

การทำนายความสดของไข่ด้วยเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี
(Prediction of Egg Freshness Using Near Infrared Spectroscopy)

วิภาสิริ นาระนะ

Vipasiri Namrana

ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทคัดย่อ

สัมนานฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการทำนายความสดของไข่ด้วย Near Infrared Spectroscopy (VIS – NIR) ได้ทำการรวบรวมและศึกษาจากเอกสารวิชาการจำนวน 3 ฉบับ ตั้งแต่ปี ค.ศ 2019 – 2020 โดยการวัดค่าสเปกตรัมรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านใกล้แดงด้วยเครื่อง (VIS – NIR) แล้วเปรียบเทียบผลความแม่นยำของสมการทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ทำนายผล จากการการทำนายหาความสดของไข่ด้วย (VIS – NIR) ผ่านแบบจำลอง CFI PLSH, PLSH และ NB พบว่าทั้งใน CFI PLSH, PLSH และ NB มีความแม่นยำสูง ดังนั้นการวัดความสดของไข่ด้วย (VIS – NIR) จึงสามารถ นำมาตรวจสอบความสดของไข่โดยไม่ทำลายคุณภาพของไข่ทั้งภายในและภายนอก อย่างไรก็ตาม ต้องคำนึงถึงปัจจัยด้านการลงทุน เนื่องจาก เครื่อง (VIS – NIR) มีราคาสูง และผู้ใช้งานต้องมีทักษะและความชำนาญโดยเฉพาะ

คำสำคัญ : เครื่อง Spectroscopy (VIS – NIR), ไข่, ความสดไข่

บทนำ

ในปีพ.ศ. 2562-2563 ประเทศไทยมีการผลิตไข่เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.01 จากการระบาดของโรคโควิด-19 ในเดือนมีนาคมผู้บริโภคมักมีความต้องการบริโภคไข่ไก่สูงขึ้นทำให้ไข่ไก่มีราคาสูงและขาดแคลน (กลุ่มวิจัย เศรษฐกิจการปศุสัตว์., 2563) ไข่อุดมไปด้วยโปรตีน ไขมัน กรดอะมิโนที่จำเป็นและสารอื่นๆ เป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสำหรับผู้บริโภคและถือว่าเป็นวัตถุดิบอาหารสดที่เหมาะสมแก่การนำไปประกอบอาหารเพื่อ ประทาน โดยประชาชนในทุกระดับสามารถซื้อได้ทั้งชาวเมืองและในชนบท คุณภาพของไข่มีผลกระทบโดยตรง ต่อผลกำไรของผู้ผลิต รวมไปถึงสุขภาพกายและใจของผู้บริโภค (Shen et al., 2019) ไข่ถือว่าเป็นวัตถุดิบ อาหารสดที่สามารถเน่าเสียและสูญเสียคุณภาพภายในได้ง่ายเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีในไข่ รวมไปถึงอุณหภูมิ และความชื้นในการเก็บรักษา ซึ่งการทำนายหาความสดของไข่จึงเป็นส่วนสำคัญนอกจากจะ ช่วยตรวจสอบหาความสดแล้วนั้นยังช่วยในการรับรู้ถึงระยะเวลาที่ควรเก็บรักษาไข่ไว้เพื่อบริโภคและจำหน่าย การตรวจวัดเพื่อหาความสดของไข่นั้นก็มีหลายวิธี ซึ่งการตรวจในห้องปฏิบัติการจะใช้เวลาหลายวันซึ่งทำให้ สิ้นเปลืองเวลา แต่การตรวจโดย Near Infrared Spectroscopy (VIS - NIR) ถือว่าเป็นอีกเทคนิคหนึ่งที่ไม่ ทำลายไข่ คุณภาพของไข่ทั้งภายในและภายนอก สามารถตรวจสอบความสดของไข่ได้อย่างรวดเร็ว ด้วยระบบ คัดเกรดและแอปพลิเคชันออนไลน์ ซึ่งวิธีนี้ถือว่าไม่ส่งผลกระทบต่อผู้บริโภคไข่อีกด้วย

ดังนั้นการทำนายหาความสดของไข่โดยใช้ (VIS - NIR) จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมแก่การนำมาตรวจสอบหาความ สดของไข่ แต่อย่างไรก็ตามการแสดงผลการวัดความสดของไข่ก็มีการอ่านผลออกมาหลายวิธีซึ่งในแต่ละวิธีนั้น ก็จะมีคามแม่นยำที่แตกต่างกัน สัมมนาฉบับนี้จึงวิเคราะห์หาปัญหาและข้อสรุปของการทำนายความสดของ ไข่ด้วยวิธี (VIS - NIR)

VIS – NIR Spectroscopy

การวัดด้วย (VIS – NIR) สำหรับไข่แต่ละฟองจะได้รับสเปกตรัมในบริเวณเส้นศูนย์กลางไข่ โดยระบบ กำเนิดแสงที่สร้างขึ้นเอง เพื่อลดผลกระทบของแสงภายนอกจึงมีการใช้กล่องมืดดังแสดงใน Fig 1. ซึ่งเชื่อมต่อ กับคอมพิวเตอร์และหลอดไฟ Halogen 100 W หนึ่งหลอดใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสง วางเหนือตำแหน่งตัวอย่าง ไข่ โดยมีการเปิดเครื่องล่วงหน้า 30 นาที เพื่อให้ค่าแสงคงที่ และเพื่อป้องกันไม่ให้ไข่ร้อนจนเกินไป จึงใช้พัดลม ระบายความร้อนของหลอดไฟ มีหัววัดไฟเบอร์วางไว้อยู่ใต้ไข่ โดยมีใยแก้วแสงที่เป็นตัวนำ ส่งไปยัง เครื่อง สเปกโตรมิเตอร์รุ่น USB2000+(Ocean Optics Inc. , Dunedin, FI, USA) มีช่วงแสงของสเปกโตรมิเตอร์อยู่ ระหว่าง 340 – 1,030 นาโนเมตร ความละเอียด 0.3 นาโนเมตร เพื่อทำการ รวมลักษณะที่เปลี่ยนแปลงของแหล่งกำเนิดแสง และสเปกโตรมิเตอร์ มีการเคลือบด้วย Teflon เพื่อมีการปรับ สเปกโตรมิเตอร์ก่อนการวัดแต่ละครั้ง เนื่องจากแสงกระจัดกระจาย และไม่ถูกดูดซับในโมเลกุลเมื่อผ่าน Teflon สเปกตรัมการส่งผ่าน Teflon เกือบจะมีการเบี่ยงเบน ในช่วง VIS – NIR จึงทำให้ Teflon เหมาะ สำหรับวัดดังกล่าว ความหนาของ Teflon 8 มิลลิเมตร โดยสเปกตรัมของไข่ได้มาจากการวัดซ้ำสามครั้ง และ เวลาในการวัดรวมสำหรับในการวัดแต่ละครั้งถูกตั้งเป็น 23 มิลลิวินาที (Dong et al., 2019)

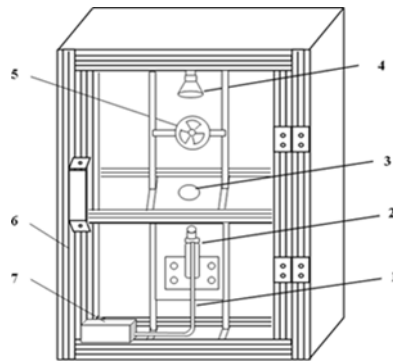


Fig. 1 Experimental layout of the dark box for the measurements of transmission spectra.

1. Optical fiber; 2. Fiber probe; 3. Egg sample; 4. Lighting source; 5. Cooling fan; 6. Dark box; 7. Spectrometer.

Source : Dong et al. (2019)

โดยมีหลักการทำงานของเครื่องคือ ใช้วัดค่าการดูดกลืนแสง ของสารละลาย เคมี วัตถุได้ทั้งของแข็ง และของเหลว รวมไปถึงวัสดุที่มีความทึบหรือ โปร่งแสง เช่น น้ำเสีย, ปริมาณสารพิษตกค้าง , DNA, Protein, Enzyme, ยา, สารเสพติด ในช่วงความยาวคลื่น (VIS – NIR) วัดและบันทึกค่าได้แบบ Real-time On-line เพื่อวัดค่าและเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาบันทึกข้อมูลการวัดเข้าสู่ MS-Excel ให้โดยอัตโนมัติ สามารถแสดงผลสเปกตรัม เป็นแผนภูมิ 3D เพื่อวิเคราะห์หาการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยา ซึ่งในส่วนของการ วัดหาความสดของไข่ นั้นจะมีเทคนิคและวิธีการที่ใช้อุปกรณ์ทางเคมีเข้ามาช่วยโดยมีพารามิเตอร์ที่บ่งชี้ ดัชนีความสดของไข่ คือ Haugh unit , Albumen pH , Yolk index , Egg shape index , Air cell diameter และ Eggshell thickness ซึ่งพารามิเตอร์ที่นิยมนำมาบ่งชี้ความสด ได้แก่ (HU) และ Albumen pH

Haugh unit (HU) คือ การนำไข่แต่ละฟองถูกวัดโดยวิธีมาตรฐานโดยที่ไข่แต่ละฟองจะชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง อิเล็กทรอนิกส์ที่มีความละเอียด (FA2004B, Shanghai Yoke Instrument Co., China) ด้วยความละเอียด 0.0001 กรัม ตักไข่ลงบนแผ่นกระจกแบนและวัดความสูงของไข่แดงที่สามจุนรอบไข่แดง ด้วยไมโครมิเตอร์ ความสูงที่มีความละเอียด 0.02 มิลลิเมตร จากการวัดเหล่านี้ Haugh สูตรดังนี้

$$\text{สูตรคำนวณ Haugh unit} = 100 \times \log_{10} (h - 1.7 \times G^{0.37} + 7.6)$$

Albumen pH เป็นตัวบ่งชี้ความสดใหม่หลังจากการได้รับสเปกตรัมส่องผ่าน ในการทดสอบ albumen pH นั้นจะแยกไข่ขาวออกจากไข่แดง แล้วเทไข่ขาวลงในปิเออร์ และผสมด้วยแท่งแก้ว albumen pH ได้รับการทดสอบโดย เครื่องวัดค่า pH (FE28, METTIER TOIEDO, Switzerland) หลังจากการเปรียบเทียบ อิเล็กโทรด โดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์ที่ pH 4.01 , 7.00 และ 9.21% ในการวัด albumen pH

Yolk index คือสัณฐานวิทยาของไข่แดงรวมถึงความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางของไข่แดง ฟังก์ชันดัชนีไข่แดง

คือ ดัชนีความสูงของไข่แดง (mm) / เส้นผ่านศูนย์กลางของไข่แดง (mm) วัดความสูงด้วยคาลิปเปอร์เวอร์เนีย (ZB189411, Huisheng Instrument Co., China) วัดความกว้างไข่แดงโดยคาลิปเปอร์ดิจิตอล (MNT – 150E, MNT Instrument Co., China)

Egg shape index การวัดดัชนีรูปร่างไข่ ฟังก์ชันดัชนีรูปร่างไข่ คือ ดัชนีรูปร่างไข่ = เส้นผ่านศูนย์กลางแนวตั้ง (mm)/เส้นผ่านศูนย์กลางแนวนอน (mm) วัดโดยคาลิปเปอร์ดิจิตอล (MNT – 150E, MNT Instrument Co., China)

Air cell diameter วัดโดยคาลิปเปอร์ดิจิตอล (MNT – 150E, MNT Instrument Co., China)

Eggshell thickness วัดความหนาเปลือกไข่โดย ไมโครมิเตอร์ (261/201, Sanliang Instrument Co., China) วัดออกมาเป็น มิลลิเมตร การวัดเปลือกไข่ได้จาก เส้นผ่านศูนย์กลางของเปลือกไข่ และ ปลายทั้งสองข้างของเปลือกไข่ มาหาค่าเฉลี่ย เท่ากับความหนาของเปลือกไข่

เปรียบเทียบ ผลการทำนายของ six single indices และ CFI

พารามิเตอร์บ่งชี้สดของไข่ 6 รายการคือ Egg shape index, Yolk index, Haugh unit, Albumen pH, Air cell diameter และ Eggshell thickness และ CFI โมเดล PLSR โดยที่มีชุดสอบเทียบและชุดทำนาย ผ่านการประมวลผลล่วงหน้า Multiplicative scatter correction (MSC) และ Standard normal variate (SNV) ที่บ่งชี้ความสดที่ดีที่สุด

ซึ่ง correlation coefficient in the prediction set (Rp) และ root mean square error in the prediction set (RMSEP) การประมวลผลล่วงหน้า MSC มีผลดีที่สุดในตัวบ่งชี้ดัชนีความสด Albumen pH มีค่า Rp เท่ากับ 0.852 และ RMSEP เท่ากับ 0.120 การประมวลผลล่วงหน้า SNV มีผลดีที่สุดในตัวบ่งชี้ดัชนีความสด Yolk index, Haugh unit และ Air cell diameter ซึ่ง Yolk index มีค่า Rp เท่ากับ 0.841 RMSEP เท่ากับ 0.037, Haugh unit มีค่า Rp เท่ากับ 0.836 RMSEP เท่ากับ 8.932 และ Air cell diameter มีค่า Rp เท่ากับ 0.845 RMSEP เท่ากับ 3.066

ส่วนตัวบ่งชี้ความสด Egg shape index และ Eggshell thickness ไม่ได้ค่าผลลัพธ์ที่ต้องการ ตัวบ่งชี้ความสดที่ครอบคลุม CFI โมเดล PLSR ในการประมวลผลล่วงหน้า SNV ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในชุดทำนายที่ดีที่สุด Rp เท่ากับ 0.891 และข้อผิดพลาดกำลังสองของค่าเฉลี่ยรากในชุดทำนายที่ดีที่สุด RMSEP เท่ากับ 1.000 โดยผลจากการสร้างแบบจำลอง CFI มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในชุดทำนาย Rp และข้อผิดพลาดกำลังสองของค่าเฉลี่ยรากในชุดทำนาย RMSEP ดีกว่าตัวบ่งชี้ดัชนีความสดของไข่ 6 รายการสามารถบ่งชี้ความสดของไข่ได้อย่างรวดเร็วและง่ายกว่า (Dong et al., 2020)

Table 1 Prediction results of six single indices and comprehensive index.

Index		Raw spectra	SG	MSC	SNV	1st Der	2nd Der
Egg shape index	PC	7	7	6	5	5	8
	Rc	0.330	0.326	0.631	0.415	0.435	0.235
	RMSEC	0.080	0.080	0.038	0.045	0.086	0.111
	Rp	0.352	0.347	0.403	0.305	0.435	0.317
	RMSEP	0.089	0.090	0.070	0.062	0.145	0.253
Yolk index	PC	6	6	10	10	5	6
	Rc	0.826	0.826	0.942	0.941	0.845	0.790
	RMSEC	0.038	0.039	0.023	0.024	0.036	0.043
	Rp	0.780	0.781	0.837	0.841	0.751	0.601
	RMSEP	0.044	0.043	0.036	0.037	0.048	0.067
Haugh unit	PC	6	6	7	6	5	6
	Rc	0.869	0.866	0.863	0.838	0.882	0.816
	RMSEC	7.840	7.902	8.001	8.630	7.386	9.350
	Rp	0.810	0.807	0.828	0.836	0.789	0.678
	RMSEP	9.400	9.466	9.021	8.932	10.395	12.513
Albumen pH	PC	10	7	6	5	9	9
	Rc	0.505	0.381	0.898	0.867	0.619	0.366
	RMSEC	0.366	0.491	0.117	0.129	0.345	0.618
	Rp	0.482	0.361	0.852	0.821	0.502	0.301
	RMSEP	0.860	0.824	0.120	0.160	1.202	1.967
Air cell diameter	PC	6	7	6	6	5	4
	Rc	0.800	0.837	0.862	0.864	0.844	0.682
	RMSEC	3.329	3.024	2.772	2.756	3.206	4.543
	Rp	0.798	0.782	0.843	0.845	0.721	0.673
	RMSEP	3.441	3.677	3.085	3.066	3.867	6.306
Eggshell thickness	PC	6	3	5	5	4	6
	Rc	0.312	0.374	0.567	0.565	0.040	0.315
	RMSEC	0.029	0.057	0.022	0.022	0.039	0.037
	Rp	0.281	0.254	0.482	0.538	0.400	0.262
	RMSEP	0.048	0.068	0.021	0.021	0.051	0.079
CFI	PC	7	7	7	7	5	4
	Rc	0.886	0.884	0.908	0.908	0.869	0.772
	RMSEC	0.983	0.991	0.885	0.887	1.089	1.380
	Rp	0.846	0.845	0.888	0.891	0.789	0.751
	RMSEP	1.182	1.185	1.017	1.000	1.271	1.402

SG: Savitzky-Golay; MSC: multiplicative scatter correction; SNV: standard normal variate; 1st Der: the first derivative pretreatment; 2nd Der: the second derivative pretreatment; PC: number of principal components; Rc: correlation coefficient in the calibration set; RMSEC: root mean square error in the calibration set; Rp: correlation coefficient in the prediction set; RMSEP: root mean square error in the prediction set; CFI: comprehensive freshness indicator.

Source : Dong et al. (2020)

เปรียบเทียบผลลัพธ์แบบจำลอง PLSR ของ albumen pH ใน white leghorns และ bantam

จากการศึกษาการใช้งาน (VIS - NIR) ใน white leghorns และ bantam ค่า Multiplicative scatter correction (MSC) และ Standard normal variate (SNV) โมเดล PLSR ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ซึ่งในชุดการสอบเทียบและชุดทำนายของการผลล่งหน้า MSC ดีที่สุดในทั้งในไข่ไก่ไข่ละไข่ไก่แจ้ ซึ่งในไข่ไก่ไข่ มีค่า Rp 0.907 ค่า RMSEP 0.123 และไข่ไก่แจ้ ผลลัพธ์ค่า Rp และ RMSEP เท่ากับ 0.947 และ 0.115 ผลแสดงให้เห็นว่าระหว่างไข่ไก่ไข่ และ ไข่ไก่แจ้ สามารถตรวจสอบความสดของไข่ได้โดยวิธีเดียวกัน albumen pH ในแบบ จำลอง PLSR แต่ในไข่ไก่แจ้มีความแม่นยำที่ระดับสูงกว่า อาจเป็นเพราะสีของเปลือกไข่ที่ทำให้ไข่ไก่แจ้มีผลดีกว่า ไข่ไก่ไข่ อย่างไรก็ตามต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม (Dong et al., 2019)

Table 2 PLSR model results of albumen pH for White Leghorns eggs and Bantam eggs.

Preprocessing methods	Variety	PLSR factor	R _c	RMSEC	R _p	RMSEP
Raw	white leghorns	12	0.691	0.207	0.655	0.833
	bantam	11	0.520	0.377	0.427	0.757
SG	white leghorns	9	0.443	0.301	0.447	1.000
	bantam	11	0.485	0.399	0.407	0.769
MSC	white leghorns	8	0.918	0.070	0.907	0.123
	bantam	8	0.955	0.075	0.947	0.115
SNV	white leghorns	7	0.905	0.075	0.902	0.125
	bantam	8	0.927	0.110	0.925	0.160
1st Der+SG	white leghorns	6	0.493	0.422	0.370	1.274
	bantam	3	0.370	1.135	0.304	1.520
2ad Der+SG	white leghorns	7	0.413	0.736	0.439	2.087
	bantam	7	0.285	0.892	0.266	1.799

PLSR, partial least squares regression; SG, Savitzky-Golay; MSC, multiplicative scatter correction; SNV, standard normal variate; 1st Der-SG, the first derivative combined with Savitzky-Golay; 2nd Der-SG, the second derivative combined with Savitzky-Golay; rc, correlation coefficient in the calibration set; RMSEC, root mean square error in the calibration set; rp, correlation coefficient in the prediction set; RMSEP, root mean square error in the prediction set.

Source : ดัดแปลงมาจาก Dong et al. (2019)

เปรียบเทียบผลลัพธ์แบบจำลอง NB ที่สร้างขึ้นหลังจากการประมวลผลล่วงหน้าถูกใช้เพื่อทำนายผลลัพธ์

แบบจำลองการทำนายเชิงคุณภาพของ NB ที่สร้างขึ้นจากสเปกตรัมดั้งเดิม หรือดิบ (RAW) ในการทำนายความสดของไข่ ทำนายว่าสด 4 ฟอง และไข่ค้าง 12 ฟอง ซึ่งดูที่ค่า Q, SE, SP, PPV, NPV และ AUC มีค่าเท่ากับ 63.64%, 33.33%, 84.62%, 60.00%, 64.71% และ 0.71% ตามลำดับจะเห็นได้ว่าผลของการทำนายไม่สูงดังนั้นข้อมูลสเปกตรัมดิบ (RAW) การปรับให้สเปกตรัมมีความเรียบราบรื่น (SG) ยังไม่ได้มีการปรับปรุงจะเห็นได้ว่ามีค่าเท่ากับ สเปกตรัมดั้งเดิม (RAW) ผลหลังจากมีการปรับโดยการประมวลผลล่วงหน้า MSC และ SNV พบว่ามีความแม่นยำ (Q) เพิ่มขึ้นจาก 63.64% เป็น 70.45% โดยมีความแม่นยำเดียวกัน โมเดลการทำนายการปรับสภาพจาก MSC คาดการณ์ว่าสด 11 ฟอง ไข่ค้าง 2 ฟอง รูปแบบการทำนายจากการปรับสภาพของ SNV คาดการณ์ว่า ไข่สด 8 ฟอง ไข่ค้าง 5 ฟอง ดังนั้นประสิทธิภาพของรูปแบบการทำนายโดย SNV นั้นดีกว่า MSC จากมุมมองการใช้งานจริง มีค่า SE, SP, PPV, NPV และ AUC จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพโดยรวมที่ดีขึ้น อย่างเห็นได้ชัด แต่หลังจากการปรับ Der1 การทำนายเชิงคุณภาพ NB ที่ถูกสร้างขึ้น มีค่าสูงขึ้น เป็น Q 75.00%, SE 77.78%, SP 73.08%, PPV 66.67% , NPV 82.61 และ AUC เท่ากับ 0.93% ซึ่งถือว่าเป็นโมเดลที่ดี แต่เพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของโมเดล Der1 , SG และSNV การประมวลผลล่วงหน้าเข้ารวมกัน ผลคือ Der1 + SNV มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด โดย ความแม่นยำ (Q) ได้รับการปรับปรุงมากที่สุด เป็น 84.09% และ AUC เท่ากับ 0.93% ซึ่งยังมีค่า AUC ใกล้ 1.00% ยิ่งถือว่าเป็นประสิทธิภาพมาก แบบจำลองนี้สามารถวิเคราะห์แยกแยะหาความสดไข่เชิงปฏิบัติการได้ (Shen et al., 2019)

Table 3 The NB model established after pre-processing was used to predict the results.

Pre-processing	Q	SE	SP	PPV	NPV	AUC
RAW	63.64	33.33	84.62	60.00	64.71	0.71
SG	63.64	33.33	84.62	60.00	64.71	0.71
MSC	70.45	88.89	57.69	59.26	88.24	0.89
SNV	70.45	72.22	69.23	61.90	78.26	0.86
Der1	75.00	77.78	73.08	66.67	82.61	0.93
Der1+SG	75.00	77.78	73.08	66.67	82.61	0.93
Der1+SNV	84.09	83.33	84.62	78.95	88.00	0.93

the overall prediction accuracy (Q), sensitivity (SE), specificity (SP), positive predictive value (PPV), negative predictive value (NPV), Area Under ROC Curve (AUC)

Source : Shen et al. (2019)

โมเดล	ตัวบ่งชี้ความสด	ประมวลผล	ไข่	Rp	RMSEP	Q (%)	AUC (%)
CFI PLSH	CFI	SNV	ไข่ไข่	0.891	1.000	-	-
PLSH	Albumen pH	MSC	ไข่ไข่	0.907	0.123		
			ไข่แจ้	0.947	0.115	-	-
NB	Haugh unit	Der1+SNV	ไข่ไข่	-	-	84.09	0.93

Source : Dong et al. (2020), Dong et al. (2019), Shen et al. (2019)

การเปรียบเทียบผล 3 งานวิจัย

Dong et al. (2020) ผลลัพธ์โมเดล CFI PLSH ดัชนีความสดที่ครอบคลุม CFI จากการประมวลผลล่วงหน้า SNV มีค่า Rp 0.891 และค่า RMSEP 1.000

Dong et al. (2019) ผลลัพธ์โมเดล PLSH ของ Albumen pH ผลลัพธ์ที่ดีทั้งในไข่ไก่ไข่ และไข่ไก่แจ้ ด้วยการประมวลผลล่วงหน้า MSC ไข่ไก่ไข่ มีค่า Rp 0.907 ค่า RMSEP 0.123 และไข่ไก่แจ้ มีค่า Rp 0.947 และมีค่า RMSEP 0.115

Shen et al. (2019) ผลลัพธ์โมเดล NB ของ Haugh unit ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดจากการปรับสเปกตรัมอัลกอริทึมในการประมวลผลล่วงหน้า Der1 + SNV โดยมีค่าความแม่นยำ (Q) เท่ากับ 84.09% และค่า AUC ที่ความแม่นยำ 0.93% จาก 3 งานวิจัยพบว่า ทั้ง 3 งานวิจัยมีผลลัพธ์ที่ไม่แตกต่างกันซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่มีความแม่นยำสูงทั้ง 3 งานวิจัย สามารถนำมาทำนายหาความสดของไข่ได้

สรุปผล

จากการการทำนายหาความสดของไข่ด้วย VIS – NIR Spectroscopy ผ่านแบบจำลอง CFI PLSH, PLSH และ NB พบว่าทั้งใน CFI PLSH, PLSH และ NB มีความแม่นยำสูง ดังนั้นการวัดความสดของไข่ด้วย VIS – NIR Spectroscopy จึงสามารถ นำมาตรวจสอบความสดของไข่โดยไม่ทำลายคุณภาพของไข่ทั้งภายในและภายนอก อย่างไรก็ตาม ต้องคำนึงถึงปัจจัยด้านการลงทุน เนื่องจาก เครื่อง VIS – NIR มีราคาสูง และผู้ใช้งาน ต้องมีทักษะและความชำนาญโดยเฉพาะ

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มวิจัยเศรษฐกิจการปศุสัตว์. 2563. **สถานการณ์การผลิตและการตลาดไข่ไก่ ปี 2563.**

<http://extension.dld.go.th/th1>.

Dong, X., Dong, J., Li, Y., Xu, H. and Tang, X. 2019. “Maintaining the predictive abilities of egg freshness models on new variety based on VIS-NIR spectroscopy technique”.**Computers and Electronics in Agriculture**, 156:669–676.

Shen, Z., Tang, X., Li, Z., Dong, J., Dong, X. and Xu, H. 2019. “Rapid nondestructive qualitative discrimination of egg freshness by VIS/NIR spectroscopy”.**An ASABE Meeting Presentation**, 1:136-143.

Dong, X., Zhang, B., Dong, J., Lu, B., Hu, C. and Tang, X. 2020. “Egg freshness prediction using a comprehensive analysis based on visible near infrared spectroscopy”.**An International Journal for Rapid Communication**, 53:0038-7010