

พัฒนาการวิเคราะห์โปรตีนในอาหาร

ไพโรจน์ วิริยจักรี¹

DEVELOPMENT OF FOOD PROTEIN ANALYSIS

Pairote Wiriyacharee¹

ABSTRACT: Kjeldahl method is usually well-known for food protein analysis. However, this method has a complex problem particularly in distillation and titration steps. The modified method development, therefore, using colorimetric method was investigated. It was found that it was accurate and not significant difference from the standard Kjeldahl method. In fact that Brand's traditional essence of chicken, pork meat and soya milk powder were composed of total nitrogen ($1.156 \pm 0.110\%$, $3.24 \pm 0.18\%$ and $5.57 \pm 0.11\%$ respectively) and protein ($7.22 \pm 0.68\%$, $20.23 \pm 1.12\%$ and $34.82 \pm 0.72\%$ respectively) by using micro-Kjeldahl method. On the other hand, the same samples using colorimetric method were found $1.081 \pm 0.060\%$, $3.20 \pm 0.11\%$ and $5.56 \pm 0.17\%$ total nitrogen respectively and $6.76 \pm 0.38\%$, $20.01 \pm 0.71\%$ and $34.76 \pm 1.04\%$ protein content respectively. Thus, it can be concluded that the colorimetric method could be used for food protein analysis as it was accurate, convenient and rapid method.

บทคัดย่อ : การหาปริมาณโปรตีนในอาหารนิยมใช้วิธีมาตรฐาน Kjeldahl ในการวิเคราะห์ แต่ก็มีปัญหายุ่งยากในขั้นตอนการกลั่นและการไทเทรต การพัฒนาวิธีการวิเคราะห์จากวิธีมาตรฐานโดยการวัดสีแทนการกลั่น เป็นวิธีที่ให้การวิเคราะห์แม่นยำ ใกล้เคียงกับวิธีมาตรฐานอย่างมาก ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ในตัวอย่างแบรนด์ซูปไก่ เนื้อหมู และนมถั่วเหลือง สามารถหาปริมาณไนโตรเจนและโปรตีนโดยวิธี Micro-Kjeldahl ได้ค่าคิดเป็นร้อยละ 1.156 ± 0.110 , 3.24 ± 0.18 และ 5.57 ± 0.11 และ 7.22 ± 0.68 , 20.23 ± 1.12 และ 34.82 ± 0.72 ตามลำดับ ส่วนถ้าหากใช้วิธีการวัดสีที่พัฒนาขึ้นจะได้ค่าไนโตรเจนและโปรตีน คิดเป็นร้อยละ 1.081 ± 0.060 , 3.20 ± 0.11 , 5.56 ± 0.17 และ 6.76 ± 0.38 , 20.01 ± 0.71 และ 34.76 ± 1.04 ตามลำดับ ซึ่งวิธีการวัดสีนี้มีความแม่นยำ สอดคล้อง และรวดเร็วกว่าวิธีมาตรฐาน Kjeldahl อย่างมาก.

¹ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 50002.

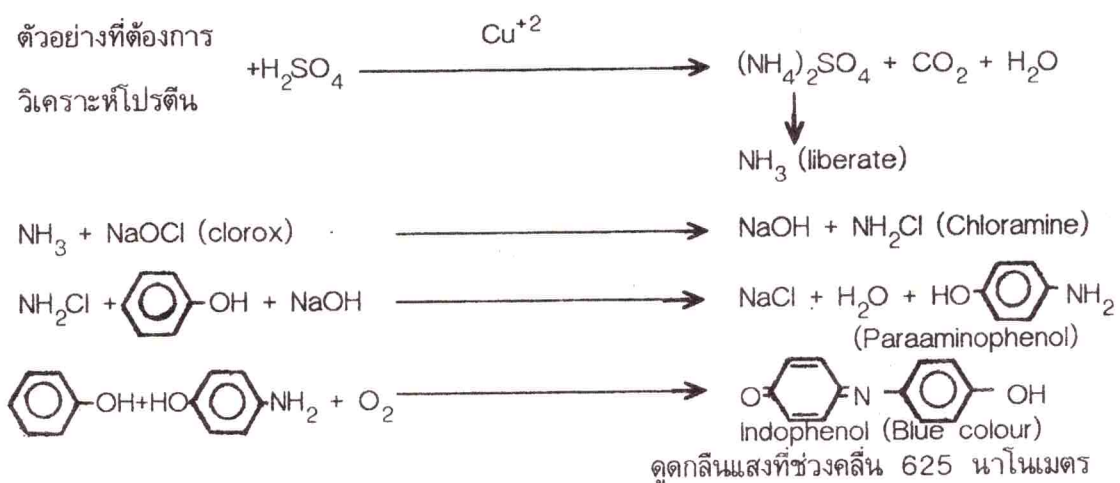
¹ Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50002.

คำนำ

ในการวิเคราะห์อาหารโดยทั่วไป การหาปริมาณโปรตีนทั้งหมด (Total protein) นิยมใช้วิธีมาตรฐาน Kjeldahl ในการหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในตัวอย่าง แล้วนำมาคูณกับค่ามาตรฐานของแต่ละชนิดของอาหาร จึงจะได้ค่าปริมาณโปรตีนทั้งหมดของอาหารชนิดนั้นๆ แต่วิธีการวิเคราะห์โดยการวัดสีเพื่อหาปริมาณไนโตรเจนดังกล่าว น่าจะเป็นวิธีที่สะดวกและมีความแม่นยำใกล้เคียงกับวิธีมาตรฐาน.

วิธีการวัดสีที่จะต้องทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Organic matter) ในสภาวะที่เป็นกรดและมีตัวเร่ง (Catalyst) ส่วนมากจะใช้ Cu^{+2} และ Hg^{+2} แล้วจึงนำไปกลั่น เพื่อให้แอมโมเนียออกมาแล้วทำการเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นสารที่มีสีแล้วสามารถวัดโดยใช้เครื่อง Spectrophotometer โดยการนำสารละลายสีที่ย่อยสลายมาแล้วทำการเติมสารละลาย Ethylene diamine tetra acetic acid (EDTA) ลงไปเพื่อกำจัดสารรบกวนที่ไม่บริสุทธิ์ที่มีผลต่อการกำหนดสีของการวิเคราะห์ จากวิธีการวิเคราะห์สารแอมโมเนียจะทำปฏิกิริยากับ Chlorox จะได้สาร Chloramine ในสภาพที่เป็นด่าง จากนั้น Chloramine จะเข้ารวมตัวกับสาร Phenol ได้สารพวก Para amino phenol แล้วทำปฏิกิริยาต่อกับ Phenol อีกหนึ่งโมเลกุล จะได้สาร Indophenol ที่มีสีน้ำเงิน จากนั้นจึงนำไปอ่านค่าการดูดกลืนแสง (Optical density) ที่ช่วงความยาวคลื่น 625 nm ได้ค่าที่สามารถเทียบกับกราฟมาตรฐาน ที่เตรียมโดยการใช้แอมโมเนียมซัลเฟต เป็นแหล่งของไนโตรเจนมาตรฐาน จะได้ค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่มีในตัวอย่าง โดยที่มีสารอื่นๆ นอกจากไนโตรเจนจากโปรตีน เช่น พวก Non-protein nitrogen อื่นๆ จะปะปนออกมาด้วย วิธีนี้ต้องทำการลดความคลาดเคลื่อน โดยการทำ Blank เพื่อหักล้างความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นได้.

ปฏิกิริยาทางเคมีของการเกิดสี โดยวิธีการวัดสีสามารถอธิบายได้ดังนี้ (แผนภาพที่ 1).



แผนภาพที่ 1. แสดงสมการเคมีการกำหนดสีจากการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในอาหาร

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การวางแผนการทดลอง

การทดลองนี้จะวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design โดยมีปัจจัยที่ทำการศึกษาคือ 2 ปัจจัย คือ :

ปัจจัยแรก เป็นวิธีการวิเคราะห์โปรตีน ซึ่งการทดลองนี้จะใช้ 2 วิธี คือ วิธีมาตรฐาน Micro-Kjeldahl และวิธีการพัฒนาจากวิธีมาตรฐานโดยการวัดสี (Colorimetric method).

ปัจจัยที่สอง เป็นตัวอย่างที่จะทำการวิเคราะห์ มี 3 ตัวอย่างที่จะทำการวิเคราะห์ ได้แก่ แบรินด์ซูบไก่, เนื้อหมู และนมถั่วเหลืองผง.

ดังนั้น การทดลองครั้งนี้จะเป็น 2 x 3 Factorial design in CRD มีสิ่งทดลองทั้งหมด 6 Treatment combination ซึ่งแต่ละสิ่งทดลองจะทำการทดลอง 6 ซ้ำ ดังต่อไปนี้ :

- สิ่งทดลองที่ 1 ใช้ตัวอย่างแบรินด์ซูบไก่ หาโปรตีนโดย Micro-Kjeldahl method
- 2 ใช้ตัวอย่างแบรินด์ซูบไก่ หาโปรตีนโดย Colorimetric method
- 3 ใช้ตัวอย่างเนื้อหมู หาโปรตีนโดย Micro-Kjeldahl method
- 4 ใช้ตัวอย่างเนื้อหมู หาโปรตีนโดย Colorimetric method
- 5 ใช้ตัวอย่างนมถั่วเหลืองผง หาโปรตีนโดย Micro-Kjeldahl method
- 6 ใช้ตัวอย่างนมถั่วเหลืองผง หาโปรตีนโดย Colorimetric method

การหาโปรตีนโดย Micro-Kjeldahl method

ซึ่งตัวอย่าง (ถ้าเป็นแบรินด์ซูบไก่ใช้น้ำหนักตัวอย่าง 0.5 กรัม, เนื้อหมู 0.1000 กรัม, นมถั่วเหลืองผง 0.3000 กรัม) ใส่ลงในขวดย่อยโปรตีน เติมสารตัวเร่ง $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} : \text{K}_2\text{SO}_4 = 1:15$ จำนวน 1 กรัม และเติมกรด H_2SO_4 เข้มข้นลงไป 5 มิลลิลิตร นำไปทำการย่อยในเครื่องย่อยชุด Micro Kjeldahl digestion จนกระทั่งได้สารละลายใส ทั้งให้เย็น ล้างขวดย่อยด้วยน้ำกลั่นร้อนๆ แล้วต้มต่อจนเป็นควันขาว ทั้งให้เย็นเติมน้ำกลั่นเล็กน้อยเพื่อละลายผลึก ทำการถ่ายสิ่งที่ย่อยได้ใส่ในขวดกลั่นล้าง ด้วยน้ำกลั่นครั้งละ 1-2 มิลลิลิตร 5-6 ครั้ง เติมสารละลาย $\text{NaOH}-\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ จำนวน 10 มิลลิลิตร ทำการกลั่นโดยใช้ความร้อนจากไอน้ำเดือด เก็บสิ่งที่กลั่นได้ในสารละลาย Boric acid ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 4 จำนวน 10 มิลลิลิตร ที่มี Indicator 1-2 หยด (Methyl red-bromocresol green solution) กลั่นจนได้สารละลายทั้งหมด 50 มิลลิลิตร.

นำสิ่งที่กลั่นไว้ไปไตเตรทกับสารละลายมาตรฐาน (H_2SO_4) จนได้สีชมพู ทำการวิเคราะห์ค่าโปรตีนจาก Blank sample ด้วยวิธีเช่นเดียวกับข้างต้น แล้วคำนวณหาปริมาณโปรตีนในตัวอย่างจากสูตร :

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละ)} = \frac{(\text{ml } \text{H}_2\text{SO}_4 - \text{ml Blank}) \times \text{Normality of } \text{H}_2\text{SO}_4 \times 1400.67}{\text{mg of Sample}}$$

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \text{ปริมาณไนโตรเจน} \times 6.25$$

การหาโปรตีนโดย Colorimetric method

ซึ่งตัวอย่างเช่นเดียวกับตอนแรก ใส่ลงไปในขวดย่อย เติมสารตัวเร่ง 1 กรัม และเติมกรด H_2SO_4 เข้มข้นลงไป 5 มิลลิลิตร นำไปย่อยในเครื่องย่อยชุด Micro Kjeldahl digestion จนกระทั่งได้สารละลายใส ทิ้งให้เย็นลง (10 นาที) แล้วนำไปเจือจางด้วยน้ำ Deionized water จำนวน 15-20 มิลลิลิตร แล้วถ่ายลงสู่ขวด Volumetric flask ขนาด 250 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ได้ 250 มิลลิลิตร แล้วผสมให้เข้ากันดีใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร มาเติมสิ่งต่อไปนี้ :

- 1 มิลลิลิตร ของตัวอย่างที่ย่อยและปรับปริมาตรแล้ว
- 1 มิลลิลิตรของสารละลาย EDTA (ละลาย 1 กรัมของ EDTA ใน 100 มิลลิลิตรของน้ำกลั่น แล้วปรับ pH เป็น 10 ด้วย NaOH เข้มข้นและ pH meter)
- 5 มิลลิลิตรของสารละลาย A (ละลาย 4.8 กรัมของ NaOH ในน้ำกลั่นที่ปราศจากออกซิเจน และปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร)
- 10 มิลลิลิตรของสารละลาย B (ละลาย 5 กรัมของ Phenol และ 25 กรัมของ Sodium nitroprusside ในน้ำและปรับปริมาตรให้เป็น 500 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชา เข้มข้นก่อนใช้ให้นำมาไว้ที่อุณหภูมิห้อง)
- 10 มิลลิลิตรของสารละลาย C (ละลาย 2.5 กรัมของ NaOH, 1.87 กรัม Anhydrous Na_2HPO_4 , 15.9 กรัมของ $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ และ 5 มิลลิลิตรของ Clorox ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้เป็น 500 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชา เข้มข้นก่อนใช้ให้นำมาไว้ที่อุณหภูมิห้อง)

เติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร และผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 0.5 - 1.0 ชั่วโมง แล้วนำไปอ่านค่าการดูดกลืนแสง (Optical density) ที่ 625 nm.

การเตรียม Reagent blank เพื่อลดความคลาดเคลื่อน

ให้นำกระดาษที่ปราศจากไนโตรเจน มาจำนวนเท่ากับตัวอย่างที่ใช้ เติมน้ำต่าง ๆ เช่นเดียวกับข้างต้น ทำการย่อยและปรับปริมาตร และทำการหาค่าความดูดกลืนแสงเช่นเดียวกัน เพื่อนำค่าที่ได้ไปลดความคลาดเคลื่อน แล้วเทียบกับกราฟมาตรฐานเพื่อหาปริมาณโปรตีนต่อไป.

การเตรียมกราฟมาตรฐาน

ใช้ Ammonium sulphate จำนวน 0.4720 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร นำสารละลายมา 10 มิลลิลิตรและเจือจางอีกให้ครบ 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่นจะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 1 $\mu\text{g N/ml}$ นำสารละลายมาตรฐานนี้ 0-50 มิลลิลิตร มาทำการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนเช่นเดียวกับตอนแรกทุกประการ จะได้ค่าต่างๆ ของ Optical density ที่ความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ความเข้มข้นต่างๆ จากกราฟมาตรฐานของการทดลองนี้จะได้อาปริมาณไนโตรเจนดังนี้ :

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน } (\mu\text{g}) = (\text{ค่า Optical density}) (112.50).$$

ทำการเปรียบเทียบข้อมูลของปริมาณโปรตีนของแต่ละตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธี โดยการใช้โปรแกรม Stat-Pack Package ทำการวิเคราะห์ทางสถิติ (Walonick, 1987).

ตัวอย่างแต่ละตัวอย่างจะทำการหาปริมาณความชื้น (โดยเฉพาะตัวอย่างเนื้อหมู และตัวอย่างนมถั่วเหลืองผง ตามวิธีของ AOAC; 1984) และหาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดในตัวอย่างแบรนต์ซูปไก่ ตามวิธีแบบ AOAC (1984).

ผลการทดลองและวิจารณ์

ตัวอย่างแบรนต์ซูปไก่ เป็นตัวอย่างที่เป็นของเหลว ซึ่งมีปริมาณของแข็งที่สามารถละลายน้ำได้ทั้งหมดเป็นร้อยละ 9.83 ± 0.86 (ตารางที่ 1) ส่วนตัวอย่างเนื้อหมูและตัวอย่างนมถั่วเหลืองผงที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีปริมาณความชื้นร้อยละ 72.10 ± 1.27 และ 3.63 ± 0.25 ตามลำดับ (ตารางที่ 1.).

ตารางที่ 1. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของตัวอย่างแบรนต์ซูบไก่ และปริมาณความชื้นของเนื้อหมูและนมถั่วเหลืองผง.

ตัวอย่าง	ของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (ร้อยละ)	ความชื้น (ร้อยละ)
แบรนต์ซูบไก่	9.83 ± 0.86	-
เนื้อหมู	-	72.10 ± 1.27
นมถั่วเหลืองผง	-	3.63 ± 0.25

ในการทดลองครั้งนี้ทำการเลือกตัวอย่างอาหารทั้ง 3 ตัวอย่าง ทั้งที่เป็นของเหลวและของแข็ง ทั้งที่เป็นพืชและสัตว์ เพื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน จากการทดลองพบว่า ปริมาณไนโตรเจน และโปรตีนในตัวอย่างอาหารทั้ง 3 ตัวอย่าง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.001$) (ตารางที่ 2.) กล่าวคือ ในตัวอย่างแบรนต์ซูบไกมีปริมาณไนโตรเจนและโปรตีนคิดเป็นร้อยละ 1.12 ± 0.09 และ 6.94 ± 0.56 ตามลำดับ ส่วนตัวอย่างเนื้อหมูมีปริมาณไนโตรเจนและโปรตีนคิดเป็นร้อยละ 3.22 ± 0.14 และ 20.12 ± 0.90 ตามลำดับ ส่วนปริมาณไนโตรเจนและโปรตีนในตัวอย่างนมถั่วเหลืองผงมีค่าร้อยละ 5.56 ± 0.14 และ 34.79 ± 0.86 ตามลำดับ อีกทั้งพบว่าวิธีมาตรฐานและวิธีการที่พัฒนาจากวิธีมาตรฐาน โดยการเปลี่ยนจากการไตเตรทมาเป็นวิธีการวัดสี ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเลย ($P > 0.05$) (ตารางที่ 2.) กล่าวคือวิธี Micro-Kjeldahl สามารถหาปริมาณไนโตรเจนได้ในตัวอย่างแบรนต์ซูบไก่, เนื้อหมู, และนมถั่วเหลืองผง มีค่าเท่ากับร้อยละ 1.156 ± 0.110 , 3.24 ± 0.18 และ 5.57 ± 0.11 ตามลำดับ.

ตารางที่ 2. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณไนโตรเจนและโปรตีนในตัวอย่างแบรนต์ซูบไก่ เนื้อหมู และนมถั่วเหลืองผง โดยใช้ Stat pack package

วิธีวิเคราะห์	ไนโตรเจน (ร้อยละ)	โปรตีน (ร้อยละ)		
Micro-kjeldahl	3.3208 ± 1.8599	20.7267 ± 11.6623		
Colorimeter	3.2813 ± 1.8868	20.5089 ± 11.7918		
ตัวอย่างอาหาร				
แบรนต์ซูบไก่	1.1183 ± 0.0932	6.9442 ± 0.5609		
เนื้อหมู	3.2192 ± 0.1440	20.1217 ± 0.9007		
นมถั่วเหลืองผง	5.5658 ± 0.1369	34.7875 ± 0.8558		
วิเคราะห์สถิติ	F-test	Significance	F-test	Significance
วิธีวิเคราะห์	0.8276	0.3702	0.6449	0.4283
ตัวอย่างอาหาร	3501.2083	0.0000	3517.3130	0.0000

ตารางที่ 3. ปริมาณไนโตรเจนและโปรตีนของแบรินด์ซูปไก่, เนื้อหมู, และนมถั่วเหลืองผงที่ทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีที่แตกต่างกัน.

ตัวอย่าง	วิธีที่ใช้วิเคราะห์	ปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละ)	ปริมาณโปรตีน (N x 6.25) (ร้อยละ)
แบรินด์ซูปไก่	Micro-Kjeldahl method	1.189	7.43
		1.032	6.45
		1.060	6.63
		1.204	7.52
		1.118	6.99
		1.332	8.33
	Colorimetric method	X $\pm$ SD	1.156 $\pm$ 0.110
			7.22 $\pm$ 0.68
			6.99
			6.49
			6.26
			7.33
			6.83
			6.63
		X $\pm$ SD	1.081 $\pm$ 0.060
			6.76 $\pm$ 0.38
เนื้อหมู	Micro-Kjeldahl method	3.10	19.38
		3.36	21.00
		3.04	19.00
		3.30	20.63
		3.50	21.88
		3.12	19.50
	Colorimetric method	X $\pm$ SD	3.24 $\pm$ 0.18
			20.23 $\pm$ 1.12
			19.06
			19.44
			21.06
			20.44
			19.94
			20.13
		X $\pm$ SD	3.20 $\pm$ 0.11
			20.01 $\pm$ 0.71
นมถั่วเหลืองผง	Micro-Kjeldahl method	5.55	34.69
		5.59	34.94
		5.51	34.44
		5.78	36.13
		5.44	34.00
		5.55	34.69
	Colorimetric method	X $\pm$ SD	5.57 $\pm$ 0.11
			34.82 $\pm$ 0.72
			32.81
			35.93
			35.19
			34.88
			34.69
			35.06
		X $\pm$ SD	5.56 $\pm$ 0.17
			34.76 $\pm$ 1.04

ส่วนปริมาณโปรตีนมีค่าร้อยละ 7.22 ± 0.68 , 20.23 ± 1.12 และ 34.82 ± 0.72 ตามลำดับ และเมื่อนำตัวอย่างดังกล่าวมาทำการหาค่าไนโตรเจนโดยวิธีการวัดสี ได้ค่าคิดเป็นร้อยละ 1.081 ± 0.060 , 3.20 ± 0.11 และ 5.56 ± 0.17 ตามลำดับ และค่าโปรตีนคิดเป็นร้อยละ 6.76 ± 0.38 , 20.01 ± 0.71 และ 34.76 ± 1.04 ตามลำดับ (ตารางที่ 3.) ดังนั้นจะเห็นได้ว่า การทดลองครั้งนี้นำเอาตัวอย่างอาหาร 3 ประเภทมาทดลอง พบว่าไม่ว่าตัวอย่างใดสามารถใช้วิธีการวิเคราะห์หาโปรตีนได้ทั้งวิธีมาตรฐานและวิธีที่พัฒนาจากวิธีมาตรฐานออกไป โดยได้ค่าที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใช้วิธีวัดสีน่าจะเป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว และมีความแม่นยำ เช่นกันในการวิเคราะห์หาโปรตีนในอาหารได้ทั้งในอาหารประเภทพืชและสัตว์ วิธีมาตรฐาน Micro-Kjeldahl จะเป็นวิธีที่ยาก คือ ขั้นตอนการกลั่นในขณะให้ความร้อน สารละลายต่าง (NaOH) จะกระเด็นออกมาสู่ Condensor และเข้าไปในตัว Receiver ได้ ซึ่งเป็นผลมาจากการเดือดของน้ำไม่สม่ำเสมอ อาจให้ความร้อนน้อยไปหรือมากเกินไป ทำให้ไอน้ำที่ผ่านเข้ามาไม่สม่ำเสมอ ทำให้ผลการวิเคราะห์คลาดเคลื่อนได้ อีกทั้งเสียเวลาค่อนข้างนาน เพราะต้องใช้เวลาในการกลั่นเพื่อให้ได้ปริมาตรสิ่งที่กลั่นได้ 50 มิลลิลิตร แต่วิธีการวัดสีเพียงแต่ละลายตัวอย่างในน้ำกลั่น และดูค่าวิเคราะห์การวัดสีได้ทันที จะเห็นว่าวิธีการวัดสีจึงมีความสะดวก รวดเร็วกว่าแบบวิธีมาตรฐาน Micro-Kjeldahl ค่อนข้างมากทีเดียว.

สรุปผลการทดลอง

การวิเคราะห์โปรตีนโดยวิธีการวัดสี ที่พัฒนามาจากวิธีมาตรฐาน micro-kjeldahl เป็นวิธีที่สามารถใช้ได้กับตัวอย่างอาหารทั้งที่เป็นพืชและสัตว์ ของแข็งหรือของเหลวได้อย่างแม่นยำ ใกล้เคียงกับวิธีมาตรฐานอย่างมาก จนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งวิธีการดังกล่าวมีความสะดวก รวดเร็วกว่าการวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐาน ซึ่งเป็นการประหยัดเวลา และมีความสะดวก ตลอดจนได้ค่าที่แม่นยำต่อการนำมาวิเคราะห์หาโปรตีนในอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ.

เอกสารอ้างอิง

- AOAC. (1984). Official Methods of Analysis. (13 rd.ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
- Braverman, J.B.S. (1963). Introduction to the Biochemistry of Foods. Elsevier Publishing Company, London.
- Hans Neurath. (1976). The Protein. (3rd. ed.). Volume II. Academic Press.
- King, R.D. (1978). Development of Food Analysis Technique. Applied Science Publishers, London.
- Mitchell, H.L. (1972). Microdetermination of nitrogen in plant tissues. J. Assoc. Office. Anal Chemists, 55:1.

- Pearson, D. (1976). The Chemical Analysis of Foods. Churchill Livingstone, London and New York.
- Pomeranz, Y. and Meloan, C.E. (1978). Food Analysis : Theory and Practice. AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut.
- Wiriyacharee, P., and Koumroptum, J. (1985). Effect of catalysts and boric concentration on protein analysis. J. of Agriculture, 1(1): 72-84.
- Walonick, D.S. (1987). Stat-Packets. Walonick Associates Inc., Minneapolis, M.N.
-