

# การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนในอาหารโดยเทคนิค Dumas combustion

เมโนวิช เรืองดิษฐ์  
ยุทธภูมิ สัมพันธ์รักษ์

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในอาหารโดยใช้วิธี Kjeldahl เป็นวิธีที่นิยมใช้กันในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารและอาหารสัตว์ โดยถูกอ้างอิงไว้ในมาตรฐานสากล ISO (International Organization for Standardization) และ AOAC (Association of Official Analytical Chemists) เพราะเป็นวิธีที่ให้ความถูกต้องและแม่นยำ เชื่อถือได้ แต่วิธีนี้มีข้อจำกัดหลายประการ ได้แก่ ระยะเวลาในการทดสอบค่อนข้างนาน ตามชนิดและองค์ประกอบของตัวอย่าง ผู้วิเคราะห์ต้องมีทักษะและความชำนาญค่อนข้างสูง ต้องใช้สารเคมีที่เป็นกรดและด่างเข้มข้นหลายชนิด รวมถึงมีการใช้โลหะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเช่น ทองแดง โปรท ทำให้เกิดปัญหาด้านการจัดการของเสียจากห้องปฏิบัติการและปัญหามลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม ด้วยเหตุผลเหล่านี้จึงมีการพัฒนาวิธีวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนในอาหารแทนวิธี Kjeldahl ซึ่ง Dumas combustion ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ได้รับ ความสนใจและกำลังเริ่มเป็นที่นิยมในขณะนี้ เพราะนอกจากจะเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงแล้วยังให้ค่าผลการทดสอบที่ใกล้เคียงกับวิธี Kjeldahl และยังมีข้อดีอื่นๆ อีก เช่น ใช้ระยะเวลา และสารเคมีในการวิเคราะห์น้อยกว่า

## หลักการเทคนิค Dumas combustion

เทคนิค Dumas combustion เป็นเทคนิคที่คิดค้นโดยนักเคมีชาวฝรั่งเศสชื่อ Jean Baptiste Andre Dumas (1800-1884) (รูปที่ 1) ซึ่งเป็นผู้บุกเบิกและมีความเชี่ยวชาญในด้านการวิเคราะห์และสังเคราะห์สารอินทรีย์ ต่อมาได้มีการนำหลักการดังกล่าวมาพัฒนาและประยุกต์ใช้ในช่วงต้นศตวรรษ ที่ 19 และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

โดยผู้ผลิตในหลายๆ ประเทศ ทำให้เครื่อง Dumas combustion ในปัจจุบันมีประสิทธิภาพสูง ให้ผลที่ถูกต้องแม่นยำและรวดเร็ว สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้กับงานหลายๆ ประเภท เช่นด้านอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ยา อาหาร และสิ่งแวดล้อม

หลักการการทำงานของเครื่องจะอาศัยหลักการนำสารตัวอย่างปริมาณน้อยมาเผาหรือสันดาปในระบบปิดภายใต้บรรยากาศออกซิเจนที่มีความบริสุทธิ์สูงที่อุณหภูมิไม่น้อยกว่า 850 องศาเซลเซียสขึ้นอยู่กับลักษณะองค์ประกอบของสารตัวอย่าง สารที่ได้จากการเผาไหม้ (combustion gases) จะถูกแก๊สตัวพา (carrier gas) นำเข้าสู่กระบวนการแยกสารที่ต้องการวิเคราะห์ และตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดชนิด Thermal Conductivity Detector (TCD) สัญญาณที่วัดได้จะผ่านกระบวนการประมวลผลด้วยระบบคอมพิวเตอร์ แสดงค่าเป็นปริมาณของสารที่ต้องการ ซึ่งสารที่สามารถตรวจวัดด้วยเทคนิคนี้ส่วนใหญ่จะเป็นธาตุอินทรีย์ (organic element) ได้แก่ คาร์บอน ออกซิเจน ซัลเฟอร์ ไฮโดรเจน และไนโตรเจน



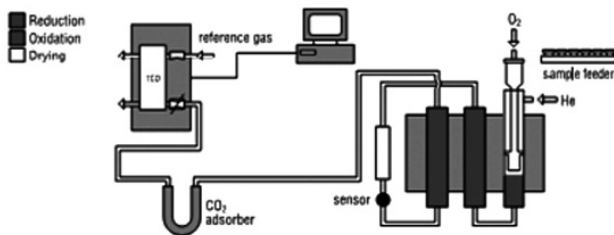
ภาพที่ 1 : Jean Baptiste Andre Dumas (1800-1884)



ภาพที่ 2: ตัวอย่างเครื่อง Dumas combustion

### การประยุกต์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนในอาหารและอาหารสัตว์

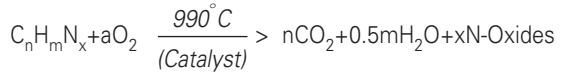
ในการหาปริมาณ โปรตีนในอาหารและอาหารสัตว์ ด้วยเทคนิค Dumas combustion ใช้หลักการเดียวกันกับการหาปริมาณธาตุหรือสารชนิดอื่นๆ แต่มีความแตกต่างกันในเรื่องสภาวะที่ใช้ อุปกรณ์ประกอบของเครื่อง ตลอดจนวัสดุสิ้นเปลืองต่างๆ การวิเคราะห์เริ่มจากการชั่งตัวอย่างปริมาณที่เหมาะสม ใส่ลงในภาชนะ เช่น crucible, tin capsule หรือกระดาศกรงที่ปราศจากไนโตรเจน จากนั้นนำตัวอย่างไปเผาในเตาเผา (combustion tube) ที่อุณหภูมิที่ไม่น้อยกว่า 850 องศาเซลเซียส ภายใต้บรรยากาศออกซิเจนที่มีความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 99.99% โดยใช้โลหะ เช่น ทองแดง หรือ แพลตินัม เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ไอสารที่ได้จากการเผาไหม้ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นโมเลกุลของไนโตรเจน ไนโตรเจนออกไซด์ น้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ และสารประกอบอื่น เช่น สารประกอบซัลเฟอร์ ฮาโลเจน โดยแก๊สตัวพาจะพาสารทั้งหมดเข้าไปในระบบ แก๊สตัวพาจะต้องไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมีหรือมีผลต่อสารวิเคราะห์ ได้แก่ แก๊สฮีเลียม หรือ คาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อไนโตรเจนออกไซด์ผ่านเข้าไปใน Reduction tube จะถูกรีดิวซ์ให้เป็นก๊าซไนโตรเจน โดยโลหะทองแดง หรือ ทังสเทน ส่วนสารอื่นๆ ก็จะถูกกำจัดด้วยตัวดูดซับที่มีความจำเพาะแตกต่างกันไปตามชนิดของสาร น้ำที่เกิดขึ้นจะถูกกำจัดด้วยความชื้น (drying agent) เช่น ไดฟอสฟอรัส เพนท็อกไซด์ (diphosphorus pentoxide) และแมกนีเซียม เปอร์คลอเรต (magnesium perchlorate) คาร์บอนไดออกไซด์จะถูกกำจัดโดย โซเดียมไฮดรอกไซด์ ส่วนสารประกอบซัลเฟอร์และธาตุฮาโลเจนจะถูกกำจัดโดยตัวดูดซับ เช่น เลดโครเมต (Lead chromate) หรือ ซิลเวอร์วูล (silver wool)



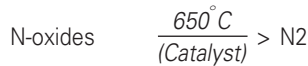
ภาพที่ 3 : แสดงไดอะแกรมเทคนิค Dumas combustion

### ตัวอย่างปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ภายในระบบ

Combustion furnace :



Reduction furnace :



เมื่อก๊าซไนโตรเจนผ่านกระบวนการกำจัดสารประกอบแล้ว จะถูกพาเข้าไป ที่เครื่องตรวจวัด TCD สัญญาณที่ตรวจวัดได้ก็จะถูกประมวลผลผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แสดงผลเป็นค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ซึ่งค่าไนโตรเจนทั้งหมด สามารถนำมาคำนวณหาค่าปริมาณโปรตีน โดยการนำมาคูณกับแฟคเตอร์ที่เหมาะสม เช่นเดียวกับวิธีของ Kjeldahl ซึ่งค่าแฟคเตอร์ ที่นำมาใช้นั้นจะมีค่าที่แตกต่างกันจะขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนที่แตกต่างกันในแต่ละผลิตภัณฑ์ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าแฟคเตอร์ในอาหารแต่ละผลิตภัณฑ์

Foodstuff	Nitrogen Conversion Factor
Wheat meal	5.83
Flour	5.70
Pasta	5.70
Bran	6.31
Rice	5.95
Rye/Barley/Oats	5.83
Ground nuts	5.46
Soybean/Seeds/Flour/Product	5.71
Milk	6.38
Cheese	6.38
Whey cheeses	6.38
Other foodstuffs not listed	6.25
Mixed protein sources (foodstuffs)	6.25

## เปรียบเทียบการวิเคราะห์หีโดยเทคนิค Dumas combustion กับ Kjeldahl

เมื่อทำการเปรียบเทียบผลการทดสอบ รวมถึงข้อดีและข้อเสียทางด้านเทคนิคและด้านอื่นๆ เช่น ค่าใช้จ่าย ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ความสะดวกในการปฏิบัติงาน ระหว่าง วิธี Dumas combustion กับ Kjeldahl สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบผลการหาค่าปริมาณโปรตีนโดย Dumas combustion กับ Kjeldahl method

Category	Sample names and description	Kjeldahl method Mean N (%)	Dumas combustion Mean N (%)
Dairy Product	Drymilk	5.54	5.58
	Skim-milk 1	0.50	0.48
	1% milk 1	0.51	0.49
	Chocolate milk shake	0.56	0.56
	Creme of cereal	1.64	1.67
Baby foods and infant formular	Biscuits 1	1.81	1.87
	Milk soup with cereal and fruit	2.18	2.23
	Barley	2.03	2.05
Cereal	Corn	1.41	1.43
	Wheat 1	2.36	2.37
	Meat meal	8.73	8.75
Animal Feeds	Soya bean meal	7.98	8.00
	Hog feed	3.38	3.39

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบทางด้านเทคนิคระหว่าง Dumas combustion กับ Kjeldahl

ข้อเปรียบเทียบ	เทคนิค Kjeldahl	เทคนิค Dumas combustion
1. เวลาที่ใช้ในการทดสอบต่อตัวอย่าง	ใช้เวลาไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง	ใช้เวลาไม่เกิน 6 นาที
2. เครื่องมือและอุปกรณ์ประกอบ	ราคาปานกลาง	ราคาสูง
3. วัสดุสิ้นเปลืองและสารเคมี	ใช้สารเคมีหลายชนิด ในปริมาณค่อนข้างสูง	ใช้สารเคมีน้อย สามารถใช้ได้หลายครั้ง
4. ความสิ้นเปลืองของพลังงานและเชื้อเพลิง	สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าหรือเชื้อเพลิงสูง	สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าน้อยมาก
5. ความชำนาญของผู้ทดสอบ	ต้องมีความชำนาญค่อนข้างสูง	ไม่ต้องใช้ความชำนาญมาก
6. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	เกิดของเสียที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมสูงมาก	เกิดของเสียที่เป็นพิษน้อย
7. ความสะดวกในการปฏิบัติงาน	ยากต่อการปฏิบัติงาน	สะดวกและง่ายต่อการปฏิบัติงาน

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าเทคนิค Dumas combustion เป็นอีกทางเลือกที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนในอาหารและอาหารสัตว์ เพราะนอกจากจะให้ค่าผลการวิเคราะห์ที่มีค่าความถูกต้องและแม่นยำสูง ใกล้เคียงกับวิธี Kjeldahl แล้วยังสามารถลดระยะเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ลง อีกทั้งไม่ก่อให้เกิดมลพิษจำพวกของเสียที่เกิดจากกระบวนการวิเคราะห์ เช่น ก๊าซพิษ โลหะหนัก กรดต่างเข้มข้น ซึ่งยากต่อการกำจัดและทำลายสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

ปัจจุบัน โครงการวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ซึ่งเป็นหน่วยงานของภาครัฐ มีหน้าที่บทบาทและความรับผิดชอบสำคัญในด้านให้บริการวิเคราะห์ส่วนประกอบของอาหารและผลิตภัณฑ์ ได้มีการพัฒนาและนำเทคนิค Dumas combustion มาใช้ในการให้บริการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนในอาหารและผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ให้แก่หน่วยงานและบุคคลที่สนใจทั่วไป โดยผู้ที่สนใจสามารถขอรับบริการ โดยติดต่อและส่งตัวอย่างมาวิเคราะห์ได้ที่โครงการวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ โทร. 0 2201 7208

## เอกสารอ้างอิง

- Association of Official Analytical Chemists. **Official method of analysis : nitrogen (total) in fertilizers. 955.04. chapter 2.** Arlington, Va : AOAC, 2005, p. 14.
- Bulletin of the International Dairy Federation. Comprehensive review of scientific literature pertaining to nitrogen protein conversion factors. 2006. [Online] [cited 20 July 2009] Available from Internet : <http://www.idfdairynutrition.org/Content/Default.asp?PageID=474> .
- Elementar Analysensysteme GmbH. **Vario MAX elemental analyzers.** Donaustrasse , Hanau : Elementar Analysensysteme GmbH, 2005.
- Simonne, AH, et al. Could the dumas method replace the kjeldahl digestion for nitrogen and crude protein determination in foods?. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, August, 1996, vol.73, p.39-45.

