

การตรวจสอบความสดของไข่อัตโนมัติโดยการส่องด้วยแสง
อัลตราไวโอเลต
สาขาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทคัดย่อ

สัมนานฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตรวจสอบความสดของไข่แบบอัตโนมัติโดยการส่องด้วยแสง Near Infrared Spectroscopy (NIR) เพื่อศึกษาความแม่นยำในกระบวนการคัดเกรดความสดของไข่แบบไม่ทำลาย สามารถทำนายได้โดยการสังเกตสีของภาพ ภาพที่ดูคลิ่นแสงน้อยแสดงเป็นสีแดงและภาพที่ดูคลิ่นแสงมากแสดงเป็นสีน้ำเงิน ภาพแต่ละภาพแสดงถึงสีของความสดของไข่ ไข่สดสีแดงมากกว่าในขณะที่ไม่สดมีสีน้ำเงิน พบว่าวิธีการตรวจสอบความสดของไข่แบบอัตโนมัติโดยการส่องด้วยแสง NIR ร่วมกับการเปรียบเทียบหลายตัวแปรและงานนี้บ่งชี้ว่าเป็นไปได้ที่จะระบุความสดของไข่โดยใช้ NIR spectroscopy เมื่อเปรียบเทียบกับ Haugh Unit (HU) ที่ได้จากห้องปฏิบัติการ มีความแม่นยำถึง 97.55% ที่สำคัญในการวิเคราะห์หาความสดของไข่ โดยใช้ HU เป็นตัวกำหนดความสดของไข่ หน่วย HU เป็นดัชนีที่ใช้ทั่วไปสำหรับการตรวจสอบคุณภาพความสดของไข่ และสร้างแผนที่การกระจายตัว HU ถูกสร้างขึ้นจากแบบจำลองการเปรียบเทียบที่ได้มาโดยการตีความของ HU ที่คาดการณ์ไว้ให้เป็นสีต่าง ๆ โดยใช้อัลกอริทึมประมวลผลภาพ สีที่แสดงของรูปไข่แตกต่างกันไปตามความสดของไข่ จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีการวิเคราะห์ภาพเพื่อตรวจสอบความสดของไข่อัตโนมัติโดยการส่องด้วยแสงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมได้

คำสำคัญ: ไข่, แสง NIR, ความสดของไข่

บทนำ

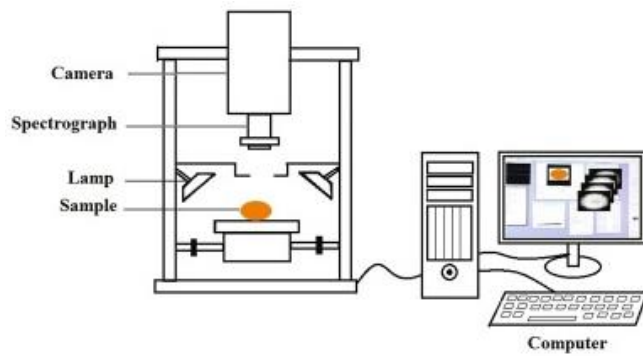
ปัจจุบันทั่วโลกให้ความสำคัญเกี่ยวกับการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารที่มีคุณภาพ ในอุตสาหกรรมไข่มีการรับรู้เรื่องคุณภาพของไข่ และคุณภาพภายในของไข่ ยังสามารถเปลี่ยนแปลงได้ในระหว่างการเก็บรวมถึงการสูญเสียและ CO_2 รวมถึงการแพร่ของของไหลระหว่างส่วนต่าง ๆ ของไข่ น้ำสูญเสียไปโดยการระเหยผ่านเปลือกและการสูญเสียน้ำร่วมกับการสูญเสีย CO_2 และการเพิ่มขึ้นของความชื้นเป็นกรดส่งผลให้ไข่ขาวเป็นของเหลว การแลกเปลี่ยนก๊าซผ่านเปลือกสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนไข่ขาว โอโอโมซินและไลโซไซม์ ซึ่งส่งผลต่อความหนาของชั้นไข่ขาวและภายนอกของไข่ ไม่ได้บ่งบอกถึงความสดใหม่ ดังนั้น ความสดใหม่ของไข่ยังเป็นปัจจัยสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไข่อีกด้วย การวิจัยล่าสุดแสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ที่จะประเมินความสดของไข่ด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี NIR ด้วยวิธีการทำนายของความสูงของไข่ขาว โดยวิธีการของฟูรีเยร์สแตรนสฟอร์ม (FT-NIR) สเปกโทรสโกปี ตรวจสอบการสะท้อนกลับของ NIR สำหรับการวัดเชิงคุณภาพของความสดของไข่ตามวันที่เก็บรักษา

การวิเคราะห์ภาพ NIR เป็นเทคนิคในการศึกษาความสดของไข่แบบโดยไม่ทำลาย การศึกษาล่าสุดแสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยี NIR แสดงศักยภาพที่ยอดเยี่ยมในการวิเคราะห์ความสดของไข่ การประเมินศักยภาพของ NIR สเปกโทรสโกปีเพื่อตรวจสอบคุณภาพภายในของไข่ เพื่อลดระยะเวลาในการตรวจสอบจากห้องปฏิบัติการ

ดังนั้นสัมมนาฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตรวจสอบความสดของไข่อัตโนมัติโดยการส่องด้วยแสง NIR

การวัดภาพ NIR Hyperspectral

NIR Hyperspectral imaging system (Specim, Spectral Imaging Ltd. , Finland) โหมด Reflectance ในช่วงความยาวคลื่น 900-1700 nm กับ 256 สเปกตรัม ที่ความละเอียด 6 nm และความยาวคลื่น 3.12 nm องค์ประกอบหลักของระบบภาพ Hyperspectral ประกอบด้วยกล้อง CCD สเปกโตรมิเตอร์ แหล่งกำเนิดแสงของหลอดฮาโลเจนทั้งสแตนด์ 300 W ขั้นตอนการแปลที่มีขนาด 100×100 มม และซอฟต์แวร์เก็บข้อมูล (Chema DAQ, Spectral Imaging Ltd., ฟินแลนด์) ที่ควบคุมความเร็วมอเตอร์ เวลาเปิดรับแสงและการรับภาพ หลอดฮาโลเจนตั้งอยู่ที่มุม 45° และแสงในขั้นตอนการแปลถูกย้ายไปที่การสแกน ระบบถ่ายภาพ Hyperspectral ถูกเปิดเพื่ออุ่น 30 นาทีก่อนที่จะทำการสแกนตัวอย่างระหว่างการวัด เวลาในการเปิดรับแสงของกล้อง CCD นั้นถูกปรับเป็น 1.5 มิลลิวินาที เพื่อให้ได้ภาพที่มีคุณภาพดี การอ้างอิงสีขาวและสีเข้มถูกบันทึกในการวัดแต่ละครั้ง หลังจากการสแกนภาพตัวอย่าง ถ่ายด้วยกล้อง CCD และแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล หลังจากนั้นภาพ Hyperspectral ถูกสร้างขึ้นโดยฟังก์ชันของ x, y และแลมบ์ดา (λ) มิติเชิงพื้นที่สองมิติ (x และ y) แสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ ซึ่งใช้สำหรับการสร้างแผนที่การกระจาย λ แสดงข้อมูลสเปกตรัมซึ่งใช้สำหรับการทำนายคุณสมบัติ คุณภาพ องค์ประกอบหลักของระบบภาพ Hyperspectral



ภาพที่ 1 แผนผังแสดงระบบภาพไฮเปอร์สเปกเทอรั

ที่มา : Suktanarak and Teerachaichayut (2017)

หลังจากการวัดภาพ hyperspectral Haugh Unit ของไข่แต่ละฟองที่วัดด้วยวิธีมาตรฐานโดยใช้สูตร (Haugh, 1937) ชั่งน้ำหนักไข่แต่ละฟองด้วยความสมดุลด้วยความละเอียด 0.01 กรัมแล้วคอกไข่ลงบนจานแก้วแบน และวัดความสูงของไข่ขาวที่ 3 จุรอบไข่แดงโดยใช้ไมโครมิเตอร์ที่ความละเอียด 0.1 มม.

สูตรคำนวณ $HU = 100 \times \log (h - 1.7w^{-0.37} + 7.6)$

โดยที่ : h คือความสูงเฉลี่ยของไข่ขาวในหน่วยมิลลิเมตร

W คือน้ำหนักของไข่เป็นกรัม

(Monira et al., 2003)

HU เป็นวิธีที่ใช้กันโดยทั่วไปในการจำแนกคุณภาพของไข่เพื่อคัดเกรดดังนี้

เกรด AA ค่า $HU > 72$

เกรด A ค่า $HU 60-72$

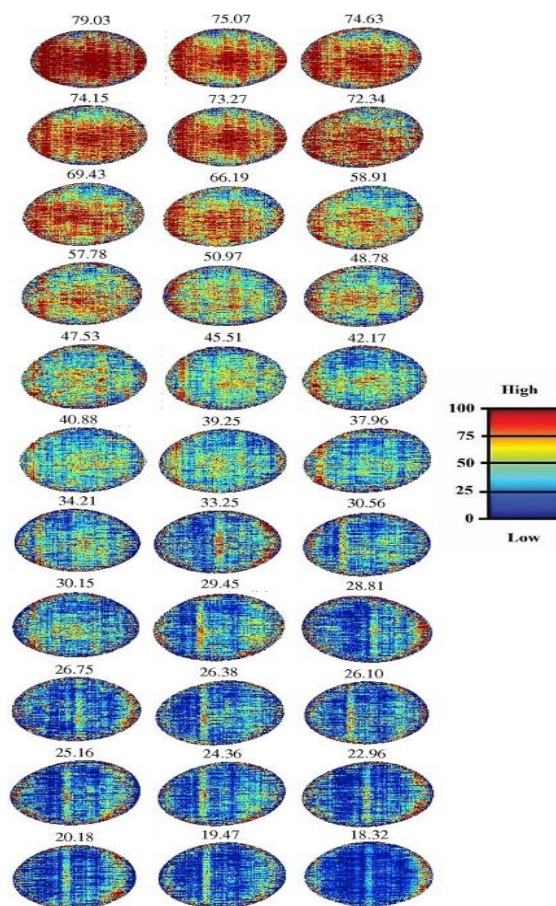
เกรด B ค่า $HU < 60$

United States Department of Agriculture, (2000) ระบุไว้ว่าไข่นั้นถือว่าสด เมื่อ HU มีค่าตั้งแต่ 60 ขึ้นไป และไม่สดเมื่อ HU ต่ำกว่า 60 (Zhao et al., 2010)

NIR การวัดภาพ Hyperspectral imaging system ที่มีการกระจายของค่า HU

แบบจำลองการปรับเทียบจากการปรับสภาพสเปกตรัมด้วย SNV ใช้สำหรับการกำหนดค่า HU ในทุกพิกเซลของภาพเพื่อการทำนาย การคาดการณ์ของ HU ในพิกเซลทั้งหมดของภาพตัวอย่างแต่ละชุด ในชุดการทำนายนั้นเป็นขั้นตอนสุดท้าย ภาพที่ได้มาโดยการทำนายของ HU ซึ่งเกี่ยวข้องกับสเกลสีเชิงเส้น

ที่พิกเซลทั้งหมดในแต่ละตัวอย่างถูกสร้างและเรียกว่าแผนที่การกระจาย แผนที่การกระจายอธิบายระดับสีเชิงเส้นซึ่งกำหนดความแตกต่างใน HU ค่าของ HU แต่ละอันเกี่ยวข้องกับสเกลสีเชิงเส้นดังนั้น HU ในแต่ละพิกเซลจึงถูกทำนายและถ่ายโอนไปยังสี ค่าสูงสุดสำหรับ HU ที่คาดการณ์ไว้จะถูกแสดงด้วยสีแดงและสีน้ำเงินที่ต่ำที่สุด สีอื่นของภาพทำนายผลในระดับสีเชิงเส้นเปลี่ยนไปตามระดับของ HU ที่คาดการณ์ไว้ แผนที่การกระจายแสดงสีแดงสีน้ำเงินและสีอื่น ๆ ซึ่งกระจายไปทั่วรูปภาพตาม HU ที่คาดการณ์ไว้ สีในแต่ละภาพแตกต่างกันและสัมพันธ์กับ HU ของแต่ละตัวอย่าง ผลที่ตามมาของแสงทะลุผ่านอัลบั้มรูปสเปกตรัมที่ได้มานั้นมีข้อมูลของอัลบั้มที่เกี่ยวข้องกับ HU ในแต่ละพิกเซล ภาพที่คาดการณ์ไว้แสดงสีผิดปกติในแต่ละส่วนของไข่ซึ่งบ่งบอกว่าคุณภาพของไข่ขาวในแต่ละส่วนของไข่นั้นไม่เหมือนกัน อย่างไรก็ตามสีโดยรวมของภาพจากระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกันระหว่างไข่สดและไข่สดจะแตกต่างกันอย่างชัดเจน ดังนั้นความสดของไข่สามารถทำนายได้โดยการสังเกตสีของภาพ ไข่สดมีสีแดงมากกว่าในขณะที่ไข่ที่ไม่สดมีสีน้ำเงินมากขึ้น



ภาพที่ 2 แผนที่การกระจายของตัวอย่างในการทำนายที่กำหนดไว้สำหรับ HU

ที่มา : Suktanarak and Teerachaichayut (2017)

เปรียบเทียบการวิเคราะห์ความสดของไข่อัตโนมัติโดยการส่องด้วยแสง

Suktanarak and Teerachaichayut (2017) Standard normal variate (SNV) ดีที่สุดจากการเทียบระหว่าง Multiplicative scatter correction (MSC) ปรับสภาพสเปกตรัมให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ค่าแสงความสัมพันธ์ระหว่าง $R^2 = 0.85$ และ $RMSECV = 5.79$ สำหรับการจัดรูปแบบการสอบเทียบ HU ดังนั้นรูปแบบการสอบเทียบการใช้ SNV ที่ใช้สำหรับการทำนาย ความถูกต้องของแบบจำลองสำหรับการสอบเทียบและการทำนายโดยค่าสัมประสิทธิ์ผันแปร หมายถึงข้อผิดพลาดของตารางและอัตราของการทำนายที่เบี่ยงเบนผลการทำนายที่ถูกพล็อตระหว่างค่าที่เกิดขึ้นจริงและค่าคาดการณ์ในชุดการสอบเทียบและชุดการทำนาย

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ผลลัพธ์ของแบบจำลอง PLSR สำหรับการทำนายของ HU ในชุดการสอบเทียบและชุดการทำนาย

โมเดล	การปรับสภาพสเปกตรัม	ชุดสอบเทียบ				ชุดทำนาย				
		N	F	R^2	RMSEC	N	F	R^2	RMSEP	RPD
HU	SNV	58	6	0.91	4.58	33	6	0.85	6.29	3.07

N = จำนวนตัวอย่าง

F = factor (จำนวนองค์ประกอบหลักจากการลดอยกกำลังสองน้อยที่สุด)

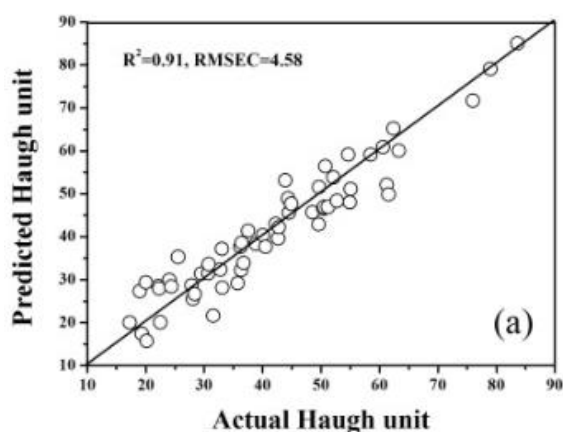
R^2 = สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ

RMSEC = root หมายถึงข้อผิดพลาดกำลังสองของการสอบเทียบ

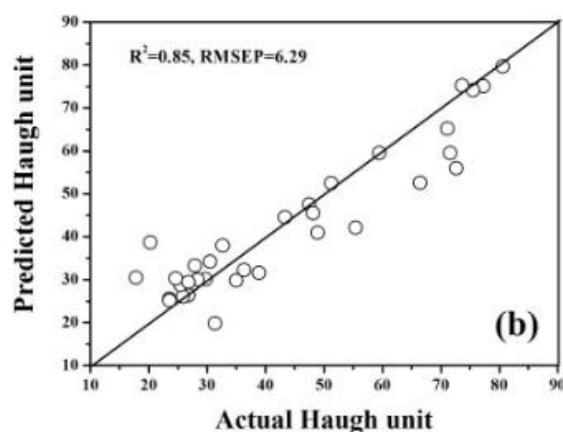
RMSEP = root หมายถึงข้อผิดพลาดกำลังสองของการทำนาย

RPD = อัตราส่วนของ SD ต่อ RMSEP (อัตราส่วนของการทำนายต่อส่วนเบี่ยงเบน)

ที่มา : Suksanarak and Teerachaichayut, (2017)



ภาพที่ 3 ชุดเปรียบเทียบ



ภาพที่ 4 ชุดทำนาย

ที่มา : Suksanarak and Teerachaichayut (2017)

เปรียบเทียบผลลัพธ์จาก PCA และ ICA

Lin et al. (2011) แสดงผลลัพธ์ของ Haugh Unit และการวัด NIR นั้นมีความสัมพันธ์สูงในแบบจำลอง GA-ANN และค่าสัมประสิทธิ์พหุนาม (R) ของแบบจำลองที่ดีที่สุดคือ 0.912 ในชุดการสอบเทียบ พล็อตกระจายของการอ้างอิงการวัดและ NIR ตามคำทำนายของรุ่น ICA-GA-ANN อยู่ในชุดการทำนายจะแสดงใน (ภาพที่5และภาพที่6) เมื่อประสิทธิภาพของแบบจำลอง GA – ANN ได้รับการประเมินโดยกลุ่มตัวอย่างในชุดการทำนายข้อผิดพลาดความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการทำนาย (RMSEP) คือ 2.443 และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (R) เท่ากับ 0.879 ในชุดการทำนาย

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากโมเดลการสอบเทียบ PCA – GA – ANN และ ICA – GA – ANN

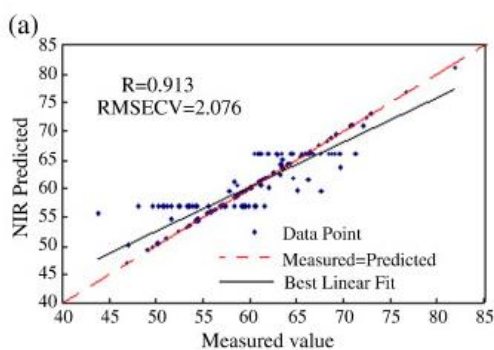
โมเดล	Eigenvectors	ชุดสอบเทียบ		ชุดทำนาย	
		R	RMSEC	R	RMSEP
PCA–NNR	8	0.891	2.287	0.867	2.751
ICA–NNR	7	0.912	2.076	0.879	2.443

R = สัมประสิทธิ์การถดถอย

RMSEC = root หมายถึงข้อผิดพลาดกำลังสองของการสอบเทียบ

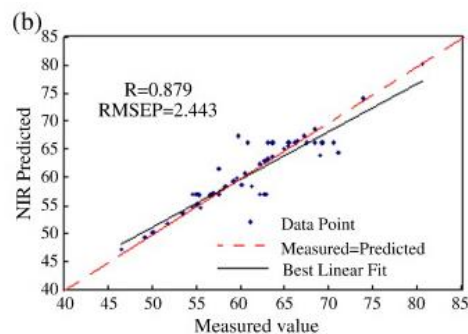
RMSEP = root หมายถึงข้อผิดพลาดกำลังสองของการทำนาย

ที่มา : (Lin et al,2011)



ภาพที่ 5 ชุดเปรียบเทียบ

ที่มา : Lin et al. (2011)



ภาพที่ 6 ชุดทำนาย

การเปรียบเทียบรูปแบบการเลือกปฏิบัติ

Zhao et al. (2010) เสนออัลกอริทึม การจดจำรูปแบบดั้งเดิมสี่แบบ ยังจำแนกไข่ที่สดและไม่สด ด้วยขั้นตอนวิธีการเหล่านี้ Partial least square discrimination analysis (PLS-DA) K-nearest neighbors (KNN) Artificial neural network (ANN) Support vector machine (SVM) และ Support vector data description (SVDD) พารามิเตอร์ของรุ่นเหล่านี้ได้รับการปรับให้เหมาะสมเช่นกัน ตารางที่ 3 แสดงผลลัพธ์ที่ดีที่สุดจากโมเดลการเลือกปฏิบัติห้าแบบในชุดการทำนาย สามารถสังเกตได้จาก ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพของรุ่น

SVDD นั้นดีที่สุดเมื่อเทียบกับรุ่นอื่น ๆ อัตราการระบุไข่สดทั้งหมด 93.3% ผลความแม่นยำ การจำแนกของ SVDD นั้นดีกว่า PLS-DA 33.3% KNN 53.3% และ ANN 53.3% ในรูปแบบ SVM ดังนั้นอัตราการจำแนกของไข่สดและไข่ที่ไม่สด คือ 100% และ 0% ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบจากโมเดลการเลือกปฏิบัติห้าแบบในชุดการทำนาย

โมเดล	พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด	ความแม่นยำของการจัดหมวดหมู่					
		ไข่สด		ไข่ที่ไม่สด		ทั้งหมด	
		อัตราส่วน	%	อัตราส่วน	%	อัตราส่วน	%
PLS-DA		14/15	93.3	5-15	33.3	19/30	63.3
KNN	$K = 5^a$	14/15	93.3	8-15	53.3	22/30	73.3
ANN	$N = 5^b$	14/15	93.3	8-15	53.3	22/30	73.3
SVM	$C = 88.1^c, \sigma = 1.7^d$	15/15	100	15/15	0	15/30	50
SVDD	$C = 0.55, \sigma = 3$	14/15	93.3	14/15	93.3	28/30	93.3

^a K: พารามิเตอร์ K ของรุ่น KNN

^b N: จำนวนเซลล์ประสาทในเลเยอร์ที่ซ่อนอยู่ใน ANN

^c C: พารามิเตอร์การทำให้เป็นมาตรฐานของ SVM หรือ SVDD

^d σ : พารามิเตอร์ width ของฟังก์ชันเคอร์เนล

ที่มา : Zhao et al. (2010).

Suktanarak and Teerachaichayut (2017) Standard normal variate transformation (SNV) ปรับสภาพสเปกตรัมให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดมีความแม่นยำอยู่ที่ร้อยละ 93.71 สำหรับการจัดรูปแบบการสอบเทียบ HU Lin et al. (2011) ICA-NNR มีความแม่นยำอยู่ที่ร้อยละ 97.557 ในชุดการทำนายสำหรับการจัดรูปแบบการสอบเทียบ HU Zhao et al. (2010) SVDD ในการการระบุไข่สดทั้งหมด มีความแม่นยำอยู่ที่ร้อยละ 93.3 ดังนั้นในรูปแบบ SVM ประสิทธิภาพของรุ่น SVDD นั้นดีที่สุด

โมเดล		ชุดสอบเทียบ				ชุดทำนาย					
		N	F	R^2	RMSEC	N	F	R^2	RMSEP	RPD	%
HU	การปรับสภาพสเปกตรัมของ SNV	58	6	0.91	4.58	33	6	0.85	6.29	3.07	93.71
ICA	NNR eigenvectors = 7	-	-	0.912	2.076	-	-	0.87	2.443	-	97.557
SVDD	ค่าพารามิเตอร์ของ $C=0.55, \sigma = 3$	-	-	-	-	-	-	-	6.7	-	93.3

ที่มา : ดัดแปลงมาจาก Suksanarak and Teerachaichayut,(2017), Lin et al. (2011), Zhao et al. (2010)

จากการศึกษา ทั้ง 3 งานวิจัยพบว่า Suktanarak and Teerachaichayut, (2017) ใช้อัลกอริทึม Multiplicative scatter correction pretreatment MSC และ Standard normal variate transformation. SNV ปรับสภาพสเปกตรัมให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดคือ SNV มีความแม่นยำอยู่ที่ร้อยละ 93.71 ของแบบจำลองสำหรับการสอบเทียบและการทำนาย HU ในการศึกษา Lin et al. (2011) พบว่าอัลกอริทึม PCA – GA – ANN และ ICA – GA – ANN เป็นแบบจำลองที่ดีที่สุดคือ ICA มีความแม่นยำอยู่ที่ร้อยละ 97.557 ของแบบจำลองสำหรับการสอบเทียบและการทำนาย HU และในการศึกษา Zhao et al. (2010) พบว่าอัลกอริทึม PLS-DA KNN ANN และ SVDD ประสิทธิภาพของรุ่น SVDD ในการการระบุไข่สดทั้งหมด มีความแม่นยำอยู่ที่ร้อยละ 93.3 ดังนั้นในรูปแบบ SVM ประสิทธิภาพของรุ่น SVDD นั้นดีที่สุด พบว่าจากทั้ง 3 งานวิจัยมีความแม่นยำอยู่ในระดับที่สูงแต่มี 1 งานวิจัยที่ให้ผลดีกว่าอีก 2 งานวิจัยคืองานวิจัยของ Lin et al. (2011) ซึ่งใช้อัลกอริทึมรุ่น ICA-NNR มีความแม่นยำอยู่ที่ร้อยละ 97.557

สรุป

จากการศึกษาการตรวจสอบความสดของไข่โดยการนำเอาแสง NIR การวัดภาพ Hyperspectral imaging system มาช่วยในการตรวจสอบหาความสดของไข่ พบว่าการตรวจสอบความสดของไข่ด้วยวิธีการวิเคราะห์ภาพ ร่วมกับการเปรียบเทียบหลายตัวแปรมีประสิทธิภาพที่มีความแม่นยำถึง 97.557 เป็นวิธีที่มีศักยภาพสำหรับการตรวจวัดความสดของไข่ จึงเป็นวิธีอัตโนมัติในอุตสาหกรรมไข่ที่นำเข้ามาตรวจสอบหาความสดของไข่

การนำเอาเทคโนโลยีมาใช้ในการช่วยตรวจสอบความสดของไข่เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการที่จะนำเอาเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบความสดของไข่แบบไม่ทำลายการนำระบบนี้มาใช้ต้องมีเงินลงทุนค่อนข้างสูง เป็นการลงทุนในระยะยาว เหมาะสำหรับอุตสาหกรรมขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ถึงอย่างไรก็ตามการนำเทคโนโลยีมาใช้ควรคำนึงถึงความเหมาะสมของเศรษฐกิจในประเทศนั้นๆ เช่น ในบางประเทศอาจมีค่าจ้างแรงงานที่สูง แต่ระบบอัตโนมัติที่มีราคาถูก หรือในบางประเทศที่ขาดแรงงานคนและยังมีค่าจ้างแรงงานที่สูงก็มีแนวโน้มที่ดีที่จะนำระบบอัตโนมัติมาใช้

เอกสารอ้างอิง

- Haugh, 1937 R.R. Haugh. “A new method for determining the quality of an egg” **U. S. Egg Poult.**, 39 27-49
- Lin, H. and et al. 2011. “Freshness measurement of eggs using near infrared (NIR) spectroscopy and multivariate data analysis”. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. 12 82–186.
- Monira and et al., 2003 K.N. Monira, M. Salahuddin, G. Miah “Effect of breed and holding period on egg quality characteristics of chicken Int” **J. Poult. Sci.**, 2 261-263

Suktanarak S. and Teerachaichayut S. 2017. "Non-destructive quality assessment of hens' eggs using hyperspectral images" **Journal of Food Engineering**. 251 97-103.

United States Department of Agriculture, 2000 United States Department of Agricultural "Agricultural Marketing Service. USDA Egg-grading Manual Agricultural" Handbook, Washington (2000) No. 75

Zhao, J. and et al. 2010. "Identification of egg's freshness using NIR and support vector data description" **Journal of Food Engineering**. 98 408–414.

Zhao and et al., 2010 J. Zhao, H. Lin, Q. Chen, X. Huang, Z. Sun, F. "ZhouIdentification of egg's freshness using NIR and support vector data description" **J. Food Eng.**, 98 408-414