化場廢棄物組成存在著一定程度的差異。

廢棄蛋蛋粉作為蛋白質補充原料，胺基酸含量為評估飼料原料營養價值的重要參考資料。以玉米-大豆粕為基礎的飼料中，主要限制胺基酸為離胺酸與甲硫胺酸。以孵化場廢棄物作為原料之文獻，離胺酸約為 1.4-2%，甲硫胺酸約為 0.7-0.9%(表 1-1)。此組成與大豆粕之離胺酸含量約為 2.7%，甲硫胺酸 0.6%(Sauvant *et al.*, 2004)含量類似。另一個孵化場廢棄物富含的營養成份為鈣，由於雛雞成功孵化後的蛋殼也歸入孵化場廢棄物(Hamm and Whitehead, 1982)。故廢棄蛋蛋粉之鈣含量高(表 1-1)，最高達到 25.6% (Mehdipour *et al.*, 2009)，由於蛋殼之多寡會影響到鈣與磷之含量，此數值受到該孵化場孵化率影響。

以營養成份的角度，孵化場廢棄物具有成為蛋白質補充原料的潛力。隨著不同的處理方式與不同原料來源其營養組成份之比例或可利用率有差異，因此了解孵化場廢棄物之營養組成後，必須進一步探討其處理方式。

2、孵化場廢棄物之處理方式與應用狀況

(1)、文獻紀錄之處理方式

孵化場廢棄物於文獻中之處理方式，多為直接掩埋或作為堆肥 (Carr *et al.*, 1992; Das *et al.*, 2002)，或交由家禽副產物處理場與死雞屍體、羽毛等混合進行高溫化製為家禽副產物粉。但由於其水分含量很高(約 70%)，許多化製廠不願意處理 (El Boushy and van der Poel, 1994)。然而台灣處理孵化場廢棄物之作法，除了隨著垃圾掩埋外，也會將孵化場廢棄物交由地區性之養豬戶，將其與廚餘混合、烹煮之後餵予豬隻。孵化場廢棄物含有豐富的蛋白質、脂質與鈣，且其胺基酸組成相當良好 (Ilian

and Salman, 1986)。如不妥善利用而以掩埋處理，除十分可惜外，更容易滋生蚊蠅與病菌，並產生臭氣造成環境污染。


孵化場廢棄物處理作為飼料原料為目的之處理方式列於表 1-1，由文獻中可得知主要的處理方式為擠出、加熱煮沸、烘烤、定溫加熱與發酵。其中以擠出機擠出與加熱煮沸最為常見。

Miller (1984) 嘗試著將孵化場廢棄物與玉米粉以 1:3 混合，利用擠出機擠出成品。粗蛋白質約為 13.6%，在擠出過程中，溫度會上升至 140°C，致使成品中未檢測出任何沙門氏菌 (*Salmonella* spp.)。另一方面 Lilburn *et al.*, (1997) 將來自於火雞之孵化場廢棄物與大豆粕混合，比較擠出與高壓烹煮兩種處理方式。結果顯示此兩種方式皆能有效殺滅沙門氏菌，前者有較後者高的蛋白質利用效率。

Rasool *et al.*, (1999); Abiola and Onunkwor (2004); Adeniji and Adesiyani (2007); Abiola *et al.*, (2012) 皆是使用煮沸降低病原菌濃度。沸騰時間由 15 min-2 h 不等，再經由烘箱乾燥，形成廢棄蛋蛋粉。另一種是直接加熱，但溫度並未達到沸騰，而是以比較低的溫度尋求較高的蛋白質可利用率 (Chiu and Wei, 2011)，也是本次研究所採用之方法。

以上文獻皆有孵化場廢棄物之處理方法，但未檢視化製條件是否影響產品之品質，也未建立處理條件與產品品質之反應模式 (除了 Chiu and Wei, 2011 以外)。Deshmukh and Patterson (1997a, b) 希望利用微生物發酵之方法解決孵化場廢棄物之問題。添加乳酸菌 (*Lactobacillus*) 於孵化場廢棄物中，並探討發酵條件對產品品質之影響。但是利用微生物發酵將改變孵化場廢棄物之胺基酸組成，其胺基酸組成將由雞蛋或死雞之胺基酸組成轉換為細菌體組成之胺基酸。菌體之胺基酸組成中，離胺酸與甲硫胺酸偏低 (Cheeke and Dierenfeld, 2010)。如果飼料以玉米與大豆粕為基礎，配製家禽或豬隻飼料，離胺酸與甲硫胺酸常為主要之限制胺基酸。所以蛋白質補充原料中離胺酸與甲硫胺酸之含量為飼料原料價值之參考依據。因此尋找較佳之處理方式與處理條件，同時維持產品有較佳之營養價值，為處理孵化場廢棄物之核心目標，同時也是本研究之重點。

(2)、廢棄蛋蛋粉做為動物飼料之應用



廢棄蛋蛋粉於文獻中主要使用的對象以白肉雞與蛋雞為主。Vandepopuliere *et al.*, (1977) 直接將孵化場廢棄物煮沸至水分降至 5%，再將成品與白肉雞或蛋雞完全飼料以 4：21 比例混合，試驗結果發現對白肉雞之生長性能與蛋雞之產蛋性能皆無負面影響。類似的實驗還有 Ilian and Salman (1986)，分別添加 2.5 與 5% 的廢棄蛋蛋粉於白肉雞飼料中與添加 4、8 與 12% 的廢棄蛋蛋粉於蛋雞飼料中。試驗結果顯示添加 2.5% 廢棄蛋蛋粉並不影響白肉雞生長性能；添加 4、8 與 12% 的廢棄蛋蛋粉也未對蛋雞產蛋性能產生影響。其他研究添加 5、8 與 10% 的廢棄蛋蛋粉於蛋雞飼料中，也未對其產蛋性能造成影響(Tadtiyanant *et al.*, 1993; Al-Harathi *et al.*, 2010)。類似的結果也在 Abiola *et al.*, (2012) 發現取代 10% 魚粉(魚粉添加量為 4%) 對白肉雞生長與屠體性狀皆未產生影響。

以上動物實驗以廢棄蛋蛋粉取代部分蛋白質補充原料，對白肉雞或蛋雞之生長性能或生產性能皆未造成影響。而 Rasool *et al.*, (1999) 添加 12% 廢棄蛋蛋粉於白肉雞飼料中，試驗結果有較好的增重與飼料利用效率。同樣是白肉雞飼料，Mehdipour *et al.*, (2009) 添加 1.5、3.0 與 4.5% 的廢棄蛋蛋粉，添加 4.5% 之組別有較高的採食量，同時添加 3.0 與 4.5% 的組別有較高的脛骨灰分。類似的狀況也發生在蛋雞，Abiola and Onunkwor (2004) 將孵化場廢棄物加熱至沸騰後，利用陽光以及自然風乾，其產物與添加 2% 魚粉之蛋雞飼料做替代性試驗，分別取代 0、33、66 與 100% 之魚粉添加量。結果顯示添加廢棄蛋蛋粉對蛋雞產蛋性能沒有負面之影響，僅蛋殼重與蛋殼厚度有較重與較厚之趨勢，同時 100% 取代的魚粉組有較重之蛋黃重。

而豬隻的試驗發現與家禽的文獻較為不同。添加 7、15、22.5 與 30% 的廢棄蛋蛋粉於保育豬飼料中，試驗結果顯示增重、總氮採食量與氮消化率隨著添加濃度上升而遞減，並且所有添加濃度之組別皆顯著低於對照組(Adeniji and Adesiyun, 2007)，其原因可能為試驗所有組別飼料並非為等氮等能量所造成。

雖然廢棄蛋蛋粉之組成分具有一定的差異，但在動物試驗結果顯示在適當的添加量下，適度調整配方組成，對生長或生產性能並未造成不

利的影響，甚至有部分好處。這提供廢棄蛋蛋粉可再資源化為蛋白質補充原料有利的參考。



表 1-1、孵化場廢棄物處理方式與廢棄蛋蛋粉組成份之文獻整理

Table 1-1. Literature review on the treatment of hatchery waste eggs and the composition of hatchery waste egg meal

Literature	Raw material	Treatment	HWEM composition (%)						
			CP	EE	DM	Ca	P	Lys	Met
Tacon, 1982	Culled chick	Air-dried at 60 °C	55.4	32.0	95.0			4.0	1.2
Miller, 1984	Turkey hatchery waste (infertiles, dead embryos, dead chick)	Extrude, 140°C, 5 min, Mixed 75% corn meal	13.6	2.2	89.6	1.6			
Ilian and Salman, 1986	Hatchery waste eggs	Cooking 100°C	22.8	14.4	96.1	22.6	0.4	1.1	0.7
Tadtiyanant <i>et al.</i> , 1993	Liquid hatchery waste	Extrude, 160°C	51.3	32.4	79.5			3.4	1.8
Deshmukh <i>et al.</i> , 1997a, b	Hatchery waste eggs	Fermentation	33.1	24.3				1.4	0.7
Rasool <i>et al.</i> , 1999	Hatchery waste eggs	Cooking 100°C, 15 min	44.25	30.0		7.3	0.8	1.9	0.7
Abiola and Onunkwor, 2004	Unhatched egg	Cooking 100°C, 30 min	56.0	18.1		10.4	0.1		
Adeniji and Adesiyun, 2007	Hatchery waste eggs	Cooking 100°C, 2 h	22.1	6.2	91				
Mehdipour, <i>et al.</i> , 2009	Hatchery waste eggs	Toast at 100°C, 5-8 h	24.3	12.2	83.2	25.6	1.5		
Handa, <i>et al.</i> , 1996	Hatchery waste eggs	Hot dry 80°C	35.5	11.4	94.7	1.5	0.7		
Al-Harhi <i>et al.</i> , 2010	Hatchery waste eggs	Boiled, 100°C, 30min	36.5	28.5		18	0.8		
Chiu and Wei, 2011	Hatchery waste eggs	65°C, 23 h	38.3	21.5	88.5	14.3	1.5	2.0	0.9
Abiola, <i>et al.</i> , 2012	Hatchery waste eggs	Boiled, 100°C, 20min	42.3	23.9	95.2	11.0	0.7		

Hatchery waste eggs: infertile eggs, dead embryos in shell, dead or low grade chicks

HWEM: Hatchery waste egg meal; CP: crude protein; EE: ether extract; DM: dry matter;

Ca: Calcium; P: phosphorus; Lys: lysine; Met: methionine

表 1-2、廢棄蛋蛋粉於動物試驗之文獻整理

Table1-2. Literature review on hatchery waste egg meal in animal trial

Literature	Species	HWEM amount	Performance
Vandepopuliere <i>et al.</i> , 1977	Broiler, laying hen	16%	No negatively affect in broiler growth performance and laying hen egg production
Ilian and Salman, 1986	Broiler, laying hen	2.5, 5.0% for broiler ; 4.0, 8.0, 12.0% for laying hen	No negatively affect in broiler growth performance in 2.5% and laying hen egg production all level diet
Tadtiyanant <i>et al.</i> , 1993	Laying hen	7.95%	No significantly different in egg production, egg weight, feed conversion and egg specific gravity
Rasool <i>et al.</i> , 1999	Broiler	12%	Better in weight gain and feed efficiency
Abiola and Onunkwor, 2004	Laying hen	0.9, 1.7, 2.6%	Highest hen-day production in 1.7% HWEM Highest yolk weight and albumen in 2.6% HWEM
Adeniji and Adesiyani, 2007	Early-weaned piglets	7.5, 15.0, 22.5, 30.0%	Gradual decrease in weight gain, nitrogen intake and nitrogen digestibility as the level on HWEM in the diet increase.(control diet was significantly higher)
Mehdipour <i>et al.</i> , 2009	Broiler	1.5, 3.0, 4.5%	Higher intake in 4.5% HWEM Higher tibia ash in 3.0 and 4.5%HWEM No significantly different in carcass analysis
Handa, <i>et al.</i> , 1996	Rabbit	6.7%	6.7% HWEM can replace 6% FM with better FCR
Al-Harathi <i>et al.</i> , 2010	Laying hen	5.0, 10%	not negatively affect productive performance and egg quality, inner organs and lipid metabolism
Abiola, <i>et al.</i> , 2012	Broiler	Replacement FM 10, 20, 30% (FM 4%)	FM can be replace 10% without adverse effects on growth and carcass traits.

HWEM: hatchery waste egg meal; FM: fishmeal



(二)、常用畜產廢棄物處理方法

畜牧生產過程會產生許多廢棄物，若妥善處理則有機會成為再資源化的產物。在處理畜產廢棄物須考量處理成本、成品之價值與生物安全性問題，因此常用的處理方式有焚燒處理、加熱處理與微生物處理。

1、焚燒處理

畜牧生產所產生的廢棄物多數為有機化合物，只要有足夠的溫度，可以炭化所有有機物質並燃燒，剩餘為礦物質等無法完全燃燒的物質。此法有效致使廢棄物無害化，但無法將廢棄物中殘存且有應用價值的營養成份進行再資源化的應用。此法適用於已無太多可利用物質的廢棄物。

2、加熱處理

加熱處理與焚燒法不同，以適當的溫度進行加熱或化製，企圖保留部分營養價值 (Wang and Parsons, 1998)，並且使廢棄物無害化。多數畜產廢棄物其水分含量高，且有機物質含量豐富，容易滋生細菌等微生物，造成環境汙染。而加熱處理法可同時解決這兩個問題。例如肉骨粉的製作，將飼養中死亡的豬隻或牛隻屍體與屠宰後下雜等廢棄物混合，高溫高壓處理，使其無害化 (Shirley and Parsons, 2000)，同時降低水分含量，也降低微生物含量。在適當的溫度與壓力下，甚至可以將難以消化吸收的營養成份進行分解 (例如：家禽羽毛或家畜毛髮所含之角蛋白)，可促進該產物之生物可利用性 (Lundbald, 2009)。另外飼料原料或廢棄物中含部分營養物質無法完全為畜禽完整應用，或含有其他不利因素影響畜禽之利用效率等等。此類問題常藉由熱處理改變其結構與破壞抑制有害物質，提升消化率 (Svihus *et al.*, 2005; Sun *et al.*, 2006; Vicente *et al.*, 2009)。加熱處理還可以提高蛋白質可利用率，蛋白質在加熱處理前具有完整的化學結構，不易被消化酵素分解。熱處理可以造成蛋白質變性或分解，使之易於消化利用 (沈添富, 1993)。但相反的，該廢棄物本身含有許多對熱敏感的物质，如離胺酸或部份維生素，過度的加熱處理將降低熱敏感營養物質的含量 (Fastinger *et al.*, 2006)，同時也可能降低蛋白質的可利用率，甚至還提升了整體製造成本。熱處理雖然經常被使用於畜產廢棄物的處理，但不同的處理條件將會產生不同營養價值的產物，因此適當的加熱溫度與時間會影響到產品之營養價值。

3、微生物處理

利用微生物將原本無法為生物所利用之物質轉換為可利用的狀態，可根據不同需求，利用不同微生物轉換不同物質，例如利用堆肥發酵將糞便中的有機物質轉換分解為植物可利用的形態 (Carr *et al.*, 1992; Das *et al.*, 2002)，又或者利用可分解角蛋白的特殊菌種，將角蛋白分解提供給畜禽或其他生物使用 (Lundbald, 2009)。利用發酵處理廢棄物可利用微生物競爭性排除的能力將有害菌降低，同時部份菌種會產生如乳酸等有益於畜禽等營養成份，有效無害化也增進其營養價值。但在原本營養價值較高的廢棄物，如孵化場廢棄物，其粗蛋白質含量高，胺基酸含量豐富，若利用微生物發酵將降低離胺酸與甲硫胺酸的含量 (Cheeke and Dierenfeld, 2010)。目前常用的玉米-豆粕型的飼料，這兩個胺基酸經常為主要的限制胺基酸，因此這胺基酸含量的改變將降低使用發酵處理產物之應用價值。




(三)、處理條件最佳化之方法論

處理方法可視為影響產品品質的自變數，處理條件為其變級，而最終產品評估指標可視為依變數。例如加熱處理的溫度與時間為處理方法可視為自變數，不同溫度或不同時間為處理變級，處理後評估的指標，如蛋白質體外消化率可視為依變數。加熱處理可能有許多自變數會影響產品品質，不同的變級也會交互影響，甚至對依變數要求的改變時也會對應不同的自變數與變級的組合以符合最佳化的需求。當自變數與變級數量不多，常以經驗或文獻資料作為基礎推敲可能之最佳化處理條件組合。當自變數與變級數量較多時就難以經驗法推敲出適當的處理組合，甚至當依變數不同時，所對應的處理條件最佳解也會不同。更不用說自變數之間交互作用與互相結抗等複雜的關係，因此需要求助方法論，並建立模式以因應不同之需求。

廢棄物處理的目的與飼料或飼料原料加工一樣，是為了改善產品營養價值 (McEllhiney, 1985)，若能建立處理方法與產品品質之間模式，應可了解最佳化產品品質時之處理條件。處理條件經由適當的試驗設計與模式建立可以減少摸索處理條件的時間。欲建立處理條件與反應值之最佳化處理模式，可分為兩個步驟，第一個步驟是了解有哪些自變數影響目標的依變數，第二步則是建立自變數與依變數之間的反應模式，並使用模式於在部分限制與要求的條件下求得最佳處理條件。第一步常用的方法有單因子或複因子試驗設計，而第二步驟則是以迴歸分析為主，此外近年來研究以試驗設計與複迴歸分析為基礎之反應曲面法在許多研究顯示可更有效率之評估處理條件 (Chen, *et al.*, 2005; Hung, *et al.*, 2008; Fang *et al.*, 2010)，故獨立探討反應曲面法對廢棄物處理最佳化模式建立可能之方法。

1、處理條件之篩選

建立模式的方法有很多種方式，最常見的為線性迴歸分析、複迴歸分析或反應曲面法等。無論那一個方式，自變數必須能至使依變數產生變化，簡單的說，加入分析的自變數必須確切能影響反應結果，若有自變數對整體反應結果沒有影響，此自變數的加入將造成模式化的困難，降低反應模式對預測數值的解析程度 (R^2)。因此在建立完整模式之前必須先對所有可能影響依變數的自變數進行篩選，若影響依變數的自變數不多，可利用單因子分析，



取至少三個變級（變級越多越能瞭解依變數與自變數之間的關係，但也需要更多的資源與時間），設定變級的較大的範圍，必須要涵蓋可能出現最大值的變級範圍。此處自變數的選擇或變級範圍的設定可以參考過往的文獻資料或現實狀態下處理條件的限制，例如加熱溫度的最低值無法低於室溫。

當自變數眾多時，因建立太多維度的反應模式反而造成最佳化選擇的困難，同時也會降低方程式的決定係數，降低方程式對於數值預測的能力，因此將較重要的部份自變數篩選出來，其餘影響較低之變數則以固定數值進行試驗。

2、模式化之方法論

線性迴歸是研究單一依變數與一個或以上自變數之間的關係。當自變數僅有一個時稱為簡單線性迴歸，在兩個或兩個以上時需要使用的是複迴歸方程式。簡單線性迴歸方程式的試驗設計事實上就是單因子試驗設計，而複迴歸方程式就是複因子的試驗設計。在設計變級時，變級越多其方程式對於母群體之解釋程度（ R^2 ）就越高。利用線性迴歸方程式可評估最佳依變數的處理條件，但若是處理條件不只一個，以兩個自變數為例，5個變級，就需要 $5 \times 5 = 25$ 個試驗組合才能有效評估自變數之間的交互作用。交互作用在評估廢棄物處理扮演一個重要的角色，處理的方法對產物之營養價值並不是全面性的提升，在某些條件下，一部分的增進，另一部分反而是降低其價值，甚至在某些條件下，其營養價值很高，卻需要付出相對大的經濟成本，在將本求利的畜牧業也不適用。因此多面向的探討處理方式將有助於將研究成果推廣於實際應用上。

3、反應曲面法(Response surface methodology, RSM)

本研究法源於1951年，Box和Wilson共同進行迴歸與數學模式的建立與推導方程式，進而完成了反應曲面法之原始架構(Box and Wilson, 1951)。而後普遍應用於電子、機械、農業、化學工業、生物科技、材料科學、食品科學及工業製程改善等各項研究領域中(Khuri, 2006)。因此反應曲面法為一種結合數學、試驗設計與迴歸統計的方法論。其主要目的為多變數試驗建立反應模式，從模式推估最適化的自變數組合。試驗之初決定自變數與其變級，搭配試驗設計進行試驗。根據試驗之實際數據，建立由自變數與依變數

相互構成之數學模式，利用適當方法求其最適反應模式，根據試驗需求得知最佳之反應結果。由於該方法論可由兩個自變數與一個依變數，繪出三度空間之立體曲面而被稱為反應曲面法 (Myers and Montgomery, 2002)。

一般來說，執行 RSM 大致分為三個階段，第一階段為預實驗，第二階段稱為試驗設計階段，同時也是模式建立的階段，第三階段稱為反應曲面最佳化階段。第一階段之預實驗可以實際去設計簡單之試驗，瞭解影響反應之自變數與其影響程度，用以擬定自變數其適當變級範圍。另外也可利用文獻記錄擬定可能之自變數與其變級範圍 (Myers and Montgomery, 2002)。

第二階段中，RSM 探討自變數與依變數之間的數學模式關係。經由試驗設計在合理或欲得知之自變數的變級範圍內，以有系統之試驗設計進行實驗，取得所需的依變數反應值，並建立自變數與依變數之間之數學模式。常用之試驗設計方法為中心複合設計 (Central composite design, CCD) 或是 Box-Behnken 設計 (Box-Behnken design, BBD)。CCD 利用部分自變數或全自變數設計，加上軸點 (Axial point) 及中心點 (Central points) 合成為一個中心複合設計實驗 (如圖 1-1)。增加軸點之目的為使模式中之二次項能夠有足夠自由度來估計自變數之參數。增加中心點是為了檢測反應曲面之曲率並提供模式估計機差，用於執行迴歸分析中模式檢定之用 (Myers and Montgomery, 2002)。

另一個常用於 RSM 之試驗設計為 BBD，1960 年 Box 與 Behnken 根據均衡的不完全集區設計 (Balanced incomplete block design) 原理，提出一些適合反應曲面法的三變級設計 (Box and Behnken, 1960)。BBD 即為其中一種。BBD 結合了 2 倍數因子設計與不完全集區設計 (如圖 1-2)。適用於三因子或三因子以上，在因子數目為 3-5 時，試驗組數較 CCD 為少，對減少實驗組數而言是非常有效率的。

模式建立階段，利用適當之試驗設計執行試驗得到所需之反應值，利用最小平方和法進行迴歸分析，並建立一階之數學模式，並利用迴歸分析之模式顯著性測定 (General linear model test) 了解因子與反應值關係之程度與建立之模式是否適當。接著使用模式不契合度分析檢定 (Lack of fit test) 模式曲率之顯著性。若模式存在最佳反應值 (最低或最高)，反應曲面之曲率將

會改變（變大或變小）。模式不契合度分析檢定，其檢定一階迴歸式之曲率顯著性與其適合度，當模式不契合度分析檢定為顯著時($P < 0.05$)，代表一階模式為適合之迴歸方程式。換句話說則是沒有二階或二階以上之模式為反應適合之模式，因此沒有存在最佳反應值。一旦分析結果迴歸分析之顯著性分析結果為顯著($P < 0.05$)，模式不契合度分析檢定為不顯著($P > 0.05$)，代表著模式具有最佳反應值，進而建立二階或二階以上之模式，模式完成之後，就進行反應曲面最佳化之分析。

第三階段可稱為反應曲面最佳化分析。首先選定一個起始點，利用陡升、陡降法 (Steepest descent / ascent method) 決定反應曲面最佳搜尋方向，直到依變數無法再改善為止 (如圖 1-3)。由於如果是二階以上之模式則可能出現區域性之最佳反應值，而非全域之最佳解，因此建議能利用多個起始點，並比較其最佳依變數之值，了解全域性之最佳解。RSM 之研究問題，一般假設問題為具有限制性之最佳化結果，也就是說，此最佳化結果限制於自變數的變級範圍內，目標函數的確切模式是未知的。而在應用上主要存在下列限制 (Myers and Montgomery, 2002)：

- RSM 只適用於連續性的系統，必須假設所有依變數與自變數之量值為連續性的。
- 各獨立自變數必須有確切的影響，如果將沒有影響的自變數放入方程式中，將會對模式契合度造成很大的影響，對其真實反應模式造成誤判。
- 在最佳化之過程中，由於自變數範圍設定之因素，最佳解可能出現在因子變級之極大值或極小值。也就是最佳反應值出現在反應曲面之邊緣。此反應模式並非一個好的反應曲面模式，因為反應曲面模式在預測因子範圍外之準確度較低。因此在試驗之初必須謹慎評估自變數之變級範圍。

只要能符合以上的限制，RSM 擁有許多優點如下 (Dziezak, 1990)：

- 試驗組數減少，降低實驗成本與時間。
- 深入探討自變數間交互作用影響。反應曲面法可以經由分析與建立模式來研究自變數間的交互作用，並且進而討論多自變數對依變數共同



影響的程度。

- 可獲得最適化的條件：根據數學理論求得最適的實驗情況（其條件可為自變數之變級中之任一點）。同時考慮多個依變數，得出協調後之理想解：許多依變數極大時，伴隨著另一個依變數極小，例如加熱時間與電能消耗。但時間太長或電能消耗太大都不是一個理想之反應結果，因此反應曲面法在同樣的獨立自變數反應下，同時產生多個依變數，多個反應方程式，可利用限制依變數之範圍或求其最大值或最小值，求得同時符合多個條件之方程式共同解，得知獨立自變數之變級理想解。

4、最佳化的定義

以數學的角度最佳化意味著尋找一個函數的最大值與最小值，在沒有限制的狀況下，所求出的數值就是全域最佳值，若有範圍的限制，所得到的值就是區域的最佳值。在實際應用方面通常變級有極限存在，又或者是品質與成本互相矛盾，最佳的結果並不會是品質最佳或成本最低的處理方法，而是一個妥協的結果。因此若要在廢棄物處理應用最佳化的觀念，最佳化的定義應為在特定的依變數要求下，自變數與變級的組合。也就是雖然在數學上的定義依變數是根據自變數與變級的組合而產生，但在形成了模式後，可以依據所選擇的依變數反推造成此結果的自變數與變級組合。並且在真實的應用中，不同的自變數與變級組合可能會產生相同的依變數。更進一步了解，假設加熱時間與處理成本有關，在夏季電費較高時是否可以調整加熱時間降低整體消耗電能，若要同時獲得差不多的產物品質時可能需要適當調高加熱溫度以維持產物品質。因此將最佳化的概念應用於畜牧廢棄物處理，其定義為在建立依變數與自變數、變級之間的反應模式後，根據對依變數的需求而找到對應的最佳自變數與變級組合。

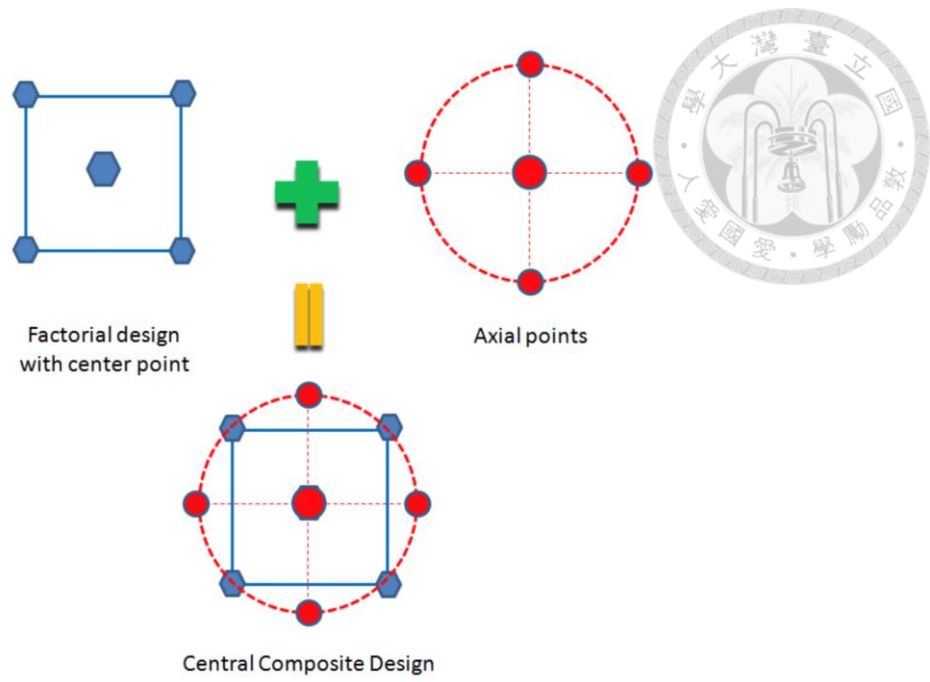


圖 1-1、中心複合設計

Figure 1-1. Central composite design

<http://qualityinvention.com/QIlibraryArticle.php?id=9>

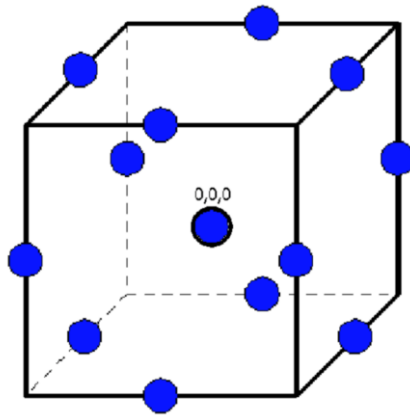


圖 1-2、Box-Behnken 設計

Figure 1-2. Box-Behnken design

<http://qualityinvention.com/QIlibraryArticle.php?id=1%20title%20=Box-Behnken%20Desig>

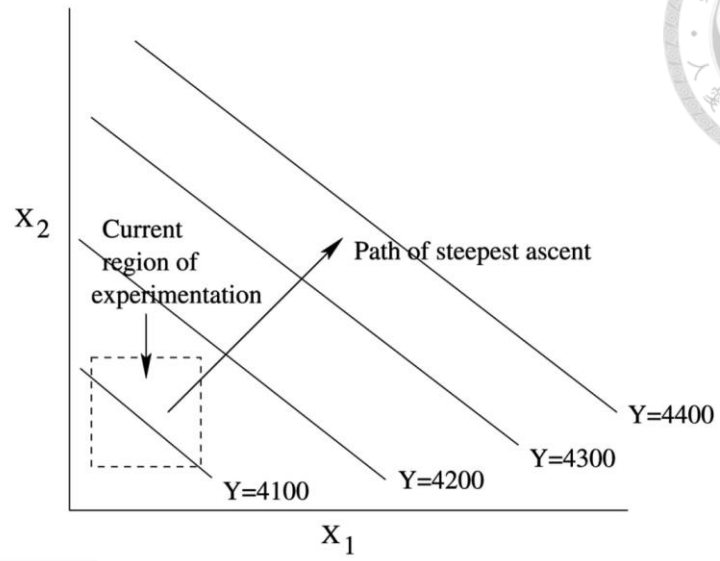


圖 1-3、陡升、陡降法

Figure. 1-3 Steepest descent / ascent method

<http://zh.wikipedia.org/wiki/反應曲面法>



(四)、廢棄蛋蛋粉作為蛋白質補充原料之評估與應用

廢棄蛋蛋粉之粗蛋白質含量豐富，符合蛋白質補充原料之基礎定義，作為一個使用於飼料配方中的蛋白質補充原料，使用之前必須了解該原料之基本營養組成以及可利用的能量，甚至各種營養物質的消化率做為計算飼料配方之基本資訊。以下將由簡介蛋白質補充原料之定義開始，接續了解關於蛋白質補充原料之評估指標，最後各別簡介家禽與家畜之評估蛋白質補充原料之方法。


1、蛋白質補充原料之定義

Al-Harhi *et al.*, (2010) 所製成之廢棄蛋蛋粉，其粗蛋白質含量約為 36.5%，粗纖維約為 1.2%，可符合蛋白質補充原料之基礎原則。以乾物質為基礎，粗纖維 18% 以下，粗蛋白質在 20% 以上，為蛋白質補充原料(Harris, 1963)。進一步了解蛋白質補充原料之營養價值，可利用評估其胺基酸組成與胺基酸之消化率，將可更進一步了解蛋白質補充原料對畜禽的營養價值。

2、評估飼料原料之方法與各項指標

評估蛋白質補充原料首先必須了解其化學組成，包括能量含量、氮含量、胺基酸含量以及其他營養成份之組成，接續了解各營養成份之消化率，除此之外是否含有抗營養的因子？飼料中可添加之最高比例？以及與其他飼料間是否有交互作用皆為評估飼料原料之原則 (Wiseman and Cole, 1990)。在營養成份組成之分析通常利用近似分析 (Proximate analysis) 檢測乾物質、粗蛋白質 (氮含量)、粗脂肪 (乙醚萃取物)、灰分、粗纖維與無氮抽出物 (Nitrogen free extract) 加上檢測胺基酸含量就構成了評估蛋白質補充原料的基礎數值。

蛋白質補充原料在完全飼料中之添加量通常會在 10-30% 之間，除了提供動物所需胺基酸之外，也提供了一部分之能量，因此了解蛋白質補充原料可利用之能量是使用蛋白質補充原料時必要的資訊。檢測能量濃度可利用燃燒法配合彈卡計 (Adiabatic oxygen bomb calorimeter) 檢測。使樣品完全燃燒偵測其所釋放出來的能量，測得樣品所含之總能量。在基礎的能量系統，首先必須檢測飼料原料之總能 (Gross energy, GE)，此能量無法完全被利用，因此必須扣除畜禽攝入後無法消化利用的物質，也就是糞便之能量 (Feces



energy, FE)。以 GE 扣除 FE 是畜禽可以消化之能量，稱為可消化能(Digestible energy, DE)。若能檢測尿液的能量(Urine energy, UE)，可以將消化吸收且代謝後剩餘無法利用之能量扣除，也就是 DE 扣除 UE 為代謝能(Metabolizable energy, ME)。被代謝的能量並不完全投入生產或生長，有一部分會以熱的形式維持體溫或逸散，稱為熱增殖(Heat increment, HI)。ME 扣除 HI 之後即為淨能(Net energy, NE)，而 NE 還能分為用於維持基礎生理現象的維持淨能(Maintenance energy, NEm)與用於生產、生長或生殖方面的生產淨能(Productive energy, NEp)。此為單胃動物基礎的能量系統。在家禽與家畜中，由於消化道的差異，家禽常用來評估飼料原料能量價值的指標是 ME，而家畜常用的是 DE 或 ME(沈, 2008; Lewis and Southern, 2001; Pond *et al.*, 2005)。

飼料原料之消化率或生物可利用率常用的評估方法可以分為三大類，分別是組成份估算法、體外試驗法與體內試驗法。這三種方法主要之差異在於花費的時間、檢驗的成本與準確程度。組成份估算法利用檢測其組成份，例如粗蛋白質、脂肪、粗纖維與灰分等蛋白質補充原料之組成份，推估代謝能、營養成份的消化率與可利用率。優點是快速，缺點是容易錯估蛋白質補充原料之營養價值，並且對於在完全飼料中與其他飼料原料的交互作用無法得知，同時對於消化率與可利用率有較差的評估能力。第二種方法，體外試驗法利用模擬單胃動物腸胃道消化系統，了解可消化率，然而缺乏了吸收這個因素，致使無法完整評估生物可利用率，但其優點是較組成份估算法準確，較體內試驗法快速，也不需要動物試驗，缺點仍是無法了解蛋白質補充原料真正之可利用率。體內試驗法雖然耗時較長，同時也需要動物配合試驗，但其可真正了解蛋白質補充原料真實的可利用率，通常在首次使用的飼料原料會以體內試驗法進行飼料原料評估之主要依據。而上述抗營養物質、最高之使用量以及飼料原料間之交互作用必須透過實際餵飼試驗才能了解在與其他飼料原料合併使用時，是否有不利於畜禽生長、生產或生殖之因素，又或者是添加過量是否反而降低經濟效益，此部份必須透過實際的餵飼試驗的結果得知。

飼料中胺基酸的含量與平衡是影響畜禽是否能正常生長、生產與繁殖重

要的因素。同時評估胺基酸之平衡與含量的方法，在 Mitchell and Block(1946) 利用樣品與標準品之間必需胺基酸差異之總和作為指標，稱為化學分數法 (Chemical score) 此數據與生物價呈現高度的相關 ($r=0.95$)，Oser (1951) 更進一步的修飾，改稱為必需胺基酸指數(Essential amino acid index, EAAI)。EAAI 之運算方法就是將樣品與標準品之間必需胺基酸的比值取幾何平均，稱為 EAAI，其算式如下：

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{Lys_p \times Met_p \dots His_p}{Lys_s \times Met_s \dots His_s}}$$

$Lys_p, Met_p, \dots, His_p$ ：表示樣品必須胺基酸之含量

$Lys_s, Met_s, \dots, His_s$ ：表示標準品必須胺基酸之含量


作為標準品的蛋白質，最初利用蛋作為標準品，當 EAAI 數值接近於 1 時就代表其必需胺基酸組成與蛋之必需胺基酸組成相近。因此標準品可以為任何一個你想要比較的基礎。例如想要比較孵化場廢棄物之處理產物是否可以取代大豆粕，就可以以大豆粕作為標準品進行比較。更進一步的說，也可以利用畜禽各自之理想蛋白質作為標準，比較各種蛋白質補充原料之差異。

EAAI 之數值沒有絕對之意義，僅表示樣品與標準品之間之含量與平衡是否接近，因此不同之標準品有著不同之意義，可依據欲討論之項目，用不同之標準品評估之。

3、做為家禽飼料應用所需之資訊

(1)、家禽的能量系統

家禽排泄與排遺都經過泄殖腔，UE 檢測較困難，因此 GE 扣除 FE 與 UE 之後代表的是關於飼料原料的 ME (如圖 1-4)。ME 為飼料原料中能為家禽所代謝利用之能量，不論是 HI 用於維持體溫或淨能用於生長生產或維持，皆為家禽所利用。因此以 ME 作為家禽評估飼料原料能量之指標有其應用價值。在測定 ME 方面，ME 可在細分為表面代謝能 (Apparent metabolizable energy, AME)、氮矯正表面代謝能 (Apparent metabolizable energy corrected to nitrogen equilibrium, AMEn)、真代謝能 (True metabolizable energy, TME) 和氮矯正真代謝能 (True metabolizable energy corrected to nitrogen equilibrium, TMEn) 來表示。TME 與 AME 的



差異在於內源性能量的損失 (Endogenous energy loss, EEL)，而 EEL 被重視的原因在於檢測 AME 的過程中 EEL 的值約略固定，但 EEL 並非待測物所含之能量，若在採食量低時 EEL 占整體糞尿能量比例大，將造成低估 AME (Guillaume and Summer, 1970)。因此 Sibbald (1976) 提出了 TME 的概念，將 AME 扣除 EEL 可得到 TME。而氮矯正則是在 AME 或 TME 的檢測過程，使用之動物仍可能會有生長，將飼料原料中的一部分氮蓄積在體內 (Nitrogen retained, NR)，沒有作為能量被應用，因而高估了 AME 或 TME。相反地若動物體內呈現負氮平衡，則低估了 AME 或 TME。因此 AME, TME, AMEn 或 TMEn 為評估蛋白質補充原料於家禽之能量應用的價值所需要了解的數值。

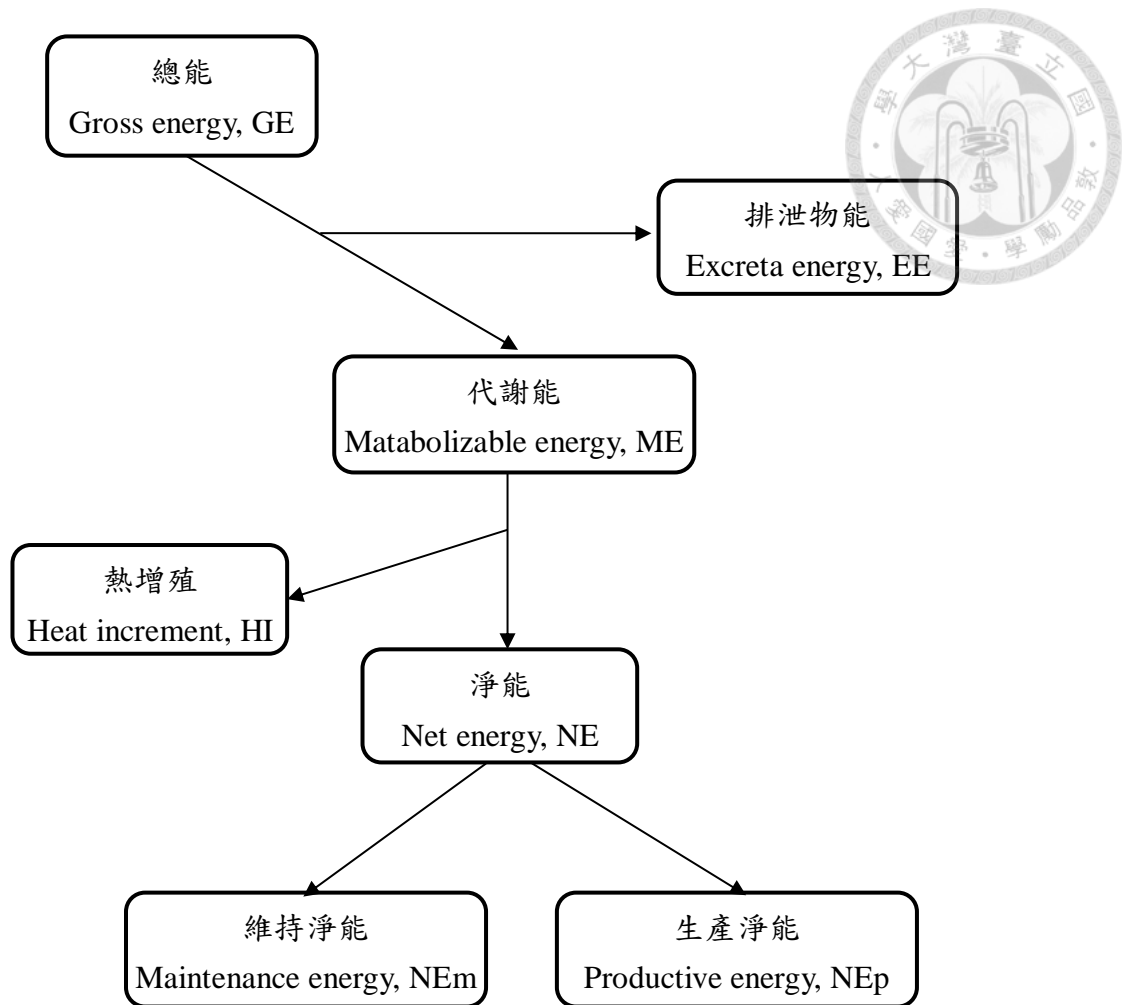


圖 1-4、家禽能量利用示意圖（沈, 2008; Pond *et al.*, 2005）

Figure 1-4. Schematic diagram of energy utilization by poultry

（沈, 2008; Pond *et al.*, 2005）



(2)、家禽代謝能與各項營養物質之檢測方法

了解常用蛋白質補充原料之特性後，需進一步評估其營養價值與使用效率。常見之評估方法有近似分析組成成分估算法、近紅外線分析法、體外模擬試驗法與體內試驗法。

A、組成份分析法

近似分析利用化學分析其組成份，包括 GE、粗蛋白質(Crude protein, CP, 檢測氮含量)、乙醚萃取物(Ether extract, EE, 代表脂質)、灰分(Ash)、粗纖維(Crude fiber, CF)、中洗纖維(Neutral detergent fiber, NDF)等飼料原料之化學組成份，利用以往文獻研究之迴歸方程式估算其代謝能(Wan *et al.*, 2009)。

評估家禽之 AMEn 的研究資料相當多，因此有著許多的迴歸方程式可以估算家禽之 AMEn(Meloche *et al.*, 2013 ; Rochell *et al.*, 2011)，為了增加估算準確性，可以參考與欲估算飼料原料相同的文獻資料作為參考，如此一來僅需要對飼料做近似分析，就可以快速的得到家禽的 AMEn，進而應用在家禽飼料中(Rochell *et al.*, 2011)。

雖然近似分析法建立多年，但如果需要精準的資料以應用蛋白質補充原料，其他的評估方法與模式建立方法仍是必要的。然而利用組成份分析家禽的蛋白質與胺基酸的消化率與可利用率部分，其預測性都不足以提供現場使用(van Kempen and Bodin, 1998)。

B、體外模擬分析法

家禽簡易評估蛋白質補充原料之蛋白質之體外試驗是利用 AOAC(1980)之方法，將 0.5 g 樣品直接加入 150 mL 胃蛋白酶溶液(0.002%，pH 2)，於 45°C 水浴震盪 16 h，再以過濾法檢測無法消化之殘留物(Han and Parsons, 1991)，此法與實測時呈現相當好之相關性。更進一步的在 Valdes and Leeson (1992)的研究中，使用兩步驟法，首先也是將樣品(0.5 g)加入 10 mL 胃蛋白酶溶液(20 mg 胃蛋白酶 + 10 mL 0.075 N HCl, pH 4)中，於 37°C 水浴槽震盪 4 h，接著利用 0.1 N NaOH 將 pH 值調整至 7，再加入 10 mL 的綜合酵素液(40 g 胰液萃取物 + 15 膽鹽 + 2.5 g 腸激酶(Enterokinase))，繼續震盪於 37°C 水浴槽，時間為 6 h。作用完成利用離心去除上清液，將未消化之殘留物進行各項物質之檢測。

此法以檢測 AMEn 的相關性最高，其餘數值則無法建立良好模式，提供良好的估測。因此 Zhao *et al.* (2014) 利用模擬腸道的儀器，以電腦控制其酵素分泌、蠕動與溫度等等，將體外消化更接近真實消化，進而提升其準確性。雖然體外模擬消化試驗法相較組成份分析法更接近真實消化過程。

C、動物試驗分析法

家禽表面代謝能體內測定方法可以分為兩種，一種是藉由取代飼料中不同濃度之飼料原料檢測代謝能，此法之家禽可維持正常之採食與獲得足夠之營養需求，缺點是可能被其他飼料原料干擾；另一種是直接餵飼所要測定之飼料原料，此法之缺點是家禽無法獲得完整之營養需求，又或者因為營養不均衡而影響採食量，此法可直接了解該飼料原料在家禽腸胃道消化吸收的狀態。此兩方法前段操作雖不同，但其後續步驟皆相同。首先，家禽經過禁食，自由採食足夠飼料或飼料原料並記錄其採食量，然後收集糞便與排泄物檢測其能量以及其他營養物質，並檢測飼料或飼料原料之總能以及營養成份 (Farrell, 1978)。利用計算得出 AME 以及其他營養分之消化率，並檢測糞便與排泄物之氮含量，計算 AMEn。該法具有快速、消耗飼料少、對試驗雞隻刺激較小的優點。但訓練家禽採食需要一定時間，使用此法於單一原料以及適口性較差的飼料原料不易攝取足夠之採食量，施行上有較大之困難度，可能需要灌食法給予飼料或飼料原料。

此外，家禽真代謝能的快速測定方法，首先選擇體重相近的性成熟公雞置於獨立的籠架裡，禁食一段時間後，隨機選擇一半數量之公雞，灌食約 20-25 g 之飼料原料樣品，收集全部排泄與排遺物並秤重。將採樣均質，檢測氮含量與能量之分析 (Sibbald, 1976; Dudley-Cash, 2009)。檢測飼料原料總能 (GEf)、灌食後排泄物能量 (Yef) 與未經灌食，內源性消耗的能量 (Yec)，Yef 與 Yec 皆為能量值，非濃度值，W 為飼料原料樣品重 (風乾基)，TME 之計算方法如下：

$$TME(kcal/g) = \frac{(GEf \times W) - (Yef - Yec)}{W}$$

單位：kcal / g air dry matter

TME 檢測法耗時短，操作簡單，能準確記錄採食量和收集排泄與排遺物，測定結果受家禽和飼料組成的影響較小，但對家禽造成緊迫較大，灌食飼料量亦不能代表正常採食量。

在檢測能量的同時，如果能檢測糞便與排泄物之氮含量則可計算 TME_n，利用上述方法測得 TME 後，可利用以下公式，進行氮平衡矯正：

$$TME_n = TME - \left(\frac{8.22 \times ANR}{W} \right) - \left(\frac{8.22 \times FNL}{W} \right)$$

ANR 為滯留於體內之總氮含量，可藉由總採食之含氮量扣除糞便與尿液的氮量即為滯留於體內之氮含量，FNL 為禁食組內源性氮含量 (Hill and Anderson, 1958; Hong *et al.*, 2002)。蓄積在體內的氮主要作為結構、酵素與激素使用，維持體內正常之生理環境，並未作為能量所使用，需要扣除。內源性排泄物同樣有組織細胞含的氮，在 TME 之公式中已被矯正，需再扣除含氮之部分能量。而每克氮以 8.22 kcal/g 估算(沈，2008)。AMEn 為目前最常用家禽於代表飼料原料之可利用能量的表示法。然而以上介紹之方法所收集的樣品皆可檢測蛋白質與胺基酸的消化率與可利用率。

4、做為家畜飼料應用所需之資訊

(1)、家畜能量系統

在豬隻的能量系統，將飼料之 GE 扣除排出之糞能 FE，即為 DE，DE 再扣除 UE 即為 ME (如圖 1-5)，此為豬隻基礎的能量系統。豬隻在能量的檢測也可以如同家禽一樣扣除內源性損失的能量，或利用氮滯留進行校正，但豬隻在計算飼料配方常用的能量參考數值為 ADE 與 AME (NRC, 2012)。

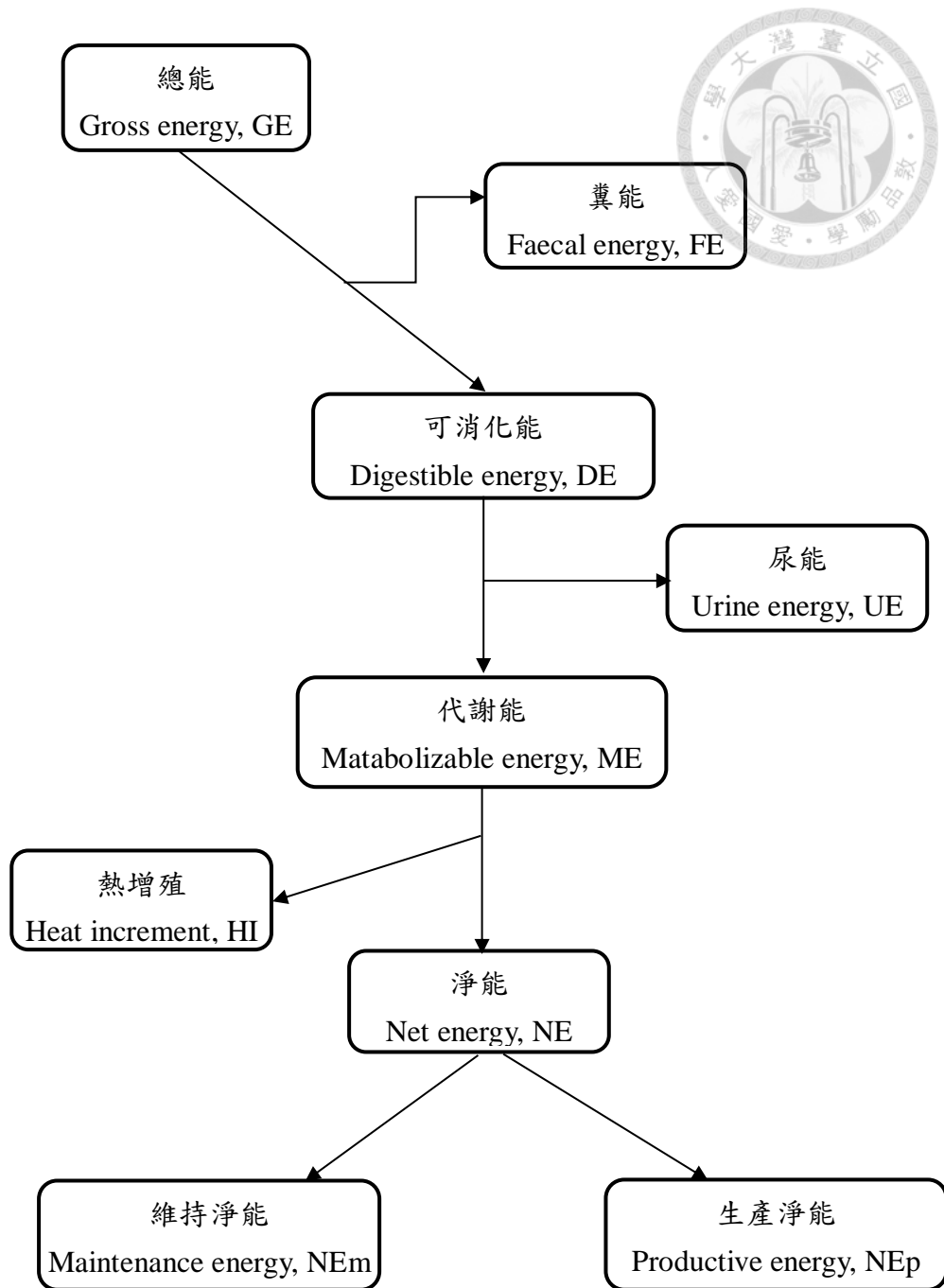


圖 1-5、豬隻能量利用示意圖 (Lewis and Southern, 2001)

Figure 1-5. Schematic diagram of energy utilization by swine (Lewis and Southern, 2001)



(2)、家畜消化能與各項營養物質之檢測方法

A、豬之近似分析組成份估算法

Noblet and Perez (1993) 利用 45 kg 之生長豬進行 114 種飼料配方之表面消化能 (Apparent digestible energy, ADE) 與 (Apparent metabolizable energy, AME) 之測定 (每種飼料配方之試驗豬隻頭數為 4-5 隻) , 接著將飼料進行近似分析。試驗結果發現, 消化能與灰分與粗纖維之含量有高度的負相關性 ($r = -0.65$ 與 -0.8) , 與粗蛋白質、乙醚萃取物與無氮抽出物含量成正相關 ($r = 0.14, 0.12$ 與 0.49) 。此研究最佳預測之方程式為一個直線方程式如下 :

$$\text{ADE (kcal/kg DM)} = 4168 - (9.1 \times \text{Ash}\%) + (1.9 \times \text{CP}\%) + (3.9 \times \text{EE}\%) - (3.6 \times \text{NDF}\%), (R^2 = 0.92)$$

$$\text{AME (kcal/kg DM)} = 4194 - (9.2 \times \text{Ash}\%) + (1.0 \times \text{CP}\%) + (4.1 \times \text{EE}\%) - (3.5 \times \text{NDF}\%), (R^2 = 0.92)$$

方程式中需要包含灰分、乙醚萃取物、粗蛋白質與中洗纖維 ($R^2 > 0.90$, 變異係數, $CV < 2\%$) , 能有效利用近似分析之結果推估 ADE 與 AME 。

若再增加檢測 GE 與酸洗纖維 (Acid detergent fiber, ADF) 則可以大幅提升方程式的 R^2 (Pedersen *et al.*, 2007) , 有利於更精確預測 ADE 與 AME 。

$$\text{DE(kcal/kg DM)} = -12637 - (128.27 \times \text{Ash}\%) + (25.38 \times \text{CP}\%) - (115.72 \times \text{EE}\%) - (138.02 \times \text{ADF}\%) + (3.569 \times \text{GE, kcal/kg DM}); (R^2 = 0.99)$$

$$\text{ME(kcal/kg DM)} = -11128 - (124.99 \times \text{Ash}\%) + (35.76 \times \text{CP}\%) - (63.40 \times \text{EE}\%) - (150.92 \times \text{ADF}\%) + (14.85 \times \text{NDF}\%) + (3.023 \times \text{GE, kcal/kg DM}); (R^2 = 0.99)$$

利用近似分析數據推測胺基酸的消化率效果很差, 推估的效率還是較預測 ME 或 DE 來得低 (Noblet and Perez, 1993) 。

但如果飼料之近似分析結果與此迴歸方程式當初試驗物質之成份相去甚遠時, 其準確率下降 (如: 原料為小麥, NDF 含量高, 若為其他 NDF 含量不高之飼料原料, 利用此方程式預測, 其準確度即下降) 。

或是當近似分析類似，其物理性狀不同皆會影響利用迴歸式推估之準確度。因此，若預利用迴歸方程式推導飼料原料之 TME，建議尋找成份類似之試驗物質所推導之方程式，方能有效提升準確率 (Van Soest *et al.*, 1991; Carré, 1993 ; NRC, 1994)。

B、豬體外試驗法

為模擬豬隻體外消化進行 AME 與 ADE 之估算。Regmi *et al.* (2008) 使用 3 種酵素，分作三個步驟進行大麥的體外消化試驗，首先將大麥培養於胃蛋白酶溶液 (pH 2) 中 6 h 後，培養於豬胰液萃取物溶液 (pH 6.8) 18 h，最後則是置於纖維素酶溶液 (pH 6.8) 中 24 h，全程皆於 39°C 中作用。利用此方法分析 21 個大麥樣品，體外能量消化率 (x) 與體內能量消化率 (y) 之間呈現強烈的關係 ($y = 1.25x - 25.22, R^2 = 0.81$)。進一步利用 7 個大麥樣品，得到體外能量消化率 (x) 與體內能量消化率 (y) 之關係式為 $y = 1.23x - 25.33, R^2 = 0.97$ 。因此可利用模擬體外消化之方法，建構迴歸方程式估算，求得飼料原料之 ADE。更進一步的研究指出，利用體外模擬消化法對於單一飼料原料有較高的預測準確性，但在胺基酸消化率的推測準確性都是偏低的 (Boisen and Fernandez, 1995)。

C、體內試驗法

體內試驗法有分為全糞收集法與指示劑法。全糞收集法之概念很簡單，不論是利用飼料替代法檢測或單項飼料原料，餵食豬隻飼料後，攝食之總能量，扣除糞便之總能量，即為 ADE (Lewis and Southern, 2001)，如下列方程式：

$$ADE(\text{kcal}/\text{kg}) = \frac{\text{Feed intake} \times \text{Feed GE}(\text{kcal}/\text{kg}) - \text{Feces weight} \times \text{Feces GE}(\text{kcal}/\text{kg})}{\text{Feed intake}}$$

在實行試驗時要注意將每隻豬個別飼養於籠架上，需 3-7 天之適應期，4-6 天之收集期。每天之餵飼量，必須要滿足其維持之需要量，其計算方法為：

$$NE_m = 110 \text{ kcal} \times \text{Body weight}^{0.75}$$

若在全糞收集上有困難就必須使用指示劑法，可使用營養分與指示劑在飼料與糞便中的濃度計算其消化率，了解有多少營養分在過程中被消化吸收。在指示劑法部分，可用之指示劑有很多種，有氧化鐵、三氧

化二銻或色素。其共同點為皆不能為豬隻所消化吸收。在 1965 年, Diggs *et al.* (1965) 利用 20 隻 15 kg 的豬隻, 分作 6 次試驗, 檢測 18 種飼料原料, 豬隻皆個別飼養在獨立之代謝架上。餵飼方式一天餵飼液態飼料 2 次, 飼料含 1% 之氧化鐵, 飲水則是限定在每天 3-4 次, 一次約為 10 分鐘。餵飼兩天後, 開始進行 6 天之採樣。糞尿分開收集, 利用等溫式熱量計進行能量之測量, 其計算方式如下:

$$\text{ADE}(\%) = 100 - \left(100 \times \frac{(\text{Conc. of maker in feed} \times \text{Conc. of GE in feces})}{(\text{Conc. of maker in feces} \times \text{Conc. of GE in feed})} \right)$$


此方法為傳統上直接測定 ADE 之方法, 此方法需利用動物才能進行測量, 耗費時日。如欲估算 AME 必須檢測尿液之能量, 生長豬可利用尿導管收集之, 但保育豬裝設尿導管難度較高, 因此保育豬之 AME 可以利用 ADE 估算之, 估算方法參考 (Noblet and Perez, 1993), 公式如下:

$$\text{AME/ADE} = (98.4 - 0.014 \times \text{CP}\%) / 100$$

除了檢測能量系統外, 此法也可以了解飼料原料之蛋白質與胺基酸之消化率與可利用率, 但此數值仍受大腸微生物的影響, 影響準確度。

為了避免大腸微生物作用對於評估蛋白質補充原料造成干擾, 可使用迴腸瘻管手術, 收集迴腸末端之食糜進行檢測, 迴腸瘻管手術長久發展下有許多手術方法, 接下來將介紹較常用之兩種手術方法, 首先是 Ileo-rectal anastomosi (RIA), 其方法如圖 1-6 (Köhler *et al.*, 1992), 利用外科手術打開腹腔, 將盲腸移除, 切開結腸, 將管子 (Valve) 置入迴腸與直腸之間並將結腸、迴腸與直腸接在一起, 食糜將直接通過直腸由肛門排出。此法可直接由肛門收集糞便, 沒有腹腔開口, 感染機會較低。但由於管子在腸道內, 腸道蠕動時容易有食糜滲漏問題, 只能使用指示劑法進行消化率計算, 無法使用全糞收集法。

另一方法為 Post-valve T-ileum, 將一個 T 形之管狀物, 放入迴腸末端, 也就是迴腸與大腸之交界 (如圖 1-7, 手術方法參閱附錄 2)。在餵食後可收集部分迴腸內容物, 由於只能收集部分之內容物, 故皆使用指示劑法進行 DE 之計算, 其優點為食糜收集處為迴腸末端, 不受到大腸 (包括盲腸、結腸) 腸道微生物之影響, 另一方面只收集部分食糜, 不



收集時，消化系統仍正常運行，也可收集糞便檢測 ADE (Köhler *et al.*, 1992)，由迴腸消化物檢測出之消化能稱表面迴腸消化能 (Ileal apparent digestible energy, IADE)，扣除尿液之能量稱為表面迴腸代謝能 (Ileal apparent metabolizable energy, IAME)。同時樣品也可以針對蛋白質與胺基酸之消化率與可利用率進行檢測，此法所得到不受大腸微生物干擾之數值，提供評估蛋白質補充原料最低限度之營養價值。

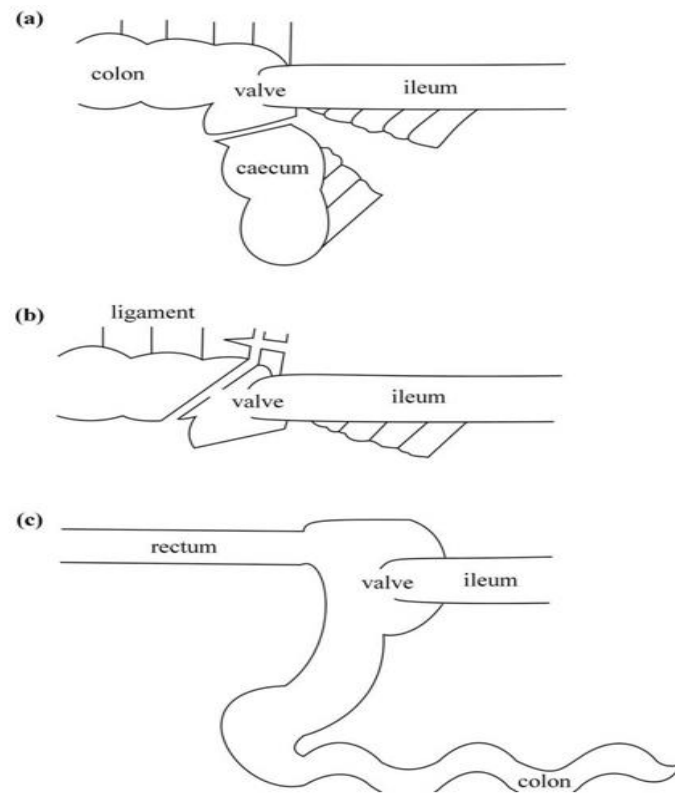


圖 1-6、 Ileo-rectal anastomosis 之手術過程。(a) 將盲腸移除 (b) 切開結腸 (c) 將迴腸與結腸連接至直腸 (Köhler *et al.*, 1992; Babinszky and Bársony, 2013)。

Figure. 1-6 Stages in the surgical procedure used to establish an ileo-rectal anastomosis. (a) Caecum is removed, (b) the colon is cut, (c) ileum, including the ileo-caecal valve, is connected to the rectum. (Köhler *et al.*, 1992; Babinszky and Bársony, 2013)

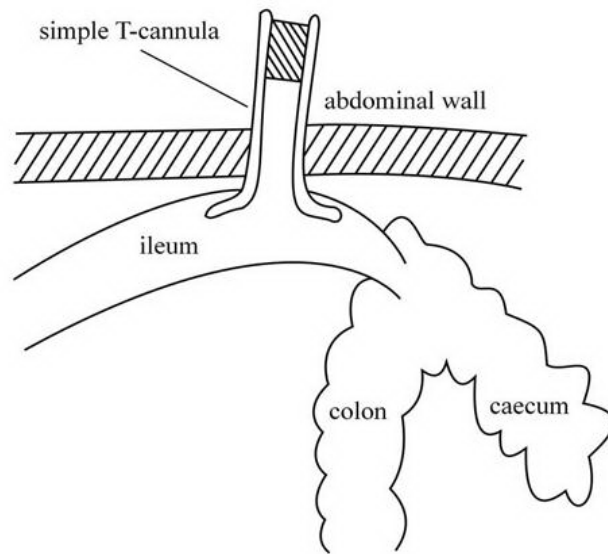


圖 1-7、 Post-valve T- ileum 收集法示意圖 (Babinszky and Bársony, 2013)。
Figure. 1-7 Schematic diagram of post-valve T- ileum. Babinszky and Bársony, 2013)

5、儲存時間評估

適宜的飼料之儲存環境為乾燥與低溫，在妥善儲存狀況下蛋白質補充原料較大的問題來自於油脂。以家禽副產物粉為例，其油脂含量高（16%，以乾基為基礎），若儲存不善致使原料酸敗，將可能導致動物下痢、採食量下降、肝腫大、與維生素 A 與 E 的缺乏症產生(El Boushy and van der Poel, 2000; Allen and Hamilton, 1994)。而油脂酸敗之指標以食用油為例，國家標準以過氧化價與酸價作為質變之指標(經濟部標準檢驗局，2015)，因此想要了解廢棄蛋蛋粉之儲存狀況可利用檢驗過氧化價與酸價，以了解在正常儲存的狀況下，廢棄蛋蛋粉品質之變化。



(五)、做為產蛋雞蛋白質補充原料之評估指標

1、產蛋雞生產性能指標

評估產蛋雞直接的生產性能指標主要有產蛋率、採食量與飼料利用效率，而間接的指標有蛋雞體重。通常在評估產蛋雞隻產蛋率會使用隻日產蛋率或隻舍產蛋率，但由於小規模試驗是以每隻產蛋雞為試驗個體，因此以一段時間所生產的蛋數做為產蛋率。本試驗以週為單位計算，同樣的在飼料利用效率的計算通常是以採食多少重量飼料可以生產出多少重量之蛋，作為評估指標，但由於產蛋為非連續性，某一天可能會沒有產蛋，但採食是連續性的，因此也利用一週內所採食的飼料重量與一週內所生產的總蛋重做為計算飼料利用效率之基礎。而蛋雞體重是養殖蛋雞注重的指標之一，由於蛋雞的體重增加，與產蛋率成負相關，因此蛋雞體重的增加一直被視為間接影響產蛋性能的指標之一，因此若改變飼料原料而造成產蛋雞體重增加，會降低使用該飼料原料之意願，故監控蛋雞體重變化也是產蛋性能的重要參考數據。


2、蛋的品質

蛋的品質包含蛋重、蛋黃重與蛋殼強度。測量蛋重為一重要指標，不同蛋重可能意味著不同之價格，若飼料原料的改變將改變蛋重，則須了解其改變的方向是對價格影響是好是壞，以作為飼料原料使用之參考，例如在臺灣早餐店蛋的計價模式是每顆多少錢，但早餐業者在買蛋時是以重量計價，因此在早餐店這個族群，但是越小顆越好，若飼料原料致使單顆蛋重量增加，反而變成了缺點，同樣的情況於液蛋的業者反而是受歡迎的，但無論如何，準確了解其對於蛋重的影響，也可以作為飼料配方設計之參考。

而蛋黃重也是影響蛋重的因素之一，在文獻中指出添加廢棄蛋蛋粉對蛋雞產蛋性能沒有負面之影響，100%取代魚粉組有較重之蛋黃重。同時蛋殼重與蛋殼厚度有較重與較厚之趨勢(Abiola and Onunkwor, 2004)。因此檢測蛋黃重與蛋殼強度為評估廢棄蛋蛋粉對蛋品質影響的另一指標。

3、風味評估方法

部分蛋白質補充原料因油脂與胺基酸具有特別的味道，飼料中添加較大量的蛋白質補充原料可能對畜禽產品產生影響。例如添加魚粉造成蛋黃風味的改變，蛋雞產蛋期的飼料添加魚粉至 2%，所生產的蛋將產生魚腥味



(Koehler and Bearse, 1975)。因此在使用蛋白質補充原料於需要對禽畜生產之產品作風味之檢定，尤其是蛋雞生產的蛋。而風味或異味的品評試驗必須透過官能品評 (Sensory evaluation)。官能品評包括了外觀、氣味、風味與組織等項，官能品評的試驗方法首先必須先固定許多客觀的因素，例如場地條件 (光線、空氣、隔音)、溫度、器皿、樣品編號方式等等都必須一致。品評者之客觀條件，必須具有察覺欲觀測物之能力，例如視力正常。在選擇品評者之條件必須做一篩選 (例如年齡、性別、煙酒習慣等)。而品評試驗可分為試驗分析型與消費者型兩大類型。試驗分析型為受試者經過訓練或本身具有分辨、察覺欲測試內容之能力。消費者型則是完全沒有經過訓練。而試驗分析型又可以分為專家型、受過訓練型與經驗型。此分類與測驗人數有關，專家型試驗人數不限，因每個人都一定的品評能力，受過訓練型可將試驗人數設定為 6-10 名左右，而經驗型可以設定在 12-20 人，然而消費者型則建議大於 30 個人以上。在試驗之前還有評分表的規劃，其中很重要的是級距，級距必須有效的分別彼此之間的差異，級距太小或太大皆容易造成受測者選擇困難。品測前之訓練最好低於 15 分鐘，品測時間也不要長於 30 分鐘，利用標準樣品訓練受測者，再進行試驗。藉由官能品評可了解蛋白質補充原料是否對畜禽產品品質造成影響。



(六)、做為保育豬蛋白質補充原料之評估指標

1、生長性能

豬隻在早期生長的速度將影響整個生產流程的時間，初期體重越重，到達預期上市體重的時間就越短(Mahan and Lepine, 1991; NRC, 2012)。因此飼料原料的替換除了可以降低飼料成本外，若能增進生長對於整體的飼養經濟效益將有所提升。此外，由於在選擇高蛋白質體外消化率為指標之廢棄蛋蛋粉含有一定數量之大腸桿菌，大腸桿菌感染預期出現採食量下降與增重降低等現象(van Heugten *et al.*, 1994; Owusu-Asiedu *et al.*, 2003)。若廢棄蛋蛋粉之對保育豬生長造成影響，未來在處理條件最佳化的過程必須提高大腸桿菌數這個參數的重要性，降低可利用率，提高安全性。

2、免疫球蛋白與腸道絨毛性狀

一般而言，針對保育豬下痢之預防，包括可在飼料中添加有機酸以抑制病原菌(Risley *et al.*, 1992)或添加血漿蛋白提供保育豬外源性免疫球蛋白，以抵抗大腸桿菌之感染(Owusu-Asiedu *et al.*, 2003)。而外緣性添加血漿蛋白對血漿中免疫球蛋白濃度造成改變，並提供一定的保護能力(Zhang *et al.*, 2016; Owusu-Asiedu *et al.*, 2003)。另一方面，廢棄蛋蛋粉中所含的大腸桿菌對於免疫球蛋白濃度之影響也可能產生類似感染的現象(Bosi *et al.*, 2004)。此外，大腸桿菌感染致使出現小腸絨毛高度降低與腺窩深度加深的現象(Varley and Wiseman, 2001)，進而造成腸道絨毛高度對腺窩深度之比值下降。因此，可藉由檢測生長表現、免疫球蛋白濃度與腸道絨毛性狀，了解餵飼廢棄蛋蛋粉是否會對於豬隻有不良之影響。

(七)、研究目的

廢棄物之再資源化，是近年來地球資源永續利用的重要課題之一，除避免環境污染外，可提供循環利用，是廢棄物處理之最重要原則。孵化場廢棄物為家禽產業生產過程中，固定產生之廢棄物，其組成營養成份豐富，若能經過妥善加工製成蛋白質補充原料，將能有效將孵化場廢棄物做再資源化的處理。

孵化場廢棄物之再資源化需要經過三個步驟，第一個步驟評估孵化場廢棄物之營養成份是否具有成為蛋白質補充原料之潛能，此步驟可藉由文獻或實際檢測得知。第二個步驟為再資源化處理，處理之方法與處理條件將會影響蛋白質補充原料之營養成份與生物可利用性，利用數學模式之方法將處理條件與營養成份或生物可利用性之指標建立具有預測性質之方程式，可多重評估各項指標，取得符合需求之處理條件。而第三步驟則是建立以及評估廢棄蛋蛋粉作為蛋白質補充原料於畜禽上之應用方法以及是否具有限制應用之因子，將作為往後應用之基本資料。

本研究利用建立孵化場廢棄物處理條件之數學模式，求得最佳化之加熱處理條件，利用蛋雞與年輕豬隻建立廢棄蛋蛋粉之基礎應用資訊，以期有效再資源化孵化場廢棄物為廢棄蛋蛋粉作為畜禽飼料原料之用。



二、材料與方法

本研究所使用之材料、檢驗方法與試驗設計將在本章節闡述。內容為各項物質之檢測方法、孵化場廢棄物處理器之設計與研發、廢棄蛋蛋粉之製備以及蛋雞與保育豬動物試驗設計與檢測各項指標的方法。

(一)、近似分析、化學分析以及其他檢測方法

本研究所使用之分析法有近似分析(粗蛋白質、粗脂肪、乾物質與灰分)、鈣、磷、鉻、過氧化價、酸價、蛋白質體外消化率、真蛋白質、胺基酸含量以及微生物分析法。以下為各分析法的介紹。

1、近似分析：

(1)、粗蛋白質(Crude protein, CP)含量：

本研究需要檢測粗蛋白質含量的樣品有孵化場廢棄物、廢棄蛋蛋粉、蛋白質體外消化率過濾的殘渣、真蛋白質檢測過濾的殘渣、產蛋雞粗蛋白質消化率檢測之糞便樣品與保育豬迴腸粗蛋白質消化率之迴腸內容物樣品。檢測方法步驟如下：精秤 0.3-0.5 g 樣品進行凱氏氮法(Kjeldahl method)分析(AOAC, 2000, 984.13)。加入 5 g 含硒催化劑及 20 mL 濃硫酸後於 450°C 之電熱爐上加熱分解至澄清(約 90 min)，加水蒸餾並滴定之，以測得全氮量，用以推算樣品中粗蛋白質含量。

(2)、粗脂肪(Ether Extract, EE)含量：

孵化場廢棄物、廢棄蛋蛋粉、產蛋雞粗脂肪消化率糞便樣品與保育豬粗脂肪消化率迴腸內容物樣品取 1-2 g 以 AOAC (2000, 991.36) 之方法，使用石油醚以 Soxtec system (HT 1043 Extraction Unit, Tecator, Danmark) 萃取後烘乾秤重計算之。

(3)、乾物質(Dry matter, DM)含量：

乾物質之含量乃精秤 1.0 g 樣品重量，置入烘箱(DK-600, Yih-Her, Taipei, Taiwan)烘乾，直至樣品恆重後計算乾物質比例(AOAC, 953.07)。測量的樣品有孵化場廢棄物、廢棄蛋蛋粉、產蛋雞消化率檢測之糞便樣品與保育豬迴腸內容物。

$$DM\% = \frac{\text{烘乾後重量}}{\text{樣品重量}} \times 100\%$$



(4)、灰分(Ash)含量：

灰分檢測方法採 AOAC(2000, 923.03)，精秤 1.0 g 樣品置放於坩堝中，並精秤含坩堝總重，利用灰化爐(Muffie Furnaces DF303, Deng Yng, New Taipei city, Taiwan)以 650°C 進行 4 h 灰化。灰化完成後置於乾燥皿冷卻至室溫再進行秤量。測量的樣品有孵化場廢棄物、廢棄蛋蛋粉、產蛋雞消化率檢測之糞便樣品與保育豬迴腸內容物。

$$\text{Ash\%} = \frac{\text{灰化後重量 (含坩堝)}}{\text{樣品乾物質重量 (含坩堝)}} \times 100\%$$

2、鈣含量

取 0.5-1 g 孵化場廢棄物、廢棄蛋蛋粉、產蛋雞消化率檢測之糞便樣品與保育豬迴腸內容物樣品，利用灰化爐(Muffie Furnaces DF303, Deng Yng, New Taipei city, Taiwan)進行灰化，650°C、4 h，鈣分析之前處理參考 Annio (1964)，以原子吸收光譜儀(Atomic Absorption Spectroscopy, AANALYST 200, PerkinElmer Instruments LLC., Shelton, Connecticut, USA) 檢測。

3、磷含量

取 0.5-1 g 孵化場廢棄物、廢棄蛋蛋粉、產蛋雞消化率檢測之糞便樣品與保育豬迴腸內容物樣品，利用灰化爐(Muffie Furnaces DF303, Deng Yng, New Taipei city, Taiwan)以 650°C、4 h 進行灰化，樣品磷之前處理參考 Quinlan and DeSesa(1955)之方法，以分光光度計(Spectrophotometer, Metertek sp-850, Instruchem, Inc., Philippines) 測定。

4、鉻含量

取 0.5-1 g 含有三氧化二鉻的廢棄蛋蛋粉樣品與保育豬迴腸內容物樣品，利用灰化爐(Muffie Furnaces DF303, Deng Yng, New Taipei city, Taiwan)以 650°C、4 h 進行灰化，鉻分析的前處理參考 Murthy *et al.* (1971)使用原子吸收光譜儀(Atomic Absorption Spectroscopy, AANALYST 200, PerkinElmer Instruments LLC., Shelton, Connecticut, USA) 檢測。

5、過氧化價(Peroxide Value, PV)

根據國家標準局飼料用油脂中過氧化價檢驗之方法(經濟部標準檢驗局, 2015b)，以碘滴定法測定之。此方法檢定範圍為 0-30 milliequivalents of active

oxygen/kg oil (meq/kg oil)。試驗步驟如下，先以二氧化碳或氮氣吹乾淨錐形瓶(使瓶中沒有氧氣，本研究使用二氧化碳)，秤取 5 g 的樣品(預估過氧化價是落於 1-30 meq/kg oil，若不在此範圍內可酌量調整樣品數量)，使用冰醋酸潤洗錐形瓶，確保錐形瓶不含任何氧化或還原之物質。加入 50 mL 冰醋酸於錐形瓶中，溫和搖晃以溶解試樣。接著加入 0.5 mL 碘化鉀飽和溶液，置放電磁攪拌器，塞上玻璃塞蓋，以不產生大漩渦之方式攪拌 60 s(每個樣品須精準相同)。結束後立刻加入 100 mL 去離子水洗滌玻璃塞蓋並均勻搖晃，立刻以 0.01 N 硫代硫酸鈉溶液(需經碘酸鉀測定濃度因子)進行滴定，待溶液由橘黃色轉淡為黃色後，再加入 0.5 mL 澱粉溶液(濃度為 1 g/100 mL，將 0.5 g 澱粉加入少許冷水，加入 50 mL 沸水中，煮沸數秒鐘即可)，繼續使用 0.01 N 硫代硫酸鈉進行滴定，當顏色由藍紫色變為無色，並維持 30 s，即為滴定終點，計算公式如下：

$$PV\left(\frac{\text{meq}}{\text{kg} \cdot \text{oil}}\right) = \frac{(V - V_0) \times C_{\text{tbio}} \times F \times 1000}{m}$$

式中

V：硫代硫酸鈉標準溶液滴定使用量(mL)

V₀：空白組實驗中，硫代硫酸鈉標準溶液使用量(mL)

C_{tbio}：硫代硫酸鈉標準溶液濃度(mol/L)

F：0.01 N 硫代硫酸鈉標準溶液濃度因子

m：試驗樣品質量(g)

目前飼料中過氧化價的規定仍在草擬階段(經濟部, 2015)，而人食用油脂之規定依不同油脂類別而有不同規定，食用大豆油為 10 meq/kg oil 以下(經濟部標準檢驗局, 2015a)。

6、酸價(Acid value, AV)

此數值是根據國家標準檢驗局公告之飼料用油脂之酸度檢測方法(經濟部標準檢驗局, 2015c)。此標準有三種測定方法，本研究採用指示劑之冷溶劑法，根據樣品的特性，本研究使用樣品 10 g 與 0.1 mol/L 氫氧化鉀溶液進行檢測。實驗步驟如下：

精秤 10 g 廢棄蛋蛋粉置入 250 mL 錐形瓶中，加入 50-100 mL 的石油醚與乙醇等體積混合的溶劑，目的是將油脂溶解，加入酚酞作為指示劑，使用

0.1 mol/L 氫氧化鉀溶液進行滴定，顏色改變明確以及維持 15 s，即達到滴定終點。

計算方式如下

$$w_{AV}\left(\frac{\text{mg} \cdot \text{KOH}}{\text{g} \cdot \text{Oil}}\right) = \frac{56.1 \times c \times V}{m}$$

式中

c：氫氧化鉀滴定溶液之精確濃度(mol/L)

V：氫氧化鉀滴定溶液使用之體積(mL)

m：樣品之質量(g)

56.1：氫氧化鉀之分子量(g/mol)

目前飼料中酸價的規定也仍在草擬階段(經濟部, 2015)，而人食用油脂之規定依不同油脂類別而有不同規定，食用大豆油為 0.6mg KOH/g Oil 以下(經濟部標準檢驗局, 2015a)。

7、蛋白質體外消化率(Protein digestibility in vitro, PDIV)

蛋白質體外消化率之檢測則參考自 Alonso *et al.*, (2000) 之方法，於 0.5 g 樣品中加入 12.5 mL pepsin solution (200 mL 0.1 N HCl + 2 g pepsin, 2000 U/g)，於 41.5°C 搖動 40 min，接著加入 2.5 mL 0.52 M NaHCO₃，並添加 pH=6 之水至 35 mL，加入 5mL multi-enzyme solution(1.6 mg trypsin(14,600 U/mg) + 3.1 mg α-chymotrypsin (48 U/mg) per mL)，在 41.5°C 搖動 180 min 後，藉由加入 5 mL PMSF(10 mM, phenylmethane sulfonyl fluoride)及 5 mL EDTA(0.1 mM, ethylenediaminetetraacetic acid)終止反應，經過濾後取其殘渣，以進行粗蛋白質含量分析。蛋白質體外消化率以(模擬消化殘渣之氮含量/消化前樣品之氮含量 × 100%)計算得之。

8、真蛋白質檢測方法

將 20% Trichloroacetic acid 溶液與孵化場廢棄物或廢棄蛋蛋粉以體積比 5：1 混合後，使蛋白質變性沈澱，以濾紙過濾，非蛋白質型態的氮將溶在水中，殘渣利用凱氏氮法分析沉澱物之氮含量推算粗蛋白質含量，此數值為真蛋白質之值。

9、胺基酸含量分析

胺基酸組成之分析包含酸水解(AOAC, 2000, 994.12)、鹼水解(AOAC,



2000, 988.15)與氧化方式檢測含硫胺基酸(AOAC, 2000, 985.25)等預處理方式，再使用液態高效層析儀 (Gilson 805 manometric module, Villiers le Bel, France) 進行檢測。



10、微生物分析

微生物分析主要檢測孵化場廢棄物與廢棄蛋蛋粉中所含之大腸桿菌與沙門氏菌，主要目標是了解處理過程是否能有效降低病原菌。

(1)、大腸桿菌(*Escherichia coli*)

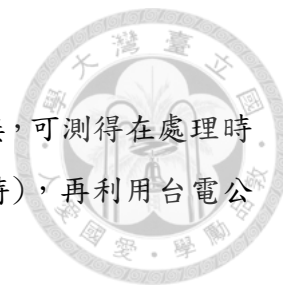
大腸桿菌數 (cfu/g) 之檢測使用 LB Agar, Lennox (Difco™)，培養方法參考 Lennox (1955)。培養於培養箱 37°C，24 h。計數菌落數。

(2)、沙門氏菌 (*Salmonellas spp.*)

沙門氏菌之培養使用 *Salmonellas shigella* Agar (BBL™)，其方法則參考 Pollock and Dahlgren (1974)。培養於培養箱 37°C，24 h。計數菌落數。

(二)、電能計算

本研究之電能計算使用商用電表與處棄物處理器連接，可測得在處理時間內加熱與攪拌所消耗之總電量，也就是度數(千瓦/小時)，再利用台電公司所公告之電價了解產物的製作成本。



(三)、熱能檢測方法

熱能測定利用燃燒法檢測物質的總能，檢測設備使用彈卡計（PARR 1261, Instrument Co., Moline, IL, USA）與水循環機（PARR 1563, Instrument Co., Moline, IL, USA）進行檢測(Miller and Payne, 1959)。檢測的樣品包含廢棄蛋蛋粉與蛋雞糞便、保育豬糞便與保育豬迴腸內容物。檢測之初必須將樣品乾燥，以利於打錠。檢測之步驟為：精秤 1 g 左右樣品，打成圓柱錠狀，將其置入燃燒器，接上燃燒電極，並碰觸樣品，將燃燒器蓋旋緊，灌入純氧，將燃燒器置於 2 L 水體中，插入點火電極棒，蓋上機器上蓋，以操作面板進行操作，待其操作完畢，檢查是否完全燃燒。並記錄溫度差，以做為熱量計算之用。其計算公式如下：

$$GE(\text{cal/g}) = \frac{(\Delta\theta \times C) - e}{m}$$

式中

GE：為樣品之總能濃度(cal/g)

$\Delta\theta$ ：燃燒產生的溫差

C：彈卡計之有效熱容(2 L 的水上升 1°C 所需之熱量，cal/°C)

e：燃燒電極產生之熱量(在試驗之前必須先測定，並秤量燃燒電極)

m：樣品之質量(g)

(四)、孵化場廢棄物處理器之設計與開發

本研究孵化場廢棄物之處理方式為熱處理，試驗的自變數於處理條件最佳化預實驗為加熱溫度、加熱時間與額外添加水量；處理條件最佳化主實驗的自變數為加熱時間與溫度。因此，準確控制加熱溫度為本研究之必要條件，試驗需要一台具有溫控功能的處理器，同時能夠不斷的翻攪讓孵化場廢棄物可以均勻受熱。同時處理設施希望能小型化，在孵化場或小作坊就可以建立基礎的處理設施。由於市面上沒有符合這個條件的處理設施，因此本研究自行設計與開發孵化場廢棄物處理器。處理條件最佳化預試驗之設備由現有器材組合而成，主實驗之處理器則是從無到有，從設計至開發完成符合需求之孵化場廢棄物處理器。以下為孵化場廢棄物處理器設計與開發之介紹。

1、處理條件最佳化預實驗(以下簡稱預實驗)處理器

預實驗的目的為了解所選定的處理條件是否對產物的品質造成影響，對於產物品質的監控會以乾物質與蛋白質體外消化率作為主要指標，因此選定的處理條件為加熱時間、加熱溫度與添加水量。加熱時間與溫度皆與乾物質含量相關，加熱溫度主要與粗蛋白質含量與體外蛋白質消化率相關。添加水量的考慮主要是由於孵化場廢棄物之物理性質過於濃稠，可能致使在處理過程中加熱不均造成產物品質不均。以這三個處理條件需要的處理器必須有恆溫控制與時間控制之功能，並且必須在處理過程中不斷攪拌使孵化場廢棄物受熱均勻。

基於以上需求，以實驗室現有的設施設計預實驗之處理器，以 3 L 容積之直立式攪拌機，置於大型烘箱，大型烘箱可提供溫度與時間的控制，符合預實驗之需求。圖 2-1 為以 3 L 容積之直立式攪拌機處理孵化場廢棄物之畫面。

2、處理條件最佳化主實驗(以下稱主實驗)處理器

本研究之主實驗處理器由彭安科技彭玄桂先生協助設計與製作，經過三次機型的改良才臻完善。本處理器的設計理念是希望可以達到加熱均勻且穩定，不會有突然的高溫也不會溫度過低加熱緩慢的狀態，因此必須有加熱系統、溫控系統與攪拌系統，同時為了利於操作採用槽式橫臥之設計，同時設計轉軸方便傾倒產物。



(1)、孵化場廢棄物處理器 v 1.0

此機型外型與裝置如圖 2-2，加熱系統由加熱器附著於處理槽內壁的外側，直接對內壁加熱，加熱速度快，但在試車時發現其加熱不穩定，且突高的溫度造成內壁加熱不均，內壁熱脹冷縮造成扭曲而影響攪拌，且單點測溫造成溫控與實際的溫度產生了落差，因此無法滿足試驗的需求。

(2)、孵化場廢棄物處理器 v 2.0

本機型加熱系統為外置加熱器的循環水系統，設計為雙層處理槽壁設計，處理槽外側與槽內側間有空間，利用水為媒介傳遞熱能(如圖 2-3)，加熱均勻且沒有熱脹冷縮扭曲的問題，同時增加了測溫點利於溫度控制，但在實際試車後，還是發生了升溫緩慢，熱能於傳送中流失的問題，加熱超過 1 h 還未達到 60°C，4 h 未達到 75°C，超過 10 h 一直無法超過 80°C，由於試驗設計可能需要 84.4°C，因此此機型也無法符合試驗的需求。

(3)、孵化場廢棄物處理器 v 3.0

根據前兩個機型的優缺點，加熱電熱片加溫快速，容易控制，但加熱不均勻。水浴方式加熱均勻且穩定，但加溫困難。第三個機型將加熱電熱片置於雙層的水浴槽中，但不直接接觸處理槽內壁，距離 1-1.5 cm，透過夾層中的水傳遞熱能，其外觀如圖 2-4。此法可有效增溫在 10-20 min 達到所要試驗的溫度，且溫度可有效的維持在 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。本處理器所消耗的電能，包含加熱與攪拌皆透過連接電錶做記錄。



圖 2-1、容積 3 L 之直立式攪拌機

Figure 2-1. Vertical mixer (volume of three liters)



圖 2-2、橫臥式孵化場廢棄物處理器 v1.0

Figure 2-2. Horizontal hatchery waste eggs processor v1.0



圖 2-3、橫臥式孵化場廢棄物處理器 v2.0

Figure 2-3. Horizontal hatchery waste eggs processor v2.0



圖 2-4、橫臥式孵化場廢棄物處理器 v3.0

Figure 2-4. Horizontal hatchery waste eggs processor v3.0



(五)、廢棄蛋蛋粉之備製

本章節包含孵化場廢棄物之來源與用於本研究廢棄蛋蛋粉之製備。廢棄蛋蛋粉之製備可分為三個部分。第一個部分為處理條件最佳化之建立，由於處理條件組合不一，因此製備的廢棄蛋蛋粉之成份與性狀有很大的差異。另外兩部分之廢棄蛋蛋粉分別提供產蛋雞代謝能之測定、產蛋雞消化率測定、保育豬與生長豬消化能測定、保育豬與生長豬迴腸消化率測定、產蛋雞動物試驗與保育豬動物試驗使用。此外也分別利用這 7 批與 6 批的孵化場廢棄物與其製品廢棄蛋蛋粉，了解不同批次之間營養成份變異，也透過採樣儲存了解常溫下儲存是否影響品質。

1、孵化場廢棄物之來源

本研究之孵化場廢棄物由宜蘭竹林種雞場無償提供，其外觀如圖 2-5，種雞場操作員將孵化托盤從孵化器推出，將小雞從托盤拿出，剩餘無精蛋、中止蛋、破殼失敗的雛雞以及蛋殼丟棄至橘色方桶，由於托盤之間的孵化率也有差異，所以在橘色方桶之間無精蛋、中止蛋、破殼失敗的雛雞以及蛋殼比例可能不同，因此在採集孵化場廢棄物時，以每個橘色方桶採集相同份量為採集目標。竹林種雞場在研究期間的孵化週期是每週一與週四，每批次所產生的孵化場廢棄物約 1 噸左右，本研究每週收集一次，以了解批次之間孵化場廢棄物是否有成分上的差異。本研究分三個階段收集。第一階段收集之孵化場廢棄物提供處理條件最佳化預實驗與處理條件最佳化主實驗使用，分三批次採集，每批次採集 600 kg，共採集 1800 kg。第二階段收集則是提供產蛋雞試驗使用，採集 7 個批次。每批次採集 120 kg，共 840 kg，第三階段收集 6 個批次，每次約採集 120 kg，共 720 kg，每次採集皆以塑料桶(含蓋)裝置，運送過程為 1 h，沒有溫度控制，採集後利用絞肉機 (YSG-51, Yu-Sheng-Guang Food Machine Co., 台中, 台灣)，均勻混合取樣分析，放入含蓋塑料桶，存放在 4°C 冰箱。除第一階段處理條件最佳化預試驗與主試驗時間長達 4 週，第二階段產蛋雞試驗與第三階段保育豬試驗的孵化場廢棄物皆在 2 週內處理完畢。

2、孵化場廢棄物之預處理

第一階段處理條件最佳化預實驗與主實驗之孵化場廢棄物分為三批次

採集而來，經均質化處理後，約 50 kg 提供處理條件最佳化預實驗使用，剩餘則分為 27 份，每份 60 kg，於 4°C 冷藏保存。

第二階段孵化場廢棄物則分別採集 7 個批次約 840 kg 進行最佳化處理，每一批次均質後採樣了解批次之間孵化場廢棄物之成份是否有差異，待處理後，將廢棄蛋蛋粉以等量均質的方式混合，提供產蛋雞飼料的配製。

第三階段孵化場廢棄物採集分別採集了 6 個批次約 720 kg，每一批次均質後採樣了解批次之間孵化場廢棄物之成分是否有差異，待處理後，將廢棄蛋蛋粉以等量均質的方式混合，提供保育豬飼料的配製

3、處理條件最佳化預實驗

預實驗的目的為確認影響孵化場廢棄物處理之因子，預實驗以加熱之時間、加熱溫度與額外水之添加量作為處理因子。監控的指標為產品之蛋白質體外消化率與乾物質。將 1.5 kg 之孵化場廢棄物置入容積為 3 L 之直立式混合機，整體放置於烘箱中，處理時持續地攪拌。由於預實驗不探討因子之間的交互作用，因此首先將加熱時間固定為 4 h，水之添加量為 0%，溫度分別設定在 60、75 或 90°C，檢測製品之乾物質與蛋白質體外消化率；第二階段試驗為水之添加量固定為 0%，將溫度固定在前述試驗中蛋白質體外消化率最高之溫度，檢測不同之加熱時間 4、6 或 8 h 對產物之影響。最後依先前試驗最好的結果，固定加熱溫度與時間，檢測當水之添加量為 0、10 或 20% 時，對產品乾物質與蛋白質體外消化率之影響。每組處理條件皆進行三重複。試驗所得之結果可作為反應曲面法試驗設計之基礎。圖 2-6 為孵化場廢棄物產物-廢棄蛋蛋粉。

4、處理條件最佳化主實驗

由處理條件最佳化預實驗結果得知，影響產品蛋白質體外消化率與乾物質之因子為加熱的時間與溫度，而額外添加水量對產品品質沒有影響，故不宜加入主實驗進行探討。主實驗採取中心複合設計，藉由上述兩項因子形成 9 組化製條件（表 3-1），每組處理條件皆進行三重複。為了要降低試驗之誤差，處理之順序以亂數安排。每次使用 60 kg 之孵化場廢棄物，在含兩層體壁，且夾層為水浴，容積為 100 L 之橫臥式混合機（DLH-003，彭安科技，台北，台灣）中進行處理，過程中持續攪拌，藉由水浴與保溫裝置，機器之



壁溫可維持於 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

5、產蛋雞試驗

孵化場廢棄物經過 65°C 連續攪拌 23 h 製成廢棄蛋蛋粉 (Chiu and Wei, 2011)。共化製 7 批，約 280 kg，待其冷卻儲存於 4°C 的環境。

6、保育豬試驗

孵化場廢棄物使用 Chiu and Wei (2011) 之最佳化熱處理條件 (65°C ，23 h 持續攪拌)，共化製 6 批，約 200 kg 廢棄蛋蛋粉，經等量混合後加入千分之五不具毒性、不被豬隻消化、吸收與殘留之三氧化二鉻 (Cr_2O_3) 當指示劑，並儲存於 4°C 的環境。

7、廢棄蛋蛋粉之儲存試驗

配合廢棄蛋蛋粉的製備，儲存實驗分為兩個時間段，第一個時間段為 2009 年夏天 5-6 月製作 7 個批次廢棄蛋蛋粉，另一個時間點為 2009 年 9-10 月製作 6 個批次廢棄蛋蛋粉，主要測試時間段為 2009 年 6 月與 10 月，主要了解兩季之間對儲存的品質是否有影響，在 2009 年 6 月份月均溫為 28.2°C ，該月最高溫為 36.5°C ，最低溫為 20.6°C ；2009 年 10 月的月均溫 24.3°C ，該月最高溫為 31.5°C ，最低溫為 18.6°C 。此兩個時間段可以代表台灣兩個比較常見的氣溫型態。廢棄蛋蛋粉包裝於一般密封垃圾袋，外包裝再以編織袋包裝，基本上是密封沒有接觸空氣。而儲存的環境為室內的陰涼乾燥處，沒有溫度控制的情況分別於製作完成時、儲存 7 天與儲存 30 天三個採樣點進行採樣。分別檢測過氧化價與酸價了解儲存對廢棄蛋蛋粉品質之影響。



圖 2-5、孵化場廢棄物

Figure 2-5. Hatchery waste eggs



圖 2-6、廢棄蛋蛋粉

Figure 2-6. Hatchery waste egg meal



(六)、廢棄蛋蛋粉作為家禽飼料應用之基礎資料測定

廢棄蛋蛋粉首先需要了解其家禽的代謝能以及各項營養物質之含量以應用於家禽飼料。主要需要了解的有粗蛋白質、灰分、粗脂肪以及鈣與磷之含量，若能更進一步了解這些營養物質在所使用家禽之消化率，則有助於讓使用者可以更精準的了解其應用之狀況。

1、氮矯正表面代謝能與氮矯正真代謝能

蛋雞氮矯正表面與真代謝能測定參考 Dudley-Cash (2009)。試驗選擇 14 隻體重相近 (1796 ± 94 g) 之 67 週齡白色單冠海蘭品系來亨公雞，置於個別籠，採全糞收集法進行檢測，全程提供自由飲水。首先，14 隻雄蛋雞禁食 48 h，禁食期間所有雞隻於第 24 h 與第 30 h 分別管飼 25 g 葡萄糖。禁食結束，隨機挑選 7 隻雄蛋雞做為試驗組，其餘為對照組，於第 48 h 與第 54 h 分別灌食精確秤重 25 g 的廢棄蛋蛋粉於試驗組，分別管飼 25 g 葡萄糖於對照組。接著所有雞隻貼上造口袋(Lapacksuper C100, Alcare)。每 6 h 收集一次，並更換造口袋，每次收集之糞便樣品立即冰鎮，避免微生物作用。將 54 h 所收集到之全部排泄物添加鹽酸至 pH 4.5 混和後冰浴均質，避免含氮物質於乾燥過程中揮發 (Ribeiro and Penz, 2001)，樣品置於 -80°C 儲存，進行冷凍乾燥後，試驗樣品於乾燥皿中回溫後秤重，檢測飼料原料總能(GEF)、灌食後排泄物總能 (Yef) 與未經灌食內源性消耗的總能 (Yec)。Yef 與 Yec 皆為總能量值，非濃度值，W 為採食量。計算方法如下：

$$\text{AME}(\text{kcal}/\text{kg}) = \frac{((\text{GEF} \times \text{W}) - \text{Yef})}{\text{W}}$$

$$\text{TME}(\text{kcal}/\text{kg}) = \frac{((\text{GEF} \times \text{W}) - (\text{Yef} - \text{Yec}))}{\text{W}}$$

測得 AME 與 TME 後，進行氮平衡矯正，計算氮矯正表面代謝能(AMEn) 與氮矯正真代謝能 (TMEn)。ANR 為滯留於體內之總氮含量，FNL 為禁食組內源性氮含量，W 為雞隻體重(Hill and Anderson, 1958; Hong *et al.*, 2002)。

$$\text{AMEn}(\text{kcal}/\text{kg}) = \text{AME} - \left(\frac{8.22 \times \text{ANR}}{\text{W}}\right)$$

$$\text{TMEn}(\text{kcal}/\text{kg}) = \text{TME} - \left(\frac{8.22 \times \text{ANR}}{\text{W}}\right) - \left(\frac{8.22 \times \text{FNL}}{\text{W}}\right)$$

試驗操作詳細細節可參考附錄一。

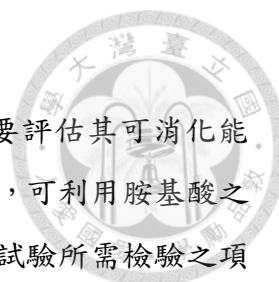


2、廢棄蛋蛋粉各種營養物質之檢測方法

本部分廢棄蛋蛋粉由 7 批等量混合組成，檢驗項目分別是總能、粗蛋白質、脂質、灰分、乾物質、鈣、磷與胺基酸之組成。數據用於表示廢棄蛋蛋粉之營養成分組成與計算消化率。

3、廢棄蛋蛋粉於產蛋雞之消化率檢測方法

本試驗使用各 10 隻 25 週齡之白色單冠來亨雄蛋雞與雌蛋雞，體重分別為 1731 ± 77 g 與 1335.7 ± 54 g，禁食 48 h 去除前食影響，禁食期間所有雞隻於第 24 h 與第 30 h 分別管飼 25 g 葡萄糖。禁食結束，於第 48 h 與第 54 h 分別灌食精確秤重 25 g 的廢棄蛋蛋粉。接著貼上造口袋(Lapacksuper C100, Alcare)，每 6 h 收集一次，並更換造口袋，每次收集之糞便樣品立即冰鎮，避免微生物作用。將 54 h 收集到之全部排泄物添加 HCl 至 pH 4.5 混和後冰浴均質，避免含氮物質於乾燥過程中揮發 (Ribeiro and Penz, 2001) 樣品置於 -80°C 儲存，冷凍乾燥後於乾燥皿回溫後秤重，檢測排泄物之乾基、粗蛋白質、熱量、鈣、磷與乙醚萃取物之含量，用以計算廢棄蛋蛋粉各項成份之消化率。



(七)、廢棄蛋蛋粉作為保育豬與生長豬飼料的基礎資料

廢棄蛋蛋粉作為保育豬或生長豬蛋白質補充原料需要評估其可消化能與營養物質的可消化率，同時評估胺基酸組成的利用情況，可利用胺基酸之表面迴腸消化率做為指標，因此需要執行迴腸瘻管手術。試驗所需檢驗之項目會在接下來的章節介紹。

1、迴腸瘻管手術

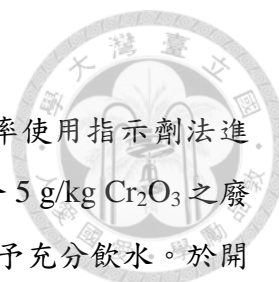
本研究分別於保育豬與生長豬之迴腸末端裝設瘻管。保育豬試驗選用六頭同窩之 LYD 三品種離乳仔豬，於體重 10 kg 時進行外科手術。生長豬試驗也是選用六頭同窩之 LYD 三品種，當體重達 40 kg 時進行外科手術。保育豬與生長豬之手術過程大致相同。豬隻在手術之前禁食 12 h 並給予充足飲水。使用 Fluothane(Halothane, Zeneca Inc., Alderley Park, Cheshire, UK)進行氣體麻醉直到手術完成。當豬隻被氣體麻醉後，接續於豬隻耳朵背面靜脈裝置留滯針，靜脈注射約 4 mL 麻醉劑 Citoson(Thiamylal Sodium, KYORIN Pharmaceutical Co., Ltd., Tokyo, Japan)，以加強氣麻的效果。待豬隻進入深度麻醉狀態，於豬隻體右側最後一對肋骨與後腿股骨之間正中央的位置劃下長約 8 cm 長的傷口，於迴腸末端與盲腸連接處約 5 cm 的位置，平行小腸之方向劃開腸壁約 2 cm 長的縫隙，置入 T 型矽膠瘻管(內直徑為 1 cm，外直徑約 1.5 cm，長度為 12 cm，寬度為 10 cm)，接著分層縫合。待保育豬術後復原至體重達 13 kg 時進行廢棄蛋蛋粉之消化率試驗。手術詳細細節可參考附錄二。

2、表面可消化能

豬隻飼料配方設計經常參考之能量為可消化能，由於保育豬與生長豬裝設之迴腸瘻管並未取得所有的消化物，因此在採集迴腸內容物檢測迴腸消化率的空檔，也可以取得糞便樣品，可藉由指示劑法計算可消化能量。計算公式如下。

$$DE(\%) = 100 - \left(100 \times \frac{(\text{conc. of maker in feed}) \times (\text{conc. of energy in feces})}{(\text{conc. of maker in feces}) \times (\text{conc. of energy in feed})} \right)$$
$$DE(\text{kcal/kg}) = GE(\text{kcal/kg}) \times DE(\%)$$

DE: Digestible energy; GE: Gross energy



3、營養成份與胺基酸之表面迴腸消化率

營養成份迴腸可消化率與胺基酸之表面迴腸可消化率使用指示劑法進行計算。首先經 36 h 之禁食以消除前食之影響，再餵飼含 5 g/kg Cr₂O₃ 之廢棄蛋蛋粉，任食 24 h 並記錄採食量，禁食與試驗期間給予充分飲水。於開始餵飼後 3 h 起，每隔 2 h 收集部分迴腸內容物並立刻冰鎮，收集至食後 24 h。再將同一隻豬所收集到的迴腸內容物經混合均質後冷凍保存。繼續飼養豬隻至體重為 17 kg 時，如同上述之步驟再進行一次。將同一隻豬兩個體重所收集到的均質迴腸內容物等重量混合，測定各營養物質、胺基酸與鉻之含量，添加了三氧化二鉻 (Cr₂O₃) 的廢棄蛋蛋粉也進行相同的測定，藉以計算各營養成份與胺基酸表面迴腸可消化率，其公式如下。

$$\text{AID}(\%) = 100 - \left(100 \times \frac{(\text{conc. of maker in feed}) \times (\text{conc. of nutrient in digesta})}{(\text{conc. of maker in digesta}) \times (\text{conc. of nutrient in feed})} \right)$$

AID: Apparent Ileal Digestibility

而生長豬則是待其術後復原至體重達 45 kg 時進行採樣，其方法與測定項目與保育豬者一致。



(八)、產蛋雞動物試驗

為了能實際了解廢棄蛋蛋粉於實際產蛋雞飼料之應用，設計動物試驗想了解不同濃度廢棄蛋蛋粉之添加對產蛋性能、蛋的品質，甚至蛋的風味是否具有影響。以下為動物試驗之試驗設計以及檢測之項目方法。

1、試驗設計

總數 100 隻白色單冠海蘭品系來亨蛋雞逢機分入五組，對照組為含魚粉 2%，其餘四組之飼料，分別添加廢棄蛋蛋粉 0、4、8 或 12%，各組飼料為等氮、等氮矯正表面代謝能與等鈣，飼料配方營養成份濃度皆能滿足 NRC (1994) 之建議量 (表 2-1)。於 12 週齡時上籠，23 週齡時開始試驗。試驗為期 18 週。試驗期間飼料任餉與供給足夠飲水，每日光照 16 h，由 am 5:00 至 pm 9:00。每週記錄採食量、產蛋率、測定蛋殼強度與蛋黃重，記錄所有蛋重以計算飼料利用效率。以上所有動物試驗流程皆經過國立台灣大學實驗動物管理與使用委員會同意(動物實驗申請表暨同意書編號: 98 實證字第 3 號)。

2、試驗檢測項目

試驗檢測項目主要分為三個部分，第一部分是檢測產蛋性能，包括產蛋雞的體重、產蛋率、採食量與飼料利用效率。第二部分是蛋的品質，包括蛋重、蛋黃重與蛋殼強度。最後一部分則是關於蛋風味的官能品評試驗。

(1)、蛋雞體重

試驗於 23 週齡起，每隔 3 週記錄產蛋雞體重變化，紀錄至 41 週，共 7 次。體重之測量利用含蓋之紅色 10 L 垃圾桶，以測量精確度為 0.2 g 之電子秤進行檢測，由於為活體檢測，雞隻可能會一直躁動，因此記錄方式為數值不變達 3 s，若無法靜止不動達 3 s，則採用出現三次的靜止數值(達 1 s 以上)。

(2)、產蛋率

由於產蛋率是以每隻蛋雞為計算單位，蛋雞並非天天都生蛋，因此以週為單位，計算該蛋雞在該週之產蛋率，計算方式為以 18:00 作為一日之終止，18:00 以後的蛋則計算為隔日之產蛋。而週的計算則是以週五 18:00 作為一週之終止。



(3)、蛋重

在採集產蛋數據的同時，以精確度為 0.2 g 之電子秤進行稱重，紀錄試驗期間的每一組的每一顆蛋重。

(4)、採食量

採食量計算方式為週採食量，其原因為記錄採食量除了了解是否廢棄蛋蛋粉會影響採食行為外，另一個目的為計算飼料利用效率，但因為蛋雞並非每天都有產蛋，若紀錄日採食量，則可能無法有對應的蛋重，因此記錄每週的總採食量。而累積之採食量計算方式是以週五 18:00 作為一週之終止。

(5)、蛋殼強度

蛋殼強度的檢測為使用蛋殼強度計(egg shell force gauge, Robotmation, Japan)進行測量，每週從個別蛋雞收集的蛋隨機選擇一顆進行強度測試。

(6)、蛋黃重

此數據為每周檢測一次，檢測完蛋殼強度的蛋，將蛋黃取出，去除蛋白後，秤量其蛋黃重量。

(7)、飼料效率

飼料效率之算法為每週的採食量累計總和與每週蛋總重之比值，計算公式如下：

$$FE = \frac{\text{weekly total feed intake(g)}}{\text{Total egg weight weekly(g)}}$$

FE: Feed efficiency

(8)、雞蛋之官能品評


品評試驗參考 Schreiner *et al.*, (2004)，將蛋儲存於 4°C 冰箱，水浴槽預熱至 97°C 後，隔水加熱 2 L 之水，以清水洗淨品評的蛋放入加熱 15 min。加熱完畢後將蛋放入 2 L 的冷水，靜置 10 min，再置於室溫(25°C)冷卻 45 min，供品評試驗使用。品評試驗之步驟如下：先讓受試者聞廢棄蛋蛋粉的味道，每位受試者可拿到一份品評單(如附錄三)與 5 顆蛋(各試驗組一顆)，接著簡介品評單與品評執行方式，解釋完畢開始品評。每兩週檢測一次，品測人員每次 20 名，男女比例相同各 10 位，共收集品

評單 180 份進行分析。品評單問題設計主要方向為是否感受到異味、能否辨識異味種類與對異味的感受。



表 2-1、產蛋雞試驗飼料之組成份

Table 2-1 The composition of the experimental diets for laying hen trial



Ingredient (g/kg)	Addition				
	Fish meal	Hatchery waste egg meal			
		(%)			
	2	0	4	8	12
Yellow corn, 7.3%	630.00	637.28	667.28	667.28	667.28
Soybean meal, 44%	202.20	233.50	202.97	172.25	140.59
Fish meal, 72.3%	20	0.00	0.00	0.00	0.00
Hatchery waste egg meal, 34.9%	0.00	0.00	40	80	120
Soybean oil	32.83	29.20	21.86	14.3	7.15
Dicalcium phosphate	6.17	7.55	6.88	6.20	5.53
Calcium carbonate	78.71	78.84	43.97	39.11	34.25
Iodized salt	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Vitamin premix ¹	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Mineral premix ²	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
DL-Methionine	0.69	0.84	0.09	0.00	0.00
Silica sand (SiO ₂)	20.03	3.40	7.68	11.7	16.15
Choline chloride(50%)	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
Isoleucine	0.32	0.34	0.22	0.11	0.00
Total	1000	1000	1000	1000	1000
Calculated values:					
Crude protein(%)	15				
AMEn(kcal/kg)	2900				
Calcium(g/kg)	32.5				
Available phosphorus(g/kg)	2.5				

AMEn: Apparent metabolisable energy corrected to nitrogen equilibrium

¹Vitamin premix supplied the following per kilogram of diet: Vitamin A, 5000 IU; vitamin D, 1000 IU; vitamin E, 20 IU; vitamin K, 1 mg; thiamin, 2.02 mg; riboflavin, 5.40 mg; niacin 27 mg; vitamin B₆, 5.11 mg; vitamin B₁₂, 30mg; folic acid, 0.56 mg; biotin, 8 mg; ca-pantothenate, 27.3 mg

²Mineral premix provided the following per kilogram of diet: CuSO₄ · 5H₂O, 47.6 mg; MnSO₄ · H₂O, 125.6 mg; Na₂SeO₃ · 5H₂O, 0.2 mg; ZnSO₄ · 7H₂O, 264 mg.



(九)、保育豬動物試驗

廢棄蛋蛋粉於保育豬飼料之應用，將透過保育豬實際飼養試驗了解，試驗設計檢測生長速率以及飼料利用效率，並且透過採血以及腸道樣品了解廢棄蛋蛋粉對於保育豬免疫球蛋白濃度與腸道絨毛性狀之影響。

1、試驗設計

動物試驗選用 18 頭 LYD 三品種離乳仔豬，待飼養至體重 10 kg 時，逢機分為三組，分別餵飼未添加動物性蛋白質補充原料(對照組)、添加 4% 廢棄蛋蛋粉或添加 2% 血漿蛋白之飼糧 (表 2-2)。試驗期間飼料任飼與飲水任飲，試驗為期 20 天。動物試驗檢測項目為採食量、增重速率、飼料利用效率、腸道絨毛高度、腺窩深度、絨毛表面積與絨毛高度對腺窩深度之比值以及血漿之 IgA、IgG、IgM 與腸粘膜 IgA 之濃度。以上所有動物試驗之流程皆經過國立台灣大學實驗動物管理與使用委員會同意(動物實驗申請表暨同意書編號: 98 實證字第 38 號)。

2、試驗檢測項目

在試驗進行的時期紀錄採食量與體重，試驗結束時採集血液樣品，並安樂死試驗豬隻，採集腸道黏膜與組織樣品。以下為試驗操作方法。

(1)、生長速度

於試驗之初與試驗結束測定豬隻體重，以了解平均日增重，了解豬隻生長性能。

(2)、飼料利用效率

每天記錄給予飼料重，在試驗結束時秤量剩餘飼料重予以扣除，利用增重與採食量計算飼料利用效率。

$$FE = \frac{\text{Total feed intake(kg)}}{20 \text{ days weight gain(kg)}}$$

FE: Feed efficiency

(3)、腸道絨毛性狀與血液免疫指標樣品之採集

結束時，於採集血液樣品後以舒泰 50[®]，以 15 mg/kg 豬隻體重(Zoletil 50, Tiletamine and Zolazepam, Virbac Lab. Fr)進行安樂死。並分別採集 5 cm 與 10 cm 迴腸中段腸道組織，5 cm 之樣品使用磷酸鹽緩衝溶液(Phosphate-buffered saline, PBS, pH: 7.4)輕輕沖洗後，放置於 10% 福馬林

溶液中。經脫水包埋於石蠟中，薄切約 4 μm 之切片，以蘇木紫-伊紅 (Hematoxylin & Eosin) 進行染色，利用光學顯微鏡進行觀察並拍攝影像，再以圖像分析軟體 ImageJ (v.1.4 g, NIH, freeware) 進行分析，取標本中 9 條絨毛與其相鄰之腺窩進行測量，絨毛高度從腺窩口至絨毛頂部，腺窩深度為腺窩口至腺窩底部，絨毛寬度為絨毛最寬的距離，用以計算絨毛表面積，絨毛表面積為 $\pi \times \text{絨毛寬度} \times \text{絨毛高度}$ 。10 cm 之樣品使用 PBS 輕輕沖洗，使用玻片刮取腸黏膜，迅速置於液態氮 (-80°C) 中，以供日後檢測腸黏膜 IgA 之濃度 (Hou *et al.*, 2012)。以商用 ELISA 套組分析血漿 IgA、IgG、IgM 與腸黏膜 IgA 濃度 (E100-102, E100-104, E100-100, Bethyl Lab., Montgomery, TX)。

表 2-2、保育豬飼養試驗各處理組之飼料成分配方

Table 2-2. The composition of the experimental diets for weanling pig trial

	Diet ¹		
	Control	SPP	HWEM
	g/kg		
Yellow corn	612.68	629.32	609.82
Soybean meal, 454 g/kg	350.71	314.49	317.96
SPP, 755 g/kg	0	20	0
HWEM, 378 g/kg	0	0	40
Soybean oil	6.57	6.48	9.11
Dicalcium phosphate	12.18	12.24	11.05
Calcium carbonate	9.86	9.46	4.06
Iodized salt	3	3	3
Vitamin premix ²	3	3	3
Mineral premix ³	2	2	2
Total	1000	1000	1000
Calculated values			
Crude protein	209 g/kg		
Metabolizable energy	3265 kcal/kg		

¹Diets control: no animal feedstuff; SPP: spray-dried plasma protein 20 g/kg; HWEM: hatchery waste eggs meal 40 g/kg

²Vitamin premix supplied the following per kilogram of diet: Vitamin A, 4500 IU; vitamin D, 600 IU; vitamin E, 20 IU; vitamin K, 2 mg; thiamin, 4 mg; riboflavin, 14 mg; niacin 60 mg; vitamin B6, 6 mg; vitamin B12, 70 mg; folic acid, 0.56 mg; biotin, 0.2 mg; ca-pantothenate, 40 mg

³Mineral premix provided the following per kilogram of diet: CuSO₄ · 5H₂O, 42.1 mg; MnSO₄ · H₂O, 6.4 mg; Na₂SeO₃ · 5H₂O, 0.3 mg.



(十)、試驗設計與統計模式

1、處理條件最佳化預實驗

處理條件最佳化預實驗為完全逢機設計，試驗結果使用統計分析軟體 (Statistical analysis system software) SAS Institute (2009) 進行一般線性模式分析，以鄧肯氏多變域分析，進行平均值之比較 (Montgomery, 2008)。

2、處理條件最佳化主實驗

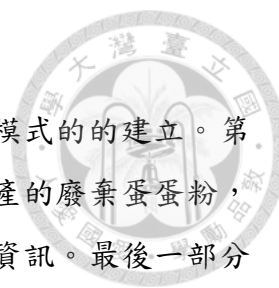
處理條件最佳化主實驗之反應曲面法採用中心複合設計 (Central Composite Design, CCD, Box and Wilson, 1951)，中心複合設計以兩因子設計為例，包含一個中心點，四個點於方格的角落，以及四個在軸上的點。此試驗設計法適合於建構二階之數學模式。試驗結果以軟體 Design Expert 7.0 Trial (State Ease Inc., Minneapolis, MN, USA) 進行模式之建立與最佳化分析。

3、產蛋雞餵飼試驗

產蛋雞餵飼試驗為完全逢機設計，試驗結果使用統計分析軟體 (Statistical analysis system software) SAS Institute (2009) 進行一般線性模式分析，以事前比較 (Priori comparisons) 之直交分析法，進行部分組別平均值之比較 (Montgomery, 2008)。

4、保育豬餵飼試驗

保育豬之生長實驗為完全逢機設計，試驗結果使用統計分析軟體 (Statistical analysis system software, SAS Institute, 2009) 進行一般線性模式分析，若 ANOVA 檢測結果具有顯著性差異 ($P < 0.05$)，再以特奇氏公正法，進行組別平均值之比較 (Montgomery, 2008)。



三、結果

本研究結果可以分為三部分，首先為處理條件最佳化模式的建立。第二部分是最佳蛋白質體外消化率做為最佳化處理條件生產的廢棄蛋蛋粉，了解其營養成份以及作為家禽與家畜飼料原料的基礎營養資訊。最後一部分則是廢棄蛋蛋粉做為產蛋雞與保育豬飼料原料之動物試驗。

(一)、處理條件最佳化模式建立

處理條件最佳化模式建立分成兩個階段，第一階段為處理條件最佳化預實驗，其目的為篩選自變數，確認自變數影響依變數，並推測其變級範圍，以利於第二階段處理條件最佳化主實驗變級範圍之規劃。第二階段試驗以中心複合設計作為反應曲面法之試驗設計，建立反應模式，以最佳的蛋白質體外消化率作為選擇依據，以陡升/陡降法依所選參數選擇處理條件作為後續試驗生產廢棄蛋蛋粉之用。

1、處理條件最佳化預實驗

將加熱時間固定為 4 h，溫度對廢棄蛋蛋粉之蛋白質體外消化率與乾物質之影響如圖 3-1a 所示。隨著溫度之上升，產品之乾物質也隨之顯著增加 ($P < 0.05$)，然而產物以 90°C 加熱處理之蛋白質體外消化率顯著低於以 75°C 處理 ($P < 0.05$)，參考以上兩個結果，將處理溫度固定於 75°C。

加熱時間對廢棄蛋蛋粉之蛋白質體外消化率與乾物質之影響如圖 3-1b 所示。產品之乾物質隨加熱時間之延長而顯著增加 ($P < 0.05$)，而且僅有 8 h 組超過 90%。雖然處理 4 h 之蛋白質體外消化率大於處理 6 與 8 h，而後兩者間差異不顯著 ($P > 0.05$)，但因 4 h 者所含之水分過高，故加熱處理時間選擇 8 h。

將處理溫度與時間固定在 75°C 與 8 h，水之添加量對廢棄蛋蛋粉之蛋白質體外消化率與乾物質之影響如圖 3-1c 所示。水之添加與否，並不影響廢棄蛋蛋粉之蛋白質體外消化率與乾物質。故額外添加水量對於試驗要檢測的指標並不產生影響，故在處理條件最佳化主實驗中，僅以加熱時間與溫度作為孵化場廢棄物處理條件。

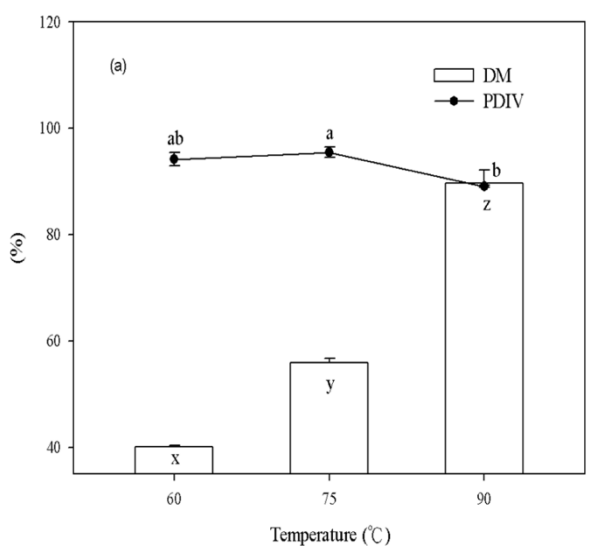


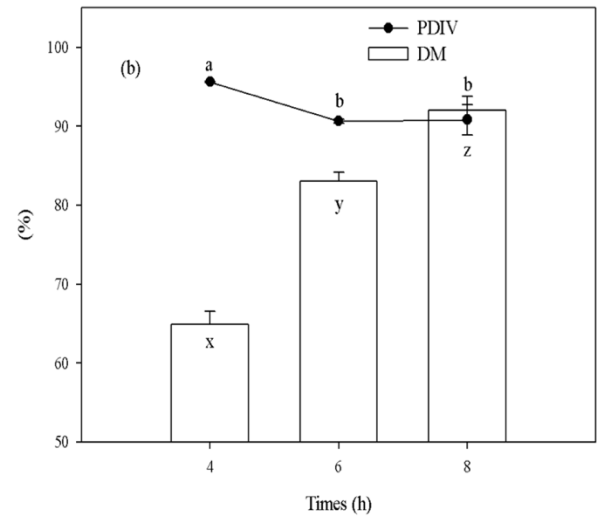
圖 3-1、(a) 加熱溫度，(b) 加熱時間或 (c) 添加水量對廢棄蛋蛋粉之蛋白質體外消化率與乾物質含量之影響。

- (a) 加熱時間為 4 h，沒有額外添加水量
- (b) 加熱溫度為 75°C，沒有額外添加水量
- (c) 加熱溫度為 75°C，加熱時間為 8 h

^{ab} 相同字母代表於蛋白質體外消化率沒有顯著差異

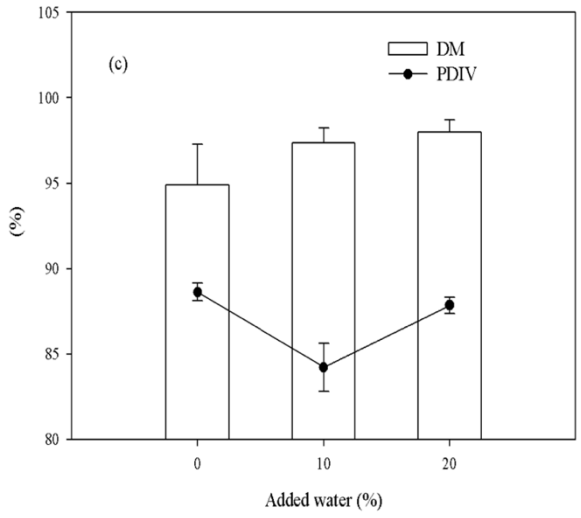
^{xyz} 相同物質代表於乾物質含量沒有顯著差異

Figure 3-1. The effect of (a) temperature, (b) time, or (c) the addition of water on the percentages of protein digestibility in vitro (PDIV) and dry matter (DM) of hatchery waste egg meal when (a) heating time was fixed for 4 h without the addition of water, (b) temperature was fixed at 75°C without the addition of water, or (c) temperature was fixed at 75°C for 8 h.



^{ab} Values with the same superscript are not significantly different in PDIV%.

^{xyz} Values with the same superscript are not significantly different in DM%.





2、處理條件最佳化主實驗

利用處理條件最佳化預實驗（以下簡稱預實驗）之結果，處理條件最佳化主實驗（以下簡稱主實驗）的自變數為加熱時間與加熱溫度，由於預實驗之處理規模為 1.5 kg，主實驗將擴大為 60 kg，若以加熱溫度與時間為 75°C 與 8 h 作為試驗之中心點，則無法得到與預實驗類似之結果。因此以 75°C、8 h 化製產物之乾物質為參考依據，測試以 60 kg 規模，加熱溫度為 70°C，需 18 h 可達到預實驗 4 h 之乾物質含量，需 24 h 能達到預實驗 8 h 類似之乾物質含量，故主實驗加熱時間之中心點為 24 h，變級為± 6 h。而主實驗的加熱溫度則以 70°C 為中心點之溫度，± 10°C 作為試驗之變級，以反應曲面法之中心複合設計 9 種化製條件組合，加熱溫度最高溫度可達 84.14°C，最低可達 55.86°C，而加熱時間最長可達 32.49 h，最短為 15.51 h，此變級範圍與預實驗類似，監測指標的區域最佳值理應包含在內。所得製品之蛋白質體外消化率、乾物質、粗蛋白質與真蛋白質之百分比、大腸桿菌以及沙門氏菌之菌數與消耗之電量如表 3-1 所示。為了瞭解產品之各項指標是如何受到處理條件之影響，必須將各項指標之反應模式化（Building mathematical model），因此根據表 3-1 之結果，以各項指標對影響產品品質之處理條件：加熱之溫度（Te）與時間（Ti），藉由軟體 Design Expert 7.0 Trial（State Ease Inc., Minneapolis, MN, USA）建立各方程式如下：

蛋白質體外消化率（Protein digestibility in vitro, PDIV）

$$\text{PDIV}\% = -46.53 + 3.28 \times \text{Te} + 3.61 \times \text{Ti} + 0.02 \times \text{Te} \times \text{Ti} - 0.03 \times \text{Te}^2 - 0.11 \times \text{Ti}^2, R^2 = 0.8838 \dots (1)$$

乾物質（Dry matter, DM）

$$\text{DM}\% = -493.88 + 10.17 \times \text{Te} + 14.67 \times \text{Ti} - 0.04 \times \text{Te} \times \text{Ti} + 0.02 \times \text{Te}^2 - 0.06 \times \text{Ti}^2, R^2 = 0.9843 \dots (2)$$

消耗電能（Energy）

$$\text{Energy (kwh)} = 197.69 - 4.18 \times \text{Te} - 2.80 \times \text{Ti} + 0.10 \times \text{Te} \times \text{Ti} - 0.06 \times \text{Te}^2 - 0.21 \times \text{Ti}^2, R^2 = 0.9909 \dots (3)$$

大腸桿菌（*E. coli*）

$$E. coli(\text{cfu/g}) = 1.39\text{E}+7 - 3.08\text{E}+5 \times \text{Te} - 1.83\text{E}+5 \times \text{Ti} + 2029.91 \times$$



$$Te \times Ti + 1698.82 \times Te^2 + 572.84 \times Ti^2, R^2 = 0.8015 \dots (4)$$

粗蛋白質 (Crude protein, CP)

$$CP\% = 39.13 - 1.29 \times Te - 0.55 \times Ti, R^2 = 0.5330 \dots (5)$$

真蛋白質 (True protein, TP)

$$TP\% = 37.73, R^2 = 0 \dots (6)$$

產品之各項指標之反應模式化後之變方分析 (analysis of variance, ANOVA) 與模式不契合度之檢定 (lack of fit test) 結果如表 3-2 所示。結果顯示除了方程式 (6) 無法模式化之外，其餘方程式除了模式化具有顯著性外，方程式(1)-(4)皆是二次反應方程式，模式存在著區域性的最佳值，而方程式(5)則是一次反應方程式，最佳解出現在變級邊界上。

由方程式(1)進行處理條件最佳化之推估，處理條件在 61°C、21 h 時 PDIV% 為最高 (91.7%)。當加熱溫度比 61°C 低時，溫度之上升與加熱時間之延長，皆有助於增加產品之 PDIV%；但當溫度比 61°C 高時，時間超過 21 h，皆會對 PDIV% 造成負面之影響 (圖 3-2)。由於飼料之成份中，蛋白質屬於價格昂貴的營養成份，因此在後續試驗評估廢棄蛋蛋粉之品質時，PDIV% 被視為主要之參考指標。

產品之 DM% 隨著溫度之提升，呈現曲面狀的增加，於 77°C、26 h 時達到最大值 100%，隨後即使再增加溫度與延長時間，對 DM% 都不再造成影響 (圖 3-3)。品質良好之飼料原料其 DM 含量關係到保存性，當水分低於 13% 時，不利於黴菌與細菌之生長 (Mugnier and Jung, 1985)。

而電量的消耗可由方程式 (3) 與圖 3-4 得知，其區域的最大值出現在圖形邊緣，電量的消耗隨著加熱溫度提升與加熱時間延長而增加，因此電量消耗最大值出現在加熱溫度最高與加熱時間最長的處理條件組合。

在試驗之初孵化場廢棄物含有沙門氏菌，但在所有樣品中皆未檢驗到沙門氏菌。因此無法建立反應模式。而大腸桿菌則建立了方程式(5)與圖 3-5，整體趨勢為加熱時間越長或加熱溫度約高，大腸桿菌的菌數就會減少，但於圖中可以看到到了某個階段其降低趨勢趨緩，區域最低值約為 1×10^5 cfu/g，而能達到此結果之處理條件非單一處理條件組合，舉例來說以方程式推算 77°C、18 h 與 65°C、23 h 皆可以使大腸桿菌數降至為 1×10^5 cfu/g。若繼續

增加溫度或延長時間，大腸桿菌數仍會降低。變級範圍內理論的最低值為 139 cfu/g。

方程式(5)與(6)分別代表粗蛋白質的反應模式與真蛋白質反應模式，粗蛋白質的含量為簡單的線性方程式，最大值出現在溫度最低與加熱時間最短的處理條件組合，也就是說其區域性的最大值出現在區域邊緣，隨著加熱溫度提升或加熱時間增長，廢棄蛋蛋粉的粗蛋白質含量漸漸降低，而真蛋白質則是無論何種處理條件組合，皆不受影響，維持一定值。

表 3-1、中心複合設計各因子之組合以及各項反應值，包括蛋白質體外消化率、乾物質、粗蛋白質、真蛋白質、消耗電能、大腸桿菌與沙門氏菌數

Table 3-1. Processing variables used in the central composite design, showing the treatment experimental responses for the percentages of protein digestibility in vitro (PDIV), dry matter (DM), crude protein (CP), and true protein (TP), electric energy, and *E. coli*, and *Salmonellas* spp. Counts

Runs	Coded set levels		Actual levels		PDIV (%)	DM (%)	Electric energy ^c	CP%	TP%	<i>E. coli</i> (10 ⁵ cfu/g)	<i>Salmonellas</i> spp.
	X ₁	X ₂	X ₁ ^a	X ₂ ^b							
1	1	-1	80	18	77.99	78.71	87.0	38.14	38.09	2.1	None
2	1	1	80	30	75.75	98.12	118.5	38.05	37.59	1.3	None
3	-1.414	0	55.86	24	93.71	66.53	67.8	40.51	37.41	135.0	None
4	-1	1	60	30	80.29	85.85	77.3	38.91	38.04	30.1	None
5	0	0	70	24	88.51	95.26	85.5	38.71	37.62	13.4	None
6	-1	-1	60	18	90.41	56.26	70.5	41.53	38.50	125.0	None
7	0	1.414	70	32.49	79.65	95.12	95.3	40.40	38.33	7.0	None
8	1	1	80	30	73.75	97.23	119.0	37.52	37.20	1.3	None
9	-1.414	0	55.86	24	90.09	66.87	69.0	40.78	37.33	70.9	None
10	-1	1	60	30	80.27	86.89	76.0	38.48	37.15	39.3	None
11	-1	-1	60	18	89.94	59.04	73.0	38.71	37.27	107.0	None
12	0	-1.414	70	15.51	85.86	59.50	70.8	41.91	38.85	192.0	None
13	0	0	70	24	88.62	92.26	89.8	37.80	37.48	10.2	None
14	1.414	0	84.14	24	74.61	95.22	116.8	38.01	37.81	1.6	None
15	0	1.414	70	32.49	76.33	96.51	96.0	37.42	37.07	1.7	None
16	0	1.414	70	32.49	76.28	97.49	94.5	38.10	37.73	1.1	None
17	1.414	0	84.14	24	75.85	96.55	115.0	37.94	37.63	4.4	None
18	0	-1.414	70	15.51	84.60	66.17	69.8	40.64	37.16	29.3	None
19	1	-1	80	18	86.93	80.15	88.0	38.61	38.18	7.5	None
20	-1.414	0	55.86	24	90.59	69.94	71.5	42.12	37.66	156.0	None
21	0	-1.414	70	15.51	84.60	60.10	71.8	40.32	38.81	154.3	None
22	1.414	0	84.14	24	74.66	97.77	112.0	38.16	37.46	0.1	None
23	0	0	70	24	89.40	94.44	88.5	38.71	37.40	2.3	None
24	-1	1	60	30	80.77	84.38	76.5	39.68	38.37	21.6	None
25	1	-1	80	18	77.49	83.68	90.5	37.67	36.28	2.5	None
26	1	1	80	30	76.75	98.62	115.3	38.16	38.04	1.4	None
27	-1	-1	60	18	88.98	60.69	72.3	39.60	37.15	156.6	None

^a Temperature (°C)

^b Time (h)

^c kwh/60 kg Hatchery waste eggs

表 3-2、迴歸模式之變方分析

Table 3-2. Analysis of variance for model regression

Response	Source of variation	Sum of squares	Degree of freedom	Mean square	F-value	P-value
Protein digestibility in vitro (%)	Model	914.91	5	182.98	31.96	<0.0001
	Residual	120.25	21	5.73		
	Lack of fit	40.25	3	13.42	3.02	0.0568
	Pure error	80.00	18	4.44		
	Total	1035.16	26			
Dry matter (%)	Model	5922.05	5	1184.41	263.22	<0.0001
	Residual	94.49	21	4.50		
	Lack of fit	22.13	3	7.38	1.84	0.1769
	Pure error	72.36	18	4.02		
	Total	6016.55	26			
Energy (kwh/60 kg HWEs ^a)	Model	7976.64	5	1595.33	456.42	<0.0001
	Residual	73.40	21	3.50		
	Lack of fit	23.03	3	7.68	2.74	0.0734
	Pure error	50.37	18	2.80		
	Total	8050.04	26			
<i>E. coli</i> (cfu/g)	Model	1.86E+12	5	3.71E+11	16.96	<0.0001
	Residual	4.60E+11	21	2.19E+10		
	Lack of fit	7.29E+11	3	2.43E+10	1.13	0.3634
	Pure error	3.87E+11	18	2.15E+10		
	Total	2.32E+12	26			
CP ^b (%)	Model	27.39	5	13.69	13.69	0.0001
	Residual	24.00	21	1.00		
	Lack of fit	10.05	3	1.67	2.16	0.0959
	Pure error	13.95	18	0.78		
	Total	51.38	26			
TP ^c (%)	Model	0.00	0			
	Residual	366.53	26	14.10		
	Lack of fit	92.90	8	11.61	0.76	0.6381
	Pure error	273.63	18	15.20		
	Total	336.53	26			

^a Hatchery waste eggs

^b Crude protein

^c True protein

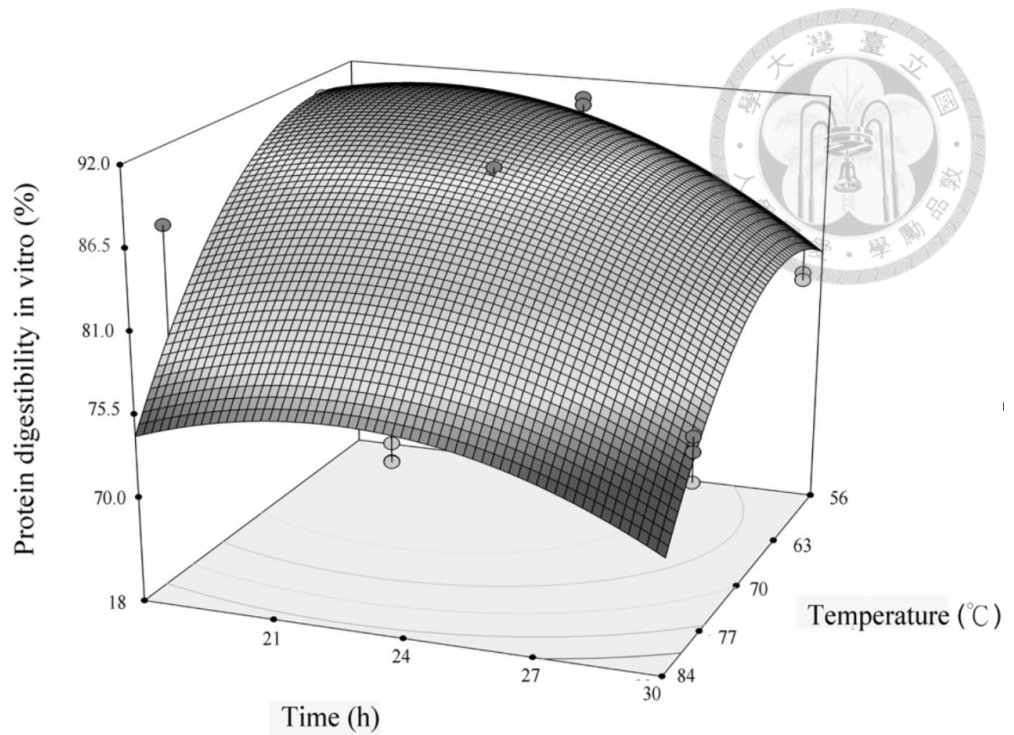


圖 3-2、加熱溫度與時間對於廢棄蛋蛋粉之蛋白質體外消化率之影響

Figure 3-2. Response surface plot for the effect of temperature and time on the protein digestibility in vitro of hatchery waste egg meal.

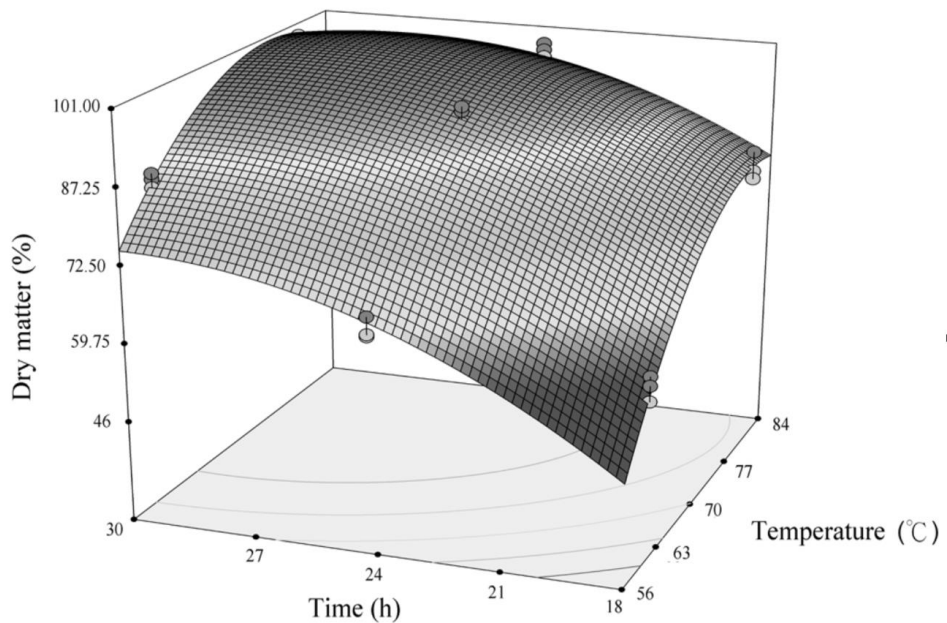


圖 3-3、加熱溫度與時間對於廢棄蛋蛋粉之乾物質含量之影響

Figure 3-3. Response surface plot for the effect of temperature and time on the percentage of dry matter of hatchery waste egg meal.

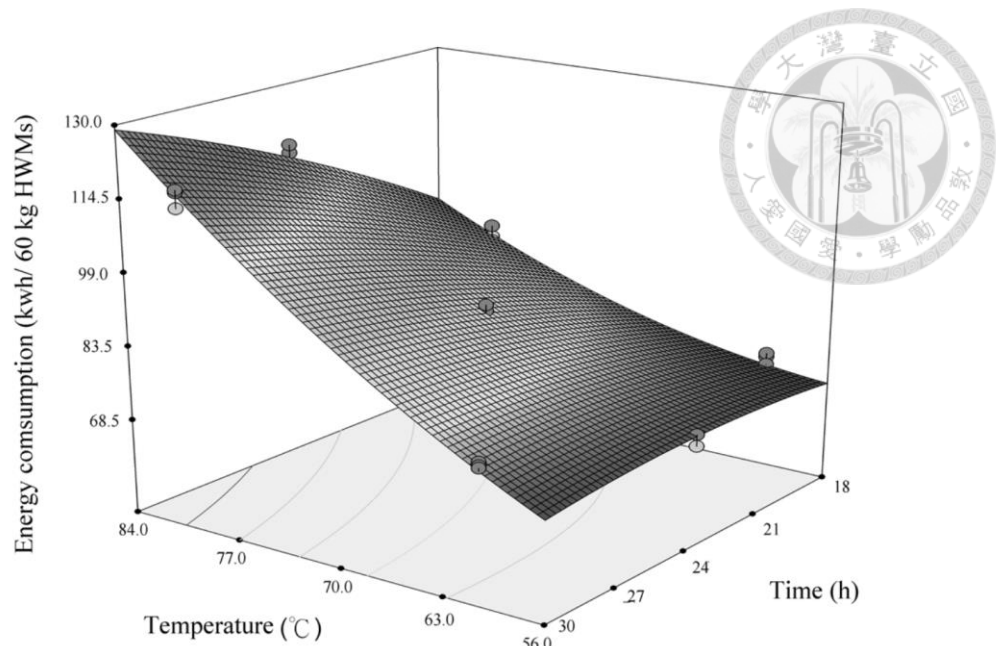


圖 3-4、加熱溫度與時間對於廢棄蛋蛋粉之化製過程電能消耗之影響

Figure 3-4. Response surface plot for the effect of temperature and time on electric energy consumption.

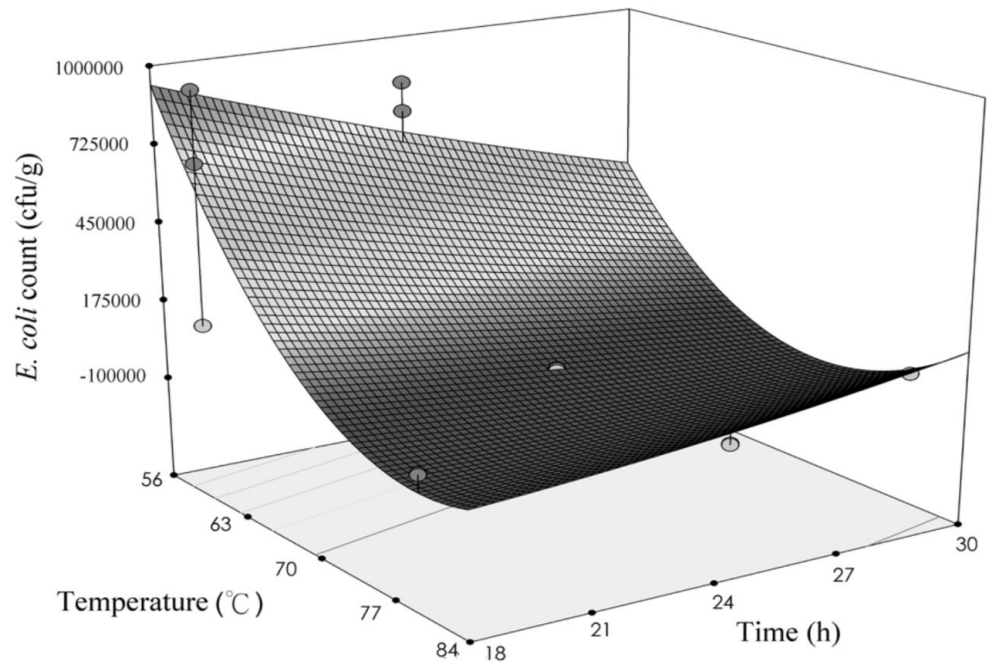


圖 3-5、加熱溫度與時間對於廢棄蛋蛋粉之大腸桿菌數量 (cfu/g) 之影響

Figure 3-5. Response surface plot for the effect of temperature and time on the E. coli count (cfu/g) of hatchery waste egg meal.



(二)、孵化場廢棄物與廢棄蛋蛋粉之營養成份分析

此章節可分為四個部分，首先為 16 批次孵化場廢棄物與廢棄蛋蛋粉之營養成份分析，了解不同批次孵化場廢棄物所生產之廢棄蛋蛋粉其數值變異程度，第二部分以及第三部分則是廢棄蛋蛋粉應用於家禽與家畜飼料需要了解之基礎資訊，最後一部分則是廢棄蛋蛋粉的儲存試驗。

1、孵化場廢棄物與廢棄蛋蛋粉之近似分析與鈣磷分析結果

表 3-3 為孵化場廢棄物之近似分析與鈣磷分析結果，表中共有三個時期、16 批次孵化場廢棄物，平均而言其乾物質含量為 31.0%，粗蛋白質含量為 14.5%，灰分含量為 6.0%，粗脂肪含有 6.7%，鈣和磷之含量分別為 5.3 與 0.6%。而孵化場廢棄物的批次間含量變異情況，乾物質、粗蛋白質與磷之變異係數皆低於 10%，含量相對穩定。而粗脂肪、灰分以及鈣含量之變異係數高於 10%，含量變異較大，其中以粗脂肪之差異最大，達到 22.1%。表 3-4 則為廢棄蛋蛋粉之近似分析結果，乾物質含量達 88.3%，粗蛋白含量為 38.0%，灰分為 27.8%，粗脂肪為 23.2%，鈣與磷之含量分別為 14.6 與 1.6%。由於廢棄蛋蛋粉之乾物質含量為模式設定之參數，計算目標皆為 87%，因此其變異極低，除乾物質外，粗蛋白質、粗脂肪、鈣與磷之變異係數皆低於 10%，含量變異較低，僅粗脂肪含量變異較大，達 15.5%。

2、廢棄蛋蛋粉作為產蛋雞飼料應用之基礎資料

本研究結果檢測了產蛋雞之氮矯正表面代謝能、氮矯正真代謝能、能量、粗蛋白質、粗脂肪、乾物質、鈣、磷與胺基酸之消化率，以下為檢驗結果。

(1)、氮矯正表面代謝能、氮矯正真代謝能與各營養物質之消化率

利用性成熟雄蛋雞檢測廢棄蛋蛋粉所得之 AMEn 與 TMEn 如表 3-5，分別為 3378.4 與 3632.4 kcal/kg (以乾基為基礎)。而廢棄蛋蛋粉之營養成份組成以及雌蛋雞與雄蛋雞之消化率數值如表 3-5 所示。廢棄蛋蛋粉樣品為 7 批次廢棄蛋蛋粉等量混合而成，乾物質含量為 88.8%，粗蛋白質含量為 39.3%，粗脂肪含量為 25.6%，鈣與磷含量為 14.6 與 1.6%。而能量、粗蛋白質、粗脂肪、乾物質、鈣與磷之表面消化率，雌蛋雞分別為 87.9、88.6、77.8、85.7、90.2 與 62.5%，而雄蛋雞 82.1、78.5、60.1、74.5、40.3 與 37.2%。雄蛋雞各方面消化率皆顯著低於雌蛋雞者 ($P <$



0.05)，其中鈣與磷之消化率差異較大。

(2)、胺基酸消化率

廢棄蛋蛋粉之胺基酸組成及其消化率如表 3-6 所呈現，必需胺基酸中在玉米-豆粕之基礎飼糧中為第一以及第二限制胺基酸之甲硫胺酸與離胺酸之含量分別為 2.3 與 5.1% (as protein)，而消化率分別為 95.4 與 92.4%，其餘必需胺基酸之含量如表 3-6 介於 1.8-7.4% (as protein)，而消化率介於 85.2-92.6%。非必需胺基酸的含量也於表 3-6，介於 3.08-11.83% (as protein)，消化率為 81.2-91.3%。

3、廢棄蛋蛋粉作為保育豬與生長豬飼料應用之基礎資料

需要了解的基礎資料有廢棄蛋蛋粉之近似分析與鈣磷的含量，同時需要檢測可消化能與營養成份消化率做為飼料配製的參考，同時檢測表面迴腸胺基酸消化率做為評估蛋白質補充原料之依據。

(1)、廢棄蛋蛋粉於之近似分析與鈣磷含量

廢棄蛋蛋粉營養分近似分析與鈣磷含量如表 3-7 所示，此樣品為 6 批廢棄蛋蛋粉等量均勻混合而成，採樣進行分析，其含量分別為粗蛋白質為 37.8%，粗脂肪為 27.1%，鈣含量為 15.8%，磷含量為 1.6%，乾物質為 88.1%。以此樣品檢測總能為 4082.4 kcal/kg。

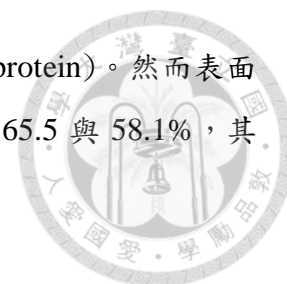
(2)、廢棄蛋蛋粉各營養成份於保育豬與生長豬消化率以及表面可消化能

營養成份消化率試驗的結果如表 3-7 所示。廢棄蛋蛋粉於保育豬之能量、乾物質、粗蛋白質、脂質、鈣與磷之消化率分別為 64.4、55.3、36.3、58.0、55.1 與 60.3%。生長豬之能量、乾物質、粗蛋白質、脂質、鈣與磷之消化率分別為 89.1、90.5、87.5、86.8、77.2 與 75.3%。生長豬對廢棄蛋蛋粉營養成份之消化率皆顯著高於保育豬 ($P < 0.05$)。而保育豬與生長豬之表面可消化能分別為 2629.1 與 3637.4 kcal/kg。

(3)、胺基酸表面迴腸可消化率

保育豬對廢棄蛋蛋粉之各胺基酸含量以及表面迴腸可消化率如表 3-8，在必需胺基酸中離胺酸與甲硫胺酸含量分別為 5.3 以及 2.1% (as protein)，其他以白胺酸含量 7.7% (as protein) 較高，其餘介於 1.9-5.7% (as protein)。而非必需胺基酸含量則是以麩胺酸含量最高為 12.3% (as protein)。

protein)，其餘非必需胺基酸含量則介於 3.2-8.4% (as protein)。然而表面迴腸可消化率則是以色胺酸與半胱胺酸較高，分別為 65.5 與 58.1%，其餘胺基酸之表面迴腸可消化率介於 9.0-35.0% 之間。



4、廢棄蛋蛋粉之儲存試驗

經過 30 天常溫存放之廢棄蛋蛋粉，其過氧化價與酸價之結果顯著大於存放 7 天與剛製作完成時 ($P < 0.05$)。而剛製作完成與存放 7 天之廢棄蛋蛋粉之過氧化價與酸價之間無顯著差異 ($P > 0.05$)。而第一批次與第二批次廢棄蛋蛋份之間，無論存放時間長短，於過氧化價與酸價，批次之間皆無顯著差異。

表 3-3、16 批次孵化場廢棄物近似分析

Table 3-3. Approximate analysis of 16 batches of hatchery waste eggs

	HWEs S1 n=3	HWEs S2 n=7	HWEs S3, n=6	Mean n=16	CV
			%		
DM	30.6 ± 0.4	31.2±1.2	30.9±1.6	31.0±1.3	4.2
CP	14.2 ± 0.7	15.0±1.2	13.9±1.1	14.5±1.1	7.7
Ash	5.9 ± 0.5	6.2±0.7	5.8±0.7	6.0±0.7	11.4
Lipid	6.2 ± 1.9	7.0±2.0	6.6±1.0	6.7±1.6	22.1
Ca	5.1 ± 0.4	5.5±0.9	5.0±0.6	5.3±0.7	14.0
P	0.5 ± 0.02	0.6±0.01	0.7±0.02	0.6±0.02	2.4

HWEs: Hatchery waste eggs; DM: Dry matter; CP: Crude protein; CV: Coefficient of variation

表 3-4、16 批次廢棄蛋蛋粉近似分析結果

Table 3-4. Approximate analysis of 16 batches of hatchery waste egg meal

	HWEM S1, n=3	HWEM S2, n=7	HWEM S3, n=6	Mean n=16	CV
			(%)		
DM	88.5 ± 1.4	88.1 ± 0.7	88.6 ± 1.3	88.3 ± 1.0	1.1
CP	38.3 ± 2.3	38.2 ± 2.1	37.8 ± 2.3	38.0±2.2	5.8
Ash	26.7 ± 0.7	27.8 ± 4.3	27.9 ± 4.9	27.8±4.3	15.5
Lipid	21.5 ± 2.4	23.6 ± 2.2	23.2 ± 2.0	23.2±2.1	9.1
Ca	14.3 ± 2.1	15.0 ± 0.8	14.1 ± 0.5	14.6±0.8	5.2
P	1.5 ± 0.05	1.6 ± 0.02	1.7 ± 0.02	1.6±0.02	1.4

HWEM: Hatchery waste egg meal; DM: Dry matter; CP: Crude protein; CV: Coefficient of variation

表 3-5、廢棄蛋蛋粉之化學組成與各營養成份於蛋雞之消化率

Table 3-5 The chemical composition and in vivo digestibility of hatchery waste egg meal by laying hen and cockerel

	Chemical composition ¹	In vivo digestibility ¹	
		Female	Male
		n	
		10	10
	(%)		
Dry matter	88.8 ± 0.3	85.7 ± 4.6 ^a	74.5 ± 5.4 ^b
Crude protein	39.3 ± 0.8	88.6 ± 4.1 ^a	78.5 ± 3.3 ^b
Fat	25.6 ± 2.2	77.8 ± 3.7 ^a	60.1 ± 2.3 ^b
Calcium	14.6 ± 0.5	90.2 ± 2.5 ^a	40.3 ± 2.1 ^b
Phosphorus	1.6 ± 0.02	62.5 ± 1.9 ^a	37.2 ± 3.9 ^b
Gross energy (kcal/kg)	4257.1 ± 95.0	87.9 ± 3.5 ^a	82.1 ± 2.0 ^b
AMEn (kcal/kg, n=7)		-	3378.4 ± 91.1
TMEn (kcal/kg, n=7)		-	3632.4 ± 95.6

AMEn: Apparent metabolizable energy corrected to nitrogen equilibrium

TMEn: True metabolizable energy corrected to nitrogen equilibrium

¹Means ± standard error, as dry matter.

^{a,b} Values within a row with different superscripts differ significantly at $P < 0.05$.

表 3-6、廢棄蛋蛋粉於雌產蛋雞之胺基酸消化率

Table 3-6 The composition and in vivo digestibility of amino acids in hatchery waste egg meal for female laying hen



	Content ^a % as protein	digestibility ^b %		Content ^a % as protein	digestibility ^b %
Essential amino acid			Non-essential amino acid		
Lysine	5.1 ± 0.5	95.4 ± 5.3	Tyrosine	3.1 ± 0.3	91.3 ± 6.5
Methionine	2.3 ± 0.3	92.4 ± 4.2	Alanine	5.1 ± 0.3	89.2 ± 3.1
Threonine	3.6 ± 0.3	89.3 ± 2.3	Proline	4.9 ± 0.3	85.2 ± 3.7
Leucine	7.4 ± 0.8	85.3 ± 3.2	Glycine	3.3 ± 0.3	89.4 ± 2.8
Isoleucine	4.5 ± 0.4	88.7 ± 2.1	Serine	5.7 ± 0.8	84.2 ± 3.2
Phenylalanine	3.1 ± 0.5	90.3 ± 3.9	Cysteine	4.9 ± 0.5	86.9 ± 4.5
Tryptophan	2.9 ± 0.1	88.2 ± 2.0	Glutamine acid	11.8 ± 1.3	83.1 ± 4.4
Arginine	2.1 ± 0.3	91.2 ± 1.5	Asparagine	8.1 ± 1.5	81.2 ± 5.3
Valine	5.5 ± 0.5	85.2 ± 3.9			
Histidine	1.8 ± 0.3	92.6 ± 3.1			

^aMeans±standard error; as dry matter; n=1 repeat 3 times

^bMeans±standard error; as dry matter; n=10

表 3-7、廢棄蛋蛋粉之化學組成與保育豬與生長豬之消化率與可消化能

Table 3-7. The chemical composition and ileal apparent digestibility of hatchery waste egg meal in weanling and growing pig

	HWEM ¹	Weanling pig	Growing pig
	Composition (%)	Digestibility (%)	
Crude protein	37.8 ± 0.8	36.3 ^b	87.5 ^a
Fat	27.1 ± 1.8	58.0 ^b	86.8 ^a
Calcium	15.8 ± 0.4	55.1 ^b	77.2 ^a
Phosphorus	1.6 ± 0.02	60.3 ^b	75.3 ^a
Dry matter	88.1 ± 0.2	55.3 ^b	90.5 ^a
Energy	-	64.4 ^b	89.1 ^a
Energy (kcal/kg)	4082.4 ± 115	2629.1	3637.4

¹Means ± standard error; as dry matter; from seven batch

^{a,b} Values within a row with different superscripts differ significantly at $P < 0.05$.

表 3-8、廢棄蛋蛋粉於保育豬之胺基酸表面迴腸消化率

Table 3-8. The apparent ileal digestibility and content of amino acid in hatchery waste egg meal in weanling pigs



	Content ^a	Ileal digestibility ^b		Content ^a	Ileal digestibility ^b
	% as protein	%		g/kg	%
Essential amino acid			Non-essential amino acid		
Lysine	5.3 ± 0.6	27.5 ± 13.6	Proline	4.7 ± 0.3	30.8 ± 5.3
Methionine	2.1 ± 0.3	24.4 ± 21.9	Alanine	5.3 ± 0.8	28.4 ± 10.8
Tryptophan	3.0 ± 0.3	65.5 ± 9.2	Tyrosine	3.2 ± 0.6	29.4 ± 10.4
Threonine	3.7 ± 0.5	22.1 ± 5.2	Asparagine	8.4 ± 0.9	23.1 ± 10.6
Histidine	1.9 ± 0.4	24.8 ± 6.7	Glutamic acid	12.3 ± 1.1	24.7 ± 14.3
Isoleucine	4.7 ± 0.7	28.6 ± 14.6	Cysteine	5.1 ± 0.7	58.1 ± 2.2
Leucine	7.7 ± 0.9	34.4 ± 12.9	Serine	5.9 ± 0.6	11.4 ± 10.4
Phenylalanine	3.2 ± 0.3	26.8 ± 16.8	Glycine	3.5 ± 0.3	8.7 ± 6.4
Arginine	5.5 ± 0.7	26.8 ± 11.6			
Valine	5.7 ± 0.7	31.7 ± 10.0			

^aMeans±standard error; as dry matter; n=1 repeat 3 times

^bMeans±standard error; as dry matter; n=6

表 3-9、儲存時間對廢棄蛋蛋粉過氧化價與酸價之影響

Table 3-9. Effect of storage time on peroxide value and acid value of HWEM

	HWEM ¹ S2, n=7	HWEM ¹ S3, n=6	Mean ¹ n=14
POV 1d	7.7 ± 0.5 ^a	8.5 ± 0.4 ^a	8.1 ± 0.5 ^a
POV 7d	8.2 ± 0.8 ^a	8.9 ± 0.9 ^a	8.5±0.9 ^a
POV 30d	11.8 ± 1.0 ^b	10.1 ± 0.5 ^b	11.0±0.8 ^b
AV 1d	0.5 ± 0.05 ^x	0.4 ± 0.08 ^x	0.5±0.6 ^x
AV 7d	0.6 ± 0.12 ^x	0.6 ± 0.09 ^x	0.6±0.1 ^x
AV 30d	0.8 ± 0.10 ^y	0.7 ± 0.12 ^y	0.8±0.11 ^y

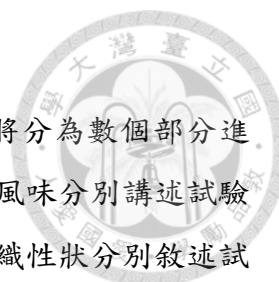
HWEM: Hatchery waste egg meal; POV: Peroxide value; AV: Acid value

¹Means±standard error

^{a,b} POV values within a column with different superscripts differ significantly at $P < 0.05$.

^{x,y} AV values within a column with different superscripts differ significantly at $P < 0.05$.





(三)、產蛋雞與保育豬之廢棄蛋蛋粉飼養試驗

廢棄蛋蛋粉應用於產蛋雞與保育豬飼料之試驗結果將分為數個部分進行評估。產蛋雞試驗將分為生產性能、蛋的品質以及蛋的風味分別講述試驗結果。而保育豬試驗則以生長性能、免疫指標以及腸道組織性狀分別敘述試驗之結果。

1、廢棄蛋蛋粉於產蛋雞飼養試驗

本試驗比較產蛋雞之生產性能、蛋的品質以及蛋的風味，經 18 週餵飼 2% 魚粉組，以及添加 0、4、8、12% 廢棄蛋蛋粉組之試驗之結果如下。

(1)、生產性能評估

產蛋雞於 23-41 週體重變化結果如圖 3-6，各試驗組之間並無顯著差異 ($P > 0.05$)。廢棄蛋蛋粉之添加量與蛋雞體重也未呈現線性效應 ($P > 0.05$)。另一方面，週產蛋率、週採食量與飼料利用效率等產蛋性能(表 3-10)，不論是添加 2% 魚粉組與添加廢棄蛋蛋粉組比較，或是有無添加廢棄蛋蛋粉組別之間的比較皆無顯著差異 ($P > 0.05$)。各項產蛋性能數據與添加廢棄蛋蛋粉濃度之間也未呈現線性之關係 ($P > 0.05$)。

(2)、蛋品質評估

蛋品質之結果於表 3-10，添加 2% 魚粉與添加廢棄蛋蛋粉在蛋重與蛋黃重無顯著差異 ($P > 0.05$)，同時有無添加廢棄蛋蛋粉對蛋重與蛋黃重也無顯著之影響 ($P > 0.05$)，添加廢棄蛋蛋粉濃度不同也未呈現線性效應 ($P > 0.05$)。蛋殼強度在添加廢棄蛋蛋粉組顯著大於未添加廢棄蛋蛋粉與添加 2% 魚粉組 ($P < 0.05$)，廢棄蛋蛋粉之添加濃度間對於蛋殼強度並未有顯著之線性關係 ($P > 0.05$)。因此添加廢棄蛋蛋粉於蛋雞飼料，對蛋的品質無負面的影響，對蛋殼強度有提升之作用。

(3)、蛋風味評估

蛋之官能品評結果如圖 3-7，在收集的 180 份問卷中，2% 魚粉組感受到異味有 4 份(2.2%)，廢棄蛋蛋粉添加 0、4、8、12% 組分別為 6 份(3.3%)、7 份(3.8%)、4 份(2.2%)、5 份(2.7%)，察覺得比例皆不高。而喜好程度為 2% 魚粉組 1.3 分，廢棄蛋蛋粉添加 0、4、8、12% 組分別為 1.2、1.2、1.1、1.3 分。(1 分為不影響風味，2 分為有異味但可以接受，3 分為些微

的不喜歡，4 分為不喜歡，5 分為極度厭惡)。整體而言本次試驗所有組別風味並沒有因為添加物不同而產生改變。



2、保育豬廢棄蛋蛋粉飼養試驗

本試驗結果為比較未添加動物性蛋白質補充原料與 2%血漿蛋白組以及 4%廢棄蛋蛋粉組，於生長性能、免疫指標與腸道絨毛性狀之比較。

(1)、生長性能評估

保育豬生長性能如表 3-11 所示，三個試驗組無論是未添加動物性蛋白原料或 2%血漿蛋白添加組，甚至是 4%廢棄蛋蛋粉添加組，其採食量、平均日增重與飼料利用效率於各組之間沒有顯著差異存在 ($P > 0.05$)。

(2)、免疫球蛋白指標與腸道絨毛性狀

免疫球蛋白檢驗之結果詳列於表 3-12，血液中之 IgM 與 IgG 濃度以 2%血漿蛋白組者顯著高於對照組者與 4%廢棄蛋蛋粉添加組者 ($P < 0.05$)，而在血液與腸黏膜 IgA 濃度則是以 2%血漿蛋白添加組者與 4%廢棄蛋蛋粉添加組者顯著較對照組者為高 ($P < 0.05$)，但在 2%血漿蛋白添加組者與 4%廢棄蛋蛋粉添加組者之間則差異不顯著。腸道絨毛性狀部分，在絨毛高度、腺窩深度、絨毛表面積與絨毛高度對腺窩深度的比值，雖然各組間皆無顯著差異存在 (表 3-13, $P > 0.05$)，但是 4%廢棄蛋蛋粉添加組無論是絨毛高度 ($P = 0.1$) 還是絨毛高度對腺窩深度的比值 ($P = 0.09$) 都有最佳的趨勢。

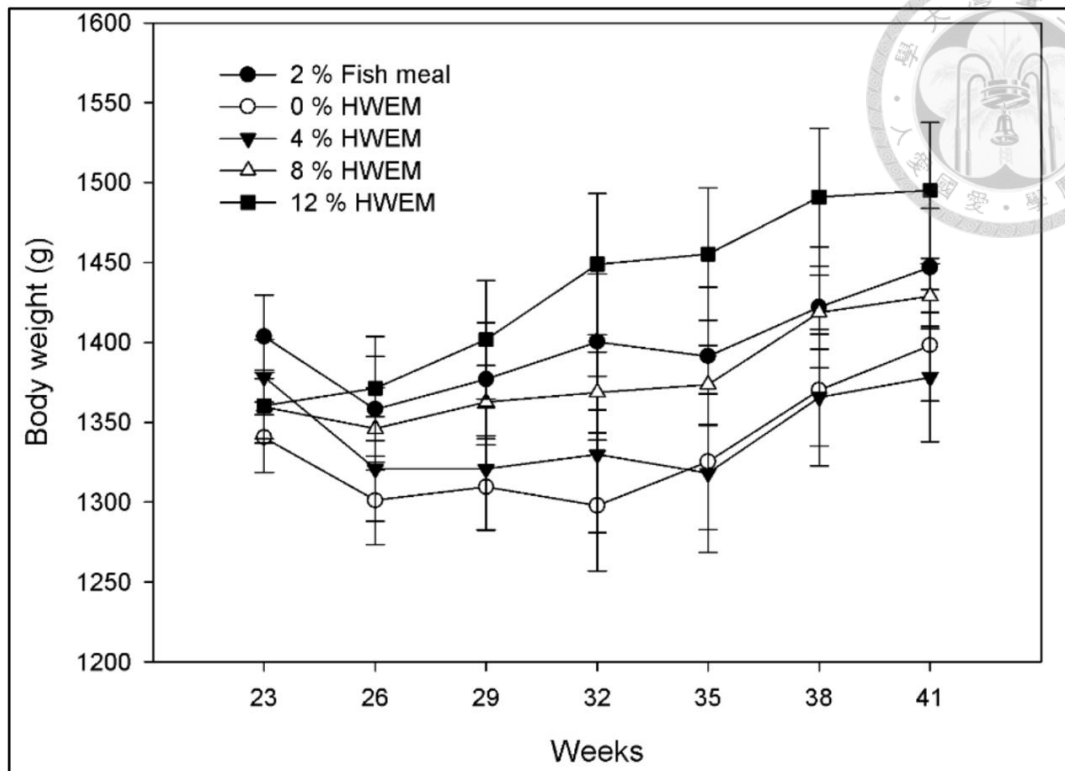


圖 3-6、23-41 週蛋雞體重變化圖。

Figure 3-6 The body weight of laying hen during 23 to 41 weeks (n = 20).

HWEM: hatchery waste egg meal.

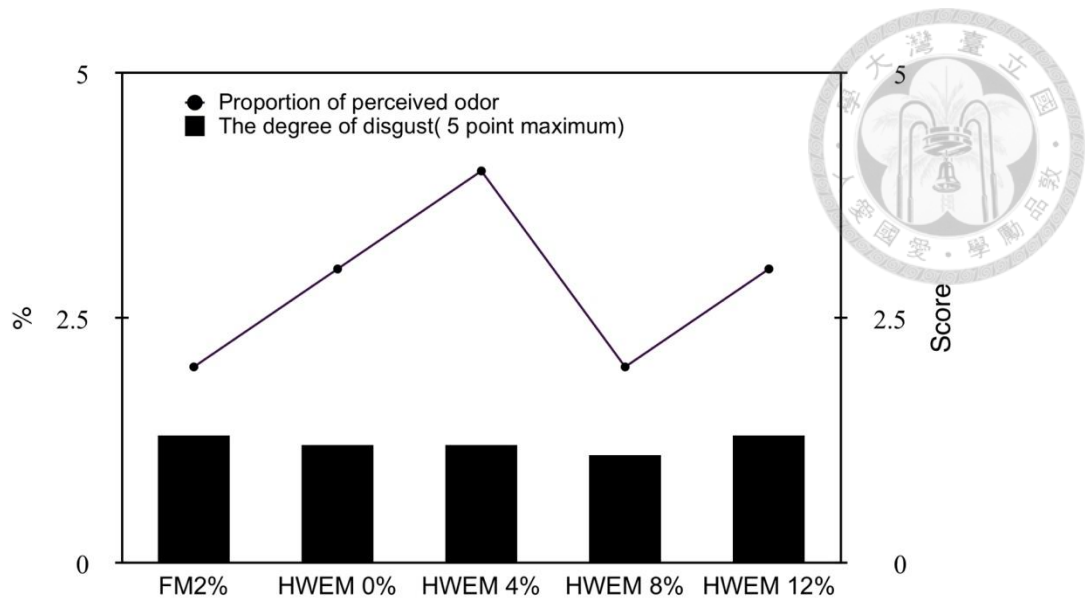
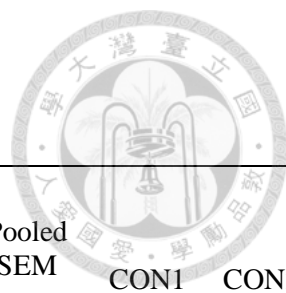


圖 3-7、蛋之官能品評結果 (問卷為 180 份)

Figure 3-7 The result of sensory analysis of eggs (180 questionnaire).

表 3-10、各處理組之產蛋性能與蛋品質

Table 3-10 The laying performance and quality of eggs



	FM		HWEM			Pooled SEM	CON1	CON2	CON3
	2	0	%						
			4	8	12				
Egg production of layers									<i>P</i> -value
Weekly intake(g/hen)	603.5	590.3	572.0	629.7	673.3	50.64	0.12	0.44	0.09
Laying rate (eggs/hen/week)	6.2	6.1	6.0	6.2	6.3	0.51	0.65	0.56	0.34
Feed efficiency (eggs weight/intake)	0.55	0.59	0.54	0.56	0.55	0.05	0.34	0.31	0.55
Egg quality									
Egg weight (g)	53.99	56.67	51.4	54.16	54.28	4.35	0.73	0.45	0.56
Yolk weight ratio (%)	28.27	28.14	28.78	29.32	28.42	0.01	0.73	0.45	0.84
Shell strength (kg/cm ²)	2.45	2.57	2.79	2.75	2.76	0.11	< 0.01	< 0.01	0.32

FM: Fish meal

HWEM: Hatchery waste egg meal

CON1: Contrast FM vs. HWEM

CON2: Contrast 0% vs. 4, 8 and 12%

CON3: Contrast 0, 4, 8, 12% Linear

表 3-11、保育豬之生長性能

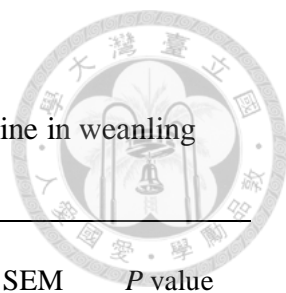
Table 3-11. The growth performance in weanling pigs.

	Control	SPP 2%	HWEM 4%	Pooled SEM	P value
N	6	6	6		
Initial body weight (kg)	10.1	10.2	10.2	0.2	0.8
Final body weight (kg)	21.4	21.2	21.7	0.8	0.6
Feed intake (kg)	23.1	25.1	24.9	1.3	0.4
Daily weight gain (kg/day)	0.58	0.56	0.57	0.03	0.6
Feed efficiency	0.49	0.44	0.46	0.4	0.8

HWEM: Hatchery waste egg meal

表 3-12. 保育豬血漿與小腸黏膜免疫球蛋白濃度

Table 3-12. The concentration of immunoglobulin in plasma or intestine in weanling pigs



	Control	SPP 2%	HWEM 4%	Pooled SEM	<i>P</i> value
mg/L					
Plasma					
IgM	3.38 ^b	5.58 ^a	3.52 ^b	0.37	< 0.05
IgG	16.71 ^b	20.72 ^a	17.63 ^b	0.79	< 0.05
IgA	4.17 ^b	6.53 ^a	5.74 ^a	0.45	< 0.05
Intestine					
IgA	2.10 ^b	4.76 ^a	4.41 ^a	0.38	< 0.05

^{ab} Values followed by the same letter in a row are not significantly different from each other at $P = 0.05$.

HWEM: Hatchery waste egg meal; SPP: Spray-dried plasma protein

表 3-13. 保育豬小腸絨毛性狀

Table 3-13. The villus structure of small intestine in weanling pigs

	Control	SPP 2%	HWEM 4%	Pooled SEM	P value
n	6	6	6		
Villus height (μm)	468.5	562.3	568.3	95	0.10
Depth of crypt (μm)	121.9	138.2	128.9	15	0.45
Villus area (mm^2)	53.1	75.9	69.0	18	0.25
Ratio of villus height to depth of crypt	3.84	4.06	4.40	0.5	0.09

HWEM: Hatchery waste egg meal; SPP: Spray-dried plasma protein

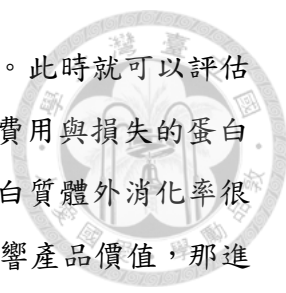


四、討論

本研究建立孵化場廢棄物經過熱處理為廢棄蛋蛋粉之模式，選擇以較佳之蛋白質體外消化率，較低之電能消耗，水分低於 13%，進而選擇以 65°C，23 h 作為孵化場廢棄物之處理條件，生產出廢棄蛋蛋粉。進一步的去了解廢棄蛋蛋粉作為家禽或家畜飼料原料使用之基礎資訊。最後進行動物試驗驗證產品品質與其應用狀況。除了試驗結果外，仍有許多問題需要更進一步討論。討論分為五個部分，首先對於模式之應用與通用性進行探討；第二部分評估廢棄蛋蛋粉作為一個蛋白質補充原料之價值；第三部分與第四部分則是評估廢棄蛋蛋粉用於產蛋雞飼料與保育豬飼料之優缺點；最後則是進行成本與經濟效益之評估。

(一)、孵化場廢棄物處理條件最佳化模式之應用

本研究最重要的發現為孵化場廢棄物之處理可建立線性之反應模式，並可多方面評估產物之品質指標，提供彈性且多方面評估之處理模式選擇參考。本研究之最佳化模式建立後，依最高之蛋白質體外消化率進行處理條件的篩選，搭配其他條件得出 65°C、23 h 的加熱處理組合。然而，這只是單一處理組合，符合當下所訂立之需求，基本上本研究所建立的是一整套模組，可提供多樣化之需求選擇，快速提供處理條件作為參考指標，不追求單一指標最佳解，而是多項指標妥協的結果。因此，此模組可彈性的探討各項指標之間的取捨。舉例來說，台灣之電價除了有農牧用電外，還有離峰時段較低的電費，若將這條件加入討論，最低電價的討論可能就會受到加熱時間影響。假設希望在離峰時段將產品完成，可能就要縮短加熱時間，若產品必須堅持 87% 的乾物質，加熱時間縮短勢必會影響到加熱溫度，以本次試驗之趨勢，加熱溫度須要提升才能在有效降低加熱時間，同時可以達到乾物質所設定的標準。然而在本次試驗的結果也發現，加熱溫度的提升與蛋白質體外消化率呈負相關，因此產品的品質會降低等等...。這些道理其實不做試驗，利用參考文獻也可以理解與推斷，但若想要精細的判斷就需要數學模式去計算。仍然以 65°C、23 h 為例，假設我想要將加熱時間降低為 20 h，乾物質維持在 87%，耗能越低越好，蛋白質體外消化率越高越好，經 Design-Expert 分析可得到需要將加熱溫度調整為 75°C，乾物質可以維持在 87%，耗能增加



至 87.4 kwh/60 kg-HWEs，蛋白質體外消化率降至 85.8%。此時就可以評估這 3 h 於非離峰時間所減少的電費、時間內增加的耗能的費用與損失的蛋白質可消化率三者之間的取捨，也許您認為這 5% 左右之蛋白質體外消化率很重要(相當於損失 $38.3\% \times 5\% = 1.9\%$ 左右粗蛋白質)，會影響產品價值，那進一步的可以繼續修正，將蛋白質可消化率設定為 87.5%，時間設定為 21.5 h，就會得到一組新的數值，將溫度降低為 73.3°C，乾物質維持於 87%。類似這樣的估算模式將在第一部分討論，就一般可能出現的需求進行評估，而第二部分則要探討不同的客觀條件下，例如孵化場廢棄物組成分的差異，又或者是處理機器本身的不同，此模式對這些情況的通用性評估。

1、本研究採用之最佳化處理條件之探討

(1)、以蛋白質體外消化率為最佳化主要指標

由方程式(1)進行化製條件最佳化之推估，可得知在 61°C、21 h 時 PDIV% 為最高 (91.69%)。因此此組合為一個區域性的最佳值，低於 61°C、21 h，溫度之上升與加熱時間延長，皆有助於增加產品之 PDIV%；但當溫度、時間超過 61°C、21 h，皆會對 PDIV% 造成負面之影響(圖 2-2)。孵化場廢棄物除了無精蛋之外，還包含孵化期內胚死亡之種蛋與無法出殼之雛雞，其肌肉與結締組織，經過短時間加熱處理後致使蛋白質變性，將有利於蛋白酶進行水解；然而文獻指出，過高溫度的加工處理也會破壞飼糧中胺基酸，降低其營養價值(Nesheim and Carpenter, 1967; Hurrell *et al.*, 1976)。因此，適當之加熱條件將有助於提升蛋白質之可利用率。

產品之 DM% 隨著溫度之提升，呈現曲面狀的增加，於 77°C、26 h 時達到最大值 100%。品質良好之飼料原料其 DM 含量要高，此關係到保存性，因為當水分低於 13% 時，不利於黴菌與細菌之生長 (Mugnier and Jung, 1985)。然而一味地降低廢棄蛋蛋粉的水分卻會增加化製時電能之消耗。舉例而言：圖 2-4 顯示當溫度為 81°C、加熱時間為 30 h 時，消耗最多的電能：121.06 kwh/60 kg HWEs，但此時廢棄蛋蛋粉之 DM% 如同以 77°C、26 h 化製者，且由方程式(3)可推知，溫度之提升所消耗之電能較時間之延長者來得多。


綜合上述所言，孵化場廢棄物被期待之品質為較高之 PDIV%、水分不超過 13% 與最低之電能消耗。以此為目標藉由 Expert design 7.0 Trial (State Ease Inc., Minneapolis, MN, USA) 軟體，綜合方程式 (1)、(2)、(3)，進行推估最佳化之化製條件為 65°C、23 h，所預測廢棄蛋蛋粉品質之結果如表 2-3 所顯示：PDIV% 可高達 90.7%，DM 為 87%，而電能之消耗量僅達 80.78 kwh/60 kg HWEs，且以方程式 (4) 預測 *E. coli* 降低至 10^5 cfu/g。此符合圖 2-5 所顯示。

本研究以最高的蛋白質體外消化率，設定 87% 乾物質含量，在以前兩項指標為基礎的狀況下，追求較低的能源消耗以及大腸桿菌數，求出以最佳化之處理條件為 65°C、23 h，為了瞭解預測值是否準確，化製三批 60 kg 孵化場廢棄物，各約可得到 25.8 kg 廢棄蛋蛋粉，其品質之分析值也列在表 4-1。結果顯示預測值與實測之間並無顯著差異 ($P > 0.05$)，此意味著反應曲面法能有效推測孵化場廢棄蛋以不同條件化製後產品之品質。

(2)、廢棄蛋蛋粉中沙門氏菌與大腸桿菌之探討

由於蛋常沾附有源自糞便之大腸桿菌與沙門氏菌，故廢棄蛋蛋粉在實際應用上，有生物安全性之顧慮。Garibaldi *et al.*, (1969) 與 Aljarallah and Adams (2006) 皆曾指出在 60°C 時，只要 3-4 min 即能有效殺滅沙門氏菌。本研究曾檢測孵化場廢棄物中之沙門氏菌約為 1345 cfu/g，但在各組化製條件之產品中皆未檢測出沙門氏菌，而廢棄蛋蛋粉之大腸桿菌之菌數可由孵化場廢棄物之 7.6×10^7 cfu/g 被有效降至低於 1×10^5 cfu/g。

家禽產業鏈上，從種植飼料原料之土壤到畜舍環境、飼料、雞隻本身之外表、腸胃道與糞便，最後到食品供應端，無論哪個環節都有大腸桿菌駐留 (Stotzky, 1997; da Costa *et al.*, 2007; Maciorowski *et al.*, 2007)。廢棄蛋蛋粉中大腸桿菌之來源可能來自於雞蛋的蛋殼或孵化場器具。雖然孵化場器具皆有清潔與消毒，但如果長時間使用同樣之消毒劑，容易產生具有抗藥性之大腸桿菌 (van den Bogaard *et al.*, 2001)。因此在原料即測出高達 7.6×10^7 cfu/g，經 65°C、23 hr 熱處理，仍有約 1×10^5 cfu/g



存在，有文獻指出牛肉與火雞肉只要加熱至 60°C，持續 2 min，大腸桿菌 0157: H7 即被殺滅 (Ahmed *et al.*, 1995)。但如果加熱物質改為全蛋或蛋白則有不同之結果，*E. coli* K12 則能於全蛋之中於 52°C 溫度下，至少存活 250 min，60°C 存活至少 80 min，並且於全蛋的環境下，大腸桿菌有較只有蛋白狀態下高之存活率 (Jin *et al.*, 2008)。另外油脂之含量較高，讓加熱殺菌需較長之時間 (Ahmed *et al.*, 1995)，物質組成份之差異讓加熱殺菌之效果受其影響，廢棄蛋蛋粉其組成分含有無精蛋可視為全蛋，加上其油脂含量高達 21.5%，可能為大腸桿菌存活之原因。另一方面文獻指出，大腸桿菌可在短時間內提高其對熱之耐受度，3 個世代內適應溫度可由 37°C 上升至 42°C，細菌存活數量降低，但未完全殺滅 (Bronikowski *et al.*, 2001)。在實驗室之實驗，不斷提高溫度，產生可在 52°C 生存之大腸桿菌 (Fotadar *et al.*, 2005)。此外許多飼料原料其大腸桿菌數也介於 1×10^1 - 1×10^5 cfu/g 之間 (da Costa *et al.*, 2007)，並非完全無大腸桿菌存在。但若要完全殺滅廢棄蛋蛋粉中之大腸桿菌，可利用模式化的方法，將大腸桿菌的菌數設為重要指標，重新進行最佳化條件的選擇，這部分會在下一章節最佳化處理條件之應用跟各位介紹。

(3)、隨處理條件改變的粗蛋白質

在處理條件最佳化主實驗之結果發現，產品之粗蛋白質含量會隨著溫度之提升與時間之延長而逐漸降低，而且觀察到在加熱處理之過程中發現有氨氣產生。因此在本研究中檢測產品之粗蛋白質與真蛋白質之含量。結果顯示，依據方程式 (5)，粗蛋白質含量仍會隨著溫度與時間之增加而降低，而真蛋白質含量則是無變化，如方程式 (6) 所顯示維持在定值。雞胚在發育過程中，含氮的代謝廢物為尿酸與尿素，因此會於孵化期內胚死亡之種蛋與無法出殼之雛雞之中皆有存在。由於微生物會分解尿素成為氨氣 (Mobley and Hausinger, 1989)，且氨氣極易溶於水，因此孵化場廢棄物之微生物將尿素分解為氨後溶於蛋液中，但當加熱溫度上升時，氨氣會因為其在液體中之溶解度降低而逸散，此應為粗蛋白質含量隨著加熱時間與溫度之上升而逐漸降低之原因。除此之外，孵化場廢棄物含有大量的脂質，在長時間加熱之過程中，因為脂肪酸過度氧化

會產生許多自由基 (Mehlenbacher, 1960), 然而 Noguchi *et al.* (1979) 與 Simic and Jovanovic (1989) 皆曾指出尿酸為天然之抗氧化劑, 在接收自由基後會轉化為尿素。除了前述之理由, 廢棄蛋蛋粉氧化價不高之原因, 可能也是因為含有天然之抗氧化劑維生素 E, 能有效降低自由基 (Wolf, 2005)。

(4)、評估廢棄蛋蛋粉之營養價值(處理條件為 65°C, 23 h)


由於以最佳化條件化製而成之廢棄蛋蛋粉被定位為蛋白質補充原料, 故與飼料中經常添加之蛋白質補充原料, 大豆粕、魚粉與肉骨粉做比較 (表 4-1 與 4-2)。雖然廢棄蛋蛋粉之粗蛋白質含量皆較三者為低, 但脂質含量卻是四者中最高的, 鈣含量也較大豆粕與魚粉含量豐富。除此之外, 就玉米-大豆粕為主之飼糧中容易成為限制胺基酸之離胺酸、甲硫胺酸與色胺酸來看, 廢棄蛋蛋粉之離胺酸含量略低於大豆粕與肉骨粉者, 然而甲硫胺酸的含量則是略高於大豆粕與肉骨粉者, 色胺酸之含量為四者中之最高者。由化學分析之結果與胺基酸組成之觀點來評估, 廢棄蛋蛋粉為品質優良之蛋白質補充原料。

2、處理條件最佳化模式應用之方法

本研究之自變數為加熱溫度與加熱時間, 而主要依變數為蛋白質體外消化率、乾物質、電能、大腸桿菌、粗蛋白質與真蛋白質含量。由於真蛋白質唯一恆定值無法模式化。其餘依變數都有一條與自變數之間之反應模式。在本次試驗依水分至少要低於 13%, 且要有較高的蛋白質體外消化率與粗蛋白質, 同時間要有較低的電能消耗與較低的大腸桿菌數, 以這樣的評估標準得到了 65°C、23 h 的處理條件。雖然在數學模式上有自變數與依變數之差異, 但事實上不僅僅是可以利用依變數為篩選依據, 若自變數存在限定, 也可依據要求限定自變數在某一範圍內。本章節會以幾個狀態舉例, 在特定的要求下, 如何應用模式推估可能之產物品質與處理條件。

(1)、最低處理溫度需求:

在 2011 年 EFSA 公布將孵化場廢棄物作為寵物飼料之規定, 其中一項規定為必須經過 90°C 之溫度處理, 未來若要符合歐盟法規要求, 前面所認最佳化條件就必須調整。以這個例子來說, 在溫度維持 90°C 時, 其



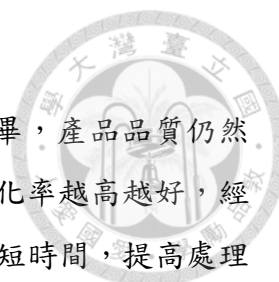
餘條件不變，結果如表 4-3，條件二，則加熱時間則會調整為 18 h，乾物質維持在 88%，但粗蛋白質含量降至最低約為 37.8%，與真蛋白質 37.7% 幾乎相同，同時消耗電能也達到 112.21 kwh/60 kg-HWEs，與 65°C、23 h 的處理條件消耗的電能為 80.78 kwh/60 kg-HWEs，差異達到 38.9%，可視為增加了 38.9% 之製作成本。而作為飼料原料之蛋白質可利用性方面，蛋白質體外消化率也降至 74.0%，與 65°C、23 h 的處理條件 90.7% 的蛋白質體外消化率有著 16.7% 之差距。與此同時因高溫的處理也讓大腸桿菌的預估值僅剩下 6×10^3 cfu/g，能有效掌控作為飼料之安全性。

(2)、最低菌數要求

本次試驗檢測沙門氏菌與大腸桿菌，沙門氏菌在本次所有處理中皆未檢出，因此只要加熱處理條件高於本次研究範圍最低值(60°C、18 h)應無沙門氏菌的問題。但大腸桿菌仍是一大問題，雖然大腸桿菌於飼料中經常被檢出，但若能有下降菌數，無論對動物的健康以及未來的食品安全皆有非常重要的指標意義。因此若在品質的選擇以生物安全性為最高指標，其最佳化的條件設定可為，大腸桿菌數為 0 cfu/g，以這為前提下，乾物質能高於 87%，蛋白質體外消化率越高越好(設定門檻為高於 85%)，能量消耗則是越低越好，其餘參數未設定。此結果透過 Design-Expert 分析後有最佳解(表 4-3; 條件三)，72.7°C、20.5 h，此處理條件之大腸桿菌數被預測為 0，而蛋白質體外消化率為 87.7%，乾物質為 87%，能源消耗為 85.3 kwh/60 kg-HWEs，未來若目標為不含大腸桿菌的廢棄蛋蛋粉，可考慮此處理組合。

(3)、耗能最低需求

若以製作成本作為最重要指標(表 4-3; 條件四)，消耗能量最低為成本的一個重要指標，以乾物質為 87% 作為一個標準進行評估，處理溫度為 60.9°C、30 h，消耗之能量僅僅 76.8 kwh/60 kg-HWEs，與條件一比較低 5% 左右之能源消耗，但也犧牲了 8.7% 之蛋白質體外消化率，並且此數據其耗時更長，時間也是影響成本之重大因素，若耗能降低處理時間就必須延長，這必須將工廠的批次產能與輪轉率皆加入一起探討，才能了解真正的成本是受到哪一個因素為主導。



(4)、時間最短需求

承條件四之需求，若要求能在最短的時間處理完畢，產品品質仍然可以維持在 87% 以上，耗能越低越好，蛋白質體外消化率越高越好，經評估此熱處理條件 75°C、20 h(表 4-3; 條件五)，欲縮短時間，提高處理溫度是必然的結果，此法乾物質仍然可以維持在 87%，消耗之電能為 87.4 kwh/60 kg-HWEs，蛋白質體外消化率為 85.8%，粗蛋白質為 39.0%，大腸桿菌數為 0。

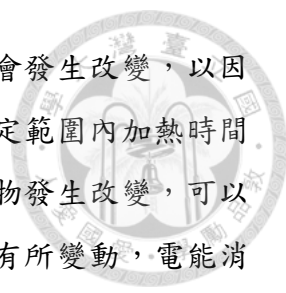
在本研究中雖以蛋白質體外消化率最高的處理條件進行孵化場廢棄物之處理，但事實上本研究可提供之處理組合為無限多組，可因應不同的需求而進行微調，這也是在現場操作上的一個富有彈性的優勢。而現場操作可能會遇見的另一個問題為孵化場廢棄物來源之多樣性以及處理器之差異，這部分將在下一章節討論。

3、最佳化模式之通用性

本研究所使用之孵化場廢棄物來自於同一物種與同一孵化場，收集一段時間之孵化場廢棄物，依照表 3-3 之結果可發現在同一個孵化場來源的孵化場廢棄物其組成變異差異有限，大多數物質之變異係數皆在 10% 以下。因此，孵化場廢棄物所生產之廢棄蛋蛋粉其批次間營養成分差異不大(表 3-4)。但不同家禽孵化場所產生之孵化場廢棄物或不同物種間其營養成份具有一定程度之差異，即使是同一品種，因其孵化率之不同也可能產生不同營養成份組成之孵化場廢棄物。進而影響最終廢棄蛋蛋粉之營養成份組成。另外一方面，本次使用之處理器其容積約為 100 L，一批次可以處理 60 kg 左右孵化場廢棄物，此處理能力在單批次來說過少，在未來應用一定會增加其單次處理之數量，也因為如此，若未來想要放大其處理規模，將如何應用此次研究結果作為規模擴大之參考。因此本章節分為兩個部分，一為進行來源組成不同時，如何調整模式因應，另一部分則是如何利用本次試驗之結果作為未來規模放大之參考。

(1)、不同孵化場廢棄物組成之因應對策

在固定孵化場廢棄物組成的狀態下，最佳化處理模式可提供符合不同需求的各種加工條件。例如希望處理時間可以縮短在 20 h 以內，其餘




條件與本研究推算最佳化一致，勢必在電能與溫度就會發生改變，以因應加熱時間的變化，總而言之，此模式可以預測在固定範圍內加熱時間與溫度的任意組合，各項參數變化。但若孵化場廢棄物發生改變，可以預期同樣的處理條件，水分、溫度與時間等數值皆會有所變動，電能消耗也會產生變化，為了回答這問題，我們必須了解孵化場廢棄物之主要組成份與模式建立時最佳化目標的設立。

孵化場廢棄物中水分占 70%左右，粗蛋白質居次，接著是脂質與灰分。其中灰分中主要是鈣與磷，在加熱溫度的範圍內，灰分之含量並不會產生變化(Chiu and Wei, 2011)，因此在灰分這個組成，不受熱處理條件影響，在加工過程並不會產生變化，脂質在最佳化目標的設定中也未列為參數，因此主要探討的對象為水分、粗蛋白質與蛋白質體外消化率。

水分部分可由最佳化處理條件預實驗與主實驗研究結果進行討論。本次試驗之孵化場廢棄物水分為 69.4%，而利用最佳化熱處理條件(65°C、23 h)製成的廢棄蛋蛋粉為 11.5%，製作過程降低約 57.9%的水分，也就是說在 65°C 的狀態下，輸出功率一致，每小時約可降低 2.5%的水分，若孵化場廢棄物的水分產生變動，可藉由加熱時間微調達到水分低於 13% 的需求，但此推論建立在水分在加熱時間與溫度之間反應為線性，水分(或乾物質)與加熱時間與溫度之間為一曲面關係，因此若大範圍推論將造成誤差，例如若孵化場廢棄物水分為 80%，以上述理論必須延長 4 h 為 28 h，此數據點與原來推測的 24 h 相距甚遠，無法有效預測，因此若變化較大可以用相近條件的加熱溫度與時間的組合進行推測。同時我們也可以由表 3-4 發現在將乾物質固定為 87%之後，廢棄蛋蛋粉之變異係數皆縮小了，也就是說，在以相同乾物質為基礎的狀況下，孵化場廢棄物之營養成份差異會縮小。因此，模式在不同孵化場廢棄物之使用，可利用水分含量進行矯正，以利模式推論之正確性。

(2)、如何應用本次試驗模式於未來規模擴大

本次實驗所建立之模式主要適應的孵化場廢棄物之重量為 60 kg，處理器之整體容積為 100 L，依照本次孵化場廢棄物之提供者竹林種雞場每週孵化場廢棄物 2 噸的量，23 h 處理 60 kg 是無法符合處理廢棄物之需求，



因此未來若要以此次試驗作為基礎，其處理量必須要重新考量。還有加熱功率較低是導致加熱時間較長的主因，並且處理條件與反應模式也可以預期會是截然不同的狀態，本次試驗所設立之中心點為 70°C 與 24 h 可作為預實驗之參考，由於乾物質之檢測較為容易，同時乾物質的含量與加熱時間成正比，可固定溫度利用檢測數個加熱時間之乾物質含量，帶入乾物質與加熱時間與加熱溫度的反應模式，得知在某溫度下乾物質的含量，因而得到加熱時間的解。舉例說明：將加熱時間固定為 70°C ，分別作用 T1, T2, T3, T4, T5 的時間點，得到相對應之乾物質含量，可做出一條迴歸方程式。以此迴歸方程式作為矯正之參考，帶入原來模式形成新的處理模式，可以此模式最佳化結果驗證模式的正確性以理解模式之可行性。

表 4-1、孵化場廢棄物、廢棄蛋蛋粉、大豆粕、魚粉與肉骨粉之化學組成分析與廢棄蛋蛋粉之化製過程消耗之電能、過氧化價與微生物分析

Table 4-1. The chemical analyses of hatchery waste eggs (HWE), hatchery waste egg meal (HWEM), soybean meal (SBM), fish meal (FM), and meat and bone meal (MBM) and the consumed electric energy, peroxide value (PV, milliequivalent active oxygen/kg), and microbial analyses of HWEM

	HWE ^a	HWEM ^b (predicted)	HWEM ^{ab} (measured)	SBM ^c	FM ^c	MBM ^c
(%)						
PDIV ^d	90.3±1.2	90.7	89.56±2.1	-	-	-
DM ^d	30.6±0.4	87	88.5±1.4	87.8	92.0	96.3
CP ^d	14.2±0.7	39.2	38.3±2.3	43.3	69.9	51.3
Ash	5.9±0.5	-	26.7±0.7	6.5	12.4	30.5
Lipid	6.2±1.9	-	21.5±2.4	1.7	9.7	10.6
Ca ^d	5.1±0.4	-	14.3±2.1	0.34	2.41	10.2
P ^d	0.5±0.02	-	1.5±0.5	0.62	2.06	4.9
Electric energy (kwh/60 kg HWEs)	-	80.78	82.4±0.9	-	-	-
E. coli (cfu/g)	7.56E+7±1.3E+3	1.85E+05	8.2E+4±543	-	-	-
Salmonellas spp. (cfu/g)	1345±213	none	none	-	-	-
PV	8.6±1.2	-	7.7±0.8	5-10 ^e	-	-

^a Means±SE, n = 3

^b From the optimum condition of 65°C for 23 h


^c Cited from Sauvnt *et al.* (2004)

^d PDIV: Protein digestibility in vitro; DM: Dry matter; CP: Crude protein; Ca: Calcium; P: Phosphorus

^e Cited from Mehlenbacher (1960)

表 4-2、廢棄蛋蛋粉、大豆粕、魚粉與肉骨粉之胺基酸組成

Table 4-2. The amino acid compositions of hatchery waste egg meal (HWEM), soyabean meal (SBM), fish meal (FM), and meat and bone meal (MBM)



	HWEM ^a	SBM ^b	FM ^b	MBM ^b
	g/kg			
Lysine	20.0 ± 2.4	26.6	52.6	25.7
Methionine	9.1 ± 0.8	6.2	19.9	6.5
Isoleucine	17.8 ± 1.9	19.9	30.1	14.7
Tryptophan	11.4 ± 1.5	5.6	7.2	3.1
Threonine	14.1 ± 1.8	17.0	29.1	17
Phenylalanine	12.0 ± 2.2	21.7	27.4	17.3
Proline	179.1 ± 20.2	21.6	28.4	41.4
Arginine	20.7 ± 2.1	32.0	40.5	36.1
Alanine	20.2 ± 1.6	19.0	43.8	39.3
Tyrosine	12.1 ± 1.1	14.6	21.2	11.2
Valine	21.5 ± 2.1	20.8	35.4	22.5
Aspartic acid	31.9 ± 4.1	49.0	64.2	37.7
Glutamic acid	46.5 ± 3.2	77.1	90.0	60.2
Cysteine	19.4 ± 2.6	6.5	5.8	5.5
Serine	22.3 ± 3.6	21.8	27.1	20.6
Histidine	7.1 ± 0.7	11.5	16.6	10.1
Glycine	13.2 ± 1.2	18.1	39.5	66.6

^a Means ± SE, n = 3

^b Cited from Sauviant *et al.* (2004)

表 4-3、不同處理條件以及其對應之評估指標

Table 4-3、Different treatment conditions and their corresponding evaluation index

	Temp (°C)	Time (h)	DM (%)	PDIV (%)	EE ¹	CP (%)	E. coli. Cfu/g
Condition 1	65	23	87	90.7	80.8	39.2	1.9×10 ⁵
Condition 2	90	18	88	74	112.2	37.8	6 × 10 ³
Condition 3	72.7	20.5	87.7	87.7	85.3	39.2	0
Condition 4	60.9	30	87	82.6	76.8	39.4	1.8× 10 ⁵
Condition 5	75	20	87	85.8	87.4	39.0	0

Temp: Temperature; DM: Dry matter; PDIV: Protein digestibility in vitro; CP: Crude protein

Condition 1: Highest PDIV, DM=87%, Lower EE, Lower E. coli.

Condition 2: Temperature=90°C

Condition 3: No E. coli.

Condition 4: Lowest EE

Condition 5: Shortest time

¹EE: Electric energy (kwh/60 kg HWEs)




(二)、廢棄蛋蛋粉作為蛋白質補充原料之營養價值評估

1、廢棄蛋蛋粉之營養含量

由於以最佳化條件化製而成之廢棄蛋蛋粉被定位為蛋白質補充原料，故與飼料中經常添加之蛋白質補充原料，大豆粕、魚粉與肉骨粉做比較（表 4-1）。雖然廢棄蛋蛋粉之粗蛋白質含量皆較三者為低，但脂質含量卻是四者中最高的，鈣含量也較大豆粕與魚粉含量豐富。除此之外，就玉米-大豆粕為主之飼糧中容易成為限制胺基酸之離胺酸、甲硫胺酸與色胺酸來看，廢棄蛋蛋粉之離胺酸含量略低於大豆粕與肉骨粉者，然而甲硫胺酸的含量則是略高於大豆粕與肉骨粉者，色胺酸之含量為四者中之最高者（表 4-2）。由營養成份分析之結果與胺基酸組成之觀點來評估，廢棄蛋蛋粉為品質優良之蛋白質補充原料。

2、廢棄蛋蛋粉之營養特性

廢棄蛋蛋粉之營養成份具有成為蛋白質補充原料之競爭力。廢棄蛋蛋粉之脂肪含量具有 25.6%（以乾基為基礎），可預期其能量含量豐富，利用雄蛋雞檢測之 AMEn 為 3378.4 kcal/kg DM，較大豆粕、肉骨粉與菜籽粕者為高（2603, 2818 與 2197 kcal/kg DM），低於全脂大豆與魚粉者（3822 與 3822 kcal/kg-DM 如表 4-4），其可能之原因為廢棄蛋蛋粉含有脂質，所以含有較高的可利用之能量。此外，作為蛋白質補充原料最重要的指標為粗蛋白質與胺基酸組成。廢棄蛋蛋粉之粗蛋白質含量約為 39.3%（以乾基為基礎）與全脂大豆以及菜籽粕者相似，略低於魚粉、大豆粕與肉骨粉者。以玉米-大豆粕作為基礎之蛋雞飼料，甲硫胺酸與離胺酸分別為第一與第二限制胺基酸，廢棄蛋蛋粉之離胺酸含量與肉骨粉者相似，低於表 4-4 中其他蛋白質補充原料。但廢棄蛋蛋粉之甲硫胺酸的含量僅低於魚粉者，高於表 4-4 中其他之蛋白質補充原料者。若以必需胺基酸指數（Essential amino acids index, EAAI）的角度其必需胺基酸之組成也接近大豆、大豆粕、魚粉與菜籽粕，較肉骨粉者豐富。其餘營養分以鈣含量 14.8%（以乾基為基礎）最為豐富，高於表 4-4 中所例舉之蛋白質補充原料，高量的鈣含量乃是由於孵化場廢棄物中含有大量的蛋殼所致。廢棄蛋蛋粉除了鈣含量高之外，雌蛋雞對其所含之鈣消化率也高達 90.2%，但雄蛋雞的消化率僅有 40.3%，其原因可能試驗過程中所攝



取之鈣含量高於雄蛋雞之需求量，才導致低消化率。在產蛋過程中由於鈣之需求量高，對於鈣之吸收與利用效率較高，導致了不同消化率之結果。廢棄蛋蛋粉相較於其他常用之蛋白質補充原料，有較高之代謝能與鈣含量，中等之粗蛋白含量，與豐富之必需胺基酸。

3、廢棄蛋蛋粉之安全性評估

廢棄蛋蛋粉於營養分組成上的特性為高脂與高鈣磷，高脂的特性希望藉由脂肪快速的累積改善小豬對於冷熱緊迫的耐受程度，但由於鈣磷含量過高，無法在年輕豬隻飼料大量使用，以致於飼料脂肪還是偏低，無法產生預期的結果。而鈣磷的優勢展現在蛋殼強度上，並且添加至 12% 對各項性狀並無負面影響，未來可以有效應用於蛋雞以及種雞之飼料添加。

除了營養分之優勢外，在豬隻的試驗也發現其有效促進腸道以及血液之 IgA 濃度之提升，由於本試驗並未有疾病狀況產生，因此在免疫力提升的優勢僅展現於免疫指標，若想瞭解其與抗病力之關係，將需要更多研究支持。

所有飼料原料都必須對動物無害，廢棄蛋蛋粉在氧化價與菌數方面為可能之危害，氧化價在檢測過程中發現並未顯著提升至有害於動物體之濃度，其原因可能是尿酸降低了氧化壓力，而菌數部分雖有效降低，但仍存在一定數量的菌數在廢棄蛋蛋粉，在兩種動物試驗中，皆未發現廢棄蛋蛋粉對動物展現負面的影響，甚至在蛋雞發現彈殼強度增加與豬發現部分免疫力的提升，皆可證明廢棄蛋蛋粉之安全性。




(三)、廢棄蛋蛋粉於產蛋雞的應用

1、廢棄蛋蛋粉於蛋雞之營養分可利用性分析

廢棄蛋蛋粉之消化率在不同性別之蛋雞有顯著之差異。家禽檢測代謝能數值，通常使用性成熟之雄性家禽，避免能量利用可能因不同生理狀態而有所不同 (NRC, 1994; Sibbald, 1976) 產生干擾。但是相關文獻指出，不同性別對能量之利用效率不同 (Ravindran *et al.*, 2004)，當家禽於生長或產蛋時期其營養分之利用率大於性成熟之維持時期，且隨著產蛋率而有所提升 (Sibbald, 1982)。本研究之結果顯示，各項營養分雌蛋雞之消化率皆顯著高於雄蛋雞者。當家禽需求量提升時，對於營養成分之利用也有較高的效率，如果使用雄蛋雞估計雌蛋雞產蛋期間對飼料原料之利用效率，則會有低估之虞。然而與其他蛋白質補充原料，如與大豆粕作比較，其產蛋雞之粗蛋白質消化率為 85% (Nesheim and Garlich, 1966)，與廢棄蛋蛋粉類似，而白肉雞對大豆粕之胺基酸消化率則是 75-90% (Sebastian *et al.*, 1997)，較廢棄蛋蛋粉者為低 (80-95%)。廢棄蛋蛋粉與大豆粕有著相似粗蛋白質與胺基酸之使用效率。

2、廢棄蛋蛋粉對蛋雞之產蛋性能與蛋品質的影響

廢棄蛋蛋粉以粗蛋白含量為基準，添加 12% 在蛋雞飼糧中約可取代 11% 左右之大豆粕，並不會對造成雞隻體重的變化 (圖 3-5)，同時對生產表現，包括產蛋率、採食量與飼料利用效率，與魚粉添加組者皆沒有顯著差異。在蛋的品質部分未因為加了含油脂較高 (乙醚萃取物 25.6%) 之廢棄蛋蛋粉而使得蛋重與蛋黃重產生顯著的變化。除此之外，添加 4、8 或 12% 之廢棄蛋蛋粉組皆有較 2% 魚粉添加組與未添加廢棄蛋蛋粉組高之蛋殼強度。Safaa *et al.* (2008) 與 Saunders-Blades *et al.* (2009) 研究指出，不同鈣的形式 (碳酸鈣或氫氧化鈣) 對蛋殼強度與蛋殼品質並沒有顯著的影響。但添加於飼糧中之鈣源顆粒較大，有較好的蛋殼品質與蛋殼強度。其原因為飼糧停留於小腸時間較長，鈣離子透過小腸細胞間隙進入基底層的量會增多，腸腔與基底層保持濃度梯度，讓鈣離子能持續性擴散進入基底層，使得鈣離子吸收量增加 (Khanal and Nemere, 2008)，本試驗結果也指出，雌蛋雞之鈣的消化率高達 90.2%。此現象能讓血鈣維持在較高濃度的時間較長，也使得運送到殼腺



之鈣離子總量增加，有助於蛋殼的形成，增加蛋殼品質 (Bar, 2009)。本試驗對照組所使用之鈣形式為石灰石粉 (碳酸鈣)，在廢棄蛋蛋粉中的鈣主要為蛋殼，雖然主要成份皆為碳酸鈣，廢棄蛋蛋粉經過粉碎，其顆粒還是較石灰石粉大許多，此為添加廢棄蛋蛋粉能提升蛋殼強度之可能原因。

3、廢棄蛋蛋粉於蛋雞之生物安全性與風味之影響

在生物安全性部分，經過 65°C、23 h 連續攪拌之化製後，該組處理條件可將化製產品之大腸桿菌則由 10⁷ cfu/g 降至 10⁵ cfu/g，達到降低細菌數的效果 (Chiu and Wei, 2011)。在試驗期間，產蛋雞體重並未降低，採食量也維持於正常值 (Hyline international, 2016)，也未有下痢、產蛋率下降等感染禽源致病性大腸桿菌 (Avian pathogenic *Escherichia coli*, APEC) 感染之徵狀。另一方面廢棄蛋蛋粉高溫長時間的化製過程，蛋黃中的油脂受熱分解，產生自由基，會將過氧化價提高 (Dugan, 1968)，進而降低產蛋率與孵化率 (Freeman and Crapo, 1982)。但本次試驗使用之廢棄蛋蛋粉之過氧化價僅為 7.7 (milliequivalents/ kg feed)，較一般食用油之過氧化價標準 15 (milliequivalents/ kg feed) 低，其可能原因為中止蛋與死產蛋中含有代謝所產生的尿酸，尿酸為天然的抗氧化物 (Campos *et al.*, 2010)，預期能減緩廢棄蛋蛋粉於加熱化製過程所產生的過氧化壓力。

脂肪為氣味之主要來源，若有不良氣味，將造成蛋品質劣化，如蛋雞飼料魚粉添加量高於 2%，將致使蛋產生魚腥味 (Koehler and Bearse, 1975)。廢棄蛋蛋粉具有動物性蛋白質原料之腥味，也可能對蛋之品質造成影響。蛋品評試驗結果顯示，在 180 份問卷中，受測者能察覺水煮蛋中帶有廢棄蛋蛋粉味道低於 5%，而且這 5% 的受測者對異味的厭惡程度僅有察覺但不影響之程度。因此添加廢棄蛋蛋粉 12% 於飼料中，並未對蛋的品質造成負面之影響。

總而言之，利用最佳化之熱處理條件化製孵化場廢棄物，生產安全且營養成分豐富之廢棄蛋蛋粉，可有效解決孵化場廢棄物處理問題，並藉由作為蛋雞飼糧中之主要動物性蛋白質補充原料，除了可節省飼糧成本外，廢棄蛋蛋粉並未對產蛋雞造成負面之影響，也未降低生產效能與影響蛋之品質與風味，同時，廢棄蛋蛋粉更是一個可提升蛋殼強度良好的鈣來源。

表 4-4、廢棄蛋蛋粉、全脂大豆、大豆粕、魚粉、肉骨粉與菜籽粕之氮矯正表面代謝能與近似分析

Table 4-4 Apparent metabolizable energy corrected to nitrogen equilibrium and the composition of hatchery waste egg meal, soybean, soybean meal, fish meal, meat and bone meal and canola meal

	HWEM ¹	Soybean ²	Soybean meal ² CP:44-45%	Fish meal ² CP:72%	Meat and bone meal ²	Canola meal
	kcal/kg DM					
AMEn ³	3378	3822	2603	3822	2818	2197
	% as feed					
Dry matter	88.8 ± 0.3	88.8	87.9	92.1	95.8	90.1
	% as DM					
Crude Protein	39.3 ± 0.8	39.6	51.8	75.4	54.9	39.0
Ash	23.8 ± 0.8	5.8	7.1	13.6	30.5	7.8
Lipid	25.6 ± 2.2	21.3	2.0	11	11.4	4.2
Ca	14.8 ± 0.5	0.32	0.39	2.65	10.1	0.74
P	1.6 ± 0.02	0.61	0.69	2.23	4.9	1.16
	% as protein					
Lysine	5.08	6.2	6.1	7.5	5.0	5.6
Methionine	2.29	1.4	1.4	2.8	1.3	2.0
EAAI ⁴	1	0.9	0.9	0.91	1.18	0.94

AMEn=Apparent metabolizable energy corrected to nitrogen equilibrium

HWEM: Hatchery waste egg meal

EAAI: Essential amino acid index aa = the amount of an amino acid in the protein source in percent of crude protein, AA = the content of the target protein source for an amino acid in percent of crude protein, and n = the total number of amino acids used in the calculation.

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{aa_1}{AA_1} \times \frac{aa_2}{AA_2} \dots \frac{aa_n}{AA_n}}$$

¹Means ± SE, n=7, from the optimum condition of 65°C for 23 h, AMEn from cockerel.

²Cited from INRA *et al.* (2015)

³ From cockerel

⁴HWEM compared with Soybean, Soybean meal, Fish meal, Meat and bond meal and Canola meal.



(四)、廢棄蛋蛋粉於保育豬的應用

1、廢棄蛋蛋粉於保育豬隻營養分生物利用率分析

蛋為人類優良的動物性蛋白質來源(Schaafsma, 2000)，其蛋白質含量豐富且胺基酸組成均衡，其之營養特性也符合飼糧中優良動物性蛋白質補充原料之條件(Owen *et al.*, 1993)，但由於價格較高，主要供作人類食用，鮮少被使用於飼料添加，而孵化場廢棄物之組成為無精蛋、中止蛋與孵化失敗的雛雞，若以近似分析進行比較，會發現廢棄蛋蛋粉之營養成份含量皆低於蛋粉者(表 4-5)，其原因在於孵化場廢棄物含有蛋殼，造成了稀釋的效應。倘若將灰分去除後，則兩者之營養分組成十分相似。廢棄蛋蛋粉之粗蛋白質約為 378 g/kg (以乾基為基礎)，低於表 4-5 中其他的動物性蛋白質補充原料，而脂肪則是僅低於蛋粉者，為表 4-5 所列的動物性蛋白質補充原料中含量第二高者。在使用玉米-大豆粕為基礎原料的飼料，豬的第一與第二限制胺基酸分別為離胺酸與甲硫胺酸，以粗蛋白含量為基礎，廢棄蛋蛋粉之離胺酸含量為 5.2%(as protein)，高於羽毛粉，與肉骨粉類似，然而甲硫胺酸濃度則是僅低於蛋粉與魚粉，高於表 4-5 中其他的蛋白質補充原料。以 Essential amino acid index(EAAI)之公式進行比較，以廢棄蛋蛋粉之各必需胺基酸含量佔其蛋白質之含量的乘積為分子，與其他動物性蛋白質各必需胺基酸含量佔其蛋白質之含量之乘積作為分母，將之開 n 次方根，計算幾何平均值，若數值為 1 則代表兩種蛋白質補充原料之綜合必需胺基酸含量極為相似，若低於 1 則代表廢棄蛋蛋粉之綜合必需胺基酸含量低於被比較的蛋白質補充原料者，反之則高於被比較者(Oser, 1951)。由表 4-5 可知，廢棄蛋蛋粉對蛋粉、魚粉、血粉與血漿蛋白的 EAAI 值皆低於 1，但對肉骨粉與羽毛粉者則高於 1。由此可知廢棄蛋蛋粉的必需胺基酸綜合總含量低於常被使用營養價值較高的動物性蛋白質補充原料者(如魚粉、血粉與血漿蛋白)，但高於肉骨粉與羽毛粉等營養價值較低之動物性蛋白質補充原料者。


2、廢棄蛋蛋粉對保育豬免疫指標與腸道性狀之影響

保育豬階段其營養來源乃由之前哺乳期的母乳轉換成實用飼糧常造成腸道絨毛適應不良，且其腸胃道發育未臻成熟，因此保育豬對於營養分之消化利用率較低(Chae *et al.*, 1999)。本試驗結果顯示，45 kg 的生長豬對廢棄

蛋蛋粉之表面迴腸可消化率在各種營養分方面都較保育豬者為高($P < 0.05$)。豬隻於保育期間脂肪酶活性較高，而蛋白酶活性低(NRC, 2012)，導致保育豬對廢棄蛋蛋粉之蛋白質、胺基酸、與乾物質的表面迴腸可消化率皆偏低，只有對脂肪與能量維持在較高的利用效率。

除此之外，廢棄蛋蛋粉經熱處理過程雖能殺滅沙門氏菌，並有效降低大腸桿菌數至 8.2×10^4 cfu/g (Chiu and Wei, 2011)，但添加 4% 廢棄蛋蛋粉於保育豬飼料後，飼料中大腸桿菌濃度經計算仍約有 3.3×10^5 cfu/kg。此濃度是否會對豬隻造成負面的影響，必須深入探討。雖然在一般飼料中大腸桿菌經常被偵測到含量約為 10^1 - 10^5 cfu/kg 不等(da Costa *et al.*, 2007)，但並非有大腸桿菌存在飼料中就會造成豬隻下痢，而且於健康豬隻糞便中也經常存在著大腸桿菌(Hampson *et al.*, 1985)。在豬隻生產過程中，保育豬階段常有下痢的情形發生，大腸桿菌的大量滋生則被視為造成下痢的原因之一(Segalés *et al.*, 2001)。保育時期豬隻源自初乳的移行抗體力價下降，且又無母乳中抗體的保護，致使保育豬抵抗致病菌之能力弱化(Porter *et al.*, 1970)。此時又由於對實用飼糧之消化吸收能力較差，乳糜中剩餘較多沒被消化吸收的營養分，給予大腸桿菌滋長的機會(Vasenius, 1969)。因此，即使廢棄蛋蛋粉中大腸桿菌濃度並不高，但在保育豬期間，仍有因大腸桿菌感染造成下痢的風險，致使出現小腸絨毛高度降低與腺窩深度加深的現象 (Varley and Wiseman, 2001)，進而造成腸道絨毛高度對腺窩深度之比值下降。於本研究結果顯示，添加 4% 的廢棄蛋蛋粉於保育豬飼糧除了對生長表現沒有負面影響之外，也沒有觀察到下痢的現象，同時在絨毛高度、腺窩深度、絨毛表面積與絨毛高度對腺窩深度之比值等性狀，不僅沒有負面的影響，甚至還致使絨毛高度 ($P = 0.1$) 與絨毛高度對腺窩深度之比值 ($P = 0.09$) 有變佳之趨勢，此有利於消化酶之與營養分之吸收，此結果代表著就生物安全性而言，在保育豬的飼糧中添加該濃度的廢棄蛋蛋粉安全無虞。

本研究發現餵飼含 4% 廢棄蛋蛋粉飼糧之豬隻的腸道黏膜與血漿 IgA 濃度皆被顯著地提升，而 IgA 濃度的增加可能是廢棄蛋蛋粉所含之大腸桿菌無法造成負面影響的原因之一。IgA 分為血清型與分泌型，兩者作用方式一致，皆是與病原結合，使之無害化，進而降低感染之機會(Brandtzaeg, 2009)，



其中較為重要的是分泌型的 IgA，為黏膜層中最主要之抗體，其作用分為三種方式，第一種方式為與 Secretory component(SC)一同結合腸道中外來非致病性的細菌，刺激腸道上皮細胞，強化 Tight junction，避免細菌侵入黏膜層，進而阻止發炎反應之產生。但如果這個結合的複合物含有致病性的病原菌，則會由腸道上皮 M cell 以胞飲作用帶入腸道上皮細胞中，進而影響 Dendritic cell，達成調節發炎反應之作用，此為第二種方式。第三種方式則是 IgA 聯合 SC 將致病性的細菌與黏膜組織形成複合物，進而避免其附著於小腸上皮細胞，若所結合的是共生菌，則是以生物膜的形式維持於腸道上皮細胞 (Mantis *et al.*, 2011; Snoeck *et al.*, 2006)。IgA 以此三種方式降低因細菌接觸小腸上皮細胞所引發的發炎反應。因此，在外來致病性細菌增加時，以第二與第三種方式為主要反應機制，其中當 M cell 胞飲 IgA 與 SC 之複合物刺激 Dendritic cell，引起一連串免疫反應，致使上皮細胞中 TGF- β 濃度上升 (Mantis *et al.*, 2011)，進而刺激 IgA 的分泌增加 (Coffman *et al.*, 1989)，阻止大腸桿菌感染小腸上皮細胞，避免引發發炎反應。此外，一部分分泌型的 IgA 可藉由腸細胞吸收，進入血液循環，血漿中 IgA 的濃度上升 (Vaerman *et al.*, 1997)。

總而言之，廢棄蛋蛋粉之營養分組成具有成為優質蛋白質補充原料之潛能，添加 4% 於飼料對於保育豬生長表現與小腸絨毛性狀並未造成負面效應，血液與小腸黏膜 IgA 之濃度提升有助於減少大腸桿菌所造成之傷害。除此之外，作為保育豬飼料原料，廢棄蛋蛋粉中的脂質含量高，可作為保育豬的能量來源之一。

表 4-5、廢棄蛋蛋粉、全脂大豆、大豆粕、魚粉、肉骨粉與菜籽粕之消化能與近似分析

Table 4-5. Digestibility energy and composition of hatchery waste egg meal, soybean, soybean meal, fish meal, meat and bone meal and canola meal.

	DE ^a	CP ^a	EE ^a	Lys ^a	Met ^a	EAAI ^d
Unit	kcal/kg DM	g/kg dry matter		g/kg as crude protein		
HWEM ^a	3630.5 ± 119 ^c	378±8	271±18	52.2	23.7	1
Egg meal ^b , Whole, Spary Deied	-	509.7	342.6	69.5	31.8	0.76
Fish meal ^b	3964.8	632.8	97.1	72.0	27.3	0.83
Blood meal ^b	4370.9	886.5	14.5	97.0	13.3	0.80
Spray-dried porcine plasma ^b	4538.1	778.4	20.0	88.6	10.1	0.81
Meat and bone meal ^b	3296.1	500.5	92.1	51.7	13.8	1.19
Feather meal ^b	3391.6	809.0	59.7	24.7	7.3	1.16

^a DE: Digestible energy (growing pig); CP: Crude protein; EE: Ether extract; Lys:

Lysine; Met: Methionine; HWEM: Hatchery waste egg meal; Means±SE, n=7, from the optimum condition of 65°C for 23 h.

^b Cited from NRC (2012)

^c is IADE: Ileal apparent digestible energy (growing pig)

^d HWEM compare with Egg meal, Fish meal, Blood meal, Spray-dried porcine plasma, Meat and bond meal and Feather meal.

EAAI: Essential amino acid index

aa = the amount of an amino acid in the protein source in percent of crude protein, *AA* = the amount of the target protein source for an amino acid in percent of crude protein, and *n* = the total number of amino acids used in the calculation.

$$EAAI = [(aa_1/AA_1) \times (aa_2/AA_2) \times (\dots/\dots) \times (aa_n/AA_n)]^{1/n}$$



(五)、廢棄蛋蛋粉之經濟效益分析

1、成本估算

於經濟效益評估方面，經最佳化處理條件所生產之廢棄蛋蛋粉，每公斤約消耗 1.08 度，根據台灣電力公司公布之 2014 年平均工業電價為 2.92 NTD/度(台灣電力公司，2015)，根據行政院主計總處 100 年工商及服務業普查報告-綜合報告(行政院主計總處，2011)，在廢棄物處理業的原材料與電費收支出約為 98 億元，佔總支出約為 46%，另外比較廢棄物處理業收入與支出比較，約有 20% 利潤。以相同比例推估廢棄蛋蛋粉合理售價為：

$$1.08 \text{ 度/公斤} \times 2.92 \text{ NTD/度} \div 46\% \times (1+20\%) = 8.2 \text{ NTD/kg}$$

2、作為蛋白質補充原料之經濟效益

根據中華食物網 2016/07/01 之即期大豆粕售價為 16.3 NTD/kg。依照蛋雞餵飼試驗，1.2 公斤之廢棄蛋蛋粉可取代 1 公斤大豆粕(依等氮的原則調整)，實驗結果使用 12% 之廢棄蛋蛋粉對蛋雞沒有負面影響，還有助於提升蛋殼強度，這樣的狀況下 12% 廢棄蛋蛋粉可取代 10% 大豆粕，根據表 2-2 計算使用成本的差異，僅列出配方成分有差異的部分計算差額，應用 12% 廢棄蛋蛋粉可節約 1057.3 NTD/公噸之蛋雞飼料(表 4-6)，約可節約 5-10% 之蛋雞飼料成本。而保育豬以表 2-3 的配方做計算，約可節省約 187.1 NTD/公噸之保育豬飼料(表 4-7)。在未來的應用，若大豆粕等蛋白質補充原料價格持續走高，則廢棄蛋蛋粉節約之成本效益將擴大，並且所計算之電費為平均電費，若能使用農牧用電較低的費率，將可以進一步節約成本提高經濟效益。

表 4-6、廢棄蛋蛋粉於蛋雞飼料的經濟效益評估


Table. 4-6 Add HWEM economic assessment in laying hens feed

	Price NTD/kg ¹	0% HWEM	12% HWEM	Different of addition	Cost the amount of difference
Yellow corn	6.8	637.3	667.3	+30.0	+202.5
Soybean meal	16.3	233.5	140.59	-92.9	-1514.4
HWEM	8.2	0	120	+120	+984
Soybean oil	24.4	29.2	7.2	-22.1	-536.8
Dicalcium phosphate	12	7.6	5.5	-2.0	-24
Calcium carbonate	2	78.8	34.5	-44.3	-88.6
DL-Metionine	100	0.8	0	-0.8	-80
Total					-1057.3

¹ Council of Agriculture. 2015

表 4-7、廢棄蛋蛋粉於保育豬飼料的經濟效益評估

Table. 4-7 Add HWEM economic assessment in weanling pig feed




	Price NTD/kg ¹	0% HWEM	4% HWEM	Different of addition	Cost the amount of difference
Yellow corn	6.8	612.7	609.8	-2.9	-19.7
Soybean meal	16.3	350.7	318.0	-32.7	-533.0
HWEM	8.2	0	40	+40.0	+329
Soybean oil	24.4	6.57	9.11	+2.5	+61
Dicalcium phosphate	12	12.2	11.1	-1.1	-13.2
Calcium carbonate	2	9.7	4.1	-5.6	-11.2
Total					-187.1

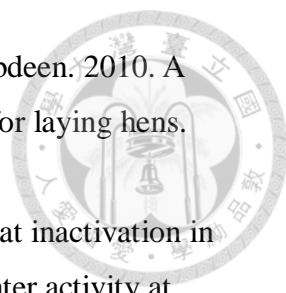
¹Council of Agriculture. 2015

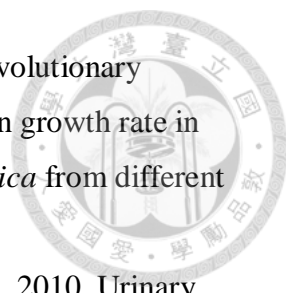
五、總結

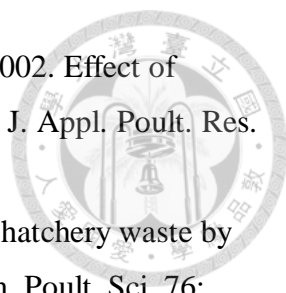
本研究成功建立孵化場廢棄物經熱處理為廢棄蛋蛋粉之模式，提供孵化場廢棄物處理之參考數據。並檢測最佳化熱處理條件之廢棄蛋蛋粉，作為蛋白質補充原料所需了解之基本資料，更進一步的評估應用於蛋雞與年輕豬隻之飼料。經最佳化熱處理之廢棄蛋蛋粉做為蛋白質補充原料應用於蛋雞與年輕豬隻並未有負面的影響，更有效提升蛋雞之蛋殼強度。同時在成本分析以現行之飼料價格，可有效降低飼料成本。

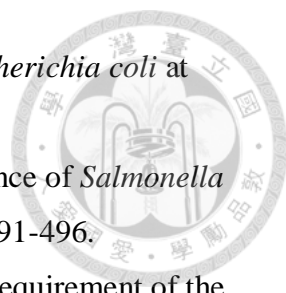
六、參考文獻

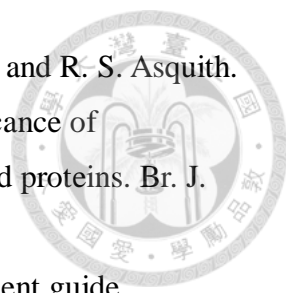
- 
- 經濟部。2015。國家標準草案徵求意見。標準公報。2: 2-3。
- 經濟部標準檢驗局。2015a。中華民國國家標準-實用大豆油 CNS749·N5009。
- 經濟部標準檢驗局，台北市。
- 經濟部標準檢驗局。2015b。飼料用油脂檢驗法-過氧化價之測定 CNS 15861-4, N 4223-4。經濟部標準檢驗局，台北市。
- 經濟部標準檢驗局。2015c。飼料用油脂檢驗法-酸價及游離脂肪酸含量之測定 CNS 15861-2, N 4223-2。經濟部標準檢驗局，台北市。
- 農委會。2000。孵化廢棄物再利用 資源回收變黃金。農委會畜牧處，台北市。文號：5750。
- http://www.coa.gov.tw/theme_data.php?theme=news&sub_theme=agri&id=3590。
- 沈添富。2008。家禽學。華香園出版社，台北市。
- 沈添富。1993。畜牧要覽飼料篇增修版。第 3-17 頁。華香園出版社，台北市。
- 台灣電力公司，2015。國際能源總署(IEA)2015 年 8 月發布之 2014 統計資料與亞鄰各國電價資料。
- http://www.taipower.com.tw/content/new_info/new_info-d16.aspx?LinkID=14
- 行政院主計總處，2013。100 年工商及服務業普查報告。
- <http://www.stat.gov.tw/public/Attachment/461011746USMXRN7A.pdf>
- Abiola, S. S., and E. K. Onunkwor. 2004. Replacement value of hatchery waste meal for fish meal in layer diets. *Bioresour. Tech.* 95: 103-106.
- Abiola, S. S., N. E. Radebr, C. v. d. Westhuizen, and D. O. Umesiobi. 2012. Whole hatchery waste meal as alternative protein and calcium sources in broiler diets. *Arch. Zootec.* 61: 229-234
- Adeniji, A. A., and S. S. Adesiyon. 2007. The feeding value of hatchery waste meal in the diets of early-weaned piglets. *Agrosearch.* 9: 17-22.
- Ahmed, M. A., D. E. Conner, and D. L. Huffmsn. 1995. Heat-resistance of *Escherichia Co/i* 0157: H7 in meat and poultry as affected by product composition. *J. Food Sci.* 60: 606-610.

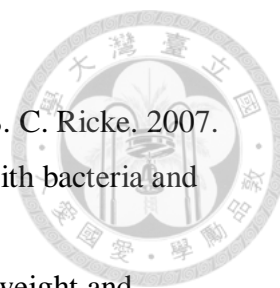
- 
- Al-Harathi, M. A., A. A. El-Deek, M. S. El-Din, and A. A. Alabdeen. 2010. A nutritional evaluation of hatchery by-product in the diets for laying hens. *Egypt. Poult. Sci.* 30: 339-351.
- Aljarallah, K. M., and M. R. Adams. 2006. Mechanisms of heat inactivation in *Salmonella* serotype Typhimurium as affected by low water activity at different temperatures. *Appl. Microbiol.* 102: 153-160.
- Allen, J. C., and R. J. Hamilton. 1994. *Rancidity in Foods*. 3rd edition. Blackie Academic and Professional, Glasgow, UK.
- Alonso, R., A. Aguirre, and F. Marzo. 2000. Effects of extrusion and traditional processing methods on antinutrients and in vitro digestibility of protein and starch in faba and kidney beans. *Food Chem.* 68: 159-165.
- Annio, J. S. 1964. *Clinical Chemistry: Principles and Procedures*. 3rd ed. Little, Brown and Company, Boston, USA.
- AOAC. 1980. *Official Methods of Analysis*. 13th edn. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
- AOAC. 2000. *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
- Babinszky, L., and P. Bársony. 2013. Nutrition. Measurement of the utilization of the proteins/amino acid and energy. pp. 71-98. University of Debrecen, Service Sciences Methodology Centre Debrecen.
- Bar, A. 2009. Calcium transport in strongly calcifying laying birds: mechanisms and regulation. *Comparative Biochemistry and Physiology A*. 152: 447-469.
- Bosi, P., L. Casini, A. Finamore, C. Cremokolini, G. Merialdi, P. Trevisi, F. Nobili, and E. Mengheri. 2004. Spray-dried plasma improves growth performance and reduces inflammatory status of weaned pigs challenged with enterotoxigenic *Escherichia coli* K88. *J. Anim. Sci.* 82: 1764-1772.
- Box, G. E. P., and K. B. Wilson. 1951. On the experimental attainment of optimum conditions. *J. Roy. Stat. Soc. B*. 13: 1-45.
- Box, G. E. P. and D. W. Behnken. 1960. Some new three level designs for the study of quantitative variables. *Technometrics*. 2: 455-462.
- Brandtzaeg, P. 2009. Mucosal immunity: induction, dissemination, and effector functions. *Scand. J. Immunol.* 70: 505-515.

- 
- Bronikowski, A. M., A. F. Bennett, and R. E. Lenski. 2001. Evolutionary adaptation to temperature. VIII. Effects of temperature on growth rate in natural isolates of *Escherichia coli* and *Salmonella enterica* from different thermal environments. *Evolution*. 55: 33-40.
- Campos, C., R. Guzmán, E. López-Fernández, and Á. Casado. 2010. Urinary uric acid and antioxidant capacity in children and adults with Down syndrome. *Clinical Biochem*. 43: 228-233.
- Carr, E. L., R. C. Moore, and C. A. Johnson. 1992. Hatchery waste composting. in: *Proceedings, 1992 national poultry waste management symposium*. pp. 139-144 Auburn University Printing Service, Auburn University, AL. USA.
- Carré, B. 1993. Digestibility of carbohydrates in poultry. pp. 148-163 in 9th Eur. Symp. Poult. Nutr. WPSA, Jelena, Poland.
- Chae, B. J., I. K. Hanb, J. H. Kimb, C. J. Yang, J. D. Hancock, I. H. Kimc, and D. A. Anderson. 1999. Effects of dietary protein sources on ileal digestibility and growth performance for early-weaned pigs. *Livest. Prod. Sci*. 58: 45-54.
- Cheeke, P. R., and E. S. Dierenfeld. 2010. *Comparative animal nutrition and metabolism*. Cambridge University Press, Cambridge. UK.
- Chen, M. J., K. N. Chen, and C. W. Lin. 2005. Optimization on response surface models for the optimal manufacturing conditions of dairy tofu. *J. Food Eng*. 68: 471-480.
- Chiu, W. Z. and H. W. Wei. 2011. Optimization of the thermal conditions for processing hatchery waste eggs as meal for feed. *Poult. Sci*. 90: 1080-1087.
- Coffman, R. L., D. A. Leberman, and B. Shrader. 1989. Transforming growth factor β specifically enhances IgA peoduction by lipopolysaccharide stimulated murine B lymphocytes. *J. Exp. Med*. 170, 1039-1044.
- Council of Agriculture. 2014. *Agriculture Statistics Yearbook*. Council of Agriculture, Executive Yuan, ROC, Taipei, Taiwan.
- Council of Agriculture. 2015. *Agriculture Statistics Yearbook*. Council of Agriculture, Executive Yuan, ROC, Taipei, Taiwan.
- da Costa, P. M., M. Oliveira, A. Bica, P. Vaz-Pires, and F. Bernardo. 2007. Antimicrobial resistance in *Enterococcus spp.* and *Escherichia coli* isolated from poultry feed and feed ingredients. *Vet. Microbiol*. 120: 122-131.

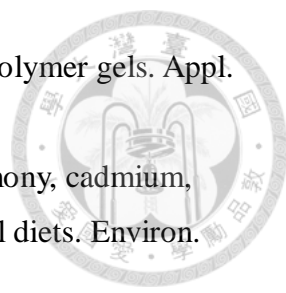
- 
- Das, K. C., M. Y. Minkara, N. D. Melear, and E. W. Tollner. 2002. Effect of poultry litter amendment on hatchery waste composting. *J. Appl. Poult. Res.* 11: 282-290.
- Deshmukh, A. C., and P. H. Patterson. 1997a. Preservation of hatchery waste by lactic acid fermentation. 1. Laboratory scale fermentation. *Poult. Sci.* 76: 1212-1219.
- Deshmukh, A. C., and P. H. Patterson. 1997b. Preservation of hatchery waste by lactic acid fermentation. 2. Large-scale fermentation and feeding trial to evaluate feeding value. *Poult. Sci.* 76: 1220-1226.
- Diggs, B. G., D. E. Becker, A. H. Jensen, and H. W. Norton. 1965. Energy value of various feeds for the young pig. *J. Anim. Sci.* 24: 555-558.
- Dudley-Cash, W. A. 2009. A landmark contribution to poultry science-A bioassay for true metabolizable energy in feedingstuffs. *Poult. Sci.* 88: 832-834.
- Dugan, L. R. Jr. 1968. Processing and other stress effects on the nutritive value of lipids. *World Rev. Nutr. Diet.* 9: 181-205.
- Dziezak, J. D. 1990. Taking the gamble out of produce development. *Food Tech.* 44: 110-117.
- El-Boushy, A. R. Y., and A. F. B. van der Poel. 1994. *Poultry feed from waste : processing and use.* Chapman & Hall. London, UK.
- El-Boushy, A. R. Y., and A. F. B. van der Poel. 2000. *Handbook of poultry feed from waste: processing and use.* pp. 428. Springer-Verlag. New York. USA.
- Fang, H., C. Zhao, and X. Song. 2010. Optimization of enzymatic hydrolysis of steam-exploded corn stover by two approaches: Response surface methodology or using cellulase from mixed cultures of *Trichoderma reesei* RUT-C30 and *Aspergillus niger* NL02. *Bioresour. Technol.* 101: 4111-4119.
- Farrell, D. J. 1978. Rapid determination of metabolizable energy of foods using cockerels. *Br. Poult. Sci.* 19: 303-308.
- Fastinger, N. D., J. D. Latshaw, and D. C. Mahan. 2006. Amino acid availability and true metabolizable energy content of corn distillers dried grains with solubles in adult cecectomized roosters. *Poult. Sci.* 85: 1212-1216.
- Freeman, B. A., and J. D. Crapo. 1982. Free radical and tissue injury. *Lab. Invest.* 47: 412-426.

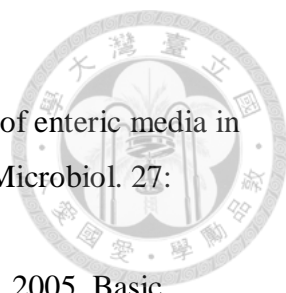
- 
- Fotadar, U., P. Zaveoff, and L. Terracio. 2005. Growth of *Escherichia coli* at elevated temperatures. *J. Basic Microbiol.* 4: 403-404.
- Garibaldi, J. A., R. P. Straka, and K. Ijichi. 1969. Heat resistance of *Salmonella* in various egg products. *Appl. Environ. Microbiol.* 17: 491-496.
- Guillaume, J., and J. D. Summer. 1970. Maintenance energy requirement of the rooster and influence of plane of nutrition on metabolizable energy. *Can. J. Anim. Sci.* 50: 363-369.
- Hamm, D., and W. K. Whitehead. 1982. Holding techniques for hatchery wastes. *Poult. Sci.* 61: 1025-1028.
- Hampson, D. J., M. Hinton, and D. E. Kidder. 1985., Coliform numbers in the stomach and small intestine of healthy pigs following weaning at three weeks of age. *J. Comp. Pathol.* 95: 353-362.
- Han, Y., and C. M. Parsons. 1991. Protein and amino acid quality of feather meals. *Poult. Sci.* 70: 812-822.
- Handa, M. C., K. L. Sapra, and B. K. Shingari. 1996. Effect of feeding extruded hatchery waste on the performance of soviet chinchilla rabbits. *World Rabbit Sci.* 4: 89-92.
- Harris, L. E. 1963. A system for naming and describing feedstuffs, energy terminology and the use of such information in calculating diets. *J. Anim. Sci.* 22: 535-547.
- Hill, F. W., and D. L. Anderson. 1958. Comparison of metabolizable energy and productive determinations with growing chicks. *J. Nutr.* 64: 587-603.
- Hong, D., D. Ragland, and O. Adeola. 2002. Additivity and associative effects of metabolizable energy and amino acid digestibility of corn, soybean meal, and wheat red dog for White Pekin ducks. *J. Anim. Sci.* 80: 3222-3229.
- Hou, Y., L. Wang, W. Zhang, Z. Yang, B. Ding, H. Zhu, Y. Liu, Y. Qiu, Y. Yin, and G. Wu. 2012. Protective effects of *N*-acetylcystein on intestinal functions of piglets challenged with lipopolysaccharide. *Amino Acids.* 43: 1233-1242.
- Hung, Y. J., C. C., Peng, J. T. C. Tzen, M. J., Chen, and J. R. Liu. 2008. Immobilization of *Neocallimastix patriciarum* xylanase on artificial oil bodies and statistical optimization of enzyme activity. *Bioresour. Tech.* 99: 8662-8666.

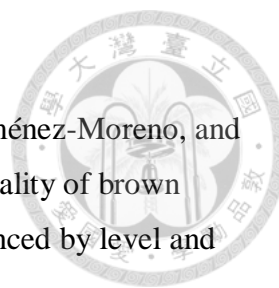
- 
- Hurrell, R. F., K. J. Carpenter, W. J. Sinclair, M. S. Otterburn, and R. S. Asquith. 1976. Mechanisms of heat damage in proteins 7. Significance of lysine-containing isopeptides and of lanthionine in heated proteins. *Br. J. Nutr.* 35: 383-395.
- Hyline International 2016. W-36 commercial layers management guide. 10/03/2016.
http://www.hyline.com/UserDocs/Pages/36_COM_ENG_Interactive.pdf
- Ilian, M. A., and A. J. Salman. 1986. Feeding processed hatchery wastes to poultry. *Agri. Wastes.* 153: 179-186.
- INRA, CIRAD, AFZ, and FAO. 2015. Feedipedia-Animal Feed Resources Information System. <http://www.feedipedia.org>.
- Jin, T., H. Zhang, G. Boyd, and J. Tang. 2008. Thermal resistance of *Salmonella enteritidis* and *Escherichia coli* K12 in liquid egg determined by thermal-death-time disks. *Journal of Food Engineering.* 84: 608-614.
- Khanal, R. C., and I. Nemere. 2008. Endocrine regulation of calcium transport in epithelia. *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol.* 35: 1277-1287.
- Khuri, A. I. 2006. Response surface methodology and related topics. Hacensack, NJ. London, UK.
- Koehler, H. H., and G. E. Bearse. 1975. Egg flavor quality as affected by fish meals or fish oils in laying rations. *Poult. Sci.* 54: 881-889.
- Köhler, T., R. Mosenthin, M. W. A. Verstegen, J. Huisman, L. A. Hartog, and F. Ahrens. 1992. Effect of ileo-rectal anastomosis and post-valve T-caecum cannulation on growing pigs. 1. Growth performance, N-balance and intestinal adaptation. *Br. J. Nutr.* 68: 293-303.
- Lennox, E. S. 1955. Transduction of linked genetic characters of the host by bacteriophage. *Virolo.* 1: 190-206.
- Lewis, A. J., and L. L. Southern. 2001. *Swine Nutrition* 2nd edn. CRC Press. Boca raton, USA.
- Lilburn, M. S., G. W. Barbour, R. Nemasetoni, C. Coy, M. Werling, and A. G. Yersin. 1997. Protein quality and calcium availability from extruded and autoclaved turkey hatchery residue. *Poult. Sci.* 76: 841-848.
- Lunabald, K. K. 2009. Effect of diet conditioning on physical and nutritional quality of feed for pig and chickens. Ph. D. Dissertation. Norwegian



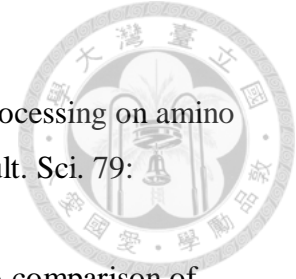
- University of Life Science, Aas, Norway.
- Maciorowski, K. G., P. Herrera, F. T. Jones, S. D. Pillai, and S. C. Ricke. 2007. Effects on poultry and livestock of feed contamination with bacteria and fungi. *Anim. Feed Sci. Technol.* 133: 109-136.
- Mahan, D. C., and A. J. Lupine. 1991. Effect of pig weaning weight and associated nursery feeding programs on subsequent performance to 105 kilograms body weight. *J. Anim. Sci.* 69: 1370-1378.
- Mantis, N. J., N. Rol, and B. Corthesy. 2011. Secretory IgA's complex roles in immunity and mucosal homeostasis in the gut. *Mucosal Immunol.* 4: 603-611.
- McEllhiney, R. R. 1985. Feed manufacturing technology III. American Feed industry Association. Arlington, Virginia. USA.
- Mehdipour, M., M. Shams Shargh, B. Dastar, and Hassani, S. 2009. Effects of different levels of hatchery waste on the performance, carcass and tibia ash and some blood parameters in Broiler chicks. *Pakistan. J. Biol. Sci.* 12: 1272-1276.
- Mehlenbacher, V. C. 1960. Analysis of fats and oils, the Gerrard Press, Champaign, IL.
- Meloche, K. J., B. J. Kerr, G. C. Shurson, and W. A. Dozier III. 2013. Apparent metabolizable energy and prediction equations for reduced-oil corn distillers dried grains with solubles in broiler chicks from 10 to 18 days of age. *Poult. Sci.* 92: 3176-3183.
- Miller, D. S., and P. R. Payne. 1959, A ballistic bomb calorimeter. *Bri. J. Nutr.* 13: 501-508.
- Miller, B. F. 1984. Extruding hatchery waste. *Poult. Sci.* 63: 1284-1286.
- Mitchell, H. H., and R. J. Block. 1946. Some relationships between the amino acid contents of protein and their nutritive values for the rat. *J. Biol. Chem.* 163: 599-620.
- Mobley, H. L., and R. P. Hausinger. 1989. Microbial ureases: significance, regulation, and molecular characterization. *Microbiol. Rev.* 53: 85-108.
- Montgomery, D. C. 2008. Design and analysis of experiments. 7th ed. John Wiley and Sons, New York, USA.
- Mugnier, J., and G. Jung. 1985. Survival of bacteria and fungi in relation to

- 
- water activity and the solvent properties of water in biopolymer gels. *Appl. Environ. Microbiol.* 50: 108-114.
- Murthy, G. K., U. Rhea, and J. T. Peeler. 1971. Level of antimony, cadmium, chromium, cobalt, manganese, and zinc institutional total diets. *Environ. Sci. Technol.* 5: 436-442.
- Myers, R. H., and D. C. Montgomery. 2002. Response surface methodology- Process and product optimization using designed experiments. 2nd edn. John Wiley and Sons, New York, USA.
- Nesheim, M. C., and J. D. Garlich. 1966. Digestibility of unheated soybean meal for laying hens. *J. Nutr.* 88: 187-192.
- Nesheim, M. C., and K. J. Carpenter. 1967. The digestion of heat-damaged protein. *Br. J. Nutr.* 21: 399-411.
- Noblet, J., and J. M. Perez. 1993. Prediction of digestibility of nutrients and energy values of pig diets from chemical analysis. *J. Anim. Sci.* 71: 3389-3398.
- Noguchi, T., Y. Takada, and S. Fujiwara. 1979. Degradation of uric acid to urea and glyoxylate in peroxisomes. *J. Biol. Chem.* 254: 5272-5275.
- NRC. 1994. Nutrient requirements of poultry, 9th edn. USA National Research Council, National Academy Press, Washington, DC, USA.
- NRC. 2012. Nutrient requirements of swine, 11th edn. USA National Research Council, National Academy Press, Washington, DC, USA.
- Oser, B. L. 1951. Methods for integrating essential amino acid content in the nutritional evaluation of protein. *J. Am. Diet. Assoc.* 27: 396-402.
- Owen, K. Q., J. L. Nelssen, M. D. Tokach, R. D. Goodhand, S. S. Dritz, and L. J. Kats. 1993. Spray-dried egg protein in diets for early-weaned starter pigs. *Swine Day. SRP695.* pp. 50-53.
- Owusu-Asiedu, A., C. M. Nyachoti, S. K. Baidoo, R. R. Marquardt, and X. Yang. 2003. Response of early-weaned pigs to an *Escherichia coli* (K88) challenge when fed diets containing spray-dried porcine plasma or pea protein isolate plus egg yolk antibody. *J. Anim. Sci.* 81: 1781-1789.
- Pedersen, C., M. G. Boersma, and H. H. Stein. 2007. Digestibility of energy and phosphorus in ten samples of distillers dried grains with solubles fed to

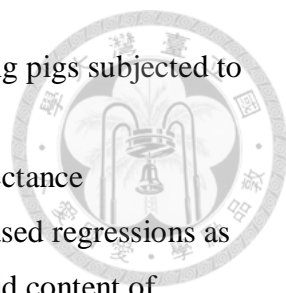
- 
- growing pigs. *J. Anim. Sci.* 85: 1168-1176.
- Pollock, H. M., and B. J. Dahlgren. 1974. Clinical evaluation of enteric media in the primary isolation of *Salmonella* and *Shigella*. *Appl. Microbiol.* 27: 197-201.
- Pond, W. G., D. C. Church, K. R. Pond, and P. A. Schoknecht. 2005. *Basic Animal Nutrition and Feeding*, 5th edition, John Wiley and Sons, Inc., USA.
- Porter, P., D. E. Noakes, and W. D. Allen. 1970. Secretory IgA and antibodies to *Escherichia coli* in porcine colostrums and milk and their significance in the alimentary tract of the young pig. *Immunol.* 18: 245-257.
- Quinlan, K. P., and M. A. DeSesa. 1955. Spectrophotometric determination of phosphorus as molybdovanadophosphoric Acid. *Anal. Chem.* 27: 1626-1629.
- Rasool, S., M. Rehan, A. Haq, and M. Z. Alam. 1999. Preparation and nutritional evaluation of hatchery waste meal for broilers. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 12: 554-557.
- Ravindran, V., Y. B. Wu, and W. H. Hendriks. 2004. Effect of sex and dietary phosphorus level on the apparent metabolizable energy and nutrient digestibility in broiler chickens. *Arch. Anim. Nutr.* 58: 405-411.
- Regmi, P. R., W. C. Sauer, and R. T. Zijlstra. 2008. Prediction of in vivo apparent total tract energy digestibility of barley in grower pigs using an in vitro digestibility technique. *J. Anim. Sci.* 86: 2619-2626.
- Ribeiro, A. M. L. and A. M. Penz, Jr. 2001. Effects of 2-hydroxy- 4-(methylthio) butanoic acid and DL-methionine on broiler performance and compensatory growth after exposure to two different environmental temperatures. *J. Appl. Poult. Res.* 10:419-426.
- Risley, C. R., E. T. Kornegay, M. D. Lindemann, C. M. Wood, and W. N. Eigel. 1992. Effect of feeding organic acids on selected intestinal content measurements at varying times postweaning in pigs. *J. Anim. Sci.* 70: 196-206.
- Rochell, S. J., B. J. Kerr, and W. A. Dozier III. 2011. Energy determination of corn co-products fed to broiler chicks from 15 to 24 days of age, and use of composition analysis to predict nitrogen-corrected apparent metabolizable



- energy. *Poult. Sci.* 90: 1999-2007.
- Safaa, H. M., M. P. Serrano, D. G. Valencia, M. Frikha, E. Jiménez-Moreno, and G. G. Mateos. 2008. Productive performance and egg quality of brown egg-laying hens in the late phase of production as influenced by level and source of calcium in the diet. *Poult. Sci.* 87: 2043-2051.
- SAS Institute, 2009 SAS Institute, 2009. Base SAS® 9.1 Procedure's Guide, 2nd edn. vols. 1-4. SAS Inst., Cary, NC.
- Saunders-Blades, J. L., J. L. MacIsaac, D. R. Korver, and D. M. Anderson. 2009. The effect of calcium source and particle size on the production performance and bone quality of laying hens. *Poult. Sci.* 88 : 338-353.
- Sauvant, D., J. M. Perez, and G. Tran. 2004. Tables of composition and nutritional value of feed materials. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands and INRA, Paris.
- Schaafsma, G. 2000. The Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score. *J. Nutr.* 130: 1865s-1867s.
- Schreiner M, H. W. Hulan, E. Razzazi-Fazeli, J. Bohm, and C. Iben. 2004. Feeding laying hens seal blubber oil: effects on egg Yolk Incorporation, stereospecific distribution of omega-3 fatty acids, and sensory aspects. *Poult. Sci.* 83: 462-473.
- Sebastian, S., S. P. Touchburn, E. R. Chavez, and P. C. Lague. 1997. Apparent digestibility of protein and amino acids in broiler chickens fed a corn-soybean diet supplemented with microbial phytase. *Poult. Sci.* 76: 1760-1769.
- Segalés, J., F. Alonso, C. Rosell, J. Pastor, F. Chianini, E. Campos, L. López-Fuertes, J. Quintana, G. Rodríguez-Arriola, M. Calsamiglia, J. Pujols, J. Domínguez, and M. Domingo. 2001. Changes in peripheral blood leukocyte populations in pigs with natural postweaning multisystemic wasting syndrome (PMWS). *Vet. Immunol. Immunopathol.* 81: 37-44.
- Sibbald, I. R. 1976. A bioassay for true metabolizable energy in feedingstuffs. *Poult. Sci.* 55: 303-308.
- Sibbald, I. R. 1982. Measurement of bioavailable energy in poultry feedingstuffs: a review. *Can. J. Anim. Sci.* 62: 983-1048.
- Simic, M. G., and S. V. Jovanovic. 1989. Antioxidation mechanisms of uric acid.



- J. Am. Chem. Soc. 111: 5718-5182.
- Shirley, R. B., and C. M. Parsons. 2000. Effect of pressure processing on amino acid digestibility of meat and bone meal for poultry. *Poult. Sci.* 79: 1775-1781.
- Snoeck, V., I. R. Peters, and E. Cox. 2006. The IgA system: A comparison of structure and function in different species. *Vet. Res.* 37: 455-467.
- Stotzky, G. 1997. Soil as an environment for microbial life. In: van Elsas, J. D., J. T. Trevors, E. M. H. Wellington. ed. *Modern Soil Microbiology*. pp. 1-20. Marcel Dekker, Inc., New York, USA.
- Svihus, B., A. K. Uhlen, and O. M. Harstad. 2005. Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: A review. *Anim. Feed Sci. Tech.* 122: 303-320.
- Sun, T., H. N. Laerke, H. Jorgensen, and K. E. Bach Enudsen. 2006. The effect of extrusion cooking of different starch sources on the in vitro and in vivo digestibility in growing pigs. *Anim. Feed Sci. Tech.* 131: 66-85.
- Tacon, A. G. J. 1982. Utilisation of chick hatchery waste: The nutritional characteristics of day-old chicks and egg shells. *Agr. Waste.* 4: 335-343.
- Tadiyanant, C., J. J. Lyons, and J. M. Vandepopuliere. 1993. Extrusion processing used to convert dead poultry, feathers, eggshells, hatchery waste, and mechanically deboned residue into feedstuffs for poultry. *Poult. Sci.* 72: 1515-1527.
- Vaerman, J. P., A. Langendries, R. Pabst, and H. J. Rothkotter. 1997. Contribution of serum IgA to intestinal Lymph IgA, and vice versa, in minipigs. *Vet. Immunol. immunopathol.* 58: 301-308.
- Valdes, E. V., and S. Leeson. 1992. Measurement of metabolizable energy in poultry feeds by an in vitro system. *Poult. Sci.* 71: 1493-1503.
- van den Bogaard, A. E., N. London, C. Driessen and E. E. Stobberingh. 2001. Antibiotic resistance of faecal *Escherichia coli* in poultry, poultry farmers and poultry slaughterer. *J. Antimicrob. Chemother.* 47: 763-771
- Vandepopuliere, J. M., H. K. Kanungo, H. V. Walton, and O. J. Cotterill. 1977. Broiler and egg type chick hatchery by-product meal evaluated as laying hen feedstuffs. *Poult. Sci.* 56: 1140-1144.
- van Heugten, E., J. W. Spears, and M. T. Coffey. 1994. The effect of dietary

- 
- protein on performance and immune response in weanling pigs subjected to an inflammatory challenge. *J. Anim. Sci.* 72: 2661-2669.
- Van Kempen, T. A., and J. C. Bodin. 1998. Near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) seems to be superior to nitrogen-based regressions as a rapid tool in predicting the poultry digestible amino acid content of commonly used feedstuffs. *Anim. Feed Sci. Tech.* 76: 139-147.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
- Varley, M. A., and J. Wiseman. 2001. *The Weaner Pig: Nutrition and Management*. CABI Pub, New York, USA.
- Vasenius, H. 1969. The influence of dietary carbohydrate on the multiplication and colonisation of inoculated *Escherichia coli* strains in pig's intestine. 2. investigations in pigs at weaning age. *Nord. Vet. Med.* 21: 535-544.
- Vicente, B., D. G. Valencia, M. P. Serrano, R. Lazaro, and G. G. Mateos. 2009. Effects of feeding rice and the degree of starch gelatinization of rice on nutrient digestibility and ileal morphology of young pig. *Br. J. Nutr.* 101: 1278-1281.
- Wan, H. F., W. Chen, Z. L. Qi, P. Peng, and J. Peng. 2009. Prediction of true metabolizable energy from chemical composition of wheat milling by-products for ducks. *Poult. Sci.* 88: 92-97.
- Wang, X., and C. M. Parsons. 1998. Effect of raw material source, processing systems, and processing temperatures on amino acid digestibility of meat and bone meals. *Poult. Sci.* 77: 834-841.
- Wiseman, J., and D. J. A. Cole. 1990. Feedstuff Evaluation. In: A. G. Low (ed.) *Protein evaluation in pigs and poultry*. pp. 91. Butterworths, London, UK.
- Wolf, G. 2005. The Discovery of the Antioxidant Function of Vitamin E: the contribution of Henry A. Mattill. *J. Nutr.* 135: 363-366.
- Zhang, Y., P. Zheng, B. Yu, J. He, J. Yu, X. B. Mao, J. X. Wang, J. Q. Luo, Z. Q. Huang, G. X. Cheng, and D. W. Chen. 2016. Dietary spray-dried chicken plasma improves intestinal barrier function and modulates immune status in weaning piglets. *J. Anim. Sci.* 94: 173-184.
- Zhao, F., L. Zhang, B. M. Mi, H. F. Zhang, S. S. Hou, and Z. Y. Zhang. 2014.

Using a computer-controlled simulated digestion system to predict the energetic value of corn for ducks. *Poult. Sci.* 93: 1410-1420.





七、附錄

(一)、家禽真代謝能測定方法

1、所需藥品與器具

- ◇ 灌食器：訂做之不鏽鋼管器具（如圖 7-1）
- ◇ 糞袋：購自和豐國際行銷股份有限公司，又名造口袋、簡易型開口便袋，型號：lapack super c100，須經加工，避免啄破與因產蛋而脫落（如圖 7-2）。
- ◇ 潤滑劑：建議使用 KY（Johnson-johnson, U.S.A.，圖 7-3）
- ◇ 人員：三名（保定、灌食、給料）
- ◇ 冷凍乾燥機與等溫式熱量計：PARR 1261（中美儀器）



圖 7-1



圖 7-2



圖 7-3

2、試驗流程

選擇 20 隻體重相近的蛋雞置於獨立的籠架裡，禁食 24 h，期間提供飲水。24 h 後，選擇 10 隻蛋雞貼上糞袋，灌食約 20~25g 的飼料原料樣品，與另外十隻未灌食但仍貼上糞袋之雞隻一同放回籠中。

灌食方法：由一人保定雞隻，將雞隻放置胸前，背向保定者，單手將雞隻壓在身上，另一隻手將其頭部往上延伸（抓雞冠或頭部的毛），至頸部完全伸直，喙垂直地面朝上。另一人，將灌食器外部塗上適當潤滑液，左手抓住雞之下喙，將嘴巴張開，緩緩將灌食器插入，此時與保定人員互相配合，將頸部維持伸直狀態，灌食器沿著雞隻右側，緩緩插入，想像雞隻嗉囊位置（頸根部），以 1.2~1.4 kg 蛋雞為例，灌食器約進入一半即到達嗉囊，到達

嗉囊時，會有阻力感，此時將灌食器內部推擠棒取出，儘速由另一個人（可站在椅子或板凳上），於灌食器漏斗部份添加樣品，利用擠壓棒將其灌入嗉囊，階段結束將灌食器取出，讓雞隻稍作休息，接著重複上述步驟，20g 建議分 3~4 次，但依照飼料原料特性不同可斟酌分配，灌食時間越短越好，避免長時間將灌食器放在雞隻食道而造成窒息。灌食一部份樣品後，可能出現無法將飼料原料推擠至嗉囊，此時可微微上抬灌時器，再做推擠，則可將其推入，部份樣品可能位於食道，待雞隻回到雞籠，樣品會慢慢推擠至嗉囊。

洗淨、烘乾並且秤量糞便排泄物容器（約需體積 200mL）以供隔日使用。

收集 24 h 之全部糞便與排泄物，可用 RO 水將糞便與排泄物沖至容器內，於 -80°C 冰箱，約 24h，取出，置入冷凍乾燥機，凍乾約 72 ~ 84h，取出秤重（W）。

檢測飼料原料總能 kcal/g 風乾基（GEf），建議檢測 10 次，樣品須磨碎，等溫式熱量計用法請參考”等溫式熱量計操作方法”。

將凍乾後糞便與排泄物樣品取出，由研鉢粉碎，以九宮格法取 1g 樣品，重複測定三次（如果樣品足夠），檢測灌食後糞便與排泄物總能（Yef），與未經灌食，內源性消耗的總能（Yec）。Yef and Yec 皆為總能量值，非濃度值

計算方法：

$$TME = \frac{(GEf \times W) - (Yef - Yec)}{W}$$

單位：kcal / g air dry matter



(二)、豬隻瘻管手術方法

1、手術所需器具

項目	數量	項目	數量
剃刀	1 支	矽膠塞	一隻豬 1 個
剃刀刀片	1 支	10ml 針筒	一隻豬 4 個
手術刀柄	1 支	21 1/2 針頭	數個
解剖刀片	1 盒	蝴蝶針	一隻豬 1 根
手術剪刀 14cm (直/雙尖)	1 支	橡膠消毒手套 size L	1 盒
手術剪刀 14cm (直/片間圓)	1 支	擦拭紙	1 包
有勾鑷子	2 支	氣體麻醉劑 (福來生 Fluothane 或 halothane)	1 罐
止血鉗 16cm (直)	1 支	注射式麻醉劑(治得舒：Citoson = 1 : 1)	1 罐
止血鉗 12.5cm (彎)	2 支	唾液抑制劑 (阿托品 Atropine)	2 罐
布帕鉗 11cm	4 支	鎮靜劑 (Stresnil)	1 罐
艾利斯鉗 15cm (組織鉗)	4 支	抗生素 (配尼濁注射液 Penisol Ingection)	1 罐
縫合針 8mm (圓針)	1 盒	肥皂水	1 盆
縫合針 20mm (圓針)	1 盒	75%酒精 (裝於燒杯內和噴霧器內)	2L
縫合針 40mm (反角針)	1 盒	碘酒	裝於噴霧器內
單股尼龍線	1 捲	優碘軟膏	1 罐
腸線	1 捲	滅菌蒸餾水	1 罐
紗布 (或酒精棉)	一隻豬需 4~5 片	童軍繩	2 條
手術巾	一隻豬需 1 張	手術用膠布	1 捲
T 形矽膠瘻管 (八層)	一隻豬需 1 管	銼刀	1 支



2、手術器材使用前處理：

- (1)、手術剪刀、手術刀柄、有勾鑷子、止血鉗、布帕鉗、艾利斯鉗（組織鉗）放入密閉容器裡並滅菌。
- (2)、紗布、手術巾分別放入兩個牛皮紙袋後密封並滅菌。
- (3)、縫合針、單股尼龍線、腸線、矽膠瘻管、矽膠塞放入 75% 酒精裡消毒。
- (4)、麻醉與手術前豬隻處理：（人力需求 3 人，1 人操作，2 人固定豬隻）

稍微清理手術室並以 75% 酒精擦拭手術台面。

打開手術燈，將豬隻放置於手術台上，面罩戴在豬的口鼻上並以手術用膠布綑緊，打開麻醉機，加入 1~2 ml 氣體麻醉劑 Fluothane（或 halothane）於麻醉機的加入孔，調整笑氣與氧的比例為 1：2，開關轉至 0.5，麻醉使豬隻睡著。視豬隻心跳快慢調整開關，心跳快時調低，若有豬隻有掙扎的現象則調高（勿超過 1.5）。

壓住豬隻。用鉗刀打開裝有唾液抑制劑 Atropine 的玻璃瓶，吸取 2ml Atropine 從豬隻後腿二頭肌注入，在於另一條後腿的二頭肌注入 2ml 鎮定劑 Stresnil。

臥倒豬隻。取一條童軍繩打一個伸縮結，套入豬的一條後腿中並束緊，再纏繞另一條後腿，將後腿固定於手術台一側。前腿的固定方式同上。

用針筒抽取 4ml 注射式麻醉劑（治得舒：Citoson = 1：1），透過蝴蝶針緩緩注入豬隻耳朵背側的靜脈中（先壓住耳根處靜脈使血管明顯浮出，方便入針），以手術用膠布固定蝴蝶針於豬隻耳背。

以剃刀沾肥皂水後，於豬隻側體最後一對肋骨與後腿股骨的中間區域（如圖 7-4 圓圈所示之 10 cm×10 cm 範圍）剃除體毛（逆毛剃），再以擦拭紙將豬隻體側擦拭乾淨。

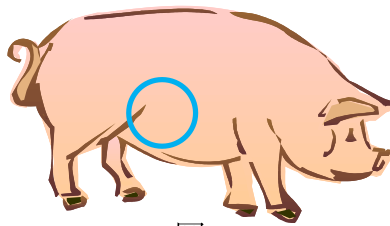


圖 7-4



3、手術過程：(人力需求 3 人，1 人主刀，2 人輔助)

- (1)、主刀者與輔助者 A 皆戴上橡膠消毒手套，左手抓取手套內側帶上右手，帶過手套的右手抓取另一支手套的外側，並帶上左手（左右手可互換，注意勿徒手接觸手套外側）。
- (2)、未戴手套的輔助者 B 將裝有手術巾的牛皮紙袋打開，主刀者取出一條手術巾覆於豬隻體側上方，正中間的洞對準已剃除體毛部位；接者輔助者 B 將裝有手術器械的密閉容器打開，主刀者或輔助者 A 取出四支布帕鉗，將手術巾固定在豬隻體側表皮上。
- (3)、輔助者 B 在噴灑碘酒於豬隻已剃除體毛的部位，再打開裝有滅菌紗布的牛皮紙袋，由主刀者取出紗布擦去碘酒。
- (4)、主刀者以手術刀於豬隻側體最後一對肋骨與後腿股骨的正中間，由背部至腹部的方向劃下約 8 公分長傷口，慢慢劃開皮膚、肌肉、腹膜。若劃破血管，立刻以止血鉗夾住血管止血，並以滅過菌的紗布吸掉流出的血液。
- (5)、以兩支艾利斯鉗（組織鉗）分別夾住傷口兩側皮膚、肌肉和腹膜（三層夾在一起）並將其外翻。慢慢抽出小腸，尋找迴腸與盲腸的連接處。
- (6)、隨時噴灑滅菌過的生理食鹽水於小腸和盲腸表面，避免其乾掉，直到找到迴腸與盲腸的連接處後，僅留連接處和盲腸於豬隻體外，其餘小腸慢慢放回豬隻體內。此時可鬆去步驟 5 的艾利斯鉗（組織鉗）。
- (7)、修剪瘻管欲插入迴腸的雙翼（約 2~3 cm），注意邊緣必須平滑，以免裝入後刺破腸壁。
- (8)、裝入瘻管：

以手術刀於迴腸上與盲腸連接處約 5 cm 的位置（盡量找血管稀疏的部位），平行小腸方向劃開腸壁約 2 cm 長的縫隙，縫隙兩側腸壁分別由兩支艾利斯鉗（組織鉗）夾住，並由輔助者 A 輕輕將之上提（勿太用力將傷口扯大）。

主刀者將修剪過的瘻管其中一翼 a 向內摺入管中，另一翼 b 插入之前劃開的縫隙中，再緩緩放開 a 翼使之進入迴腸中。（如圖 7-5 所示）

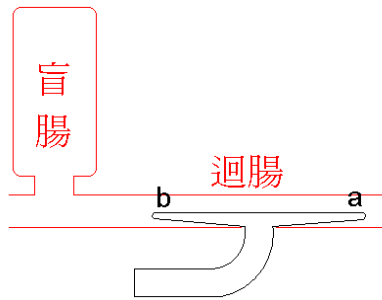


圖 7-5

- (9)、輔助者 A 持續輕提艾利斯鉗（組織鉗），輔助者 B 打開滅菌過（或浸泡過 75% 酒精）的 8 mm 縫合圓針和單股尼龍線外封套，由主刀者用 16cm 止血鉗（直）夾出針線，沿著腸壁傷口以平針縫法勾住外層肌肉的方式繞瘻管縫合一圈（勿使線穿透腸壁進入腸道內部，避免內容物沿尼龍線流出至腹腔引發腹膜炎），慢慢將腸道傷口束緊（如圖 7-6 藍線所示）。縫合腸壁後可鬆開步驟 (8)-i 的兩隻艾利斯鉗（組織鉗）。

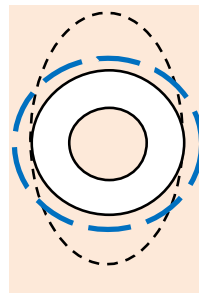


圖 7-6

- (10)、縫合線打結方式：將線纏繞止血鉗前端三圈，再以止血鉗夾住線頭（或預留的線圈）並拉出，拉緊後即可完成一個結，反覆打三次結即可牢牢固定。
- (11)、將盲腸和迴腸連同瘻管放回豬隻體內。
- (12)、主刀者於豬隻腹部傷口與後腿間的表皮剪去一塊直徑 1 cm 的圓形皮膚（注意：剪過大），輔助者 A 以一支艾利斯鉗（組織鉗）由豬隻體內頂住肌肉，再用手術刀以劃 X 的方式切穿肌肉（如圖 7-7 所示）

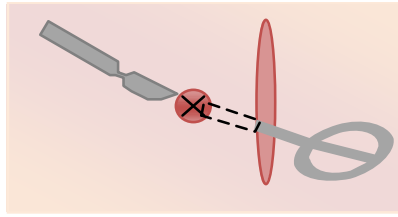


圖 7-7

- (13)、以一支艾利斯鉗（組織鉗）穿過前一步驟切穿的皮膚與肌肉孔洞，至豬隻體內夾住瘻管的管口並抽出，使瘻管的管子部分露在豬隻體外，管口朝下。
- (14)、從酒精中取出一個矽膠塞塞住瘻管管口。
- (15)、輔助者 A 以兩支艾利斯鉗（組織鉗）分別夾住腹部傷口兩側最內層肌肉和腹膜並將其外翻。輔助者 B 打開滅菌過（或浸泡過 75% 酒精）的 20 mm 縫合圓針和腸線外封套，由主刀者用 16cm 止血鉗（直）夾出針線，以平針縫法縫合最內層肌肉和腹膜，打結方式同步驟 12。縫合後取下兩支艾利斯鉗（組織鉗）。
- (16)、輔助者 A 以兩支艾利斯鉗（組織鉗）分別夾住腹部傷口兩側中間層和最外層的肌肉並將其上提。輔助者 B 打開滅菌過（或浸泡過 75% 酒精）的 20 mm 縫合圓針和腸線外封套，由主刀者用 16cm 止血鉗（直）夾出針線，以平針縫法縫合中間層和最外層的肌肉，打結方式同步驟 12。
- (17)、輔助者 A 以兩支艾利斯鉗（組織鉗）分別夾住腹部傷口兩側表皮並將其上提。輔助者 B 打開滅菌過（或浸泡過 75% 酒精）的 40 mm 縫合反角針和單股尼龍線外封套，由主刀者用 16cm 止血鉗（直）夾出針線，以毛邊縫法縫合表皮（每逢一針，把線繞過針一圈，使線拉緊後會呈現交叉的樣子），打結方式同步驟 12。
- (18)、縫合完成後，將瘻管向外拉，使迴腸裝有瘻管的位置緊貼腹膜，使未來豬隻傷口癒合後，腸壁與腹膜接合在一起，避免腸道內容物流入腹腔造成腹膜炎。
- (19)、取下四支布帕鉗和手術巾。
- (20)、脫去橡膠消毒手套，以手術用膠布纏繞瘻管數圈，避免瘻管縮回至豬隻體內，再用膠布以十字型的貼法和纏繞的方式固定矽膠塞，避免矽膠塞



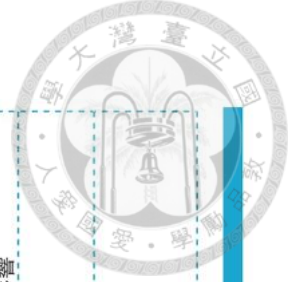
脫落（膠布末端反摺，方便試驗時拆除膠布）。

- (21)、以 10 ml 針筒裝上 21 1/2 號針頭，吸取 2~3 ml 抗生素（配尼濁注射液 Penisol Ingection），從豬隻後腿二頭肌注入。
- (22)、將優碘軟膏均勻塗抹在豬隻傷口處。
- (23)、拔除蝴蝶針，關掉麻醉機並取下面罩，鬆開童軍繩，將豬隻放回保育豬舍的欄位中。
- (24)、清理手術室，清洗手術器材並將藥品歸位，做好垃圾分類。

4、術後照顧：（手術後兩天內人力需求 2 人，兩天後人力需求 1 人）

- (1)、點亮保溫燈，並調整適當高度，照射手術後豬隻的欄位。
- (2)、欄位間隔裝設塑膠板，避免隔壁欄豬隻咬掉手術後豬隻的瘻管。
- (3)、注意手術後 2 h 內該豬隻是否甦醒，是否能夠站立。
- (4)、手術後兩天皆需幫該豬隻肌肉注射 2~3 ml 抗生素（配尼濁注射液 Penisol Ingection）和塗抹優碘軟膏於傷口處，一天一次。注射時，一人固定豬隻於欄杆旁，另一人由豬隻後腿二頭肌注射。
- (5)、手術後一週內注意該豬隻、身體狀況（如：體力是否不足）、採食狀況、傷口癒合狀況。
- (6)、豬隻傷口處會漸漸消腫，因此必須隨時注意瘻管的管子部分是否仍在豬隻體外，必要時以手術用膠布固定、補強。

(三)、雞蛋白產品評記錄表



雞蛋品評試驗單：第 _____ 週

本試驗分為5組，分別為(A)對照組（玉米大豆粕為主，不含動物性飼料原料），(B)魚粉添加組（添加2%魚粉），(C)廢棄蛋蛋白組一（添加廢棄蛋蛋白4%），(D)廢棄蛋蛋白組二（添加廢棄蛋蛋白8%），(E)廢棄蛋蛋白組三（添加廢棄蛋蛋白12%）

問題/蛋上編號	_____	_____	_____	_____	_____	
是否有異味	<input type="checkbox"/> 是 異味來自於： _____蛋黃 _____蛋白 _____皆有 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 異味來自於： _____蛋黃 _____蛋白 _____皆有 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 異味來自於： _____蛋黃 _____蛋白 _____皆有 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 異味來自於： _____蛋黃 _____蛋白 _____皆有 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 異味來自於： _____蛋黃 _____蛋白 _____皆有 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 異味來自於： _____蛋黃 _____蛋白 _____皆有 <input type="checkbox"/> 否
異味種類： 如果有異味選擇異味種類，否則不用圈選	<input type="checkbox"/> 類似玉米粉的味道 <input type="checkbox"/> 類似魚粉的異味 <input type="checkbox"/> 類似廢棄蛋蛋白的異味 <input type="checkbox"/> 打開雞蛋，有較其他蛋多的異味，但分不出是哪一種。 <input type="checkbox"/> 極度的厭惡 <input type="checkbox"/> 不喜歡 <input type="checkbox"/> 些微的不喜歡 <input type="checkbox"/> 有異味，但可接受 <input type="checkbox"/> 不影響	<input type="checkbox"/> 類似玉米粉的味道 <input type="checkbox"/> 類似魚粉的異味 <input type="checkbox"/> 類似廢棄蛋蛋白的異味 <input type="checkbox"/> 打開雞蛋，有較其他蛋多的異味，但分不出是哪一種。 <input type="checkbox"/> 極度的厭惡 <input type="checkbox"/> 不喜歡 <input type="checkbox"/> 些微的不喜歡 <input type="checkbox"/> 有異味，但可接受 <input type="checkbox"/> 不影響	<input type="checkbox"/> 類似玉米粉的味道 <input type="checkbox"/> 類似魚粉的異味 <input type="checkbox"/> 類似廢棄蛋蛋白的異味 <input type="checkbox"/> 打開雞蛋，有較其他蛋多的異味，但分不出是哪一種。 <input type="checkbox"/> 極度的厭惡 <input type="checkbox"/> 不喜歡 <input type="checkbox"/> 些微的不喜歡 <input type="checkbox"/> 有異味，但可接受 <input type="checkbox"/> 不影響	<input type="checkbox"/> 類似玉米粉的味道 <input type="checkbox"/> 類似魚粉的異味 <input type="checkbox"/> 類似廢棄蛋蛋白的異味 <input type="checkbox"/> 打開雞蛋，有較其他蛋多的異味，但分不出是哪一種。 <input type="checkbox"/> 極度的厭惡 <input type="checkbox"/> 不喜歡 <input type="checkbox"/> 些微的不喜歡 <input type="checkbox"/> 有異味，但可接受 <input type="checkbox"/> 不影響	<input type="checkbox"/> 類似玉米粉的味道 <input type="checkbox"/> 類似魚粉的異味 <input type="checkbox"/> 類似廢棄蛋蛋白的異味 <input type="checkbox"/> 打開雞蛋，有較其他蛋多的異味，但分不出是哪一種。 <input type="checkbox"/> 極度的厭惡 <input type="checkbox"/> 不喜歡 <input type="checkbox"/> 些微的不喜歡 <input type="checkbox"/> 有異味，但可接受 <input type="checkbox"/> 不影響	
這種異味你覺得： 如果有異味選擇，否則不用圈選	<input type="checkbox"/> 極度的厭惡 <input type="checkbox"/> 不喜歡 <input type="checkbox"/> 些微的不喜歡 <input type="checkbox"/> 有異味，但可接受 <input type="checkbox"/> 不影響	<input type="checkbox"/> 極度的厭惡 <input type="checkbox"/> 不喜歡 <input type="checkbox"/> 些微的不喜歡 <input type="checkbox"/> 有異味，但可接受 <input type="checkbox"/> 不影響	<input type="checkbox"/> 極度的厭惡 <input type="checkbox"/> 不喜歡 <input type="checkbox"/> 些微的不喜歡 <input type="checkbox"/> 有異味，但可接受 <input type="checkbox"/> 不影響	<input type="checkbox"/> 極度的厭惡 <input type="checkbox"/> 不喜歡 <input type="checkbox"/> 些微的不喜歡 <input type="checkbox"/> 有異味，但可接受 <input type="checkbox"/> 不影響	<input type="checkbox"/> 極度的厭惡 <input type="checkbox"/> 不喜歡 <input type="checkbox"/> 些微的不喜歡 <input type="checkbox"/> 有異味，但可接受 <input type="checkbox"/> 不影響	
那一顆蛋你覺得好吃？請勾選(可複選)						
請猜測這5顆蛋分別是 哪幾個處理組？填A, B, C, D, E						