

การตรวจสอบลักษณะภายนอกของไข่ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ภาพ

นางสาวศรัญญา สิงห์เสนา 5712400962

ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทคัดย่อ

การทำสัมมนานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตรวจสอบลักษณะข้อบกพร่องภายนอกของไข่ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ภาพเพื่อเพิ่มความแม่นยำในกระบวนการคัดเกรดของไข่ การตรวจสอบลักษณะของไข่ที่มีข้อบกพร่องได้แก่ ขนาด รอยร้าว และรอยแตกหัก ของไข่ที่ทำความสะอาดแล้วและไข่ที่มีคราบสกปรก พบว่าวิธีการตรวจสอบลักษณะภายนอกของไข่ด้วยวิธีการวิเคราะห์ภาพด้วยอัลกอริทึมที่เขียนโดยชุดคำสั่ง MATBAB มีค่าความแม่นยำในการตรวจหาขนาด 95% รอยแตกหัก 98% และรอยร้าว 94.5% วิธีการตรวจสอบลักษณะภายนอกของไข่ด้วยวิธีการวิเคราะห์ภาพด้วยการนำเข้าภาพในสถานะปกติและสถานะสุญญากาศ มีค่าความแม่นยำในการตรวจหารอยร้าวที่ 94% และวิธีการตรวจสอบลักษณะข้อบกพร่องภายนอกของไข่ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ภาพด้วยนักคัดเกรดไข่ Grader (Candling) มีค่าความแม่นยำในการตรวจหารอยร้าวที่ 83.58% การถ่ายภาพแล้วตรวจซ้ำโดยนักคัดเกรดอีกครั้ง Imaging (Grader) 98.51% และใช้เครื่องวิเคราะห์อัตโนมัติ Imaging (Auto) 94.53% โดยที่การวิเคราะห์ภาพด้วยระบบอัตโนมัติมีความแม่นยำมากกว่านักคัดเกรด และเทคนิคการวิเคราะห์ภาพที่ให้ความแม่นยำมากที่สุดคือการตรวจด้วยการถ่ายภาพแล้วตรวจซ้ำโดยนักคัดเกรดอีกครั้งความแม่นยำในการตรวจสอบอยู่ที่ 98.51% จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีการวิเคราะห์ภาพเพื่อตรวจลักษณะภายนอกของไข่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมได้

คำสำคัญ: ไข่, ลักษณะภายนอก, ข้อบกพร่อง, การประมวลผลภาพ

บทนำ

ไข่ (Egg) เป็นอาหารอีกอย่างหนึ่งที่มีความนิยมนอย่างมากในหลายประเทศ มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ราคาถูก เมื่อเทียบกับเนื้อสัตว์จะให้ปริมาณโปรตีนทัดเทียมกัน (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน, 2561) มีการส่งออกไข่ของทั้งโลกจะอยู่ที่ 3 หมื่นล้านฟองโดยมีเนเธอร์แลนด์เป็นผู้ส่งออกรายใหญ่ที่สุดของโลก และการผลิตไข่ไก่ในอาเซียนปี 2554 อินโดนีเซียเป็นผู้ผลิตรายใหญ่ 33% ไทย 17% ในขณะที่อัตราการบริโภคของไทยอยู่ที่ 159 ฟอง/คน/ปี (พรศรี เหล่ารุจิสวัสดิ์, 2557) ไข่ที่ได้คุณภาพควรมีลักษณะภายนอก สะอาด ผิวเปลือกเรียบสม่ำเสมอทั้งฟอง ไม่บุบร้าว และไม่พบเชื้อรา (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2553)

ในอุตสาหกรรมการผลิตไข่ไก่มีการพัฒนาและเพิ่มปริมาณการผลิตที่มากขึ้นเรื่อยๆ ทั้งเพื่อการบริโภคภายในประเทศและการส่งออก การตรวจหาลักษณะภายนอกของไข่นั้นเป็นสิ่งสำคัญเพราะลักษณะภายนอกของไข่เป็นสิ่งแรกที่ผู้บริโภคได้พิจารณาก่อนที่จะเลือกซื้อ เป็นอาหารที่นิยมบริโภคของคนทั่วไปไม่ว่า จะเป็นเด็กหรือผู้ใหญ่ สามารถนำมาประกอบอาหารได้หลายประเภท ไข่ที่มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด คือไข่ไก่ ไข่เป็ด และไข่นกกระทา คนส่วนใหญ่นิยมบริโภคคือไข่ไก่ (ศิริพร ดันจ่อ และคณะ, 2558) ถ้าหากเปลือกไข่มีความเปราะบางทำให้เกิดรอยร้าว รอยแตก หรือหากคราบสกปรกอยู่ก็จะทำให้ไข่เน่าเสียได้ง่ายเนื่องจากจุลินทรีย์และอากาศเข้าไปในไข่ ทำให้เก็บไว้ได้ไม่นาน (ประภากร ธาราฉาย, 2560) ราคาต่ำกว่าปกติ และเทคนิคการตรวจหาข้อบกพร่องของไข่โดยวิธีแบบเดิมคือการมองด้วยตาเปล่า การใช้วิธีนี้อาจเกิดข้อผิดพลาดขาดความแม่นยำในการคัดแยก ทำให้ไข่ที่มีข้อบกพร่องปะปนไป

ในขั้นตอนการผลิตมีการนำระบบเครื่องจักรมาใช้เพื่อเพิ่มปริมาณการผลิตให้มากขึ้น ประหยัดเวลา ยิ่งขึ้นได้คุณภาพการผลิตที่อยู่ในมาตรฐานเดียวกันให้ผู้ผลิตและผู้บริโภคมั่นใจว่าผลิตภัณฑ์นั้นปลอดภัยผ่านมาตรฐานมีขั้นตอนการผลิตที่ถูกต้อง ในการผลิตไข่ได้นำเทคนิคการวิเคราะห์ภาพมาช่วยในการคัดเกรดไข่ตรวจหาลักษณะภายนอกของไข่ที่มีข้อบกพร่องเป็นการศึกษาเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการตรวจสอบและเพื่อการนำมาใช้ทดแทนแรงงานคน

ดังนั้นสัมมนาฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเทคนิคการตรวจสอบลักษณะภายนอกของไข่ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ภาพ และเปรียบเทียบระหว่างการตรวจหาลักษณะภายนอกด้วยนักคัดเกรดและเทคนิคการวิเคราะห์ภาพ

วิธีการตรวจหาลักษณะภายนอกของไข่ด้วยวิธีการวิเคราะห์ภาพ

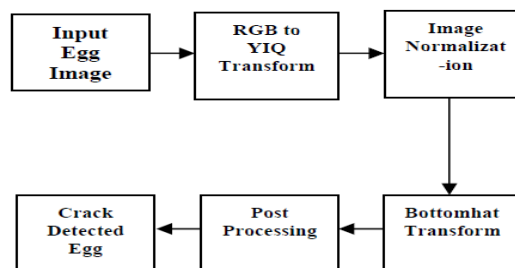
1. การตรวจหาลักษณะภายนอกของไข่ด้วยนักคัดเกรดไข่

เป็นวิธีที่ใช้มาเป็นเวลานานเพื่อตรวจหาข้อบกพร่องของไข่ เช่น รอยร้าว การแตกหัก และคราบสกปรก ประภากร ชารานาย (2560) ได้กล่าวว่า วิธีส่องไข่ที่ทำได้โดยใช้แสงจากหลอดไฟที่อยู่ในกล่อง หรือกระบอกที่มีแสงสว่างออกมาเพียงด้านเดียว เมื่อนำไข่ไปทาบทับที่แสงออกเพื่อให้ไม่มีแสงสว่างมารบกวน และควรทำในที่มืด และมนุษย์เป็นคนตรวจสอบอย่างละเอียด เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เทคนิคอัตโนมัติยังมีความแม่นยำที่ต่ำอยู่ เนื่องจากการทำงานของนักคัดเกรดทำงานเป็นเวลานานเกิดความเหนื่อยล้า อ่อนเพลีย และทำให้เกิดความผิดพลาดในการคัดส่งผลให้มีความแม่นยำที่น้อยลง

2. การตรวจหาลักษณะภายนอกของไข่ด้วยวิธีการวิเคราะห์ภาพของ Arivazhagan et al. (2013)

2.1. การตรวจหารอยร้าว

เทคนิคการแทนค่าสีของภาพ RGB (Red, Green, Blue) เป็นค่าสีแบบ YIQ (ขาว-ดำ) โดยการนำเข้าภาพ RGB แทนค่าสีเป็นแบบ YIQ ปรับค่าพื้นฐานของภาพให้มีค่าใกล้เคียงกัน นำภาพที่ได้มาลบผิวเปลือกไข่ในภาพให้เหลือเพียงภาพของรอยร้าว ประมวลผลตัด Threshold ของภาพและตรวจสอบรอยร้าวในภาพ รูปที่ 1



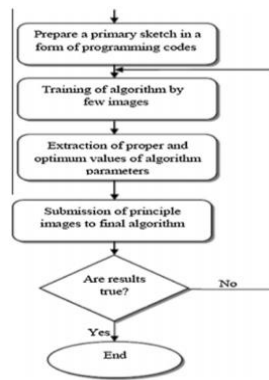
รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนการตรวจหารอยร้าวของไข่ด้วยเทคนิคการแทนค่าสีแบบ YIQ

ที่มา: Arivazhagan et al. (2013)

Arivazhagan et al. (2013) ได้ศึกษาภาพจากฐานข้อมูล 200 ภาพซึ่งเป็นภาพของไข่ที่มีคุณภาพดี ภาพไข่ที่มีรอยร้าว และภาพไข่ที่มีคราบสกปรก โดยนำภาพถ่ายมาประมวลผลด้วยการแทนค่าสีของภาพใหม่ ประมวลผลตัด Threshold ของภาพตรวจสอบข้อบกพร่องของไข่และแสดงผล

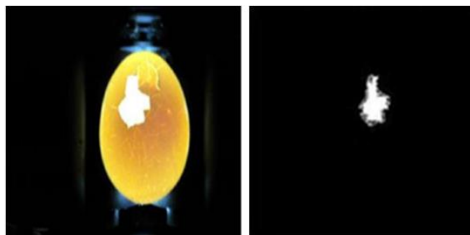
3. การตรวจสอบลักษณะภายนอกของไข่ด้วยวิธีการวิเคราะห์ภาพของ Mahmoud et al. (2013)

โดยใช้ไข่ไก่สีขาวขนาดต่างๆ ที่มีข้อบกพร่องโดยธรรมชาติบางฟองมีจุดเลือด บางฟองมีรอยร้าว และบางฟองมีการแตกหัก มาทำการวิเคราะห์ด้วยระบบอัตโนมัติ นำไข่ที่มีข้อบกพร่องเข้าไปในกล่องสี่เหลี่ยมมีไฟส่องสว่างจากด้านล่างข้อบกพร่องของไข่จะถูกบันทึกด้วยกล้องดิจิทัลความละเอียดสูง เมื่อถ่ายภาพแล้วก็จะส่งภาพที่ได้ไปยังคอมพิวเตอร์วิเคราะห์ภาพด้วยอัลกอริทึมชุดคำสั่ง MATLAB ได้ความแม่นยำของรอยร้าว การแตกหัก และขนาดของไข่ ที่ความแม่นยำ 94.5%, 98% และ 95% ตามลำดับ รูปที่ 3



รูปที่ 3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ภาพของอัลกอริทึม

ที่มา: Mahmoud et al. (2013)



รูปที่ 4 ภาพไข่แตกหักและพื้นที่ส่วนแตกหัก

ที่มา: Mahmoud et al. (2013)

จัดกลุ่มการคัดเกรดของไข่โดยใช้ Fuzzy logic แบ่งออกเป็น 5 ระดับคือ A = ดีมาก, B = ดี, C = ปานกลาง, D = แย่ และ E = แย่มาก ได้แก่

1. ถ้าไข่ไม่พบจุดเลือดและไม่แตกหักและไม่พบรอยร้าวและมีขนาดใหญ่ ถูกจัดเป็นเกรด A
2. ถ้าไข่ไม่พบจุดเลือดและไม่แตกหักและไม่พบรอยร้าวและมีขนาดกลาง ถูกจัดเป็นเกรด B
3. ถ้าไข่ไม่พบจุดเลือดและไม่แตกหักและไม่พบรอยร้าวและมีขนาดเล็ก ถูกจัดเป็นเกรด B
4. ถ้าไข่ไม่พบจุดเลือดและไม่แตกหักและมีรอยร้าวเล็กน้อยและมีขนาดใหญ่ ถูกจัดเป็นเกรด B
5. ถ้าไข่ไม่พบจุดเลือดและไม่แตกหักและมีรอยร้าวเล็กน้อยและมีขนาดกลาง ถูกจัดเป็นเกรด C
6. ถ้าไข่ไม่พบจุดเลือดและไม่แตกหักและมีรอยร้าวเล็กน้อยและมีขนาดเล็ก ถูกจัดเป็นเกรด C
7. ถ้าไข่ไม่พบจุดเลือดและไม่แตกหักและมีรอยร้าวปานกลางและมีขนาดใหญ่ ถูกจัดเป็นเกรด B
8. ถ้าไข่ไม่พบจุดเลือดและไม่แตกหักและมีรอยร้าวปานกลางและมีขนาดกลาง ถูกจัดเป็นเกรด C
9. ถ้าไข่ไม่พบจุดเลือดและไม่แตกหักและมีรอยร้าวปานกลางและมีขนาดเล็ก ถูกจัดเป็นเกรด D
10. ถ้าไข่ไม่พบจุดเลือดและไม่แตกหักและมีรอยร้าวมากและมีขนาดใหญ่ ถูกจัดเป็นเกรด C
11. ถ้าไข่ไม่พบจุดเลือดและไม่แตกหักและมีรอยร้าวมากและมีขนาดกลาง ถูกจัดเป็นเกรด D
12. ถ้าไข่ไม่พบจุดเลือดและไม่แตกหักและมีรอยร้าวมากและมีขนาดเล็ก ถูกจัดเป็นเกรด D
13. ถ้าไข่พบจุดเลือด ถูกจัดเป็นเกรด E
14. ถ้าไข่แตกหัก ถูกจัดเป็นเกรด E

ดังตารางที่ 1

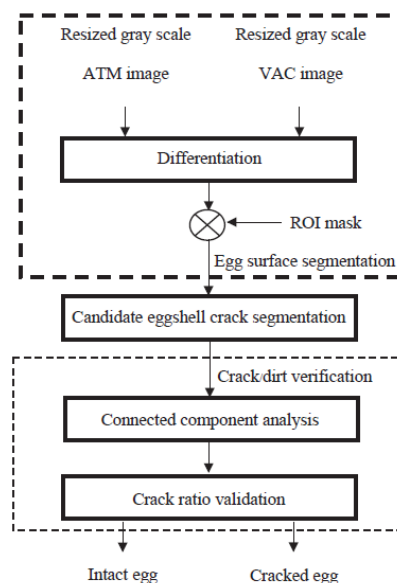
ตารางที่ 1 ผลการคัดเกรดไข่ของ Fuzzy logic

1	IF Egg is (not Bloody) AND (not Broken) AND (No Crack) AND (Large) THEN (Grade is A)
2	IF Egg is (not Bloody) AND (Breakage is not Broken) AND (Crack is No Crack) AND (Size is Medium) THEN (Grade is B)
3	IF Egg is (not Bloody) AND (Breakage is not Broken) AND (Crack is No Crack) AND (Size is Small) THEN (Grade is B)
4	IF Egg is (not Bloody) AND (Breakage is not Broken) AND (Crack is Low Crack) AND (Size is Large) THEN (Grade is B)
5	IF Egg is (not Bloody) AND (Breakage is not Broken) AND (Crack is Low Crack) AND (Size is Medium) THEN (Grade is C)
6	IF Egg is (not Bloody) AND (Breakage is not Broken) AND (Crack is Low Crack) AND (Size is Small) THEN (Grade is C)
7	IF Egg is (not Bloody) AND (Breakage is not Broken) AND (Crack is Medium Crack) AND (Size is Large) THEN (Grade is B)
8	IF Egg is (not Bloody) AND (Breakage is not Broken) AND (Crack is Medium Crack) AND (Size is Medium) THEN (Grade is C)
9	IF Egg is (not Bloody) AND (Breakage is not Broken) AND (Crack is Medium crack) AND (Size is Small) THEN (Grade is D)
10	IF Egg is (not Bloody) AND (Breakage is not Broken) AND (Crack is High crack) AND (Size is Large) THEN (Grade is C)
11	IF Egg is (not Bloody) AND (Breakage is not Broken) AND (Crack is High Crack) AND (Size is Medium) THEN (Grade is D)
12	IF Egg is (not Bloody) AND (Breakage is not Broken) AND (Crack is HighCrack) AND (Size is Small) THEN (Grade is D)
13	IF Egg is (Bloody) THEN (Grade is E)
14	IF (Breakage is Broken) THEN (Grade is E)

ที่มา: Mahmoud et al. (2013)

4. การตรวจหาลักษณะภายนอกของไข่ด้วยวิธีการวิเคราะห์ภาพของ Priyadumkol, Kittichikarn and Thainimit (2017)

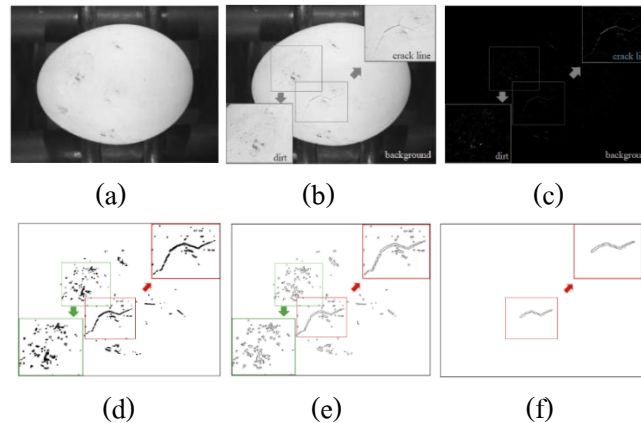
โดยนำตัวอย่างไข่ที่ยังไม่ผ่านขั้นตอนการทำความสะอาดจำนวน 50 ตัวอย่าง ประกอบด้วยไข่ที่ทำให้เกิดรอยร้าวโดยการเคาะเบาๆ จำนวน 30 ตัวอย่าง และไข่ปกติไม่มีรอยร้าวจำนวน 20 ตัวอย่าง นำไข่เข้าในกล่องสุญญากาศเพื่อให้เปลือกไข่ขยายตัวเห็นรอยร้าวชัดเจนขึ้นแล้วทำการถ่ายภาพ ไข่แต่ละฟองมีการเก็บภาพ 3 ครั้ง ให้ได้ภาพพื้นผิวไข่ทั้งฟอง มีภาพทั้งหมด 150 ภาพ ทำซ้ำ 5 ครั้ง ได้ภาพไข่จำนวน 750 ภาพ วิเคราะห์ภาพโดยการนำเข้าภาพที่ได้จากสภาวะปกติ (ATM) และภาพที่ได้จากสภาวะสุญญากาศ (VAC)



รูปที่ 5 อัลกอริทึมการประมวลผลรอยร้าวของไข่ที่ยังไม่ผ่านขั้นตอนการทำความสะอาด

ที่มา: Priyadumkol, Kittichikarn and Thainimit (2017)

หาความแตกต่างของภาพ นำภาพที่ได้มาตรวจสอบรอยร้าวและคราบสกปรกทำการวิเคราะห์ส่วนประกอบของภาพโดยส่วนผิวไข่นำมาแปลงเป็นภาพไบนารีตัด Threshold ของภาพได้ภาพพื้นผิวไข่ปกติ ส่วนรอยร้าวตรวจพิกเซลส่วนขอบของรอยร้าวและทำการวิเคราะห์พิกเซลตามเส้นยาวที่ได้ และส่วนคราบสกปรกตรวจสอบวิเคราะห์พิกเซลส่วนที่เป็นจุด มีความแม่นยำในการตรวจสอบที่ 94%



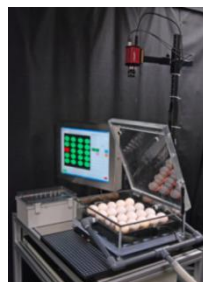
รูปที่ 6 ผลการตรวจสอบรอยร้าวและคราบสกปรกของไข่

ที่มา: Priyadumkol, Kittichikarn and Thainimit (2017)

Priyadumkol, Kittichikarn and Thainimit (2017) ได้ศึกษาระบบการตรวจหารอยร้าวของไข่ที่ยังไม่ได้ทำความสะอาดไข่ตัวอย่างจำนวน 50 ตัวอย่าง มีการถ่ายภาพได้สถานะที่ความดันลดลงทำให้เห็นรอยร้าวของไข่ชัดเจนขึ้น วิเคราะห์ภาพด้วยการนำเข้าภาพไปยังอัลกอริทึมประมวลผล และจับจำนวนพิกเซลของรอยร้าวแยกพิกเซลรอยร้าวกับพิกเซลของคราบสกปรกโดยใช้ Trainable Weka Segmentation (TWS) การนับพิกเซลของรอยร้าวจะมีพิกเซลเป็นเส้นยาว แต่พิกเซลของคราบสกปรกจะไม่ค่อยพบเป็นเส้นยาว แสดงผลดังรูปที่ 6

5. การตรวจหาลักษณะภายนอกของไข่ด้วยวิธีการวิเคราะห์ภาพของ Yoon et al. (2012)

ได้ทำการทดลองการตรวจหารอยร้าวของไข่ 3 เทคนิคคือ การตรวจหารอยร้าวโดยนักคัดเกรดไข่ Grader (Candling) ถ่ายภาพแล้วตรวจซ้ำโดยนักคัดเกรดอีกครั้ง Imaging (Grader) และใช้เครื่องวิเคราะห์อัตโนมัติ Imaging (Auto) ใช้ไข่จำนวน 3,000 ฟองแยกไข่ที่มีรอยร้าวจำนวน 201 ฟอง และไข่ที่ไม่มีรอยร้าวจำนวน 2,799 ฟอง นำมาทดสอบด้วยระบบการถ่ายภาพในระบบถ่ายภาพมีการเปลี่ยนแปลงระบบการทำงานจากความดันปกติ มาทำการวิเคราะห์ด้วยระบบสุญญากาศเพื่อให้เกิดรอยแยกชั่วคราว ในขณะที่เกิดการเปลี่ยนแปลงรอยร้าวของเปลือกไข่จะถูกบันทึกด้วยกล้องดิจิทัลความละเอียดสูง และตรวจพบรอยร้าวด้วยขั้นตอนการประมวลผลภาพโดยการทดลองนี้ ได้พัฒนาการทดลองจากเดิมทำการทดลองครั้งละ 15 ฟอง พัฒนาเป็น 20 ฟอง และได้พัฒนาระบบโปรแกรมนำมาทำการตรวจสอบด้วยเทคนิคต่างๆ



รูปที่ 7 แสดงระบบการตรวจหารอยร้าวของไข่ด้วยระบบสุญญากาศ

ที่มา: Yoon et al. (2012)

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพการตรวจหารอยร้าว

	True positive rate (Cracked)
Grader (Candling)	168/201 (83.58%)
Imaging (Grader)	198/201(98.51%)
Imaging (Auto)	190/201(94.53%)

ที่มา: ดัดแปลงจาก Yoon et al. (2012)

พบว่า การตรวจหารอยร้าวของไข่ด้วยนักคัดเกรดไข่ได้ความแม่นยำที่ 83.58% การถ่ายภาพแล้วตรวจซ้ำโดยนักคัดเกรดได้ความแม่นยำเฉลี่ย 98.51% และใช้เครื่องวิเคราะห์ได้ความแม่นยำเฉลี่ย 94.53 % แสดงได้ดังตารางที่ 2

เปรียบเทียบการตรวจหาลักษณะภายนอกของไข่ด้วยวิธีการวิเคราะห์ภาพ

Arivazhagan et al. (2013) ศึกษาการคัดแยกข้อบกพร่องของไข่ด้วยระบบอัตโนมัติเนื่องจากคุณภาพการคัดไข่โดยนักคัดเกรดมีคุณภาพที่ลดลง เป็นวิธีที่ประหยัดค่าใช้จ่ายสามารถตรวจสอบได้ทั้งรอยร้าว คราบสกปรกของไข่โดยการแปลงภาพพื้นหลังเป็นภาพ YIQ เพิ่มความสว่างส่วนที่มีรอยร้าวแสดงผลการประมวลผลภาพได้ถูกต้องถ้าหากมีการเพิ่มข้อมูลพื้นฐานตั้งค่าการทำงานให้เหมาะสมก็จะสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องจากส่วนประกอบของฐานข้อมูลบางตัวมีการทำงานยังไม่สมบูรณ์ทำให้วิธีนี้สามารถนำมาใช้ช่วยในการคัดเกรดของไข่ได้แต่ยังไม่สามารถบอกได้ว่าทำงานได้ดีกว่านักคัดเกรดหรือไม่

Mahmoud et al. (2013) ศึกษาการตรวจหาขนาด รอยร้าว และรอยแตกหักของไข่โดยใช้การวิเคราะห์ด้วยระบบอัตโนมัติในการตรวจหาขนาดของไข่ นำภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยอัลกอริทึมถ่ายโอนไปยัง Simulink's FIS เปรียบเทียบผลกับผู้เชี่ยวชาญโดยใช้สมการ ในการตรวจสอบขนาดของไข่ไข่ไข่หลายขนาด ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ จำนวนอย่างละ 100 ฟอง เปรียบเทียบการตรวจสอบโดยระบบอัลกอริทึมกับผู้เชี่ยวชาญมีความถูกต้องที่ 95% การตรวจสอบรอยร้าวของไข่ไข่ไข่ที่ปกติ ไข่ที่มีรอยร้าวเล็กน้อย ไข่ที่มีรอยร้าวปานกลาง และไข่ที่มีรอยร้าวมากจำนวนอย่างละ 100 ตัวอย่าง เปรียบเทียบการตรวจสอบโดยระบบอัลกอริทึมกับผู้เชี่ยวชาญมีความถูกต้องที่ 94.5% การตรวจสอบรอยแตกหักไข่ไข่ที่ปกติและไข่ที่มีการแตกหักจำนวนอย่างละ 150 ตัวอย่าง ผลจากการตรวจสอบโดยระบบอัลกอริทึมมีความแม่นยำที่ 98% โดยการตรวจหาข้อบกพร่องทั้ง 3 อย่างมีการใช้ระบบอัตโนมัติและการให้คะแนนโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่าการจำแนกโดยใช้ระบบอัตโนมัติมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าผู้เชี่ยวชาญและถูกต้องมากกว่าผู้เชี่ยวชาญแต่ในการระหว่างตรวจสอบของระบบอัตโนมัติอาจมีปัญหาคิดขึ้นเนื่องจากไข่บางฟองมีเปลือกไข่ที่หนาอาจเป็นสาเหตุให้ระบบเกิดความผิดพลาดในการคัดแยกและระบบเครื่องไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้

ตารางที่ 3 การตรวจหาขนาด รอยแตก และรอยร้าวของไข่ด้วยเทคนิคของ Mahmoud et al. (2013)

เทคนิค	ลักษณะที่วิเคราะห์	กราบ	กล้อง	จำนวนไข่	ความถูกต้อง
		สกปรก	สุญญากาศ	(ฟอง)	%
Mahmoud et al. (2013)	ขนาดของไข่	ไม่มี	ไม่ใช่	300	95
	รอยแตกของไข่	ไม่มี	ไม่ใช่	300	98
	รอยร้าวของไข่	ไม่มี	ไม่ใช่	400	94.5

ที่มา: คัดแปลงจาก Mahmoud et al. (2013)

Priyadumkol, Kittichikarn and Thainimit (2017) ศึกษาการตรวจหารอยร้าวบนไข่ที่ยังไม่ได้ทำความสะอาดโดยนำตัวอย่างไข่ที่ปกติและไข่ที่มีรอยร้าวทำการถ่ายภาพภายในกล้องความดันสุญญากาศได้ภาพไข่จำนวนทั้งหมด 750 ภาพแบ่งเป็นภาพสำหรับการทดสอบเครื่องจำนวน 450 ภาพ และภาพสำหรับการทดลองจำนวน 300 ภาพ ทำการวิเคราะห์ภาพที่ถ่ายจากสภาวะปกติและภาพที่ถ่ายในสภาวะสุญญากาศหาความแตกต่างของภาพ ตรวจสอบรอยร้าวและกราบสกปรกทำการวิเคราะห์ส่วนประกอบของภาพแล้วตรวจสอบรอยร้าวสิ้นสุดผลที่การแยกไข่ปกติและไข่ที่มีรอยร้าว มีการวัดประสิทธิภาพของการคัดเลือกคุณลักษณะรอยร้าวของระบบโดยใช้ Difference of Gaussian+Median จากการทดลองค่าเทสโรว์ $5.50E-04$ และ $5.00E-04$ ให้ค่า FNR (False Negative Rate) ต่ำสุด ตามเกณฑ์ $5.50E-04$ TNR (True Negative Rate) ดีขึ้น ดังนั้นค่าเกณฑ์ที่สูงขึ้นทำให้ประสิทธิภาพของระบบที่ต้องการดีที่สุดค่าที่ดีที่สุดสำหรับ FNR (False Negative Rate) เท่ากับ 0.0166 สำหรับ FPR (False Positive Rate) เท่ากับ 0.0708 สำหรับ TPR (True Positive Rate) เท่ากับ 0.98333 และ TNR (True Negative Rate) เท่ากับ 0.9291 ทำให้มีความถูกต้องของระบบอยู่ที่ 94% และความผิดพลาดอยู่ที่ 1.67% สำหรับการตรวจรอยร้าวของไข่ที่ยังไม่ได้ทำความสะอาดอาจมีความคลาดเคลื่อนผิดพลาดเกิดขึ้นได้ถึงแม้มีการนำตัวอย่างไข่ไปทำการทดลองในกล้องสุญญากาศเพื่อให้เห็นรอยร้าวชัดเจน แต่เนื่องจากการตรวจจับพิกเซลของรอยร้าว นั้นเป็นเส้นยาว แต่ไข่บางฟองอาจมีกราบจุดสกปรกที่เป็นเส้นยาวอาจทำให้ระบบตรวจจับผิดพลาดได้

ตารางที่ 4 Difference of Gaussian+Median

Threshold	TPR	FNR	TNR	FPR
7.00E-04	0.9000	0.1000	0.9666	0.0333
6.50E-04	0.9000	0.1000	0.9625	0.0375
6.00E-04	0.9333	0.0666	0.9417	0.0583
5.50E-04	0.9833	0.0166	0.9291	0.0708
5.00E-04	0.9833	0.0166	0.8417	0.1583

ที่มา: Priyadumkol, Kittichikarn and Thainimit (2017)

ตารางที่ 5 การตรวจหารอยร้าวของไข่ด้วยเทคนิคของ Priyadumkol, Kittichikarn and Thainimit (2017)

เทคนิค	ลักษณะที่วิเคราะห์	ครบ	กล่อง	จำนวนไข่ (ฟอง)	ความถูกต้อง
		สกปรก	สุญญากาศ		%
Priyadumkol, Kittichikarn, and Thainimit. (2017)	รอยร้าวของไข่	มี	ใช่	750	94

ที่มา: ดัดแปลงจาก Priyadumkol, Kittichikarn and Thainimit (2017)

Yoon et al. (2012) ได้ทำการเปรียบเทียบการตรวจหารอยร้าวของไข่ด้วยวิธีการตรวจด้วยคนกับเทคนิคอัตโนมัติ โดยให้คนหรือนักคัดเกรดทำการตรวจหารอยร้าวของไข่ด้วยเทคนิคการส่องไข่ จากนั้นนำไข่ที่ผ่านการตรวจด้วยนักคัดเกรดมาให้เครื่องทำการตรวจสอบด้วยเทคนิคการถ่ายภาพในกล่องสุญญากาศแล้วให้เครื่องรายงานผลจากนั้นให้คนตรวจสอบซ้ำอีกครั้งและเทคนิคตรวจด้วยเครื่องรายงานผลอัตโนมัติเพื่อทำการเปรียบเทียบ โดยเทคนิคการตรวจหารอยร้าวโดยนักคัดเกรดไข่ Grader (Candling) ที่มีการทำงานในสภาวะปกติ ที่มีความเมื่อยล้าและเหนื่อยล้า มีความถูกต้องในการตรวจสอบ 83.58% ถ่ายภาพแล้วตรวจซ้ำโดยนักคัดเกรดอีกครั้ง Imaging (Grader) มีความถูกต้องในการตรวจสอบ 98.51% และใช้เครื่องวิเคราะห์อัตโนมัติ Imaging (Auto) มีความถูกต้องในการตรวจสอบ 94.53% ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การตรวจหารอยร้าวของไข่ด้วยเทคนิคของ Yoon et al. (2012)

เทคนิค	ลักษณะที่วิเคราะห์	ครบ	กล่อง	จำนวนไข่ (ฟอง)	ความถูกต้อง
		สกปรก	สุญญากาศ		%
Yoon et al. (2012)	รอยร้าวของไข่ด้วย				
	Grader (Candling)				83.58
	Imaging (Grader)	ไม่มี	ใช่	3,000	98.51
	Imaging (Auto)				94.53

ที่มา: ดัดแปลงจาก Yoon et al. (2012)

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบความแม่นยำของการตรวจหารอยร้าวของไข่ด้วยเทคนิคอัตโนมัติ

เทคนิค	ลักษณะที่วิเคราะห์	คราบ สกปรก	กล่อง สูญญากาศ	จำนวนไข่ (ฟอง)	ความถูกต้อง %
Mahmoud et al. (2013)	รอยร้าวของไข่	ไม่มี	ไม่ใช่	400	94.5
Priyadumkol, Kittichikarn, and Thainimit. (2017)	รอยร้าวของไข่	มี	ใช่	750	94
Yoon et al. (2012)	รอยร้าวของไข่	ไม่มี	ใช่	3,000	94.53

ที่มา: ดัดแปลงจาก Mahmoud et al. (2013), Yoon et al. (2012) และ Priyadumkol, Kittichikarn, and Thainimit (2017)

จากการศึกษาระบบอัตโนมัติในการตรวจหารอยร้าวของไข่โดยเทคนิคการตรวจหารอยร้าวของ Mahmoud et al. (2013), Yoon et al. (2012) และ Priyadumkol, Kittichikarn, and Thainimit (2017) มีค่าความถูกต้องในการตรวจหารอยร้าวคือ 94.5%, 94.53% และ 94% ซึ่งทั้งสามเทคนิคมีค่าความถูกต้องที่ใกล้เคียงกัน โดยใช้ไข่ที่ผ่านขั้นตอนการทำความสะอาดและไข่ที่มีคราบสกปรก มีการใช้กล่องสูญญากาศ และไม่ใช้กล่องสูญญากาศ วิธีการวิเคราะห์ภาพของ Priyadumkol, Kittichikarn, and Thainimit (2017) มีค่าความถูกต้องต่ำสุด เพราะใช้ไข่ที่มีคราบสกปรกในการตรวจสอบรอยร้าวอาจทำให้เกิดความผิดพลาดได้ วิธีการวิเคราะห์ภาพของ Yoon et al. (2012) มีค่าความถูกต้องสูงสุดและมีความน่าเชื่อถือมากที่สุด เพราะมีการใช้จำนวนไข่ตัวอย่างมากกว่าอีกสองวิธีการ ซึ่งทั้งสามวิธีการวิเคราะห์ภาพนี้เมื่อเปรียบเทียบกับตรวจสอบด้วยคนแล้วมีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่มากกว่า ทำงานได้นานกว่า และถ้านำมาใช้ควบคู่ไปกับแรงงานคนก็สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานที่ดีขึ้นได้

สรุป

จากการศึกษาการตรวจหาลักษณะข้อบกพร่องภายนอกของไข่ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ภาพมีการศึกษาเทคนิคการตรวจหาข้อบกพร่องของไข่ เช่น ขนาด รอยร้าว และรอยแตกหัก ของไข่ที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วและไข่ที่มีคราบสกปรกโดยนำเอาเทคโนโลยีสมัยใหม่มาช่วยในการตรวจหาข้อบกพร่องต่างๆ พบว่าการตรวจสอบข้อบกพร่องของไข่ด้วยวิธีการวิเคราะห์ภาพมีความแม่นยำมากกว่าการตรวจสอบโดยนักคัดเกรด แต่ถ้ามีการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ภาพและตรวจสอบซ้ำด้วยนักคัดเกรดไข่จะมีความแม่นยำดีที่สุดสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการช่วยแรงงานคนหรือนำมาทดแทนแรงงานคนได้

การนำเอาเทคโนโลยีมาใช้ในการช่วยตรวจสอบลักษณะของไข่ที่มีข้อบกพร่องเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการที่จะนำเอาเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาใช้ เพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิตและมีประสิทธิภาพการทำงานที่ดีขึ้น แต่ถึงอย่างไรการนำเทคโนโลยีมาใช้ควรคำนึงถึงความเหมาะสมในยุคของเศรษฐกิจเช่น ในบางประเทศอาจมีค่าจ้างแรงงานสูง ระบบอัตโนมัติมีราคาสูง หรือในบางประเทศขาดแรงงานคนและยังมีค่าจ้างแรงงานสูงก็มีแนวโน้มที่ดีที่จะนำระบบอัตโนมัติมาใช้ วิธีการวิเคราะห์ภาพมีการประดิษฐ์ ปรับปรุงและพัฒนากระบวนการวิเคราะห์ภาพให้มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับงานมากขึ้น ถึงแม้มีการพัฒนาระบบให้ดีขึ้นแต่ถ้าหากต้องการเพิ่มความแม่นยำในการตรวจสอบมากขึ้นควรใช้ควบคู่ไปกับแรงงานคน และหากมีการนำเข้าระบบเครื่องจักรจากต่างประเทศมาใช้ในเมืองไทยต้องมีการตั้งค่าข้อมูลการประมวลผลพื้นฐาน การติดตั้งให้เหมาะสมกับลักษณะไข่ไก่ของไทย เพื่อให้มีประสิทธิภาพการทำงานที่ดี

เอกสารอ้างอิง

- ประกาศ ราชานาย. 2560. “บทที่ 5 การฟักไข่”. การผลิตสัตว์ปีก. คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี (ม.แม่โจ้) ปรับปรุง 2560-2. 17 หน้า.
- พรศรี เหล่ารุจิสวัสดิ์. 2557. “อุตสาหกรรมไข่ไก่ไทยอยู่ตรงไหนใน AEC”. <https://is.gd/tbRE2p>. เข้าถึง 25 เมษายน 2561.
- ศิริพร ต้นจ่อ และคณะ. 2558. “คุณค่าทางโภชนาการของไข่ที่นิยมบริโภคและผลของการประกอบอาหาร”. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 23(4):651-666.
- สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. “เรื่องที่ ๗ เป็ดไก่”. <https://is.gd/i0yd58>. เข้าถึง 25 เมษายน 2561.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2553. “ไข่ไก่”. มาตรฐานสินค้า. 15 หน้า.
- Arivazhagan, S. and et al. 2013. “**External and Internal Defect Detection of Egg using Machine Vision**”. **Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences**. 4(3):257-262.
- Mahmoud, O. and et al. 2013. “**An expert egg grading system based on machine vision and artificial intelligence techniques**”. **Journal of Food Engineering**. 118:70-77.
- Priyadumkol, J., Kittichikarn, C. and Thainimit, S. 2017. “**Crack detection on unwashed eggs using image processing**”. **Journal of Food Engineering**. 209:76-82.
- Yoon, S. C. and et al. 2012. “**Improved modified pressure imaging and software for egg micro-crack detection and egg quality grading**”. **Applied engineering in agriculture 2012 American society of agriculture and biological engineers**. Vol. 28(2): 283-293