

การตรวจหารอยร้าวของเปลือกไข่โดยใช้ความแตกต่างความดัน Detection of Eggshell Cracks Using Different Pressure Gradient

อมรเดช พุทธิพิพัฒน์ขจร¹ ภัศราภรณ์ ลีวัลยชนัน¹ และ ครองขวัญ แก้วชูชื่น¹
Amordej Puttipipatkajorn¹, Passaraporn Leewalan¹ and Krongkwan Keawchuchuen¹

Abstract

Eggshell cracks are a food safety concern because they allow contamination of the egg by pathogens. We designed and built a device that can detect micro-crack using vacuum system. The vacuum chamber size of 15 x 15 x15 cm was created from acrylic board of 1 cm thickness, and this chamber was suitable for only a single egg. The system built up vacuum within the chamber to differentiate the pressure between inside and outside of the egg. This pressure gradient caused appearance of micro cracks that could be noticed by human eyes. The cracks were generated on an egg by rolling the egg from a panel inclined at 15 degree to impact on another panel placed normal to the former panel. There were two types of cracks, hairline and star cracks. The size of crack was measured using a microscope with 50 times magnification. It was found that the sizes of hairline crack were 0.25-1 mm and the sizes of the star cracks were 1-3 mm. The characteristic of eggshell cracks were different depending on force imposed on the egg and physical property of the eggshell as well. The results of the experiment with 30 cracked eggs indicated that the system could detect a total of 19 cracked eggs (63.3%) which comprised of 17 eggs with hairline cracks and 2 eggs with star cracks.

Keywords: cracks, eggs shell, pressure gradient

บทคัดย่อ

รอยร้าวของเปลือกไข่มีผลต่อความปลอดภัยของอาหารเพราะหากมีรอยร้าวจะทำให้ไข่มีการปนเปื้อนจากเชื้อโรคได้ จึงได้ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ต้นแบบที่ช่วยในการตรวจสอบหารอยร้าวขนาดเล็กโดยใช้ระบบสุญญากาศ กล่องสุญญากาศ ขนาด 15x15x15 เซนติเมตร ถูกสร้างจากแผ่นอะคริลิกหนา 1 เซนติเมตร ซึ่งเหมาะในการตรวจหารอยร้าวของไข่ที่ละหนึ่งใบ ระบบนี้จะทำให้เกิดสุญญากาศภายในกล่องต้นแบบซึ่งจะทำให้เกิดความแตกต่างความดันภายในและภายนอกไข่ซึ่งจะทำให้สามารถเห็นรอยร้าวของเปลือกไข่ได้ด้วยตาเปล่า การทดลองนำไข่มาสร้างรอยร้าวโดยการปล่อยไข่ให้กลิ้งตกอย่างอิสระบนพื้นเอียงทำมุม 15 องศา กับแนวระดับและตกลงมากระทบกับแนวระนาบซึ่งวางทำมุมตั้งฉากกับพื้นเอียง รอยร้าวที่เกิดขึ้นมีสองแบบคือ แบบเส้นผม (hairline cracks) และแบบกระจาย (star cracks) วัดขนาดรอยร้าวโดยใช้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 50 เท่าพบว่า รอยร้าวแบบเส้นผมมีขนาด 0.25-1 มิลลิเมตร ส่วนแบบกระจายมีขนาด 1-3 มิลลิเมตร ไข่แต่ละใบจะเกิดรอยร้าวที่มีขนาดแตกต่างกัน และมีความลึกของรอยต่างกัน ขึ้นอยู่กับแรงที่ไข่กระทบพื้นผิวเรียบและคุณลักษณะทางกายภาพของเปลือกไข่ จากผลการทดลองตรวจหารอยร้าวของไข่ที่มีรอยร้าวจำนวน 30 ฟองด้วยระบบสุญญากาศสามารถตรวจพบรอยร้าวได้ทั้งหมด 19 ฟอง คิดเป็น 63.3% โดยเป็นรอยร้าวแบบเส้นผม 17 ฟอง และแบบกระจาย 2 ฟอง

คำสำคัญ: รอยร้าว, เปลือกไข่, ความแตกต่างความดัน

คำนำ

ไข่เป็นอาหารที่ประชากรทั่วโลกจำนวนมากนิยมบริโภค เพราะไข่อุดมสมบูรณ์ด้วยสารอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโต มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และสามารถทำเป็นอาหารได้หลายชนิด ดังนั้นถ้าไข่เกิดรอยร้าวอาจทำให้เชื้อแบคทีเรียและจุลินทรีย์มีโอกาสเข้าสู่ไข่ได้ ส่งผลให้คุณภาพของไข่ลดลง การตรวจหารอยร้าวของเปลือกไข่แบบรวดเร็วและไม่ทำลายสามารถทำได้หลายวิธี เช่นการเคาะไข่เพื่อหาความถี่เรโซแนนซ์และใช้เทคนิคการจำแนกเพื่อแยกความแตกต่างระหว่างไข่ดีกับไข่ร้าว Lin *et.al.* (2009) ได้ใช้วิธีการหาความถี่เรโซแนนซ์ร่วมกับ SVDD (Support vector data description) เพื่อตรวจหาไข่ที่มีรอยร้าว พบว่าสามารถตรวจหาไข่ที่มีรอยร้าวได้ด้วยความถูกต้อง 90% Lawrence *et.al.* (2008) ได้ใช้วิธีการสร้างความ

¹ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

¹ Department of Food Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus, Nakhonpathom 73140

แตกต่างความดันระหว่างภายในและภายนอกไข่ร่วมกับเทคนิคการวิเคราะห์ภาพถ่าย พบว่าสามารถตรวจหาไข่ที่มีรอยร้าวได้ด้วย ความถูกต้องถึง 98.75% และตรวจหาไข่ดีได้ 100% สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้ระบบสุญญากาศเพื่อสร้างความแตกต่างความดันภายในและภายนอกของไข่ในการตรวจหารอยร้าว เพราะจะทำให้สามารถเห็นรอยร้าวที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจนและเป็นวิธีที่มีความแม่นยำสูง

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การออกแบบระบบสุญญากาศสำหรับตรวจหารอยร้าวของเปลือกไข่

สำหรับการทดลองจะออกแบบระบบสำหรับการตรวจรอยร้าวของเปลือกไข่ด้วยระบบสุญญากาศครั้งละ 1 ฟอง กล้องทดลองสำหรับบรรจุไข่จะต้องมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความดันได้ และการสร้างสุญญากาศภายในกล่องทดลองจะอาศัยปั๊มสุญญากาศที่มีกำลังงานเพียงพอที่สามารถทำให้เกิดความแตกต่างความดันระหว่างภายในและภายนอกไข่ที่เหมาะสมที่จะสามารถทำให้รอยร้าวเปิดออกได้

2. กระบวนการสร้างรอยร้าวบนเปลือกไข่

การทดลองเริ่มจากนำไข่เปิดจำนวน 60 ฟองมาสร้างรอยร้าวโดยการนำไข่กลิ้งตกอย่างอิสระบนระนาบเอียงที่ทำมุม 15 องศา กับแนวระดับ (Figure 1) ไข่จะกลิ้งตกลงมากระทบกับแนวระนาบที่วางตั้งฉากกับพื้นเอียง คัดเลือกไข่ที่มีรอยร้าวและนำไปตรวจหาขนาดของรอยร้าวโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายประมาณ 50 เท่า

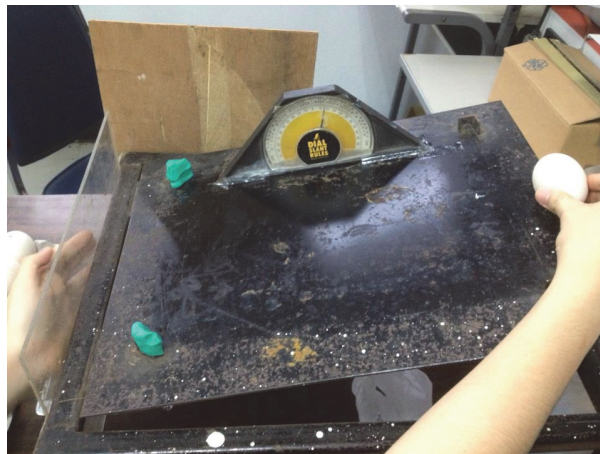


Figure 1 Method of creating the cracks

3. การตรวจหารอยร้าวของเปลือกไข่ด้วยระบบสุญญากาศ

นำไข่ที่มีรอยร้าวทั้งหมดไปตรวจหารอยร้าวโดยใช้ระบบสุญญากาศ (Figure 3) โดยทำการตรวจหาที่ละฟอง การทดลองเริ่มจากเปิดวาล์วตัวที่ 2 และเปิดให้ปั๊มสุญญากาศทำงาน จากนั้นปิดวาล์วตัวที่ 2 เพื่อดึงอากาศออกจากกล่องทดลอง เมื่อสังเกตเห็นรอยร้าวแยกตัวออก ก็ทำการเปิดวาล์วตัวที่ 2 ทันที เพื่อให้อากาศภายนอกเข้ามาภายในกล่องทดลองทำให้ภายในกล่องทดลองมีความดันเพิ่มขึ้นซึ่งจะมีผลทำให้รอยร้าวที่เปลือกไข่กลับมาปิดสนิทอีกครั้งหนึ่ง

ผล

1. การออกแบบระบบสุญญากาศสำหรับตรวจหารอยร้าวของเปลือกไข่

กล่องทดลองสำหรับการตรวจรอยร้าวของเปลือกไข่เปิดด้วยระบบสุญญากาศ ถูกสร้างเป็นกล่องขนาด 15x15x15 เซนติเมตร (Figure 2) โดยใช้แผ่นอะคริลิกหนา 1 เซนติเมตร เจาะรูสำหรับวาล์วขนาด 2 นิ้ว ทั้ง 2 ด้านของกล่องอะคริลิก และเจาะรูขนาด 2 นิ้ว สำหรับติดตั้งอุปกรณ์วัดความดันที่อ่านค่าความดันได้ในช่วง 0 - 1 บาร์ ภายในมีแท่นสำหรับรองรับแกนพลาสติกแดนเลสสตีล ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ยาว 15 เซนติเมตร จำนวน 2 แท่ง การสร้างระบบสุญญากาศทำได้โดยใช้ปั๊มสุญญากาศขนาด 5 แรงม้า

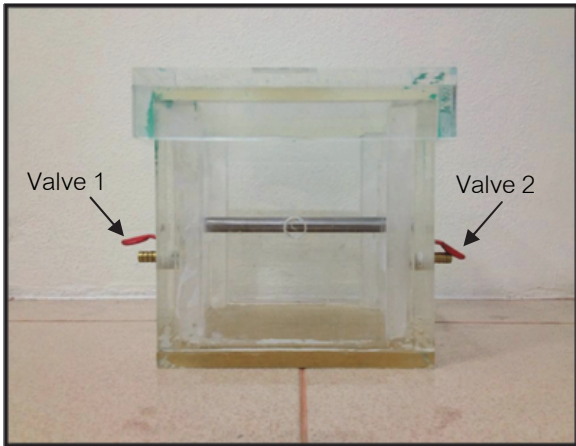


Figure 2 Vacuum chamber

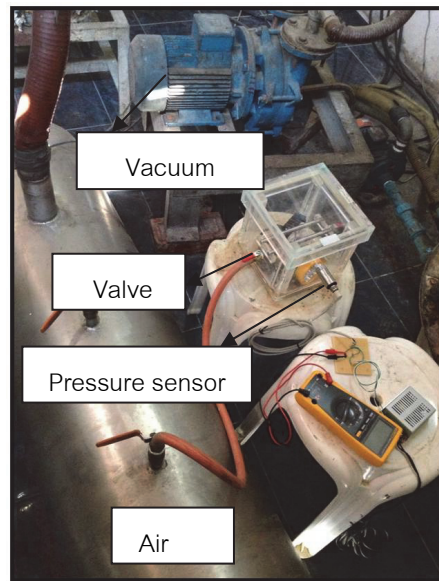


Figure 3 Vacuum system for experiment

2. กระบวนการสร้างรอยร้าวบนเปลือกไข่

ผลการทดลองนำไข่เปิดจำนวน 60 ฟอง มาสร้างรอยร้าวด้วยแรงทางกลโดยการปล่อยให้ไข่กลิ้งตกบนระนาบเอียงทำมุม 15 องศา กับแนวระดับ พบว่าได้ไข่ที่มีรอยร้าวจำนวน 30 ฟอง จำแนกรอยร้าวได้ 2 ลักษณะคือ รอยร้าวลักษณะเหมือนเส้นผม (hairline cracks) จำนวน 22 ฟอง และรอยร้าวแบบกระจายตามแนวรัศมี (star cracks) จำนวน 8 ฟอง และเมื่อนำไข่ที่มีรอยร้าวทั้ง 30 ฟองไปตรวจหาขนาดของรอยร้าวด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายประมาณ 50 เท่า พบว่ารอยร้าวแบบเส้นผมจะมีขนาดรอยร้าวประมาณ 0.25 – 1 มิลลิเมตร (Figure 4) และขนาดรอยร้าวแบบกระจายตามแนวรัศมีมีขนาดประมาณ 1 – 3 มิลลิเมตร (Figure 5)

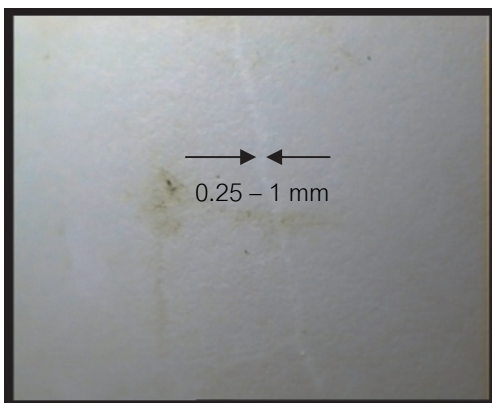


Figure 4 Size of the hairline cracks

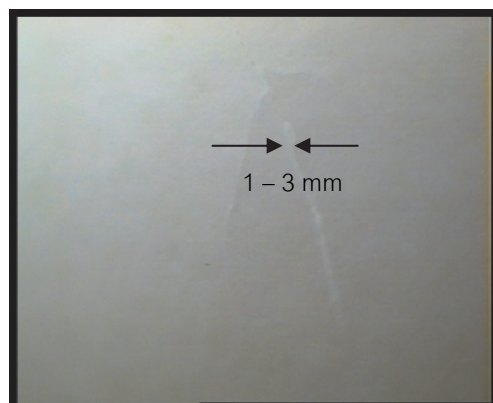


Figure 5 Size of the star cracks

3. การตรวจหารอยร้าวของเปลือกไข่ด้วยระบบสุญญากาศ

นำไข่เปิดทั้ง 30 ฟองไปตรวจหารอยร้าวโดยใช้ระบบสุญญากาศโดยทำการทดลองทีละฟอง พบว่าสามารถตรวจพบรอยร้าวของเปลือกไข่ได้จำนวน 19 ฟอง คิดเป็น 63.3% เป็นรอยร้าวแบบเส้นผมจำนวน 17 ฟอง และเป็นรอยร้าวแบบกระจายตามแนวรัศมีจำนวน 2 ฟอง ลักษณะของรอยร้าวที่ตรวจพบ (Figure 6) เมื่อไข่เปิดอยู่ภายในระบบสุญญากาศสามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า



Figure 6 Example of the results

วิจารณ์ผล

ไข่ที่ผ่านกระบวนการสร้างรอยร้าวจะมีขนาดรอยร้าวที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับแรงที่ไข่กระทบพื้นผิวและสมบัติทางกายภาพของเปลือกไข่ กล่าวคือถ้าเปลือกไข่มีความแข็งแรงของเปลือกไข่มากรอยร้าวที่เกิดขึ้นจะเป็นแบบเส้นผม ส่วนเปลือกไข่ที่มีความแข็งแรงน้อยรอยร้าวจะเป็นแบบกระจายตามแนวรัศมี

เนื่องจากไข่เปิดที่ทำการทดลองได้ผ่านกระบวนการสร้างรอยร้าวซึ่งจะทำให้เกิดรอยร้าวได้หลากหลายขนาด ดังนั้นถ้าขนาดรอยร้าวของเปลือกไข่มีขนาดใหญ่และเป็นรอยลึกจะมีผลทำให้ความแตกต่างความดันระหว่างภายในและภายนอกไข่ขณะทดสอบมีค่าน้อย ทำให้รอยร้าวไม่สามารถเปิดออกให้เห็นได้ และเพราะว่ารอยร้าวแบบกระจายตามแนวรัศมีมีขนาดใหญ่กว่ารอยร้าวแบบเส้นผม จึงทำให้สามารถตรวจพบรอยร้าวแบบกระจายตามแนวรัศมีได้น้อยกว่ารอยร้าวแบบเส้นผม

สรุป

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบสัญญาณภาคสามารถนำมาใช้สำหรับตรวจหารอยร้าวของเปลือกไข่ได้ โดยเฉพาะเปลือกไข่ที่มีรอยร้าวขนาดเล็กและไม่เป็นรอยลึก

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนากำแพงแสน และภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่สนับสนุนเครื่องมือและสถานที่ในการทำงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- Lin, H., J.W. Zhao, Q.S. Chen, J.R. Cai and P. Zhou. 2009. Eggshell crack detection based on acoustic response and support vector data description algorithm. *Eur Food Res Technol.* 230:95–100.
- Lawrence, K.C., S.C. Yoon, G.W. Heitschmidt, D.R. Jones and B. Park. 2008. Imaging system with modified-pressure chamber for crack detection in shell eggs. *Sens. & Instrumen. Food Qual.* 2:116–122.