

孵化後廢棄鵝蛋蛋殼之處理與回收技術⁽¹⁾

王錦盟⁽²⁾ 王勝德⁽²⁾⁽⁴⁾ 吳詩雯⁽²⁾ 莊斯涵⁽²⁾ 施柏齡⁽³⁾ 蕭智彰⁽²⁾ 胡見龍⁽²⁾

收件日期：106 年 1 月 13 日；接受日期：106 年 9 月 12 日

摘 要

孵化蛋殼廢棄物為家禽孵化後的廢棄物，若能將其回收再利用，除可減少廢棄物的處理問題，同時可成為有用之材料。本試驗的目的在開發孵化後廢棄蛋殼之處理回收技術並評估其可行性。試驗以孵化鵝蛋殼為試驗材料，經清洗、浸泡、去除蛋殼膜及烘乾等處理後，回收蛋殼並粉碎製成回收蛋殼粉，回收蛋殼的回收率為 $83.3 \pm 2.9\%$ (mean \pm SD)，顯示本試驗建立之處理技術，可有效處理並回收孵化後廢棄鵝蛋殼並製成蛋殼粉。回收鵝蛋殼的厚度及成分經測定與分析，結果顯示，經去除蛋殼膜的回收鵝蛋殼厚度為 0.51 ± 0.04 mm。回收蛋殼粉的灰分為 $96.53 \pm 0.05\%$ ，其中鈣的含量為 $38.19 \pm 0.65\%$ ，磷及鎂等元素則均不及 0.2% 。蛋殼中主要成分為碳酸鈣，依此推算回收蛋殼粉中的碳酸鈣含量為 95% 。由於其含高量的碳酸鈣，顯示回收之蛋殼粉可作為碳酸鈣的材料。

關鍵詞：鵝、蛋殼、蛋殼粉。

緒 言

依據農業統計年報資料顯示，2014 年臺灣家禽屠宰隻數約 3.70 億隻 (行政院農業委員會，2015)，其中包括雞、白色肉雞及有色肉雞的雞隻年屠宰量約為 3.26 億隻，另包括肉鴨及蛋鴨的鴨隻年屠宰量為 3,833 萬隻，鵝則為 555 萬隻，火雞為 21 萬隻。林 (1976) 指出，蛋殼重量占全蛋重的 11 至 13%；如以白色肉雞蛋 66.2 g (Petek and Dikmen, 2006)、番鴨蛋 78.5 g (Harun *et al.*, 2001)、白羅曼鵝蛋 145.4 g (王等, 1999)、火雞蛋 74.1 g (Lilburn and Antonelli, 2012) 估算。國內家禽孵化產業每年產出約 3 千公噸的孵化後蛋殼，鵝蛋孵化產生的蛋殼廢棄物約 89 公噸。目前大多數的孵化後蛋殼係以廢棄方式處理，如果能予以回收再利用，則廢棄物可成為有用的資源，同時減少孵化場的處理成本，並降低污染環境的風險。

孵化後產生的蛋殼被歸類為動物性副產物，不為人類食用的用途。為減少可能的病原體傳播風險，混入有機物進行堆肥處理是選項之一 (Soares *et al.*, 2013)。Soares *et al.* (2013) 試驗結果顯示，以 30% (w/w) 比例將孵化後的廢棄蛋殼混於堆肥原料中，可進行良好的發酵而製成良質的堆肥。此一含有孵化後廢棄蛋殼的堆肥，因碳酸鈣的含量遠比一般堆肥多，具有中和酸的作用而可作為改良酸性土壤的原料。由於孵化後廢棄蛋殼很容易於孵化場中與其他廢棄物分開，將孵化後廢棄蛋殼進行處理與利用應屬可行。

Tsai *et al.* (2006) 將雞蛋的蛋殼清洗並將蛋殼膜分離後，直接烘乾後粉碎成為蛋殼粉，蛋殼粉可吸附水溶液中陰離子染料。蛋殼膜經過研磨成蛋殼膜粉亦具有吸附重金屬的能力，蛋殼膜粉為選擇性吸附劑，對不同重金屬離子的吸附能力順序為 $\text{Ag}^+ > \text{Cd}^{2+} > \text{Zn}^{2+}$ (Tsai *et al.*, 2008; Baláz *et al.*, 2016)。

孵化後的廢棄物包含蛋殼、蛋殼膜、絨毛、胎便與雛禽殘留物等。蛋殼的形成，主要由血液中的鈣以碳酸鈣 (CaCO_3) 的形式沉積於輸卵管的蛋殼腺部。以雞蛋為例，蛋殼主要由 95.1% 的無機物組成，蛋白質與水分分別占 3.3% 與 1.6% (陳, 2006)。蛋殼中的無機物以碳酸鈣為主，約占 98.4%，碳酸鎂、磷酸鈣分別為 0.8%、0.7%，另有微量的硫與鐵等 (Hincke *et al.*, 2000)。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2576 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所彰化種畜繁殖場。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所營養組。

(4) 通訊作者，E-mail：wsd@mail.tlri.gov.tw。

碳酸鈣為蛋殼中最主要的無機物，將蛋殼處理回收製成成蛋殼粉，可作為碳酸鈣來源。碳酸鈣為重要的無機鹽類，作為工業用填充劑而廣泛應用於建材、塗料、塑膠、橡膠、造紙、油墨等方面。此外也廣泛使用於農畜業、果樹、食品、醫藥等方面。本試驗以孵化後廢棄的鵝蛋殼為試驗材料，建立處理回收流程，回收之蛋殼粉可作為碳酸鈣的材料，同時減少孵化場處理孵化後廢棄蛋殼的問題。

材料與方法

於白羅曼鵝 (White Roman goose) 正常繁殖季節。取孵化場白羅曼鵝種蛋孵化後之廢棄物，選取孵化後廢棄鵝蛋殼，包括尖端 (sharp end)、鈍端 (blunt end) 與碎片進行試驗。

I. 孵化後廢棄鵝蛋殼之重量測定

由於雛鵝啄殼而出的蛋殼部位一般較接近鈍端，故孵化後廢棄鵝蛋殼包括尖端、鈍端與碎片。尖端部分所占比率較多而鈍端處相對較少，碎片則不易收集。逢機取孵化後蛋殼尖端與鈍端各 20 個，測定其重量。

II. 孵化後廢棄蛋殼的處理流程

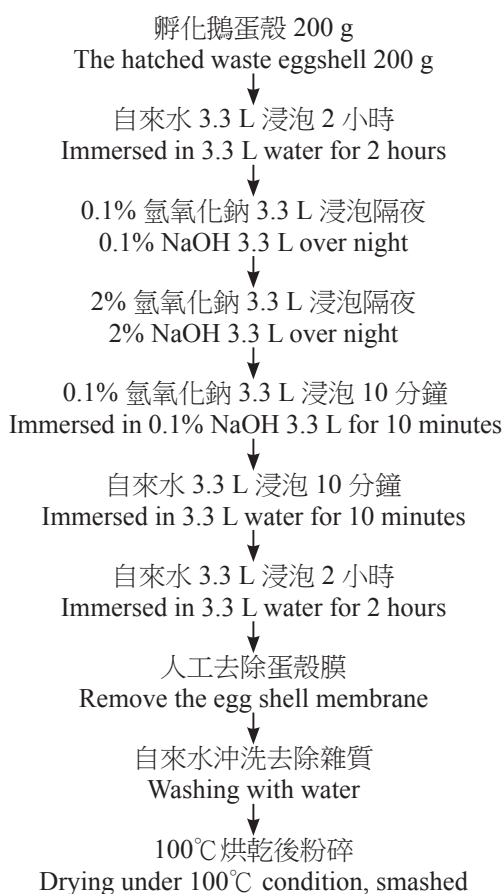


圖 1. 孵化後廢棄鵝蛋殼之處理回收流程。

Fig. 1. The recycling process of the hatched waste eggshell of geese egg.

自行開發之孵化後廢棄蛋殼處理流程如圖 1 所示，說明如下：

步驟 1：取孵化後廢棄蛋殼 200 g 加入 3,300 mL 自來水，經浸泡 2 小時後將污水移除。

步驟 2：加入 0.1% NaOH 溶液 3,300 mL，經浸泡隔夜後取出蛋殼。

步驟 3：將蛋殼移入 3,300 mL 的 2% NaOH 溶液中，經浸泡隔夜後取出。

步驟 4：將蛋殼移入 0.1% NaOH 溶液中浸泡 10 分鐘。

步驟 5：取出之蛋殼移入 3,300 mL 自來水中浸泡 10 分鐘。

步驟 6：將蛋殼移入 3,300 mL 自來水 (pH = 7.78) 中浸泡，分別於 0.5、1.0、2.0、8.0 小時測定 pH 值，待 pH 值

穩定後即可取出蛋殼。

步驟 7：以人工清除蛋殼上的蛋殼膜。

步驟 8：以自來水沖洗。

步驟 9：100℃烘乾後粉碎成為回收蛋殼粉。

III. 回收鵝蛋殼之厚度測定

以孵化後廢棄蛋殼之尖端與鈍端蛋殼為材料，蛋殼先行稱重，再以上述處理流程處理後，隨機取尖端與鈍端之回收蛋殼各 8 個，依 Nordskog and Farnsworth (1953) 之方法測定蛋殼厚度。以蛋殼測定儀 (Mitutoyo ID-C1012EBS, Japan) 於蛋殼之尖端、中端與鈍端等三個位置分別測定其厚度，每個位置各測定 3 次，分別平均之，是為各位置之厚度。將尖端、中端與鈍端三個位置之厚度平均後，即為回收鵝蛋殼之平均厚度。

IV. 回收鵝蛋殼粉成分分析

回收鵝蛋殼粉送畜產試驗所化驗中心進行成分分析。以我國國家標準飼料檢驗法 (1986) 進行粗灰分 (CNS2770-9) 分析。依 AOAC (2005) 方法進行鈣 (968.08, 965.09 C(a))、磷 (965.17, 968.08 D(a), 965.09 C(a))、鎂 (968.08, 965.09 C(a))、鈉 (968.08, 965.09 C(a), 985.35 E)、鉀 (968.08, 965.09 C(a), 985.35 E)、鋅 (968.08, 965.09 C(a))、銅 (968.08, 965.09 C(a)) 及錳 (968.08, 965.09 C(a)) 等成分分析。

結果與討論

I. 孵化後廢棄鵝蛋殼之重量

馬等 (1997) 指出，雞蛋孵化後期移至發生室後，雛雞會在較接近鈍端的地方開始啄殼，將蛋殼以環側方式做切割，持續約 14 小時直到蛋殼被切開 70 – 80% 後，此時雛雞將蛋殼推裂完成啄殼的步驟。觀察雛鵝的啄殼情形亦與雛雞類似。孵化後的鵝蛋殼分為尖端、鈍端與碎片，由於雛鵝啄殼位置亦較接近鈍端，以致出雛後的尖端蛋殼所占比例較多，而鈍端部分則較少。經處理回收之孵化後鵝蛋殼，其尖端重量介於 12.66 至 17.54 g 之間、平均為 15.63 ± 1.44 g，鈍端則介於 1.53 至 5.98 g 之間、平均為 2.84 ± 0.84 g (表 1)，兩者合計之重量為 18.07 g，尖端與鈍端之重量比為 5.5：1。

表 1. 回收鵝蛋殼之蛋殼厚度

Table 1. The thickness of the recycled eggshell of geese egg

	Weight (g)		Average	Thickness (mm)*		
	Sharp end	Blunt end		Sharp end	Middle	Blunt end
Egg 1	19.90	4.65	0.52	0.49	0.52	0.53
Egg 2	14.39	2.69	0.48	0.48	0.49	0.46
Egg 3	15.02	3.46	0.50	0.56	0.51	0.44
Egg 4	12.97	2.32	0.48	0.48	0.47	0.48
Egg 5	14.00	2.61	0.48	0.50	0.44	0.49
Egg 6	17.10	2.48	0.58	0.59	0.56	0.59
Egg 7	13.22	3.12	0.51	0.51	0.49	0.53
Egg 8	15.14	1.44	0.56	0.55	0.55	0.58
Average**	15.22 ± 2.29	2.85 ± 0.94	0.51 ± 0.04	0.52 ± 0.04	0.51 ± 0.04	0.51 ± 0.05

* the eggshell was treated with NaOH, and without shell membrane.

** mean \pm SD.

生鮮蛋之蛋殼重量占全蛋重的 11% 至 13% (林, 1976)，白羅曼鵝蛋重量為 145.4 g (王等, 1999)，若以此估算，孵化後廢棄鵝蛋殼之重量占鵝蛋重量之 12.4%。其重量介於 11% 至 13% 之間。

II. 孵化後廢棄鵝蛋殼之處理與回收

孵化後廢棄鵝蛋殼處理流程如圖 1 所示。孵化後廢棄鵝蛋殼經自來水清洗，分別經 0.1% 與 2% NaOH 浸泡

隔夜處理，再經 0.1% NaOH 處理與自來水清洗後於自來水中浸泡。浸泡期間浸泡水之 pH 值變化如圖 2，浸泡 30 分鐘、2 小時與 8 小時之 pH 值分別為 9.30 ± 0.08 、 9.46 ± 0.12 與 9.45 ± 0.13 (mean \pm SD)，顯示孵化後之廢棄鵝蛋殼以本試驗設定之處理流程 (步驟 1 – 5) 處理、復經自來水浸泡 2 小時後，可使其 pH 值穩定 (pH 9.46)，故設定浸泡時間為 2 小時。以此流程處理，浸泡後之回收蛋殼經以人工去除蛋殼膜並予烘乾後，測定之蛋殼回收率為 $83.3 \pm 2.9\%$ (mean \pm SD)，在此回收處理過程中，去除的部分包含蛋殼膜、絨毛與出雛時之殘留物等。顯示此處理流程可有效處理並回收孵化後廢棄蛋殼，並製成蛋殼粉。

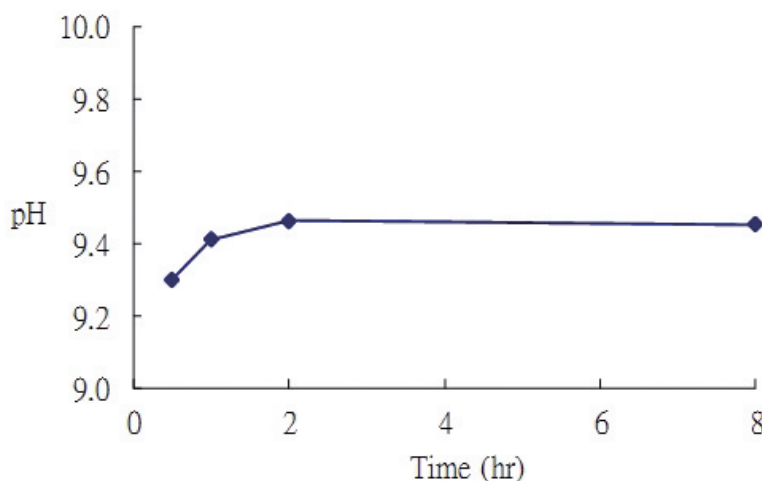


圖 2. 蛋殼浸泡期間浸泡液的 pH 值變化。蛋殼經 NaOH 處理再經自來水清洗後，將蛋殼移入自來水 (pH = 7.78) 中浸泡，分別於 0.5、1.0、2.0、8.0 小時測定浸泡液 (自來水) 的 pH 值 (材料與方法 II 步驟 6)。

Fig. 2. The pH values of the soaking water. After the NaOH solutions treated, the eggshell washed with water, and then immersed into water (pH = 7.78). The pH of the water was measured at 0.5, 1.0, 2.0 and 8.0 hours (material and method II, step 6).

III. 回收鵝蛋殼厚度

孵化後廢棄鵝蛋殼經 2% NaOH 處理 (圖 1)，再去除蛋殼膜與烘乾後即為回收蛋殼。回收蛋殼之厚度平均為 0.51 ± 0.04 mm。蛋殼厚度受品種、季節、飼料中鈣含量與遺傳等因素影響，白色來航蛋雞之蛋重 58 g、其蛋殼厚度為 0.31 mm，名古屋雞種則為 0.35 mm (林, 1976)，顯示本試驗回收之白羅曼鵝蛋殼之厚度仍較白色來航雞者厚 0.20 mm。

IV. 回收鵝蛋殼粉成分

雞蛋殼主要由無機物構成，占 95.1% (陳, 2006)，無機物中以碳酸鈣為主，占 98.4%，另碳酸鎂 0.8%，磷酸鈣 0.7%，另有微量之硫與鐵等 (Hincke *et al.*, 2000)。

孵化後廢棄鵝蛋殼經處理並去除蛋殼膜 (材料與方法) 之回收鵝蛋殼，再經粉碎成為回收蛋殼粉，測定灰分與組成成分如表 2。其灰分為 $96.53 \pm 0.05\%$ ，其中以鈣的含量最高為 $38.19 \pm 0.65\%$ ，鎂次之，但僅 $0.15 \pm 0.02\%$ ，磷及其它經測定之元素均不及 0.1%。由於鎂與磷等成分的含量低，若以回收鵝蛋殼粉之鈣含量估算，其碳酸鈣含量占乾重 95.0%，與雞蛋殼的 95.1% (陳, 2006) 相近。

表 2. 回收鵝蛋殼粉之成分分析

Table 2. The composition of the recycled eggshell powder of geese egg

	Ash	Calcium	Magnesium	Phosphorus	Sodium	Potassium	Iron	Zinc	Copper	Manganese
	%						ppm			
Sample 1	96.49	37.73	0.16	0.064	0.107	0.022	6.91	1.37	ND	ND
Sample 2	96.56	38.65	0.13	0.066	0.099	0.018	3.18	1.38	ND	ND
Average*	96.53 ± 0.05	38.19 ± 0.65	0.15 ± 0.02	0.07 ± 0.00	0.10 ± 0.01	0.02 ± 0.00	5.05 ± 2.64	1.38 ± 0.01	ND	ND

ND: Non detected

* mean \pm SD.

回收鵝蛋殼粉中最主要無機物為碳酸鈣占 95.0%，顯示回收鵝蛋殼粉可作為碳酸鈣來源，可使用於農畜業。若要應於工業作用填充劑或醫藥等方面，則須將回收鵝蛋殼粉再粉碎或加工以達其要求，其相關技術與特性則須進一步研究。

臺灣孵化場的廢棄物常需委由事業廢棄處理公司處理甚至會被拒絕，造成孵化場業者極大困擾。部分孵化業者表示，亦有果農直接將此廢棄物覆蓋於果園 (劉與譚，2008)。本試驗以孵化後廢棄鵝蛋殼進處理製成回收蛋殼粉，其回收率為 $83.3 \pm 2.9\%$ ，其碳酸鈣含量為乾重之 95%，顯示此回收技術可有效處理並回收蛋殼中的碳酸鈣，而回收之蛋殼粉則可作為碳酸鈣的材料，另此技術提供孵化場處理孵化後廢棄蛋殼的另一種選項。

結 論

孵化後廢棄鵝蛋殼經清洗、浸泡、去除蛋殼膜、烘乾並粉碎製成回收蛋殼粉。測定回收蛋殼的回收率為 $83.3 \pm 2.9\%$ 。回收蛋殼粉的灰分為 $96.53 \pm 0.049\%$ ，其鈣的含量為 $38.19 \pm 0.651\%$ ，磷及鎂等元素則均不及 0.2%。此回收蛋殼粉可作為碳酸鈣的材料供後續使用。

誌 謝

本研究承蒙行政院農委會畜產試驗所營養組及彰化種畜繁殖場同仁之協助，謹此誌謝。

參考文獻

- 王勝德、吳國欽、葉力子。1999。飼糧粗纖維與粗蛋白質含量對種母鵝初產之影響。畜產研究。32(4)：343-352。
- 行政院農業委員會。2015。農業統計年報。二、農業生產(二) 畜牧生產(103年)。http://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx。2017年5月23日引用。
- 林慶文。1976。蛋之化學與利用。華香園出版社，臺北市，pp. 1-48。
- 馬春祥、吳和光、鄭登貴。1997。家禽之生殖。國立編譯館，臺北市，pp. 39-67。
- 陳明造。2006。蛋品加工學理論與應用。藝軒圖書出版社。新北市，pp. 16-23。
- 劉登城、譚發瑞。2009。孵化場蛋殼廢棄產物在堆肥化處理之應用及評估。http://grbsearch.stpi.narl.org.tw/search/planDetail?id=1929394&docId=0。
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2005. Official methods of analysis of the association of analytical chemists international, 18th ed. Gaithersburg, MD U.S.A.
- Baláž, M., J. Ficeriová and J. Briančin. 2016. Influence of milling on the adsorption ability of eggshell waste. Chemosphere 146: 458-471.
- Harun, M. A., R. J. Veeneklaas, G. H. Visser and Van Kampen, M. 2001. Artificial incubation of Muscovy duck eggs: why some eggs hatch and others do not. Poultry Sci. 80: 219-224.
- Hincke, M. T., J. Gautron, M. Panhéleux, J. M. Garcia-Ruiz, M. D. McKee and Y. Nys. 2000. Identification and localization of lysozyme as a component of the eggshell membranes and shell matrix. Matrix Biol. 19: 443-453.
- Lilburn, M. S. and A. Antonelli. 2012. The effects of genotype on embryonic development in eggs from divergent turkey genotypes. Poultry Sci. 91: 823-828.
- Nordskog, A. W. and G. Farnsworth. 1953. The problem of sampling for egg quality in a breeding flock. Poultry Sci. 32: 918-921.
- Petek, M. and S. Dikmen. 2006. The effects of prestorage incubation and length of storage of broiler breeder eggs on hatchability and subsequent growth performance of progeny. Czech J. Anim. Sci. 51: 73-77.
- Soares, M. A., M. M. Quina and R. M. Quinta-Ferreira. 2013. Co-composting of eggshell waste in self-heating reactors: monitoring and end product quality. Bioresour. Technol. 148: 293-301.
- Tsai, W. T., J. M. Yang, C. W. Lai, Y. H. Cheng, C. C. Lin and C. W. Yeh. 2006. Characterization and adsorption properties of eggshells and eggshell membrane. Bioresour. Technol. 97: 488-493.
- Tsai, W. T., K. J. Hsien, H. C. Hsu, C. M. Lin, K. Y. Lin and C. H. Chiu. 2008. Utilization of ground eggshell waste as an adsorbent for the removal of dyes from aqueous solution. Bioresour. Technol. 99: 1623-1629.

The recycling and processing method on hatched waste eggshell of goose ⁽¹⁾

Chin-Meng Wang ⁽²⁾ Sheng-Der Wang ⁽²⁾⁽⁴⁾ Shih-Wen Wu ⁽²⁾ Si-Han Zhuang ⁽²⁾
Bor-Ling Shih ⁽³⁾ Chih-Chang Hsiao ⁽²⁾ and Chien-Lung Hu ⁽²⁾

Received: Jan. 13, 2017; Accepted: Sep. 12, 2017

Abstract

The hatched waste eggshell was produced at avian hatching industry, and the waste was also a problem for the industry. The waste could be a resource, if it was processed and recycled. The purpose of this study was to set up an easily process to recycle the hatched waste eggshell. The steps of recycling process include washing, immersing, removing the shell membranes, drying and then smashed into powder. The recovery rate of the recycled eggshell powder was $83.3 \pm 2.9\%$. It means that this process was a useful method for the hatched waste eggshell recycling. The thickness of the recycled geese eggshell and composition of the recycled eggshell powder was also determined. The thickness of the recycled geese eggshell was 0.51 ± 0.04 mm (mean \pm SD). The ash, calcium and magnesium of the recycled eggshell powder was $96.53 \pm 0.05\%$, $38.19 \pm 0.65\%$ and $0.15 \pm 0.021\%$, respectively. Phosphorus and magnesium were not more than 0.2%. The major composition of the recycled eggshell powder was CaCO_3 , and the calculated value of CaCO_3 was 95%. It seems that the recycled eggshell powder can be a calcium carbonate resource.

Key words: Geese, Eggshell, Eggshell powder.

(1) Contribution No. 2576 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Changhua Animal Propagation Station, COA-LRI, Changhua 52149, Taiwan, R. O. C.

(3) Nutrition Division, COA-LRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(4) Corresponding author, E-mail: wsd@mail.tlri.gov.tw.