The Journal of Applied Science **Vol. 11 No. 2:75-83 [2012]**
วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์
ISSN 1513-7805 Printed in Thailand

Review Article

เทคโนโลยีการนำเปลือกไข่มาใช้ประโยชน์

Eggshell Utilization Technology

วิชัย ดำรงโภคภัณฑ์

Vichai Domrongpokkaphan

ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหารและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
E-mail : vichai.domrongpokkaphan@gmail.com

1. บทนำ

ไข่เป็นวัตถุดิบที่สำคัญในกระบวนการผลิตอาหารทั้งในระดับครัวเรือนและในระดับอุตสาหกรรม เนื่องจากไข่มีราคาถูกกว่าเนื้อสัตว์และอุดมไปด้วยสารอาหาร ได้แก่ โปรตีน 16.68% ไขมัน 13.26% เกลือแร่ 1.09% วิตามินบี 0.58% รวมทั้งวิตามินอี เอ และดี [1] นอกจากนี้ไข่ยังสามารถนำมาปรุงอาหารเพื่อใช้บริโภคโดยตรงได้หลายชนิด เช่น ไข่ลวก ไข่เจียว ไข่ดาว ไข่ต้ม และไข่ตุ๋น หรือใช้เป็นวัตถุดิบร่วมกับวัตถุดิบอื่นๆ ในการผลิตขนมไทยชนิดต่างๆเช่น ฝอยทอง สังขยา ทองหยิบ ทองหยอด และเบเกอรี่ในบรรดาไข่ชนิดต่างๆ ไข่ไก่เป็นที่นิยมนำมาบริโภคมากกว่าไข่เป็ด ไข่ห่าน และไข่นกกระทา โดยในปีที่ผ่านมา(พ.ศ. 2554) ประเทศไทยมีการผลิตไข่ไก่เพื่อป้อนให้กับผู้บริโภคและอุตสาหกรรมอาหารสูงและมากกว่า 10,024.5 ล้านฟอง [2]จึงเป็นสาเหตุให้ในแต่ละปีมีเปลือกไข่ถูกทิ้งเป็นจำนวนมาก และถูกกำจัดโดยการทิ้งให้เทศบาลนำไปฝังกลบนอกจากไม่ได้ใช้ประโยชน์จากเปลือกไข่แล้ว ยังต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจัดการขนส่ง และอาจก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมตามมาอีกด้วย การใช้ประโยชน์จากเปลือกไข่ในรูปเปลือกไข่ตากแห้งบดละเอียดเป็นวิธีหนึ่งที่ง่ายต่อการนำไปใช้ แต่เปลือกไข่บดนำไปใช้ประโยชน์ได้ไม่มากนัก จึงจำเป็นต้องอาศัยเทคโนโลยีการแปรรูปเปลือกไข่วิธีอื่นมาช่วยเพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากเปลือกไข่ได้มากขึ้น

วิชัย ดำรงโภคภัณฑ์. *"เทคโนโลยีการนำเปลือกไข่มาใช้ประโยชน์"* [ออนไลน์] [เข้าถึงวันที่ 15 ธันวาคม 2558] เข้าถึงจาก : http://www.journal.sci.kmutnb.ac.th/doc/8_2_2555.pdf

2. ปัญหาจากเปลือกไข่

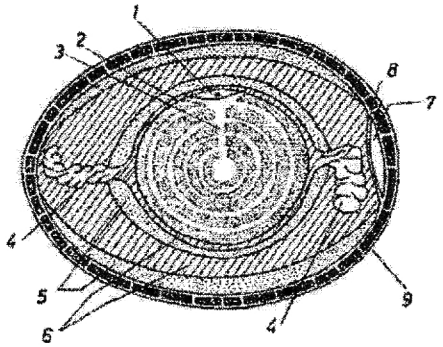
เปลือกไข่จากภาคครัวเรือนและจากภาคอุตสาหกรรมอาหาร จะถูกกำจัดโดยทิ้งให้เป็นภาระของเทศบาลร่วมกับขยะชนิดอื่นๆ โดยการฝังกลบ ซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายแล้วบริเวณที่ฝังกลบเปลือกไข่ยังนำมาซึ่งปัญหาต่างๆ ทางสิ่งแวดล้อมตามมามากมาย เช่น เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของแมลงวันและเป็นที่อยู่อาศัยของหนู ส่งกลิ่นเหม็นเนื่องจากเกิดแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) และแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ที่ผลิตขึ้นจากการหมักกรดอะมิโนที่ได้จากการย่อยสลายส่วนที่เป็นโปรตีนในเปลือกไข่โดยจุลินทรีย์ดังสมการ

$$C_6H_{13}O_2N \text{ (Leucine)} + 2\,H_2O \rightarrow C_5H_{10}O_2 \text{ (3-methylbutyrate)} + NH_3 + CO_2 + 2H_2$$

$$C_3H_7NO_2S \text{ (Cysteine)} + H_2O \rightarrow C_3H_4O_3 \text{ (Pyruvate)} + NH_3 + H_2S$$

นอกจากนี้เมื่อเกิดฝนตกหรือน้ำขังยังเป็นที่มาของน้ำเสียที่ปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ รวมทั้งดินบริเวณที่ฝังกลบเปลือกไข่จะมีความเป็นด่างสูงเนื่องจากแคลเซียมในเปลือกไข่ทำให้ดินบริเวณนั้นมีสภาวะไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก [3-4]

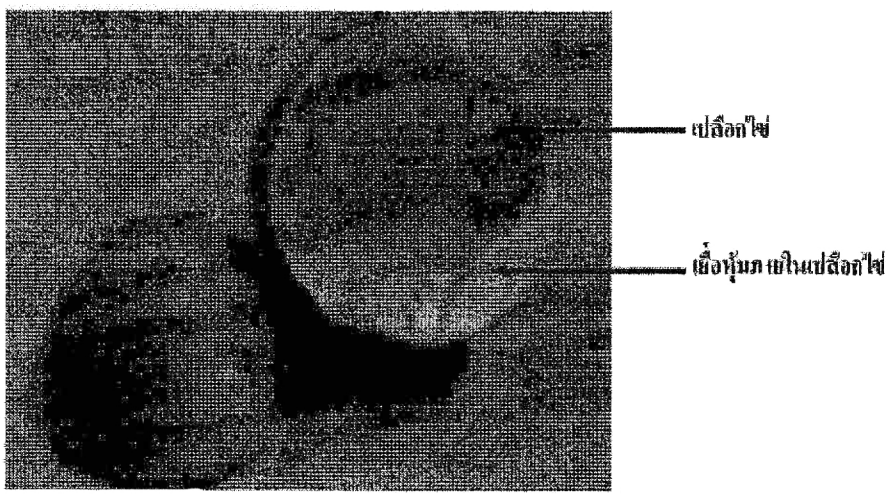
3. องค์ประกอบของไข่และเปลือกไข่



รูปที่ 1 โครงสร้างของไข่[5]

(1) จุดเจริญ (germinal disc), (2) เยื่อหุ้มไข่แดง (yolk membrane), (3) ไข่แดง (egg yolk), (4) ขั้วไข่ (chalaza), (5) ไข่ขาวชั้นนอกและชั้นใน (albumen thin gel), (6) ไข่ขาว (albumen thick gel), (7) ช่องอากาศ (air cell), (8) เยื่อเปลือกไข่ (shell membrane), (9) เปลือกไข่ (egg shell)

ไข่ถูกห่อหุ้มด้วยเปลือกที่มีความหนาประมาณ 0.2-0.4 มิลลิเมตร สีของเปลือกไข่จะแตกต่างกันขึ้นกับชนิดและสายพันธุ์ของสัตว์ปีกโดยทั่วไปไข่ไก่จะมีเปลือกสีเหลือง ไข่เป็ดจะมีสีขาว และไข่นกส่วนใหญ่จะมีจุดบนเปลือกไข่ภายในไข่จะมีเยื่อเปลือกไข่ที่หุ้มไข่แดงและไข่ขาวอยู่ภายใน (รูปที่ 1) เมื่อกล่าวถึงเปลือกไข่ของสัตว์ปีกโดยทั่วไปประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆคือส่วนที่เป็นเปลือกไข่และเยื่อหุ้มภายใน(รูปที่ 2) โครงสร้างส่วนใหญ่ของเปลือกไข่ของสัตว์ปีกเป็นผลึกแคลเซียมคาร์บอเนต (98.2% ของน้ำหนักเปลือกไข่) แมกนีเซียมคาร์บอเนต (0.9%) แคลเซียมฟอสเฟต (0.9%) ที่เหลือเป็นแร่ธาตุต่างๆ รวมทั้งโปรตีนและน้ำ ซึ่งโครงสร้างเหล่านี้อาจแตกต่างกันไปตามชนิดของสัตว์ปีก (ตารางที่ 1) ส่วนเยื่อหุ้มภายในเปลือกไข่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นโปรตีนประมาณ 69.2%ไขมัน 2.7%ส่วนที่เหลือส่วนใหญ่เป็นไกลโคโปรตีนรวมทั้งยังมีวิตามิน เอ บี ดี และอี อยู่ด้วย[6]



รูปที่ 2 เปลือกไข่และเยื่อหุ้มภายในเปลือกไข่

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกไข่ [7,8]

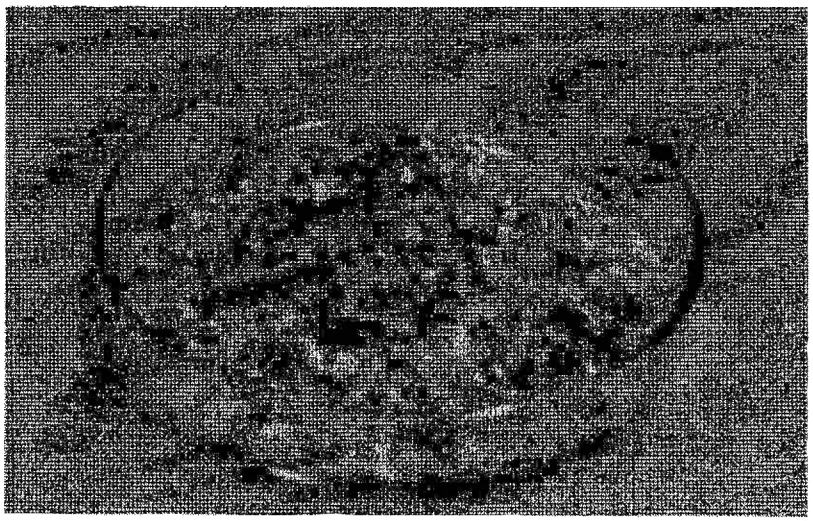
แร่ธาตุ	% (โดยน้ำหนัก)		
	เปลือกไข่ไก่	เปลือกไข่เป็ด	เปลือกไข่นกกระทา
$CaCO_3$	99.0	96.5	97.3
S	0.1	1.2	0.4
Mg	0.5	0.1	1.0
P	0.2	0.5	1.1
K	-	0.0839	-

4. เทคโนโลยีการใช้ประโยชน์เปลือกไข่

เทคโนโลยีที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงเปลือกไข่เหลือทิ้งให้อยู่ในรูปที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ แบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ตามผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปเปลือกไข่ ดังนี้

4.1 แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$)

แคลเซียมคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบที่มีอยู่แล้วในเปลือกไข่ (98.2% ของน้ำหนักเปลือกไข่) การนำไปใช้อาศัยเพียงเทคโนโลยีชาวบ้านคือการตากแห้งแล้วนำเปลือกไข่ไปบด (รูปที่ 3) เปลือกไข่บดยังคงมีธาตุอาหารอยู่หลายชนิดจึงสามารถใช้ทำปุ๋ย หรือใช้ไล่มดเนื่องจากมีธาตุกำมะถันเป็นองค์ประกอบ เปลือกไข่บดมีแคลเซียมสูงสามารถใช้ปรับสภาพดินที่เป็นกรดให้เป็นกลางมากขึ้นได้ นอกจากนี้ยังมีรายงานการใช้เปลือกไข่บดเป็นตัวดูดซับโลหะหนักบางชนิด เช่น แคดเมี่ยมและตะกั่วที่ปนเปื้อนอยู่ในดินหรือดูดซับตะกั่วจากน้ำเสียของโรงงานผลิตแบตเตอรี่ ใช้ปรับพีเอชของน้ำเสียแทนการใช้ปูนขาวและใช้เป็นสารช่วยทำให้เกิดการตกตะกอนในระบบบำบัดน้ำเสียในทางโภชนาการเปลือกไข่บดใช้ผสมในอาหารเพื่อเสริมแคลเซียม เช่น ผสมเปลือกไข่บดในผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบ และใช้เป็นแหล่งแคลเซียมเสริมในอาหารสัตว์ [7,9,10]



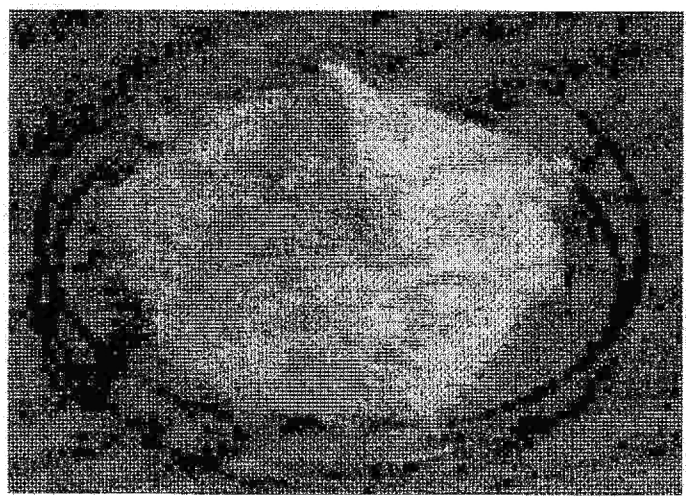
รูปที่ 3 แคลเซียมคาร์บอเนต (เปลือกไข่อบแห้งหรือตากแห้งบดละเอียด)

4.2 แคลเซียมออกไซด์ (CaO)

แคลเซียมออกไซด์ได้จากการใช้เทคโนโลยีการเผาเปลือกไข่ที่อุณภูมิสูงในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน เรียกว่าระบบไพโรไลซิส (pyrolysis) ทำให้เกิดปฏิกิริยาที่เรียกว่ากระบวนการแคลไซเนชั่น (calcination)ดังสมการ

$$CaCO_3 \text{--->} CaO + CO_2$$

แคลเซียมออกไซด์ที่ได้จากเปลือกไข่มีคุณสมบัติเหมือนกับแคลเซียมออกไซด์ที่ได้จากการเผาหินปูนหรือที่รู้จักกันในชื่อปูนขาว (lime) ที่มีจำหน่ายทั่วไป (รูปที่ 4) จึงสามารถนำไปใช้ปรับสภาพของดินและน้ำที่เป็นกรด ใช้ในการผลิตโซดาไฟและสารฟอกขาว และเป็นส่วนผสมของปูนฉาบ นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นสารดูดความชื้นและสารเร่งปฏิกิริยา (catalyst) ในการผลิตไบโอดีเซลได้อีกด้วย[11]



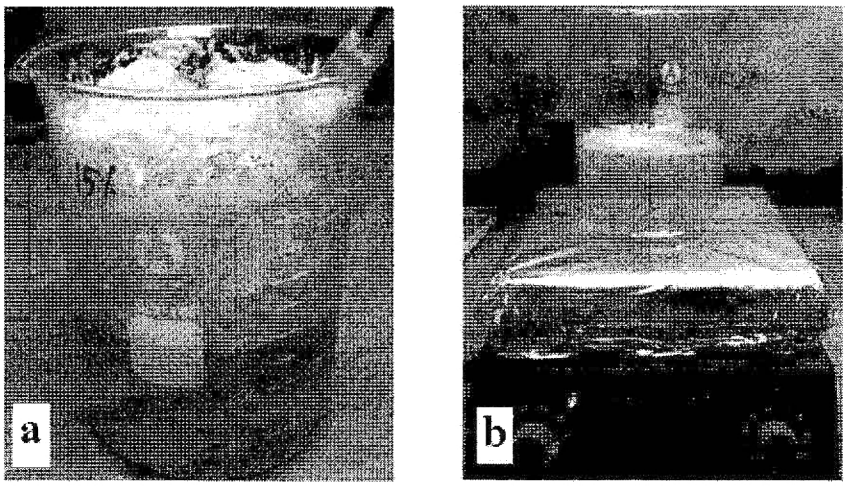
รูปที่ 4 แคลเซียมออกไซด์แอนไฮดรัสที่มีจำหน่ายทั่วไป

4.3 แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$)

การผลิตแคลเซียมคลอไรด์จากเปลือกไข่ต้องอาศัยเทคโนโลยีการสกัดด้วยกรด โดยแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่จะทำปฏิกิริยากับกรดเกลือ (HCl) ได้ผลิตภัณฑ์เป็นแคลเซียมคลอไรด์(รูปที่ 5-6) โดยมีปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นดังสมการ

$$CaCO_3(s) + 2\ HCl(aq) \text{---> } CaCl_2(aq) + CO_2(g) + H_2O(l)$$

แคลเซียมคลอไรด์ใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น ใช้เป็นสารเพิ่มความแน่นเนื้อในผลไม้ เช่น แคนตาลูปและฝรั่งผสมในไอศครีมเพื่อทำให้เนื้อสัมผัสดีขึ้น นอกจากนี้ในด้านสิ่งแวดล้อมแคลเซียมคลอไรด์ยังมีความสามารถในการจับโลหะหนักได้ดีอีกด้วย ตัวอย่างเช่น การชะล้างแคดเมี่ยมที่ปนเปื้อนในดิน [12-16]

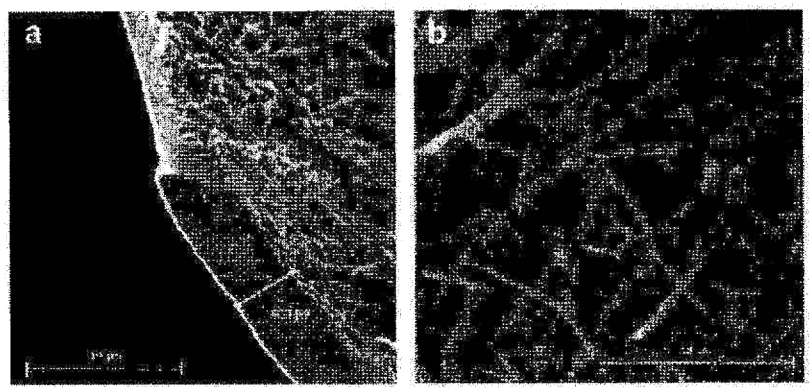


รูปที่ 5 การสกัดแคลเซียมคลอไรด์จากเปลือกไข่ด้วยกรดไฮโดรคลอริก
(a) ปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่กับกรดเกลือ (HCl)
(b) การระเหยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ให้เป็นผงแห้ง

รูปที่ 6 แคลเซียมคลอไรด์ที่ผลิตได้จากเปลือกไข่

4.4 คลอลาเจน (Collagen)

คลอลาเจนเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งที่พบมากในร่างกายของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม (ประมาณ 25% ของปริมาณโปรตีนทั้งหมดในร่างกาย) คลอลาเจนทำหน้าที่เป็นเส้นใยเชื่อมโยงและพยุงเนื้อเยื่อต่างๆ เช่น ผิวหนัง เส้นเอ็น กล้ามเนื้อ กระดูกและฟัน ด้วยประโยชน์ที่มากมายส่งผลให้คลอลาเจนเป็นที่ต้องการของอุตสาหกรรมยาและเครื่องสำอางค์เยื่อหุ้มภายในเปลือกไข่มีคลอลาเจนเป็นองค์ประกอบอยู่สูงถึง 10% จึงเป็นแหล่งวัตถุดิบที่น่าสนใจในการผลิตคลอลาเจนราคาถูก การผลิตคลอลาเจนจากเยื่อหุ้มภายในเปลือกไข่อาศัยเทคโนโลยีการสกัดโดยการย่อยด้วยกรดและเอนไซม์ (acid-pepsin digestion) จากนั้นจึงแยกคลอลาเจนออกมาโดยการตกตะกอนด้วยเกลือ [17]



รูปที่ 7 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron micrograph) ของคลอลาเจนบนองค์ประกอบของเยื่อหุ้มภายในเปลือกไข่ [18]

(a) ภาพถ่ายจากด้านข้างของเยื่อหุ้มภายในเปลือกไข่

(b) ภาพถ่ายจากด้านบนของเยื่อหุ้มภายในเปลือกไข่ (เยื่อหุ้มชั้นเดียวกัน)

5. บทสรุป

การเลือกใช้เทคโนโลยีชนิดใดในการแปรรูปเปลือกไข่นั้นจะขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ซึ่งเทคโนโลยีในการแปรรูปจะเป็นการช่วยกำจัดเปลือกไข่เหลือทิ้งให้มีมูลค่าทำให้ไม่ต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัด ไม่เป็นปัญหากับสิ่งแวดล้อมและยังได้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปอีกด้วย

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สมโภชน์ น้อยจินดาและ รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติ โพธิปิทมะ ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจทานบทความวิชาการฉบับนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] G. Cherian,"Eggs and Health: Nutrient Sources and Supplement Carriers," *Complementary and Alternative Therapies and the Aging Population*, pp.333-346, 2009.

[2] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์,"สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2554," สำนักพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ, 176pp., 2554.

[3] R.R. Ian and C.P. Pratap,"Protein degradation during anaerobic wastewater treatment: derivation of Stoichiometry,"*Biodegradation*,vol. 12, pp. 247–257, 2001.

[4] Y. Yoshida, S. Ito, M. Kamo, Y. Kezuka, H. Tamura, K. Kunimatsu, and H. Kato, "Production of hydrogen sulfide by two enzymesassociated with biosynthesis of homocysteine andlanthionine in *Fusobacteriumnucleatum* subsp.*nucleatum* ATCC 25586.," *Microbiology*,vol.156, pp.2260–2269, 2010.

[5] H.D. Belitz, W. Grosch, and P. Schieberle, *Eggs. In Food. Chemistry*, Springer: Berlin, Germany, pp. 546-561, 2009.

[6] A.L. Romanoff and A.J. Romanoff,*The avian egg*, John Wiley & sons, Inc., New York, NY, 1949.

[7] Y.S. Ok, S.S. Lee, W.T. Jeon, S.E. Oh, A.A. Usman, and D.H. Moon,"Application of eggshell waste for the immobilization of cadmium and lead in a contaminated soil," *Environ Geochem Health*, vol.33, pp. 31–39, 2011.

[8] Y.B. Cho and G. Seo, "High activity of acid-treated quail eggshell catalysts in the transesterification of palm oil with methanol," *Bioresource Technology*, vol. 101, pp. 8515–8519, 2010.

[9] A.A. Schaafsma and G.M. Beelen, "Eggshell powder, a comparable or better source of calcium than purified calcium carbonate: piglet studies," *Journal of the Science of Food and Agriculture*,vol. 79(12), pp. 1596–1600,1999.

[10] C. Arunlertaree, W. Kaewsomboon, A. Kumsopa, P. Pokethitiyook, and P. Panyawathanakit, "Removal of lead from battery manufacturing wastewater by egg shell," *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, vol. 29(3), pp. 857-868, 2007.

[11] N. Viriya-empikul, P. Krasae, B. Puttasawat, B. Yoosuk, N. Chollacoop, and K. Faungnawakij, "Waste shells of mollusk and egg as biodiesel production catalysts," *Bioresource Technology*, vol. 101, pp. 3765–3767, 2010.

[12] W. Garnjanagoonchorna and A. Changpuaka, "Preparation and Partial Characterization of Eggshell Calcium Chloride,"*International Journal of Food Properties*, vol. 10(3), pp. 497–503, 2007.

[13] I. Luna-Guzma and D.M. Barrett, "Comparison of calcium chloride and calcium lactateeffectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes," *Postharvest Biology and Technology*, vol. 19, pp. 61–72, 2000.

[14] P. Vongsawasdi, M. Nopharatana, P. Viriyaprakob and R. Ditnoi," Fresh-Cut Guava: Part I Effects of Calcium Chloride and Heat Treatment on Physical and Chemical Properties of Guava,"*Agricultural Sci. J.*, vol. 40(3), pp. 125-128, 2009.

[15] F.F. Costa, J.V. Resende, L.R. Abreu, and H.D. Goff, "Effect of calcium chloride addition on ice cream structure and quality," *J. Dairy Sci.*, vol. 91(6), pp.2165-74, 2008.

[16] T. Makino, T. Kamiya, H. Takano, T. Itou, N. Sekiya, K. Sasaki, Y. Maejima, and K. Sugahara, "Remediation of cadmium-contaminated paddy soils by washing with calcium chloride: Verification of on-site washing," *Environmental Pollution*, vol. 147, pp. 112-119, 2007.

[17] Z. Yu-Hong and C. Yu-Jie,"Characterization of collagen from eggshell membrane," *Biotechnology*, vol. 8, pp. 254-258, 2009.

[18] J.I. Arias, A. Gonzalez, M.S. Fernandez, C. Gonzalez, D. Saez, and J.L Arias, "Eggshell membrane as a biodegradable bone regeneration inhibitor," *J. Tissue Eng Regen Med.*, vol. 2(4), pp. 228-235, 2008.