



วารสารการเกษตร

## Khon Kaen Agriculture Journal SUPPL. Agricultural Conference

Journal Home Page : <https://ag2.kku.ac.th/kaj>

JOURNAL  
**KAJ**

### การพัฒนาเทคนิคการตรวจวัดน้ำ份โปรตีนในโตรเจนในการถ่วงเหลือด้วยวิธีการวัดสีของถ่ายภาพและเครื่องสเปกโโตโฟโตร์มิเตอร์

### Development of technique for measuring non protein nitrogen in soybean meal by spectrophotometer and photolorimetric methodology

มนัสันนท์ นพรัตน์ไนมตรี<sup>1\*</sup>, ปันดดา วงศ์แวน<sup>1</sup>, พัชราวดี เรียมปร้อย<sup>1</sup>, สรณสู โชคินิพัทธ์<sup>1</sup>, ยุภา บุ่แตงอ่อน<sup>1</sup>, จินดา กลินอุบล<sup>2</sup>, วุฒิกร สาระแก้ว<sup>3</sup>, ชาญชัย อรรถพาติ<sup>4</sup> และ อรวรรณ เชาวลิต<sup>5</sup>

Manatsanun Nopparatmaitree<sup>1\*</sup>, Panudda Wongwean<sup>1</sup>, Patcharawadee Riab-Roi<sup>1</sup>, Soranot Chotnipat<sup>1</sup>, Yupa Pootaeng-On<sup>1</sup>, Jinda Glinubon<sup>2</sup>, Wuttikron Srakaew<sup>3</sup>, Chanchai Arkaphati<sup>4</sup> and Orawan Chaowalit<sup>5</sup>

<sup>1</sup> คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบูรณ์ จังหวัด เพชรบูรณ์ 76120

<sup>1</sup> Faculty of Animal Sciences and Agricultural Technology, Silpakorn University, Phetchaburi IT Campus, Phetchaburi 76120

<sup>2</sup> ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี 34190

<sup>2</sup> Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani 34190

<sup>3</sup> สาขาวิชาสัตวศาสตร์และประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน 55000

<sup>3</sup> Department of Animal Science and Fisheries, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna , Nan Campus, Nan 55000

<sup>4</sup> คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบูรณ์ อำเภอ遮 จังหวัดเพชรบูรณ์ 76120

<sup>4</sup> Faculty of Information and Communication Technology, Silpakorn University, Phetchaburi IT Campus, Cha-am, Phetchaburi 76120

<sup>5</sup> ภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ จังหวัดนครปฐม 73000

<sup>5</sup> Department of Computing, Faculty of Sciences, Silpakorn University, Sanam Chandra Palace Campus, Nakhon Pathom 73000

**บทคัดย่อ:** งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคนิคการตรวจวัดน้ำ份โปรตีนในโตรเจนในการถ่วงเหลือด้วยวิธีการวัดสีของถ่ายภาพและสเปกโโตโฟโตร์มิเตอร์ โดยงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 การศึกษาที่นี่เพื่อประเมินความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำ份โปรตีนในโตรเจนในการถ่วงเหลือกับค่าดูดกลืนแสงจากเครื่องสเปกโโตโฟโตร์มิเตอร์และค่าสีจากวิธีการวัดสีของภาพถ่ายจากโทรศัพท์มือถือ ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณน้ำ份โปรตีนในโตรเจนในการถ่วงเหลือมีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าดูดกลืนแสงจากเครื่องสเปกโโตโฟโตร์มิเตอร์ ( $r = 0.92051$ ;  $P < 0.01$ ) ในรูปแบบสมการลดคงที่เชิงเส้นอย่างง่าย  $y = 4.3169x + 0.0061$  ( $R^2 = 0.9047$ ;  $P < 0.01$ ) นอกจากนี้ปริมาณน้ำ份โปรตีนในโตรเจนในการถ่วงเหลือมีความสัมพันธ์ทางลบกับค่าความเป็นสีเขียว (G) ของภาพถ่ายจากโทรศัพท์มือถือโดยรวม ( $r = -0.76823$ ;  $P < 0.01$ ) โดยมีรูปแบบของสมการลดคงที่เชิงเส้น คือ  $y = -0.0261x + 3.8385$  ( $R^2 = 0.5902$ ;  $P < 0.01$ )

การทดลองที่ 2 การศึกษาที่นี่เพื่อเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์ปริมาณน้ำ份โปรตีนในโตรเจนในการถ่วงเหลือด้วยเครื่องสเปกโโตโฟโตร์มิเตอร์และการวัดสีของภาพถ่ายจากโทรศัพท์มือถือกับการวิเคราะห์ค่าน้ำ份โปรตีนในโตรเจนในการถ่วงเหลือ โดยวิธีทางห้องปฏิบัติการเคมี ผลการทดลอง พบว่า วิธีการวิเคราะห์ปริมาณน้ำ份โปรตีนในโตรเจนในการถ่วงเหลือด้วยเครื่องสเปกโโตโฟโตร์มิเตอร์ให้ค่าปริมาณน้ำ份โปรตีนในโตรเจนและเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องสัมพัทธ์ใกล้เคียงกันกับวิธีการวิเคราะห์ค่าน้ำ份โปรตีนในโตรเจนในการถ่วงเหลือโดยวิธีทางห้องปฏิบัติการเคมี ( $P > 0.05$ )

**คำสำคัญ:** น้ำ份โปรตีนในโตรเจน; วิธีการวัดสีของถ่ายภาพ; สเปกโโตโฟโตร์มิเตอร์; การถ่วงเหลือ

\* Corresponding author: Nopparatmaitree\_m@su.ac.th or Nopparatmaitree\_m@silpakorn.edu

**ABSTRACT:** This research aimed to create a detection method for measuring non-protein nitrogen content in soybean meals using a spectrophotometer and photocolorimetric method. The research was divided into two trials;

Experiment 1: This study determined a relationship between soybeans' non-protein nitrogen content and the spectrophotometer's absorbance values, and color values generated by the software Adobe Photoshop from the picture of mobile phones. The result showed that the non-protein nitrogen content of soybeans was positively correlated with absorbance values from the spectrophotometer ( $r = 0.92051$ ;  $P < 0.01$ ) with the form of the linear regression equation,  $y = 4.3169x + 0.0061$  ( $R^2 = 0.9047$ ;  $P < 0.01$ ). In addition, non-protein nitrogen content was negatively correlated with the green (G) values from mobile ( $r = -0.76823$ ;  $P < 0.01$ ) with the form of the linear regression equation,  $y = -0.0261x + 3.8385$  ( $R^2 = 0.5902$ ;  $P < 0.01$ ).

Experiment 2: This study compared methods for determining non-protein nitrogen content of soybeans by spectrophotometer and photocolorimetric method compared with chemical laboratory method. The results demonstrated that a technique for determining the non-protein nitrogen content of soybeans using spectrophotometer analysis had a similar non-protein nitrogen content and relative accuracy percentage to the chemical laboratory method ( $P > 0.05$ ).

**Keywords:** non-protein nitrogen; photocalorimetric method; spectrophotometer; soybean meal

ໜ້າ

ท่ามกลางพลวัตการเปลี่ยนแปลงของโลกบนสถานการณ์ผันผวน ไม่แน่นอน ซับซ้อน และคุณภาพที่ยากต่อการวางแผนรับมือ (volatility, uncertainty, complexity and ambiguity world: VUCA world) องค์การสหประชาติจึงกำหนดเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable development goals agenda: SDGs) โดยมุ่งหวังเพื่อแก้ปัญหาสำคัญที่โลกกำลังเผชิญอยู่ เช่น การจัดความทิวทัย การสร้างความมั่นคงทางอาหาร การยกระดับโภชนาการอาหาร การส่งเสริมเกษตรกรรมที่ยั่งยืน และการสร้างหลักประกันให้มีรูปแบบการผลิตเพื่อการบริโภคที่ยั่งยืน เป็นต้น (นิรุตต์, 2565) ดังนั้นประเทศไทยจึงต้องปรับตัวต่อระบบการเปลี่ยนแปลงนี้อย่างเร่งด่วนในฐานะผู้ผลิตอาหารโปรดีนจากไก่เนื้อและไก่แข็งรายใหญ่เป็นอันดับ 8 และ อันดับ 4 ของโลก ตามลำดับ ทั้งนี้มีการคาดการณ์ว่าในปี 2564 ถึง 2566 ประเทศไทยมีความสามารถในการผลิตไก่แข็งคิดเป็นปริมาณ 900,000 ตันต่อปี คิดเป็นมูลค่าประมาณ 100,000 ล้านบาท (Chaiwat, 2563) อีกทั้งจากสถานการณ์ปัจจุบันของการผลิตอาหารไก่เนื้อเพื่อส่งออกที่มีการยกเลิกการใช้โปรดีนจากสัตว์ส่งผลให้มีการใช้ข้าวโพดและถั่วเหลืองเป็นอาหารพื้นฐาน (corn-soy diet) ในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น โดยหากถั่วเหลือง (soybean meal) และ ถั่วเหลืองไขมันเต็ม (full fat soy bean) ถือเป็นวัตถุดิบแหล่งโปรดีนหลักคิดเป็น 30 เปอร์เซ็นต์ของอาหารไก่เนื้อ จากรายงานของ Tanong et al. (2021) พบว่า ในปี 2562 ประเทศไทยมีการนำเข้าถั่วเหลืองจากต่างประเทศสูงถึง 99 % ของปริมาณการใช้ทั้งหมดพร้อมทั้งยังถูกจัดให้เป็นประเทศผู้นำเข้าถั่วเหลืองรายใหญ่อันดับ 6 ของโลก ด้วยปริมาณการนำเข้าประมาณ 4.89 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 50,493 ล้านบาท เนื่องจากข้อจำกัดด้านอุปทานของผลผลิตภายในประเทศ คือ สภาพแวดล้อมและช่วงแสงยาวในช่วงที่ถั่วเหลืองออกดอกไม่เหมาะสมส่งผลต่อปริมาณการผลิตถั่วเหลือง ผลงานให้มีปริมาณถั่วเหลืองไม่เพียงพอต่อความต้องการภายในประเทศ เนื่องจากอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ยังมีการขยายตัวต่อเนื่องจึงก่อให้เกิดจากความผันผวนของอุปสงค์ และอุปทานการผลิตถั่วเหลือง อีกทั้งการพัฒนาการนำเข้าถั่วเหลืองจากต่างประเทศจำนวนมากจึงส่งผลต่อความผันผวนของราคาและคุณภาพของถั่วเหลือง

หากถ้าเหลือจัดเป็นวัตถุดิบประเภทโปรตีนที่มาจากการพืชที่มีปริมาณโปรตีนที่สูงถึง 44% ห้างนี้ในแต่ละปีพบว่ามีตัวอย่างมากที่ไม่ได้คุณภาพและ/หรือมีการปลอมปนด้วยวัตถุดิบอื่น นอกจากนี้ยังมักพบการปลอมปนของนั้นเป็นโปรตีนในโตรเจนหรือสารประกอบในโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (Non-protein nitrogen: NPN) (Islam et al., 2016) ในหากถ้าเหลือและหากถ้าเหลือคุณภาพต่ำ เช่น หากถ้าเหลือที่มีโปรตีนไม่ตรงตามมาตรฐาน หากถ้าเหลือเสื่อมคุณภาพ และ หากถ้าเหลือใหม่จาก

กระบวนการผลิตที่ให้ความร้อนสูงหรือนานเกินไป เป็นต้น เพื่อเพิ่มปริมาณในโตรเจนหรือปริมาณโปรตีนอันเป็นกลไกในการเพิ่มราคาขายถ้าว่าเหลืองให้สูงขึ้น ทั้งนี้นับโปรตีนในโตรเจนมืออยู่หลายชนิด เช่น ยูเรีย เมลาเมין สารพากเอมีน และโมโนเนียมชัลเฟต์ ไบยูเรต พอสเฟต เป็นต้น หากแต่น้ำโปรตีนในโตรเจนไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้และพิษกับสัตว์กระเพาะเดียว (Sinaga et al., 2016) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการตรวจสอบปัจจุบันน้ำโปรตีนในโตรเจนในการถ้าว่าเหลืองก่อนที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในอาหารสัตว์ ปัจจุบัน การตรวจสอบคุณภาพหากถ้าว่าเหลืองในโรงงานอาหารสัตว์นิยมใช้วิธีการตรวจอย่างง่ายและตรวจสอบด้วยสารละลาย Nessler reagent อย่างรวดเร็ว (Quick test spot test) ซึ่งเป็นการตรวจเชิงคุณภาพหากแต่ไม่สามารถอ่านผลเชิงปริมาณได้ (Khajerern, 2017) ส่วนวิธีการตรวจวัดปริมาณน้ำโปรตีนในโตรเจนเชิงปริมาณในห้องปฏิบัติการนั้นมีขั้นตอนที่ยุ่งยาก ต้องอาศัยผู้วิเคราะห์ที่มีความเชี่ยวชาญ และมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงต้องจำเป็นอย่างยิ่งในการพัฒนาวิธีการตรวจวัดค่าน้ำโปรตีนในโตรเจนในการถ้าว่าเหลือง เชิงปริมาณที่มีความสะดวก รวดเร็ว ประหยัด และใช้สารเคมีเดิมที่มีใช้ในห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ทั้งนี้มีหลายงานวิจัยก่อนหน้าที่ได้นำเสนอวิธีการวัดสีของภาพถ่าย (Photocolorimetric method) เพื่อใช้ประโยชน์ด้านการซึ่ง ทาง วัด อย่างแพร่หลาย โดยอาศัยหลักการตรวจสอบคุณสมบัติสีของวัตถุ สเปกตรัมของสี การสะท้อนแสงสเปกตรัมหรือการซึ่งผ่านของวัสดุ (Dvořák et al., 2001) เช่น การปริมาณสารเคมี การวัดสีความสุกดิบของผลไม้ และการวัดสีไข่แดง (ยุทธศักดิ์และคณะ 2562; Choodum et al., 2014; Sadd et al., 2016) ทั้งนี้วิธีการอย่างง่ายในการวิเคราะห์สีของภาพถ่ายจากโทรศัพท์นิยมใช้วิธีการอ่านค่าความเข้มสีตามระบบ RGB (Red Green Blue value) และระบบ CIE (Commission internationale de l'éclairage)

โดยการทดลองครั้งนี้มุ่งวิเคราะห์ความสามารถสัมพันธ์ของค่าสีจริงที่เกิดจากการปฏิริยาระหว่างสารละลายที่ตรวจวัดความเข้มข้นของน้ำโปรตีนในโตรเจนที่แตกต่างกันในการถ้าว่าเหลืองกับการดูดกลืนแสงที่วิเคราะห์ด้วยสเปคโโตโฟโตเมตริกเตอร์และค่าสีที่วิเคราะห์ได้จากภาพถ่ายจากโทรศัพท์รวมถึงการวิเคราะห์สมการรถถ่ายเชิงเส้นอย่างง่ายในการแสดงรูปแบบความสัมพันธ์ดังกล่าว อีกทั้งยังมุ่งศึกษาเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์ค่าน้ำโปรตีนในโตรเจนในการถ้าว่าเหลืองโดยวิธีทางห้องปฏิบัติการเคมีกับวิธีวิเคราะห์ปริมาณการดูดกลืนแสงด้วยสเปคโโตโฟโตเมตริกเตอร์และวิธีการวิเคราะห์ภาพถ่ายจากโทรศัพท์มือถือสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณค่าน้ำโปรตีนในโตรเจนในการถ้าว่าเหลือง เพื่อให้เป็นประโยชน์สำหรับประยุกต์ใช้ในตรวจสอบคุณภาพหากถ้าว่าเหลืองเชิงปริมาณด้วยวิธีการอย่างง่าย สะดวก และรวดเร็ว

### วิธีการศึกษา

การวิเคราะห์สีสัมพันธ์และสมการรถถ่ายระหว่างค่าสีวัดจากเครื่องวัดสีและค่าสีที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพดิจิทัลจากโทรศัพท์มือถือด้วยซอฟต์แวร์ Adobe Photoshop

การทดลองครั้งนี้ใช้เอมโมเนียมชัลเฟต์เป็นตัวแทนของน้ำโปรตีนในโตรเจน และทำการเตรียมตัวอย่างหากถ้าว่าเหลือง 50 กรัม ที่ผสมเอมโมเนียมชัลเฟต์ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.1, 0.25, 0.50, 0.75, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 และ 4.0% จากนั้นนำตัวอย่าง ออกจากถ้าว่าเหลืองขึ้นไปอบในตู้อบ (Hot air oven) ที่อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้ความเข้มข้น

ทำการเตรียมสารละลาย Nessler reagent ด้วยการซึ่งสารเคมีคิวคลอไรด์ 1.25 กรัม ใส่ลงในขวดปริมาตรเติมน้ำลงในปลาย 5 มิลลิลิตร แล้วเติมโพแทสเซียมไออกไซด์ 3.5 กรัม และ เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (12 กรัม โซเดียมไฮดรอกไซด์ ละลายในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร) ผสมให้เข้ากันแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร ดัดแปลงจาก Khajerern (2017)

ซึ่งตัวอย่างหากถ้าว่าเหลืองที่ผสมเอมโมเนียมชัลเฟต์ (จากข้อ 1) ทุกความเข้มข้น ตัวอย่างละ 1 กรัม ลงในหลอดทดลอง จากนั้นเติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากัน แล้วตั้งทึ้งไว้ให้ตกร่องประมาณ 1 ชั่วโมง จากนั้นดูดส่วนของเหลวใส 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองเปล่าแล้วเติมน้ำกลั่นลงไป 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จึงหยดสารละลาย Nessler reagent 0.1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง แล้วเขย่าให้เข้ากันเพื่อให้สารละลายเกิดปฏิกิริยา

นำสารละลายจากข้อ 3 ไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโโตโฟโตเมตริกเตอร์ที่ความยาวคลื่น 425 นาโนเมตร (AOAC, 2012) และถ่ายภาพของสารละลายจากข้อ 3 ด้วยโทรศัพท์มือถือภายใต้แสง LED ภายในกล่องสำหรับถ่ายภาพที่มีพื้นสีขาว

และการวัดสีของภาพถ่ายตามระบบ RGB คือ สีแดง (Red: R) สีเขียว (Green: G) และ สีน้ำเงิน (Blue: B) รวมถึงค่าเฉลี่ยความเข้มสีตามระบบ CIE คือ ค่าความสว่าง (Lightness: L\*) ค่าความเป็นสีแดง (Redness: a\*) และ ค่าความเป็นสีเหลือง (Yellowness: b\*) ด้วยซอฟต์แวร์ Adobe Photoshop ตามวิธีของ Girolami et al. (2013)

ทำการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ด้วยวิธี Pearson's correlation analysis ระหว่างปริมาณแอมโมเนียมชัลเฟต์ใน กากถั่วเหลือง (ตัวแปร y) กับค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ และ ค่าสี R, G, B, L\*, a\* และ b\* จากวิธีการวัดสีของภาพถ่ายด้วยซอฟต์แวร์ Adobe Photoshop (ตัวแปร x) รวมทั้งวิเคราะห์สมการทดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression) ระหว่างตัวแปร x และ y โดยใช้โปรแกรม SAS (University Edition) ตามวิธีของ มนต์ชัย (2544)

การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำโปรตีนในตระเจนในกากถั่วเหลือง

การทดลองนี้ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design: CRD) ประกอบด้วย 3 ทรีทเม้นต์ ทรีทเม้นต์ ละ 10 ชั้า

ทรีทเม้นต์ที่ 1 วิธีการวิเคราะห์น้ำโปรตีนในตระเจนในการถั่วเหลืองด้วยวิธีทางห้องปฏิบัติการเคมี

ทรีทเม้นต์ที่ 2 วิธีการวิเคราะห์น้ำโปรตีนในตระเจนในการถั่วเหลืองด้วยเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์

ทรีทเม้นต์ที่ 3 วิธีการวิเคราะห์น้ำโปรตีนในตระเจนในการถั่วเหลืองด้วยวิธีการวัดสีของภาพถ่าย

เตรียมตัวอย่างกากถั่วเหลือง (Unknown) จำนวน 3 ตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนียมชัลเฟต์ 0.25, 0.50, และ 1.00 เปอร์เซนต์ แล้วนำตัวอย่างกากถั่วเหลืองดังกล่าวไปวิเคราะห์ปริมาณน้ำโปรตีนในตระเจนด้วยวิธีทางห้องปฏิบัติการเคมี ตามวิธีการของ Sinaga et al. (2016)

ซึ่งตัวอย่างกากถั่วเหลือง (Unknown) ตัวอย่างละ 1 กรัม ลงในหลอดทดลอง จากนั้นเติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ให้ตกร่องประมาณ 1 ชั่วโมง จากนั้นคูดส่วนของเหลวใส 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองเปล่า แล้วเติมน้ำกลั่นลงไป 9 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากัน จึงหยดสารละลาย Nessler reagent 0.1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง แล้วเขย่าให้เข้ากันเพื่อให้สารละลายเกิดปฏิกิริยา

นำสารละลายไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่วัดด้วยเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 425 นาโนเมตร (AOAC, 2012) และถ่ายภาพของสารละลายจากข้อ 3 ด้วยโทรศัพท์มือถือและการวัดสีของภาพถ่าย คือ ค่าสี R, G, B, L\*, a\* และ b\* ด้วยซอฟต์แวร์ Adobe Photoshop ตามวิธีของ Girolami et al. (2013)

จากนั้นนำค่าดูดกลืนแสงและค่าสี R, G, B, L\*, a\* และ b\* จากการวัดสีของภาพถ่ายที่ได้มาแทนค่าในสมการเรียงเส้นอย่างง่ายที่มีค่า  $R^2$  สูงที่สุดจากการทดลองก่อนหน้าเพื่อคำนวนหาค่าน้ำโปรตีนในตระเจนของกากถั่วเหลืองที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์และวิธีการวัดสีของภาพถ่าย

นำค่าน้ำโปรตีนในตระเจนที่ได้มาคำนวนเบอร์เซนต์ความถูกต้องสัมพัทธ์ (% Relative accuracy) จากสูตร ความถูกต้องสัมพัทธ์ = (ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์  $\times 100$ )/ค่าจริง (Choodum et al., 2014)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยนำข้อมาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ Analysis of variance (ANOVA) ภายใต้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete randomized design) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีทเม้นต์ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ตามวิธีของ Steel and Torrie (1992) โดยใช้โปรแกรมสำหรับ R version 4.0.3 ตามวิธีของ R Core Team (2020)

## ผลการศึกษาและวิจารณ์

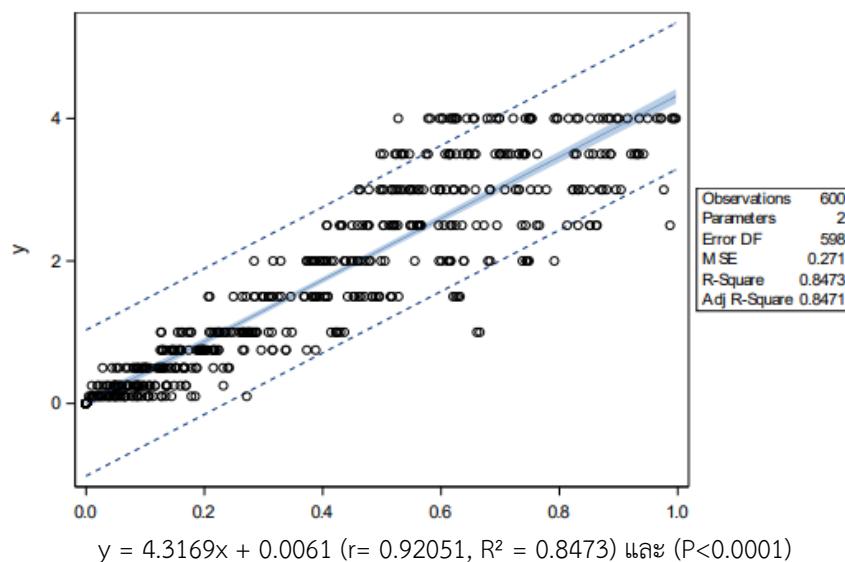
การทดลองนี้ทำการวิเคราะห์สหสัมพันธ์และสมการทดถอยระหว่างปริมาณน้ำโปรตีนในตระเจนในการถั่วเหลืองกับค่าการดูดกลืนแสงจากเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ พบร่วมกับ ปริมาณน้ำโปรตีนในตระเจนในการถั่วเหลืองมีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าดูดกลืนแสงจากเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ ( $r = 0.92051$ ;  $P < 0.01$ ) ในรูปแบบสมการทดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย  $y = 4.3169x + 0.0061$  ( $R^2 = 0.9047$ ;  $P < 0.01$ ) เมื่อ  $y$  คือ ปริมาณน้ำโปรตีนในตระเจนในการถั่วเหลือง และ  $x$  คือ ค่าการดูดกลืนแสงจาก

เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ดังแสดงใน Table 1 และ Figure 1 นอกจากนี้การทดลองครั้งนี้ยัง พบว่า ปริมาณน้ำโปรตีนในโตรเจน ในการถ่ายเหลืองมีค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ ( $r$ ) สูงสุดกับค่าความเป็นสีเขียวหรือ G จากวิธีการวัดสีของภาพถ่ายด้วยซอฟต์แวร์ Adobe Photoshop (-0.76823;  $P < 0.01$ ) โดยมีรูปแบบของสมการดังอย่างเช่น คือ  $y = -0.0261x + 3.8385$  ( $R^2 = 0.5902$ ;  $P < 0.0001$ ) เมื่อ  $y$  คือ ปริมาณน้ำโปรตีนในโตรเจนในการถ่ายเหลือง และ  $x$  คือ ค่า G ของภาพถ่ายสารละลายตัวอย่างถ่ายเหลืองมาตรฐาน จากโทรศัพท์มือถือ ดังแสดงใน Table 1 และ Figure 2

การทดลองครั้งนี้ศึกษาการเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์ปริมาณน้ำโปรตีนในโตรเจนในการถ่ายเหลืองด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์สีของภาพถ่ายจากโทรศัพท์มือถือเปรียบเทียบกับวิธีการวิเคราะห์ค่าน้ำโปรตีนในโตรเจนในการถ่ายเหลือง ด้วยวิธีทางห้องปฏิบัติการเคมี พบว่า วิธีการวิเคราะห์ปริมาณน้ำโปรตีนในโตรเจนในการถ่ายเหลืองด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์แสดงค่าปริมาณน้ำโปรตีนในโตรเจนและเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องสัมพัทธ์ใกล้เคียงกันกับวิธีการวิเคราะห์ค่าน้ำโปรตีนในโตรเจนในการถ่ายเหลืองโดยวิธีทางห้องปฏิบัติการเคมี ( $P > 0.05$ ) ดังแสดงใน Table 2, และ 3 ทั้งนี้วิธีการวัดปริมาณน้ำโปรตีนในโตรเจนในการถ่ายเหลืองด้วยทั้งสองวิธีดังกล่าวแสดงค่าปริมาณน้ำโปรตีนในโตรเจนและเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องสัมพัทธ์ที่แตกต่างกันกับวิธีการวิเคราะห์ปริมาณน้ำโปรตีนในโตรเจนในการถ่ายเหลืองด้วยการวิเคราะห์สีของภาพถ่ายจากโทรศัพท์มือถือ ( $P < 0.01$ ) ผลการทดลองนี้ให้ผลที่แตกต่างจากการทดลองก่อนหน้า เนื่องจากการทำปฏิกิริยาของ Nessler reagent กับเอมโมเนียมชัลเฟตเป็นตัวแทนของน้ำโปรตีน ในโตรเจนที่เกิดตะกอนขึ้นส่งผลต่อความสัมพันธ์ของของน้ำโปรตีนในโตรเจนกับสีที่วัดได้จากภาพถ่ายของสารละลาย สอดคล้องกับการทดลองของ Shane et al. (2006) ที่กล่าวว่า การวิเคราะห์ภาพโดยใช้เฉพาะข้อมูลความเข้ม R G และ B ไม่สามารถแยกความแตกต่างของการดูดซับสีที่คุณชัดของสารละลายที่ซับซ้อน ดังนั้นการวิเคราะห์กล้องและภาพโดยทั่วไปจึงไม่สามารถแทนสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ได้ เนื่องจากไม่สามารถแยกความแตกต่างของการดูดซับสีที่คุณชัดของสารละลายที่ซับซ้อนได้ ส่วนการทดลองอื่นๆยังถือว่า วิธีการวัดสีของถ่ายภาพสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบสารต่างๆได้ Choodum et al. (2014) รายงานถึงการทดลองสีร่วมกับ

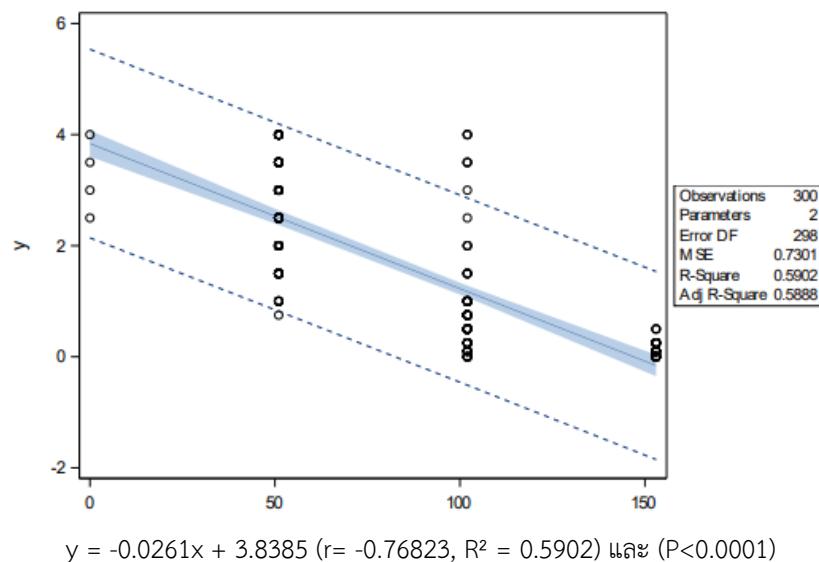
**Table 1** Correlation analysis between non-protein nitrogen content with absorbance value from spectrophotometer and color value from photocolorimetric method

y	Assessment method	x	Correlation analysis		Regression analysis			
			Correlation Coefficient (r)	P-value	Linear regression equation	R <sup>2</sup>	P-value	
Urease Activity of soybean (%)	Mobile phone	Spectrophotometer	Absorbance	0.92051	P<0.01	y = 4.3169x + 0.0061	R <sup>2</sup> = 0.9047	P<0.01
		Red (R)	-0.02500	P<0.01	y = -0.0015x + 1.7467	R <sup>2</sup> = 0.0006	P<0.01	
		Green (G)	-0.76823	P<0.01	y = -0.0261x + 3.8385	R <sup>2</sup> = 0.5902	P<0.01	
		Blue (B)	-0.67555	P<0.01	y = -0.0156x + 2.6943	R <sup>2</sup> = 0.4564	P<0.01	
		Lightness (L*)	-0.68886	P<0.01	y = -0.0824x + 6.9012	R <sup>2</sup> = 0.4745	P<0.01	
		Redness (a*)	0.72632	P<0.01	y = 0.0600x + 0.7723	R <sup>2</sup> = 0.5275	P<0.01	
		Yellowness (b*)	0.50320	P<0.01	y = 0.0327x + 0.0291	R <sup>2</sup> = 0.2532	P<0.01	



y= Non protein nitrogen and x = Absorbance value from spectrophotometer

**Figure 1:** Correlation and regression analysis between non-protein nitrogen and absorbance value from spectrophotometer



y = Non protein nitrogen and x = G value from generated by the software Adobe Photoshop

**Figure 2:** Correlation and regression analysis between non-protein nitrogen and b value from photocolorimetric method by mobile phone

กล้องดิจิทัลในตัวบันโทรศัพท์มือถือเพื่อตรวจหาสารเมทแอมเฟตามีน โดยใช้ข้อมูลสีพื้นฐาน RGB โดยใช้แอปพลิเคชันที่ติดตั้งบนโทรศัพท์มือถือและอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างความเข้ม RGB กับผลิตภัณฑ์สีของสารเมทแอมเฟตามีน โดยผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า วิธีการวิเคราะห์สีกล้องดิจิทัลในตัวบันโทรศัพท์มือถือมีประสิทธิภาพและสามารถนำไปใช้ในการทดสอบภาคสนามได้ จากรายงานของ Firdaus et al., 2014) พบว่า ค่าสี R, G และ B มีความแม่นยำวิธีนี้ได้รับการตรวจสอบความถูกต้องโดยใช้เครื่องสเปกโทรโฟโตเมตร์ เป็นวิธี ส่วน Dhruv et al. (2016) สรุปได้ว่ากล้อง SLR ที่มี Adobe Photoshop CS5.1 สามารถใช้เป็นทางเลือกแทนเครื่องสเปกโทร โฟโตเมตร์เพื่อให้ได้ค่า L\* และ b\* ได้อย่างแม่นยำ จากรายงานของ Is-haak et al. (2015) พบว่า การใช้เครื่องสเปกโทรโฟโตเมตร์ อ่านค่ามีความถูกต้องแม่นยำเฉลี่ย 70.54 % ส่วนวิธีการที่ประยุกต์ขึ้นอ่านค่ามีความถูกต้องแม่นยำเฉลี่ย 99.65 % จากผลดังกล่าว ชี้ให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้กล้องเว็บแคมและเทคนิคการประมวลผลจากภาพดิจิตรอลมาประเมินความเข้มข้นของ แอมโมเนียรวมและนำไปใช้ในคราฟในน้ำจืดได้

**Table 2** Effect of assessment method on non-protein nitrogen percentage of soybean meal

Soybean meal	Non-protein nitrogen percentage (%)				
	Standard method	Spectro photometer	Mobile phone	P-value	CV
Sample 1	0.25 <sup>A</sup>	0.26 <sup>A</sup>	0.11 <sup>B</sup>	P<0.01	16.40
Sample 2	0.75 <sup>A</sup>	0.72 <sup>A</sup>	0.91 <sup>B</sup>	P<0.01	19.95
Sample 3	1.00 <sup>A</sup>	0.99 <sup>A</sup>	2.11 <sup>B</sup>	P<0.01	13.33

**Table 3** Effect of assessment method on relative accuracy percentage

Soybean meal	Relative accuracy percentage (%)				
	Standard method	Spectro photometer	Mobile phone	P-value	CV
Sample 1	100.00 <sup>A</sup>	104.00 <sup>A</sup>	44.00 <sup>C</sup>	P<0.01	16.40
Sample 2	100.00 <sup>A</sup>	96.00 <sup>AB</sup>	121.33 <sup>C</sup>	P<0.01	19.95
Sample 3	100.00 <sup>A</sup>	99.00 <sup>A</sup>	211.00 <sup>C</sup>	P<0.01	13.33

## สรุป

ปริมาณนั้นโปรตีนในไตรเจนในกาลถั่วเหลืองมีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าดูดกลืนแสงจากเครื่องสเปกโทรโฟโตเมตร์ ( $r = 0.92051$ ) โดยมีรูปแบบสมการลดคงอย่างเส้นอย่างง่าย คือ ปริมาณนั้นโปรตีนในไตรเจน =  $4.3169$  (ค่าดูดกลืนแสง) +  $0.0061$  ( $R^2 = 0.9047$ ) นอกจากนี้ปริมาณนั้นโปรตีนในไตรเจนในกาลถั่วเหลืองมีความสัมพันธ์ทางลบกับค่าความเป็นสีเขียว (G) ของภาพถ่าย จากโทรศัพท์มือถือโดยรวม ( $r = -0.76823$ ) โดยมีรูปแบบสมการลดคงอย่างเส้นอย่างง่าย คือ ปริมาณนั้นโปรตีนในไตรเจน =  $-0.0261$  (ค่าความเป็นสีเขียว (G)) +  $3.8385$  ( $R^2 = 0.5902$ ) อีกทั้งการทดลองนี้ยังชี้ให้เห็นว่าวิเคราะห์ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตเมตร์ ให้ผลการวัดค่านั้นโปรตีนในไตรเจนในกาลถั่วเหลืองและเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องสัมพัทธ์ที่ใกล้เคียงกับวิเคราะห์ด้วยวิธีทางห้องปฏิบัติการเคมี

## คำขอคุณ

ขอขอบพระคุณกองทุนวิจัย นวัตกรรม และสร้างสรรค์ คณะสัตวศาสตร์เทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยประจำปีงบประมาณ 2563 ภายใต้โครงการ “การวิจัยและพัฒนาวิธีการตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์ยูรีอส

ในถ้าหากว่าแบบแม่นยำโดยการวิเคราะห์ภาพถ่ายด้วยปัญญาประดิษฐ์” รวมทั้งขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์ ห้องปฏิบัติการเคมี คณะสัตวศาสตร์เทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่อำนวยความสะดวกจนโครงการวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

### เอกสารอ้างอิง

- นิรุตติ์ บุตรเสนลี. 2565. การเปลี่ยนผ่านสู่ความเป็นดิจิทัลของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา: การผลิตกำลังคนสมรรถนะสูง แห่งศตวรรษที่ 21. วารสารวิจัยและนวัตกรรม สถาบันการอาชีวศึกษกรุงเทพมหานคร. 5(1): 1-11.
- มนตร์ชัย ดวงจินดา. 2544. การใช้โปรแกรม SAS เพื่อวิเคราะห์งานวิจัยทางสัตว์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- ยุทธศักดิ์ แข่นมุ่ย ทศพล ตะเกาทอง และ จิระพงษ์ เจริญลา. 2562. การใช้โทรศัพท์มือถือเป็นเครื่องมือสำหรับตรวจที่รวดเร็วของ โครงการเมืองเขียวฯ: การหาสภาวะที่เหมาะสม. น. 2687-2693. ใน: รายงานสืบเนื่องการประชุมสัมมนาวิชาการ (Proceedings) การนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 17. 21 กรกฎาคม 2560. ณ ศูนย์วัฒนธรรมภาคเหนือตอนล่าง วังจันทน์เรืองรัตน์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม. พิมุโลก.
- AOAC. 2012. Official method of analysis association of analytical chemists. 19<sup>th</sup> Edition, Washington DC, 121-130.
- Chaiwat Sowcharoensuk. 2563. แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2563-2565: ไก่แข็งยืน แข็งแข็ง และแปรรูป. บทวิเคราะห์จำแนก ตามอุตสาหกรรม. งานวิจัยธนาคารกรุงศรีอยุธยา.
- Choodum, A., K. Parabun, N. Klawach, N.N. Daeid, P. Kanatharana, and W. Wongniramaikul. 2014. Real time quantitative colorimetric test for methamphetamine detection using digital and mobile phone technology. Forensic Science International. 235: 8-13.
- Dhruv, A., G.P.K. Surendra, Y.A. Devanshi, K.S. Manoj, S. Rahul, and G. Amit. 2016. Shade selection: spectrophotometer vs digital camera – a comparative in-vitro study. Annals of Prosthodontics & Restorative Dentistry, July-September. 2(3):73-78.
- Dvořák, P., H. Musilová, and I. Svarcov. 2001. On-line measurements of colour of pork. Fleischwirtschaft. 81: 89-91.
- Firdaus, M.L., A. Wiwit., T. Ferli, R. Iman, R. Lena, and W. Kancono. 2014. Determination of Chromium and Iron Using Digital Image-based Colorimetry. Procedia Environmental Sciences. 20: 298 – 304.
- Girolami, A., F. Napolitano, D. Faraone, and A. Braghieri. 2013. Measurement of meat color using a computer vision system. Meat Science. 93: 111–118.
- Is-haak, J., W. Taparhudee, R. joongjaraunsuk, T. biakaew, and T. Pandee. 2015. Application of a webcam and image processing techniques for measuring total ammonia and nitrite concentrations in fresh water. RMUTSB Academic Journal. 2(3): 129-136.
- Islam, M.D.S., M.D.M. Haque, and M.D. S.T Hossain. 2016. Non-Protein Nitrogen (NPN) Test Protocol for Raw Materials of Feed. International Journal of Pharmacological Research. 6(3): 129-140.
- Khajarern, J. 2017. Manual of feed microscopic and quality control. 2<sup>nd</sup> ed. Khon Kean: Thai Society of Animal Nutritionists National Farmers Council of Thailand.
- R Core Team. R. 2020. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R foundation for statistical computing, Vienna. Austria.
- Saad, A.G., A. Iberahim, and N. El-Bialee. 2016. Internal quality assessment of tomato fruits using image colour analysis. Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 18: 339-352.

- Shane K.K., J.D. Landmark, and D.F. Stickle. 2006. Demonstration of absorbance using digital color image analysis and colored solutions. *Journal of Chemical Education.* 4(83): 644-646.
- Sinaga, S.M., I.Y. Lubis, and J. Silalahi. 2016. Analysis of total protein and non proteinnitrogen in Pakkat (*Calamus caesius* Blume.) as a traditional food of mandailing natal by using Kjeldahl method. *International Journal of PharmTech Research.* 9(12): 543-549.
- Steel, R.G.D., and J.H. Torrie. 1992. *Principles and Procedure Statistics.* 2<sup>nd</sup> ed. Singapore: McGraw-Hill Book Co., Inc.
- Tanong, K., C. Jatuporn, V. Suvanvihok, and N. Seerasarn. 2021. Forecasting import demand for soybean meal in Thailand using box-jenkins method. *Journal of Hunan University (Natural Sciences).* 48(5): 58-65.