สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การหาค่าความไม่แน่นอนในการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร ในกากถั่วเหลือง นมและผลิตภัณฑ์นม

QUANTIFICATION UNCERTAINTY IN PROXIMATE ANALYSIS OF SOYBEAN MEAL, MILK AND MILK PRODUCT

T060975

กมลกาญจน์ จิญกาญจน์
KAMOLGAN JINGAN

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 60975
วัน,เดือน,ปี - 7 ก.ค. 2549

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสุขาภิบาลอาหาร
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2548

ISBN 974-15-1688-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

.b.....
.i.....

QUANTIFICATION UNCERTAINTY IN PROXIMATE ANALYSIS OF SOYBEAN MEAL, MILK AND MILK PRODUCT

KAMOLGAN JINGAN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN FOOD SANITATION
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2005

ISBN 974-15-1688-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2005
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การหาความไม่แน่นอนในการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารในกากถั่วเหลือง นม และผลิตภัณฑ์นม

QUANTIFICATION OF UNCERTAINTY IN PROXIMATE ANALYSIS OF SOYBEAN MEAL, MILK AND MILK PRODUCTS

ชื่อนักศึกษา นางสาวกมลกาญจน์ จิญกาญจน์

รหัสประจำตัว 45063001

หลักสูตร วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา สุขาภิบาลอาหาร

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ดร.วริพัสย์ อารีกุล

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม อาจารย์ตติย สีหร่าย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ดร.วริพัสย์	อารีกุล	
อาจารย์ตติย	สีหร่าย	
ดร.ประภาพร	ขอไพบูลย์	
ดร.ประพันธ์	ปิ่นศิโรดม	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 24 พฤษภาคม 2548 เวลา 10.00-12.00 น.

สถานที่สอบ ณ ห้องสัมมนา D213 อาคารเจ้าคุณทหาร

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(ผศ.ดร.จารวัตร เจริญสุข)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 30 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	**การหาค่าความไม่แน่นอนในการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร ในกากถั่วเหลือง นมและผลิตภัณฑ์นม**
นักศึกษา	**นางสาวกมลกาญจน์ จิญกาญจน์**
รหัสประจำตัว	45063001
ปริญญา	**วิทยาศาสตรบัณฑิต**
สาขาวิชา	**สุขาภิบาลอาหาร**
พ.ศ.	2548
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	**ดร.วริพัสย์ อารีกุล และ อาจารย์ตติย สีหร่าย**

บทคัดย่อ

ในการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของกากถั่วเหลือง นมและผลิตภัณฑ์นม ด้วยแผนภูมิก้างปลาพบว่าสามารถเกิดค่าความไม่แน่นอนขึ้นได้ในทุกขั้นตอน และมีปัจจัยที่ทำให้เกิดความไม่แน่นอนของผลการวิเคราะห์ได้แก่ การชั่ง การวัดปริมาตร ความบริสุทธิ์ของสารเคมี และความเที่ยงของการวิเคราะห์ การใช้โปรแกรม Excel ที่จัดทำขึ้น สามารถจำแนกแหล่งของความไม่แน่นอนพร้อมการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ต่างๆ ได้สะดวกและง่ายต่อการใช้งาน

การคำนวณค่าความไม่แน่นอนจากการทดลองเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์มาตรฐาน กับวิธีที่ได้มีการพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในห้องปฏิบัติการในการวิเคราะห์ ความชื้น โปรตีนและกาก พบว่าค่าความไม่แน่นอนของค่าความชื้นและกาก ของวิธีทั้งสองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากการวิเคราะห์ดังกล่าวมีจำนวนปัจจัยความไม่แน่นอนที่เท่ากัน ในขณะที่การวิเคราะห์โปรตีนทั้งสองวิธีให้ค่าความไม่แน่นอนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากมีปัจจัยความไม่แน่นอนที่แตกต่างกันและมีหลายปัจจัย การวิเคราะห์กากและโปรตีน มีค่าความไม่แน่นอนแบบ B สูงทำให้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ค่าความไม่แน่นอนร่วมของการวิเคราะห์ความชื้น ไขมัน และเถ้าไม่มีความแตกต่างกับแบบ A นอกจากนี้ยังพบว่าความไม่แน่นอนแบบ A ที่ได้จากการวิเคราะห์ 2 ซ้ำให้ค่าความไม่แน่นอนมากกว่าการวิเคราะห์ 3 ซ้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Quantification Uncertainty in Proximate Analysis of Soybean Meal, Milk and Milk Product
Student	Miss Kamolgan Jingan
Student ID	45063001
Degree	Master of Science
Programe	Food Sanitation
Year	2548
Thesis Advisor	Dr. Varipat Areekul and Mr. Tatiya Sriharai

ABSTRACT

Individual steps of the proximate analysis of soybean meal, milk and milk products were examined to identify all possible sources of uncertainty using fishbone diagram. The uncertainty contributions were influenced from samples, environments and steps of analytical methods; weighing, digestion, extraction and titration etc. Spread sheet method applied for uncertainty calculation using Excel program is simple and accessible to identify sources and estimate quantification uncertainty. The uncertainty estimations between standard and In-house development procedures in moisture, protein and crude fiber content were evaluated. The Uncertainty of moisture and crude fiber content in both procedures showed no significant because same factors affected on quantification uncertainty. While those of protein content were statistical difference due to variable and different sources of uncertainty

Crud fiber and pprotien analysis showed higher values of uncertainty type B resulting in statistical difference between uncertainty type A and combined uncertainty (type A and B) while no difference were found in those of moisture, fat and ash analysis. In addition, The uncertainty type A in duplicate analysis showed statisticaly higher than that in triplicate analysis

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.วริพัสย์ อารีกุล และอาจารย์ ตติย สีหร่าย ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะ ช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ประภาพร ขอไพบูลย์ และผศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม กรรมการสอบหัวข้อและโครงร่างวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะจนในที่สุดทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

ขอขอบคุณคุณปรีชา ธรรมนิยม ผู้อำนวยการโครงการวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คุณบังอร บุญชู หัวหน้ากลุ่มงานคุณค่าทางโภชนาการ และ คุณศิริบุญ พูลสวัสดิ์ ที่ให้โอกาสและสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และทุกๆคนในกลุ่มงานคุณค่าทางโภชนาการ กรมวิทยาศาสตร์บริการที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา

และสุดท้ายขอขอบคุณคุณพ่อ คุณแม่ คุณพี่และเพื่อนๆ ที่มอบความรัก ความเอาใจใส่เป็นกำลังใจที่ดีที่สุดตลอดมา และทำข้าพเจ้ามีกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จเพื่อความสุขของทุกคน

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

กมลกาญจน์ จิญกาญจน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VI

สารบัญรูป.....VIII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....3

2.1 กากถั่วเหลือง.....3

2.2 นมผงและนมผงปรุงแต่ง.....3

2.3 นมยูเอชที.....3

2.4 ค่าความไม่แน่นอนของผลการวัด.....3

2.5 การวิเคราะห์ทดสอบเพื่อหาปริมาณคุณค่าทางโภชนาการในอาหาร.....7

2.6 แผนภูมิก้างปลา.....9

2.7 วิธีวิเคราะห์มาตรฐาน.....10

2.8 วิธีวิเคราะห์ที่มีการดัดแปลงจากวิธีมาตรฐานเพื่อใช้ในหน่วยงาน.....10

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ.....12

3.1 ตัวอย่าง.....13

3.2 เครื่องมือ.....13

3.3 สารเคมี.....13

3.4 วิธีการวิเคราะห์.....13

3.5 วิธีการดำเนินงาน.....14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.6 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ.....15
3.7 สถานที่ทดลอง.....15

บทที่ 4 ผลการทดลองวิจารณ์
4.1 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความไม่แน่นอนโดยการใช้แผนภูมิก้างปลาของรายการวิเคราะห์ทดสอบ.....16
4.2 การจัดทำการคำนวณค่าความไม่แน่นอนสำเร็จรูปโดยการใช้โปรแกรม EXCEL ในการวิเคราะห์ทดสอบคุณค่าทางอาหารของกากถั่วเหลือง นมผง และนมยูเอชที.....22
4.3 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ตัวอย่างโดยวิธีมาตรฐานกับวิธีดัดแปลง.....38
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งของความไม่แน่นอนในการวิเคราะห์ค่าความไม่แน่นอนในตัวอย่าง.....51

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....55

บรรณานุกรม.....57

ภาคผนวก.....58

ประวัติผู้เขียน.....91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงการแปลงข้อมูลของแหล่งความไม่แน่นอนเป็นค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน.....6

2.2 แสดงขั้นตอนที่แตกต่างกันระหว่างวิธีมาตรฐานกับวิธีที่ดัดแปลงขึ้นเพื่อใช้ใน ห้องปฏิบัติการ กลุ่มคุณค่าทางโภชนาการ กรมวิทยาศาสตร์บริการ.....11

4.1 แสดงผลการวิเคราะห์ความชื้นของกากถั่วเหลือง.....38

4.2 แสดงผลการวิเคราะห์โปรตีนของกากถั่วเหลือง.....39

4.3 แสดงผลการวิเคราะห์กากของกากถั่วเหลือง.....40

4.4 แสดงผลการวิเคราะห์ไขมันและเถ้าด้วยวิธีมาตรฐานของกากถั่วเหลือง.....42

4.5 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของกากถั่วเหลืองที่วิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐาน.....42

4.6 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของกากถั่วเหลืองที่วิเคราะห์ด้วยวิธีดัดแปลง.....43

4.7 แสดงผลการวิเคราะห์โปรตีนของนมผง.....43

4.8 แสดงผลการวิเคราะห์ความชื้น ไขมันและเถ้าด้วยวิธีมาตรฐานของนมผง.....44

4.9 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของนมผงที่วิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐาน.....45

4.10 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของนมผงที่วิเคราะห์ด้วยวิธีดัดแปลง.....46

4.11 แสดงผลการวิเคราะห์โปรตีน ของนมยูเอชที.....46

4.12 แสดงผลการวิเคราะห์ความชื้น ไขมันและเถ้าด้วยวิธีมาตรฐานของนมยูเอชที.....47

4.13 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของนมยูเอชทีที่วิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐาน.....48

4.14 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของนมยูเอชทีที่วิเคราะห์ด้วยวิธีดัดแปลง.....49

4.15 แสดงค่าความไม่แน่นอนของวิธีมาตรฐานกับวิธีดัดแปลงในกากถั่วเหลือง นมผงและนมยูเอชที.....50

4.16 แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติของความไม่แน่นอนที่คำนวณเฉพาะแบบ A กับแบบร่วม.....52

4.17 แสดงค่าความไม่แน่นอนแบบ A จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำและ 2 ซ้ำในตัวอย่าง กากถั่วเหลือง นมผงและนมยูเอชที.....53

จ 1. แสดงค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ความชื้นในกากถั่วเหลือง.....77

จ 2. แสดงค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์โปรตีนในกากถั่วเหลือง.....78

จ 3. แสดงค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ไขมันในกากถั่วเหลือง.....79

จ 4. แสดงค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์กากในกากถั่วเหลือง.....80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

จ 5. แสดงค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์เถ้าในกากถั่วเหลือง.....81

จ 6. แสดงค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ความชื้นในนมผง.....82

จ 7. แสดงค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์โปรตีนในนมผง.....83

จ 8. แสดงค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ไขมันในนมผง.....84

จ 9. แสดงค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์เถ้าในนมผง.....85

จ 10. แสดงค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ความชื้นในนมยูเอชที.....86

จ 11. แสดงค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์โปรตีนในนมยูเอชที.....87

จ 12. แสดงค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ไขมันในนมยูเอชที.....88

จ 13. แสดงค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์เถ้าในนมยูเอชที.....89

ฉ 14. น้ำหนักโมเลกุลมาตรฐาน ปี ค.ศ. 1997.....90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การหาค่าความไม่แน่นอน เป็นหนึ่งในหลายๆปัจจัยที่สำคัญสำหรับห้องปฏิบัติการที่อยู่ในระบบคุณภาพตามมาตรฐาน ISO 17025 การที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทดสอบสามารถระบุค่าความไม่แน่นอนในผลการวิเคราะห์ทดสอบ จะทำให้หน่วยงานที่ขอรับบริการมีความมั่นใจในผลการวิเคราะห์ทดสอบมากยิ่งขึ้น ในปัจจุบันการใช้ระบบคุณภาพต่างๆ จะทำให้เกิดความมั่นใจต่อผู้บริโภค โดยเฉพาะสินค้าที่ส่งออกไปยังต่างประเทศที่มีการเข้มงวดต่อผลการวิเคราะห์ เพื่อรับรองคุณภาพของอาหารมากยิ่งขึ้น การที่ห้องปฏิบัติการทดสอบในโรงงาน หรือหน่วยงานที่ให้บริการวิเคราะห์ทดสอบได้รับการรับรองคุณภาพมาตรฐาน ISO 17025 จะทำให้ลูกค้าทั้งต่างประเทศและในประเทศ ให้การยอมรับในผลการวิเคราะห์ที่แนบไปกับตัวผลิตภัณฑ์มากยิ่งขึ้น ช่วยลดปัญหาการกีดกันทางการค้าระหว่างประเทศที่อาจเกิดขึ้นได้ ในเรื่องของความมั่นใจในผลการวิเคราะห์ทดสอบ และหากห้องปฏิบัติการภายในโรงงานได้รับการรับรองระบบคุณภาพดังกล่าวแล้ว สามารถรายงานผลการทดสอบแก่ลูกค้าได้โดยตรง ระบบคุณภาพ ISO 17025 นี้มีข้อกำหนดที่ห้องปฏิบัติการ ต้องปฏิบัติหลายข้อกำหนด หนึ่งในนั้น คือ การจัดทำการคำนวณหาค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ในรายการวิเคราะห์ต่างๆ เนื่องจากการคำนวณค่าความไม่แน่นอนมีปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ไม่เหมือนกันในแต่ละวิธี ดังนั้นการจัดทำเป็นรูปแบบที่เป็นตัวอย่าง จะทำให้สามารถเข้าใจถึงการคำนวณหาค่าความไม่แน่นอนได้สะดวก รวดเร็วและง่ายขึ้น และด้วยเหตุผลที่ห้องปฏิบัติการทดสอบในโครงการวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ได้รับทดสอบตัวอย่างประเภทกากถั่วเหลือง นม และผลิตภัณฑ์นม เป็นจำนวนมากจึงมีเป้าหมาย ในการขอการรับรองระบบคุณภาพห้องปฏิบัติการ ISO 17025 ในรายการทดสอบด้านคุณค่าทางโภชนาการของตัวอย่างดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อค่าความไม่แน่นอน ในการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของกากถั่วเหลือง นมผงและนมยูเอชที

1.2.2 เพื่อจัดทำการคำนวณค่าความไม่แน่นอนสำเร็จรูปโดยการใช้โปรแกรม EXCEL ในการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของกากถั่วเหลือง นมผงและนมยูเอชที

1.2.3 เพื่อศึกษาผลการวิเคราะห์ตัวอย่างที่รวมค่าความไม่แน่นอนโดยใช้วิธีมาตรฐานเปรียบเทียบกับวิธีการวิเคราะห์ที่มีการดัดแปลงจากวิธีมาตรฐานเพื่อใช้ในหน่วยงาน

1.2.4 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งของความไม่แน่นอนในการวิเคราะห์ค่าความไม่แน่นอนในตัวอย่าง

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 การวิจัยนี้เป็นการศึกษาค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ความชื้น โปรตีน ไขมัน กาก เถ้าของตัวอย่าง กากถั่วเหลือง นมผงและนมยูเอชที

1.3.2 ค่าความไม่แน่นอนแบบ B ที่ใช้ในการคำนวณค่าความไม่แน่นอนเป็นค่าที่ใช้เฉพาะช่วงเวลาและเฉพาะห้องปฏิบัติการที่ใช้ดำเนินการวิจัยครั้งนี้เท่านั้น

1.3.3 การวิจัยนี้เป็นการศึกษาค่าความไม่แน่นอนของการใช้วิธีวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน AOAC กับวิธีวิเคราะห์ที่ดัดแปลงขึ้นเพื่อใช้ในห้องปฏิบัติการ ในรายการวิเคราะห์ความชื้นและกากในตัวอย่างกากถั่วเหลือง และรายการวิเคราะห์โปรตีน ในตัวอย่าง กากถั่วเหลือง นมผงและนมยูเอชที

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จากงานวิจัยในครั้งนี้เป็นศึกษาปัจจัย และวิธีการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์และมีการจัดทำเป็นโปรแกรมExcel ที่ช่วยในการคำนวณค่าความไม่แน่นอนตามวิธีวิเคราะห์แต่ละวิธี จะทำให้ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทดสอบสามารถศึกษาและนำไปเป็นแนวทางสำหรับการหาค่าความไม่แน่นอนของผลการวัดในรายการวิเคราะห์ทดสอบของตนเองได้อย่างสะดวกและเข้าใจได้ง่าย และผลการวิจัยในการศึกษาความสัมพันธ์ของแหล่งความไม่แน่นอนต่างๆ จะทำให้เห็นความสำคัญของการจัดทำการคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวิเคราะห์ทดสอบมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กากถั่วเหลือง

กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตอาหารสัตว์ เนื่องจากเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญรองจากปลาป่น กากถั่วเหลืองเป็นของเหลือจากกระบวนการผลิตน้ำนมถั่วเหลือง และน้ำมันถั่วเหลือง ทั้งแบบบีบอัดน้ำมันออกมาหรือแบบสกัดน้ำมันด้วยสารเคมี สำหรับกากถั่วเหลืองจากกระบวนการผลิตน้ำมันจะประกอบไปด้วยโปรตีนค่อนข้างสูงประมาณ 42 ถึง 48 เปอร์เซ็นต์ และมีไขมันเพียง 1 ถึง 4 เปอร์เซ็นต์ หากเป็นกากถั่วเหลืองที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองจะมีโปรตีนต่ำกว่าดังนั้น การผ่านกระบวนการผลิตที่ต่างกันก็อาจส่งผลต่อคุณค่าทางอาหารที่มีอยู่ในกากถั่วเหลืองต่างกันด้วย

2.2 นมผงและนมผงปรุงแต่ง

นมผง หมายถึง น้ำนมดิบที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อและระเหยน้ำออกด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ จนเป็นผง อาจมีการเติมองค์ประกอบอื่นของนมเพิ่มเติมอีกด้วยก็ได้ เช่น มันเนย โดยทั่วไป นมผงแบ่งเป็น 3 ชนิด ได้แก่ นมผงชนิดเต็มมันเนย นมผงชนิดพร่องมันเนย และนมผงชนิดขาดมันเนย ส่วนนมผงปรุงแต่งนั้นจะหมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำนมโค ชนิดนมผง มาผ่านกรรมวิธีการผลิตต่าง ๆ แล้วปรุงแต่งด้วยกลิ่นหรือรส และอาจเติมวัตถุอื่นที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพอีกด้วยก็ได้ (กระทรวงสาธารณสุข, 2545)

2.3 นมยูเอชที

เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำน้ำนมโค มาผ่านกรรมวิธีการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 133 องศาเซลเซียสไม่น้อยกว่า 1 วินาที แล้วบรรจุในภาชนะในสภาวะที่ปราศจากเชื้อ ทั้งนี้จะต้องผ่านกรรมวิธีทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วย ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีอายุการเก็บรักษานานกว่า 6 เดือน ณ อุณหภูมิห้อง ส่วนนมปรุงแต่งยูเอชที หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำนมยูเอชทีมาปรุงแต่งด้วยกลิ่นหรือรส และอาจเติมวัตถุอื่นที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพอีกด้วยก็ได้ (กระทรวงสาธารณสุข, 2545)

2.4 ค่าความไม่แน่นอนของผลการวัด

ค่าความไม่แน่นอนของผลการวัด (Uncertainty of measurement) เป็นตัวแปรที่เกี่ยวเนื่องกับผลการวัด ที่สามารถอธิบายถึงการกระจายของค่าปริมาณที่วัด ซึ่งในทางปฏิบัติจะถูกนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาแทนค่าจริง (true value) เพราะในทางปฏิบัติไม่สามารถหาค่าที่แท้จริงได้ ทั้งนี้เนื่องจากความผิดพลาดจากปัจจัยต่างๆ เช่น ผู้ทดลอง เครื่องมือ เป็นต้น ซึ่งค่าความไม่แน่นอนของผลการวัดนี้สามารถวิเคราะห์ได้จากตัวแปรต่างๆ เช่น ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย หรือปัจจัยอื่นที่สามารถแสดงในรูปของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Eurachem, 2000)

2.4.1 ปัจจัยที่มีผลต่อความไม่แน่นอน

ความไม่แน่นอนเกิดขึ้นได้จากหลายๆปัจจัยเช่น จากความไม่เป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่าง การสุ่มตัวอย่าง การเตรียมตัวอย่าง กระบวนการวิเคราะห์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ สภาวะแวดล้อม หรือตัวผู้วิเคราะห์เอง เป็นต้น ซึ่งค่าต่างๆเหล่านี้สามารถจำแนกแหล่งของความผิดพลาดออกได้เป็น 2 กลุ่มอันเนื่องมาจากวิธีที่ใช้ในการคาดคะเน ได้แก่

แบบ A คือ ปัจจัยความไม่แน่นอนที่สามารถประเมินได้โดยวิธีทางสถิติเกิดจากการทำซ้ำ

แบบ B คือ ปัจจัยความไม่แน่นอนทั้งหลายที่สามารถประเมินด้วยวิธีอื่นๆ

2.4.2 การประเมินค่าความไม่แน่นอนแบบ A

ค่าความไม่แน่นอนแบบ A เป็นการประเมินโดยวิธีทางสถิติที่ได้จากการวัดซ้ำๆกัน เมื่อได้ค่าจากการวัด นำมาหาค่ากลางหรือค่าเฉลี่ย($\bar{x}$) และประมาณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, sd) ได้จากสมการ 2.1 และ 2.2 ตามลำดับ

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \qquad (2.1)$$

$$sd = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2} \qquad (2.2)$$

เมื่อ

n = จำนวนครั้งของการวัด

X_i = ค่าการวัด

ความไม่แน่นอนมาตรฐานแบบ A ,U(a) คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวัด

$$u_a = sd \qquad (2.3)$$

2.4.3 การประเมินค่าความไม่แน่นอนแบบ B

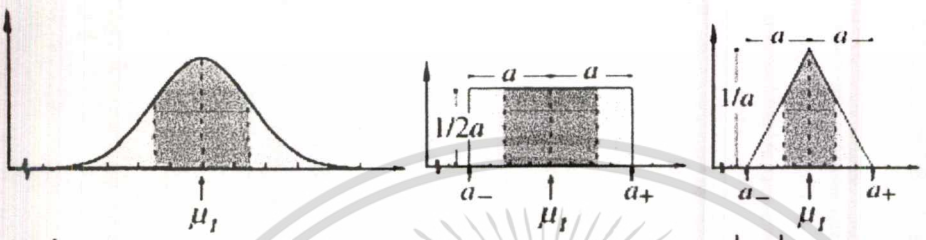
โดยทั่วไปค่าความไม่แน่นอนแบบ B ประกอบด้วยความไม่แน่นอนในลักษณะต่างๆดังนี้

- การรายงานค่าความไม่แน่นอนของมาตรฐานอ้างอิง และค่าที่แปรเปลี่ยนหรือค่าไม่คงตัวของมาตรฐานอ้างอิง เช่น สารมาตรฐานที่สั่งซื้อเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ นอกจากผู้ผลิตจะรายงานค่าความเข้มข้นของสารมาตรฐานนั้นแล้ว ยังรายงานค่าความไม่แน่นอนของความเข้มข้นนั้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เครื่องมือวัด หรือเครื่องมือสอบเทียบ รวมถึงอุปกรณ์ประกอบ
- ค่าความละเอียดของเครื่องมือที่ถูกวัดหรือสอบเทียบ
- ผลของสภาวะแวดล้อม

ส่วนประกอบของการประเมินแบบ B ควรจะแสดงลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็น แต่อาจพิจารณาได้ในลักษณะอื่น ขึ้นกับธรรมชาติของการแจกแจงความน่าจะเป็น



รูปที่ 2.1 แสดงภาพการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ แบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าและแบบสามเหลี่ยม

ที่มา : NIST (2005)

จากรูปที่ 2.1 แสดงการกระจายหรือการแจกแจงความน่าจะเป็น 3 ชนิดคือ การกระจายแบบปกติ แบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าและแบบสามเหลี่ยม โดย μ_i แสดงในรูปค่าผลลัพธ์ที่คาดไว้หรือค่าเฉลี่ยของการกระจาย พิสัยของการกระจาย, a ในส่วนที่แรเงาแสดงถึงค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน (±one standard uncertainty, ±u) ของผลลัพธ์ โดยในการการกระจายแบบปกติ ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 68 เปอร์เซ็นต์ของการกระจาย ส่วนในการกระจายแบบสม่ำเสมอหรือการกระจายแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า และการกระจายแบบสามเหลี่ยมมีค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานประมาณ 58 และ 65 เปอร์เซ็นต์ของการกระจายทั้งหมดตามลำดับ ซึ่งหลักการในการคำนวณเมื่อทราบค่าพิสัยของของการกระจายของข้อมูลแล้ว ทำเป็นค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานได้โดยการหารด้วยตัวหารที่ทำให้ได้ขอบเขตในช่วงของพื้นที่แรเงาหรือค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานนั่นเอง ซึ่งตัวหารนี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะการกระจายของข้อมูลนั้นๆ การคำนวณค่าความไม่แน่นอนมารตรฐาน แสดงได้ดังสมการที่ 2.4 และตัวอย่างการแปลงข้อมูลของการกระจายให้อยู่ในรูปค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน สามารถแสดงดังตารางที่ 2.1

$$U_i(x_i) = \frac{\text{quoted value}}{\text{devisor}} \qquad (2.4)$$

เมื่อ

quoted value = ค่าความไม่แน่นอนจากแหล่งความไม่แน่นอนต่างๆ

devisor = ตัวหารเพื่อแปลงความไม่แน่นอนเป็นความไม่แน่นอนมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 การแปลงข้อมูลของแหล่งความไม่แน่นอนให้อยู่ในรูปค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน

แหล่งที่มาของข้อมูล (source)	ค่าที่ได้ (value)	การกระจาย (distribution)	ตัวหาร (devisor)	standard uncertainty ±u(X)
ค่า SD ที่ได้จากการทำซ้ำ	S	normal	1	S
ค่าความไม่แน่นอนที่ให้ในรูปของ standard deviation coefficient of variance relative standard deviation โดยที่ไม่ระบุรูปแบบการกระจาย	 S CV% $\frac{S}{\bar{X}}$	normal	1	 S $\bar{X}(S/X)$ $(CV\%\ \bar{X})/100$
ค่าความไม่แน่นอนที่ระบุระดับความเชื่อมั่นที่ 95% โดยไม่ระบุรูปแบบการกระจาย	C	normal	2	C/2
ค่าความไม่แน่นอนที่ระบุระดับความเชื่อมั่นที่ 99.7% โดยไม่ระบุรูปแบบการกระจาย	C	normal	3	C/3
ค่าที่บริษัทหรือผู้ผลิตให้ในใบรับรองหรือข้อกำหนด เช่น ความเที่ยงตรง(linearity) ของเครื่องชั่ง ความบริสุทธิ์(purity) ของสารเคมี	 L P	rectangular	$\sqrt{3}$	 $L/\sqrt{3}$ $P/\sqrt{3}$
ค่าที่กำหนดในรูปแบบ maximum range (±a) โดยรูปแบบการกระจายเป็นแบบ symmetric	a	rectangular	$\sqrt{3}$	$a/\sqrt{3}$
ค่าที่กำหนดในรูปแบบ maximum range(±a) โดยไม่รู้รูปแบบการกระจาย	a	triangular	$\sqrt{6}$	$a/\sqrt{6}$
ความทนทาน(tolerance) ของเครื่องแก้วปริมาตร Class A	a	triangular	$\sqrt{6}$	$a/\sqrt{6}$

ที่มา : กรมวิทยาศาสตร์บริการ (2540)

2.4.4 ความไม่แน่นอนมาตรฐานรวม (Combined standard uncertainty)

เมื่อสามารถหาค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน u(x) ของแต่ละแหล่งความไม่แน่นอน (x_i) ที่ได้จากการประเมินค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานแบบ A และแบบ B แล้วดังนั้นความไม่แน่นอนมาตรฐานของปริมาณที่วัด หาได้จากการรวมความไม่แน่นอนมาตรฐานซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$U_c = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} u_i^2(x_i)} \qquad (2.5)$$

เมื่อ

U_c เป็นค่าความไม่แน่นอนรวม

$U_i(x_i)$ เป็นส่วนประกอบของความไม่แน่นอนมาตรฐานทั้งแบบ A และแบบ B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5 ความไม่แน่นอนขยาย(Expanded uncertainty)

นอกจากการพิจารณาค่าปริมาณที่วัด ค่าความไม่แน่นอนรวมแล้ว จะต้องพิจารณาระดับความเชื่อมั่นเพื่อขยายผลของความไม่แน่นอนในระดับความเชื่อมั่นที่ต้องการ ให้มีการกระจายของผลการวัดที่กว้างขึ้นและมีผลต่อความน่าเชื่อถือของผลการวัด ระดับความเชื่อมั่นเกี่ยวข้องโดยตรงกับค่า Coverage factor k ซึ่งตามปกติมีค่าเท่ากับ 2 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95.45 เปอร์เซ็นต์

ν_{eff}	1	2	3	4	5	6	7	8	10	20	50	∞
k	13,97	4,53	3,31	2,87	2,65	2,52	2,43	2,37	2,28	2,13	2,05	2,00

หรืออาจใช้การเปิดตารางเพื่อหาค่า coverage factor k ที่เหมาะสมซึ่งเกี่ยวข้องกับ degree of freedom (ν_{eff}) จากตาราง STUDENT T-DISTRIBUTION เมื่อได้ค่า Coverage factor k แล้วจึงคูณกับค่าความไม่แน่นอนรวมของผลการวัดเป็นค่าความไม่แน่นอนขยายซึ่งเป็นค่าความไม่แน่นอนของผลการวัดในการรายงานผล

$$U_{exp} = kU_c \qquad (2.6)$$

เมื่อ

U_{exp} = ความไม่แน่นอนขยาย

k = Coverage factor k

U_c = ความไม่แน่นอนรวม

2.4 การวิเคราะห์ทดสอบเพื่อหาปริมาณคุณค่าทางโภชนาการในอาหาร

การวิเคราะห์ปริมาณคุณค่าทางโภชนาการในอาหารต่างๆ จะทำให้ เกิดประโยชน์ในการเลือกบริโภคอาหารที่เหมาะสมกับความต้องการของร่างกาย และใช้ประโยชน์อื่นต่อไป สามารถนำไปสู่การคิดค้น ดัดแปลงกระบวนการแปรรูปให้เหมาะสมให้ได้ผลิตภัณฑ์อาหารชนิดใหม่ เช่น การวิเคราะห์ปริมาณไขมันที่มีในถั่วเหลือง ทำให้เกิดความเป็นไปได้ในการสกัดน้ำมันจากถั่วเหลือง หรือการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในสาหร่าย ก็สามารถใช้เป็นอาหารโปรตีนสูงที่คนนิยมรับประทาน และหากวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในผลไม้อบแห้ง ก็จะสามารถคาดคะเนอายุการเก็บรักษาได้ เป็นต้น ดังนั้นการวิเคราะห์ทดสอบเพื่อให้ได้ทราบค่าของปริมาณคุณค่าทางโภชาการที่ถูกต้อง จึงเป็นสิ่งที่สำคัญ ตัวอย่างการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการที่เป็นส่วนประกอบหลักในอาหารมีดังนี้ (McClements, 2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 ความชื้น

เป็นการหาปริมาณน้ำในตัวอย่าง ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ความชื้น ขึ้นอยู่กับลักษณะของตัวอย่างอาหารและวัตถุประสงค์ โดยทั่วไปนิยมใช้วิธีการระเหยน้ำออกจากตัวอย่าง โดยการให้ความร้อนแก่ตัวอย่างด้วย ตู้อบลมร้อนธรรมดา ตู้อบลมร้อนแบบสูญญากาศ คลื่นไมโครเวฟ หรือแสงอินฟาเรด ปริมาณความชื้น หรือปริมาณน้ำ ที่ระเหยออกจากตัวอย่างสามารถนำมาคำนวณค่า น้ำหนักของตัวอย่าง ก่อนและหลังการระเหยน้ำออก นอกจากวิธีการให้ความร้อนเพื่อให้น้ำระเหยออกไปแล้วยังมีวิธีการวิเคราะห์อื่นอีกหลายวิธี เช่น การกลั่นด้วยโทลูอีน ซึ่งเหมาะสมสำหรับตัวอย่างที่มีสารที่ระเหยได้ง่าย ที่ไม่สามารถใช้วิธีวิเคราะห์แบบให้ความร้อนได้ หรือตัวอย่างที่ระเหยได้ยาก ก็มีการใช้สารเคมีเข้าไปทำปฏิกริยากับน้ำโดยตรง เป็นต้น

2.5.2 เถ้า

เถ้าเป็นสารอนินทรีย์ที่เหลืออยู่ภายหลังจากที่มีการระเหยน้ำ และสารอินทรีย์ในตัวอย่างอาหารออกไป โดยวิธีการออกซิไดซ์ชิงเอเจนต์ (oxidizing agents) ด้วยความร้อน เนื่องจากแร่ธาตุในอาหาร ไม่สามารถถูกทำลายได้ด้วยความร้อนและไม่ทำปฏิริยา เกิดเป็นก๊าซที่ระเหยได้ออกจากตัวอย่าง วิธีการวิเคราะห์ที่นิยมใช้โดยทั่วไปคือ วิธีการวิเคราะห์เถ้าแห้ง (Dry Ashing) เป็นวิธีที่นิยมโดยใช้เตาเผาที่อุณหภูมิ 500-600 องศาเซลเซียส ทำให้ น้ำ สารระเหย และสารอินทรีย์ จะถูกเผาไหม้จากการใช้ออกซิเจน (combustion) จนกลายเป็น ก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์, น้ำ และก๊าซไนโตรเจน ส่วนที่เหลือจากการออกซิไดซ์ ก็คือแร่ธาตุ มีแร่ธาตุบางชนิดเท่านั้นที่สามารถระเหยหรือสลายไปบางส่วนเช่น เหล็ก (iron), ตะกั่ว (lead) และปรอท (mercury) ภาชนะสำหรับรองรับตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ได้แก่ ครูซิเบิล (crucible) ส่วนใหญ่ทำจากพอสเลนส์ (porcelain) เนื่องจากมีราคาถูก ใช้ได้กับอุณหภูมิสูง ทนต่อกรด แต่ไม่ทนต่อด่างและทำความสะอาดง่าย

2.5.3 กาก

กาก หมายถึงปริมาณเส้นใยในอาหาร ซึ่งร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อยได้ ได้แก่ เส้นใยประเภท เซลลูโลส (cellulose) และ ลิกนิน (lignin) แต่ไม่นับรวมใยอาหารประเภทเฮมิเซลลูโลส (hemicelluloses), เพกติน (pectin) และไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloids) ที่สามารถถูกย่อยได้โดยกรดและด่าง วิธีการในการวิเคราะห์กากทำโดยย่อยตัวอย่างที่ปราศจากไขมันด้วยกรดซัลฟูริกความเข้มข้น1.25 เปอร์เซ็นต์ และโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์ และนำส่วนที่เหลือจากการย่อยมาทำการอบให้แห้ง ชั่งน้ำหนัก และนำไปเผาที่อุณหภูมิประมาณ 550 องศาเซลเซียส เพื่อหาปริมาณเถ้า ส่วนที่เหลือจากการหักลบกับปริมาณเถ้า คือ ปริมาณกากในตัวอย่างอาหารนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4 ไขมัน

การวิเคราะห์ไขมันในตัวอย่างอาหารมีหลายวิธี เช่น การสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent extraction), การสกัดโดยไม่ใช้ตัวทำละลาย (Non-solvent liquid extraction methods) และวิธีที่ใช้เครื่องมือวิเคราะห์ (Instrumental methods) แต่วิธีการที่ใช้ส่วนมากคือ การสกัดด้วยตัวทำละลาย ซึ่งใช้หลัก ความสามารถในการละลายของไขมันในตัวทำละลายอินทรีย์ แต่ไม่ละลายในน้ำ ดังนั้นในการวิเคราะห์หาปริมาณไขมันในอาหารจึงทำการสกัดไขมันในอาหารออกมา โดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ และหาปริมาณไขมันที่สกัดออกมาได้ ตัวทำละลายอินทรีย์ที่นิยมใช้ส่วนมาก คือ ไดเอทิลอีเทอร์ (diethyl ether) และ ปริโตเลียมอีเทอร์ (petroleum ether)

2.5.5 โปรตีน

การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนที่ใช้ส่วนมากใช้ วิธีเจลดาห์ (Kjeldahl method) ซึ่งมีขั้นตอนสำคัญๆ 3 ขั้นตอนคือ การย่อยตัวอย่าง (digestion), การทำให้เป็นกลาง (neutralization) และการไทเทรต (titration) การย่อยตัวอย่างทำโดยใช้กรดเข้มข้น เช่น กรดซัลฟูริก (sulfuric acid) และใช้คอปเปอร์ซัลเฟตกับโพแทสเซียมซัลเฟตที่ปราศจากไนโตรเจน เป็นตัวเร่งปฏิกริยาจนไนโตรเจนทั้งหมดในอาหารเปลี่ยนรูปเป็นแอมโมเนีย (ammonia) ซึ่งกรดซัลฟูริกจะทำปฏิกิริยากับก๊าซแอมโมเนียให้อยู่ในรูปแอมโมเนียมซัลเฟต (ammonium sulfate) ซึ่งเป็นสารละลาย จากนั้นเข้าสู่ขั้นตอนการทำให้เป็นกลางโดยการเติมด่าง โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide) เพื่อเปลี่ยนรูปของแอมโมเนียมซัลเฟต ให้เป็นก๊าซแอมโมเนียอีกครั้งและก๊าซนี้จะทำปฏิกิริยากับสารละลายกรดบอริก (boric acid) เพื่อเปลี่ยนรูปเป็นแอมโมเนียมไอออน (ammonium ion) และขั้นตอนสุดท้าย สามารถหาปริมาณไนโตรเจนได้โดยการไทเทรตแอมโมเนียมบอเรต (ammonium borate) โดยใช้สารละลายกรดซัลฟูริก (sulfuric acid) หรือกรดไฮโดรคลอริก(hydrochloric acid) เพื่อหาจุดยุติที่ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (hydrogen ions) ทำปฏิกริยาพอดีกับปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจน (nitrogen) ในตัวอย่างอาหาร เมื่อหาปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่างอาหารได้แล้วนำมาคูณกับแฟคเตอร์ 6.25 สำหรับอาหารทั่วไปและ 6.38 สำหรับตัวอย่างนม เพื่อคำนวณเป็นปริมาณโปรตีนทั้งหมดในอาหาร โปรตีนในอาหาร 1 กรัมจะประกอบด้วยไนโตรเจน 0.16 กรัม แต่อาหารบางชนิดอาจมีปริมาณไนโตรเจน แตกต่างจากนี้

2.6 แผนภูมิก้างปลา (Fishbone Diagram)

แผนภูมิก้างปลา (Fishbone diagram) หรือแผนภูมิอิชิกาว่า(Ishikawa diagram) เป็นแผนภูมิภาพการวิเคราะห์ผลที่อาจเกิดขึ้นได้จากสาเหตุต่างๆ ในการควบคุมคุณภาพ มีนำเสนอเป็นครั้งแรกโดย Kaoru Ishikawa แผนภูมิภาพก้างปลานี้จะอธิบายถึงประเภทและแหล่งที่มาของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาเหตุที่ทำให้เกิดการเบี่ยงเบนหรือความไม่แน่นอนของคุณภาพ โดยคุณภาพดังกล่าวมักจะอยู่ทางด้านขวาตรงส่วนปลายของเส้นลูกศรในแนวนอน ส่วนสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการเบี่ยงเบนคุณภาพจะแสดงในเส้นลูกศรที่ชี้เข้าหาเส้นลูกศรในแนวนอนและมีสาเหตุรองที่เกิดขึ้นจะแสดงเป็นลูกศรที่ชี้เข้าหาเส้นลูกศรของสาเหตุหลักการแสดงแผนภูมินี้จะก่อให้เกิดเป็นรูปเหมือนเป็นรูปก้างปลา (NIST, 2004)

เมื่อนำแผนภูมิก้างปลามาใช้ในการวิเคราะห์หาปัจจัยที่อาจทำให้เกิดค่าความไม่แน่นอน ควรสร้างแผนภูมิโดยให้สิ่งที่วิเคราะห์อยู่ทางด้านขวาตรงส่วนปลายของเส้นแนวนอน และลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์เป็นเส้นหลักของแขนง และมีปัจจัยย่อยของขั้นตอนนั้นที่อาจก่อให้เกิดความไม่แน่นอนขึ้นได้เป็นกิ่งย่อยออกมา จะทำให้วิเคราะห์แหล่งของความไม่แน่นอนที่อาจเกิดขึ้นได้จากการวิเคราะห์ที่เราสนใจได้ละเอียด และเข้าใจง่าย

2.7 วิธีการวิเคราะห์มาตรฐาน (Standard method of analysis)

วิธีการวิเคราะห์มาตรฐานเป็นวิธีการที่มีการรับรองโดยหน่วยงานสากลต่างๆ เช่น Association of Official Analytical Chemists (AOAC), International Organization for Standardization (ISO) และ Codex ที่ได้รวบรวมเผยแพร่เพื่อใช้ในห้องปฏิบัติการการทดสอบ วิธีมาตรฐานนั้นประกอบด้วยหลายขั้นตอนเพื่อยืนยันความถูกต้องและใช้เวลานาน เช่น วิธีมาตรฐานของ AOAC เริ่มจากวิธีการใหม่ที่ได้คิดค้นขึ้นจะถูกนำมาทดลองใช้โดยคณะกรรมการด้านวิธีการวิเคราะห์ ภายหลังจากมีการใช้วิธีดังกล่าวเป็นเวลาประมาณ 2 ปีและผู้ที่ได้ทดลองใช้วิธีวิเคราะห์จะแสดงข้อคิดเห็นเกี่ยวกับวิธีการนั้นๆ แล้วนำมาประเมินเพื่อให้เป็นวิธีการวิเคราะห์ที่ยอมรับขั้นสุดท้าย (Final Action) ก่อนที่จะสามารถนำมาเผยแพร่เพื่อใช้ในห้องปฏิบัติการอื่นๆได้

2.8 วิธีการวิเคราะห์ที่มีการดัดแปลงจากวิธีมาตรฐานเพื่อใช้ในหน่วยงาน (In-House Method Based On Standard Method)

วิธีการวิเคราะห์ที่มีการดัดแปลง เป็นการนำวิธีที่เป็นมาตรฐานสากลมาทำการดัดแปลงบางขั้นตอนเพื่อให้เหมาะสมในทางปฏิบัติ เช่น ราคาค่าใช้จ่าย ความสะดวก ประหยัดเวลา ความปลอดภัยในการใช้สารเคมี หรือเครื่องมือที่มีราคาแพง และสารเคมีที่ใช้ทดแทนสารเคมีที่ใช้ในวิธีมาตรฐานได้ แต่วิธีการที่ดัดแปลงจะต้องมีการทำการทวนสอบวิธี (Validate method) เพื่อแสดงให้เห็นว่าสามารถใช้ทดแทนวิธีวิเคราะห์มาตรฐานได้ ซึ่งวิธีที่ใช้สำหรับทวนสอบวิธีที่มีการดัดแปลงจากวิธีมาตรฐานเช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ระหว่างวิธีการดัดแปลงกับวิธีมาตรฐานถึงความแตกต่างทางสถิติ
- การเข้าร่วมทดสอบความชำนาญ (proficiency testing) ในรายการวิเคราะห์ที่ใช้วิธีการดัดแปลง เพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากห้องปฏิบัติการอื่นที่ใช้วิธีวิเคราะห์อื่น
- การใช้ตัวอย่างอ้างอิง (reference material, RM) ที่ทราบค่าแน่นอนแล้วมาทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีดัดแปลงเพื่อพิจารณาค่าความถูกต้อง (accuracy) และอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้หรือไม่ เป็นต้น

ความแตกต่างของวิธีการวิเคราะห์ที่มีการดัดแปลงจากวิธีมาตรฐานที่ใช้ในการทดลองกับวิธีมาตรฐาน สามารถแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ขั้นตอนที่แตกต่างกันระหว่างวิธีมาตรฐานกับวิธีที่ดัดแปลงขึ้นเพื่อใช้ในห้องปฏิบัติการกลุ่มงานคุณค่าทางโภชนาการ กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ตัวอย่าง	วิธี	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	กาก	เถ้า
กากถั่วเหลือง	มาตรฐาน	อบในตู้อบสุญญากาศเป็นเวลา 5 ชั่วโมง	ไทเทรตด้วยกรดไฮโดรคลอริก 0.1 นอร์แมล	-	อบกากที่ 130 °C : 2 ชั่วโมง เผาที่ 600 °C : 0.5 ชั่วโมง	-
	ดัดแปลง	อบในตู้อบลมร้อนเป็นเวลา 3 ชั่วโมง	ไทเทรตด้วยกรดซัลฟูริก 0.1 นอร์แมล	-	อบกากที่ 100 °C : 3 ชั่วโมง เผาที่ 550 °C : 1 ชั่วโมง	-
นมผง	มาตรฐาน	-	ไทเทรตด้วยกรดไฮโดรคลอริก 0.1 นอร์แมล	-	*	-
	ดัดแปลง	-	ไทเทรตด้วยกรดซัลฟูริก 0.1 นอร์แมล	-	*	-
นมยูเอชที	มาตรฐาน	-	ไทเทรตด้วยกรดไฮโดรคลอริก 0.1 นอร์แมล	-	*	-
	ดัดแปลง	-	ไทเทรตด้วยกรดซัลฟูริก 0.1 นอร์แมล	-	*	-

หมายเหตุ : 1. - ห้องปฏิบัติการเลือกใช้วิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์

2. * ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง เป็นตัวอย่างที่สุ่มจากตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์จริงในห้องปฏิบัติการ ซึ่งจะมีความหลากหลายจากแหล่งที่มาและกระบวนการผลิต แต่เป็นตัวอย่างที่มีความคล้ายคลึงกันทั้งทางด้านกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมี ตัวอย่างแต่ละชนิดจะถูกนำมาศึกษาค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์โดยรวมของตัวอย่างแต่ละประเภท ซึ่งตัวอย่างที่ใช้ได้แก่

3.1.1 กากถั่วเหลืองจำนวน 10 ตัวอย่าง

3.1.2 นมผงและนมผงปรุงแต่ง จำนวน 10 ตัวอย่าง

3.1.3 นมยูเอชทีจำนวน 10 ตัวอย่าง

3.2 เครื่องมือ

3.2.1 เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง (Mettler Toledo รุ่น AT 200, Switzerland)

3.2.2 ตู้อบลมร้อน (WTB binder รุ่น FED 115, Germany)

3.2.3 ตู้อบสุญญากาศ (Lab-Line รุ่น Squardio, USA)

3.2.4 เครื่องสกัดไขมัน (Gold fisch, Lab Con Co, USA)

3.2.5 เครื่องหมุนเหวี่ยง (Karl Kolv, Germany)

3.2.6 เครื่องอังไอน้ำ (B&T, Australia)

3.2.7 เครื่องย่อยกาก (Lab Con Co, USA)

3.2.8 เตาเผา (Nay รุ่น 6-1350 A, USA)

3.3 สารเคมี

3.3.1 ไดเอทิลอีเทอร์ (Diethyl ether, Analytical Grade, J.T.Baker; USA)

3.3.2 ปิโตเลียมอีเทอร์ (Petroleum ether, Analytical Grade, Fisher Scientific, USA)

3.3.3 กรดซัลฟิวริกความเข้มข้นร้อยละ 95 ถึง 97 (Sulfuric acid, Analytical Grade, Merk, Germany)

3.3.4 กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 (Hydrochloric acid, Analytical Grade, Fisher Scientific, USA)

3.3.5 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide, Analytical Grade, J.T.Baker, USA)

3.3.6 คอปเปอร์ซัลเฟต ปราศจากไนโตรเจน (Copper Sulfate, Carlo Erba, Italy)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.7 **โพแทสเซียมซัลเฟต ปราศจากไนโตรเจน** (Potassium Sulfate, Analytical Grade, Fisher Scientific, USA)

3.3.8 **อินดิเคเตอร์ผสม**(mixed indicator)**ประกอบด้วยสารละลายเมทิลเรด** (methyl red) **ความเข้มข้นร้อยละ** 0.2 **ในเอทิลแอลกอฮอล์ ผสมกับสารละลายโบรโมครีซอลกรีน** (bromocresol green) **ความเข้มข้นร้อยละ** 0.2 **ในแอลกอฮอล์อัตราส่วน** 1:5

3.3.9 **โซเดียมคาร์บอเนต** (Sodium Carbonate, Analytical Grade, BDH chemical, USA)

3.3.10 **โพแทสเซียมไฮโดรเจนพาทาเลท** (Potassium hydrogen Phthalate, Analytical Grade, Merk, Germany)

3.4 วิธีการวิเคราะห์

3.4.1 กากถั่วเหลือง

3.4.1.1 ความชื้น

- วิธีมาตรฐาน AOAC (2000) ข้อ 4.1.03 (ภาคผนวกที่ ก-1)
- วิธีที่ดัดแปลง (ภาคผนวกที่ ก-2)

3.4.1.3 ไขมัน โดยวิธีมาตรฐาน AOAC (2000) ข้อ 4.5.01 (ภาคผนวกที่ ก-3)

3.4.1.2 โปรตีน

- วิธีมาตรฐาน AOAC (2000) ข้อ 33.2.11 (ภาคผนวกที่ ก-4)
- วิธีที่ดัดแปลง (ภาคผนวกที่ ก-5)

3.4.1.4 กาก

- วิธีมาตรฐาน AOAC (2000) ข้อ 4.6.02 (ภาคผนวกที่ ก-6)
- วิธีที่ดัดแปลง (ภาคผนวกที่ ก-7)

3.4.1.5 เถ้า โดยวิธีมาตรฐาน AOAC (2000) ข้อ 33.5.05 (ภาคผนวกที่ ก-8)

3.4.2 นมผงและนมผงปรุงแต่ง

3.4.2.1 ความชื้น โดยวิธีมาตรฐาน AOAC (2000) ข้อ 33.5.02 (ภาคผนวกที่ ข-1)

3.4.2.2 ไขมัน โดยวิธีมาตรฐาน AOAC (2000) ข้อ 33.5.08 (ภาคผนวกที่ ข-2)

3.4.2.3 โปรตีน

- วิธีมาตรฐาน AOAC (2000) ข้อ 33.2.11 (ภาคผนวกที่ ข-3)
- วิธีที่ดัดแปลง (ภาคผนวกที่ ข-4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2.4 เถ้า โดยวิธีมาตรฐาน AOAC (2000) ข้อ 33.5.05 (ภาคผนวกที่ ข-5)

3.4.3 นมยูเอชที

3.4.3.1 ความชื้น โดยวิธีมาตรฐาน AOAC (2000) ข้อ 33.2.09 (ภาคผนวกที่ ค-1)

3.4.3.2 ไขมัน โดยวิธีมาตรฐาน AOAC (2000) ข้อ 33.2.25 (ภาคผนวกที่ ค-2)

3.4.3.3 โปรตีน

- วิธีมาตร AOAC (2000) ข้อ 33.2.11 (ภาคผนวกที่ ค-3)
- วิธีที่ดัดแปลง (ภาคผนวกที่ ค-4)

3.4.3.4 เถ้า โดยวิธีมาตรฐาน AOAC (2000) ข้อ 33.2.10 (ภาคผนวกที่ ค-5)

3.5 วิธีการดำเนินงาน

3.5.1 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความไม่แน่นอนโดยการใช้แผนภูมิก้างปลาของรายการวิเคราะห์ทดสอบ

วิเคราะห์ปัจจัยที่จะส่งผลต่อค่าความไม่แน่นอนในการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของกากถั่วเหลือง นมผงและนมยูเอชทีจากวิธีการวิเคราะห์ในข้อ 3.4 โดยการใช้แผนภูมิก้างปลาในการวิเคราะห์แต่ละปัจจัย ที่อาจส่งผลต่อค่าความไม่แน่นอน เพื่อเป็นแนวทางในการเก็บข้อมูลของปัจจัยแต่ละอย่างขณะทำการวิเคราะห์

3.5.2 จัดทำการคำนวณค่าความไม่แน่นอนสำเร็จรูปโดยการใช้โปรแกรม EXCEL ในการวิเคราะห์ทดสอบคุณค่าทางอาหารของกากถั่วเหลือง นมผงและนมยูเอชที

3.5.2.1 ระบุค่าปัจจัยที่มีผลต่อค่าความไม่แน่นอนของแต่ละวิธีการวิเคราะห์ในแต่ละตัวอย่าง เช่น การหาค่าความเข้มข้น (standardize) ของกรดในการวิเคราะห์ โปรตีน ค่าจากการสอบเทียบเครื่องชั่ง เครื่องแก้ว เป็นต้น

3.5.2.2 สร้างรูปแบบ Work Sheet ของ Excel ของแต่ละรายการวิเคราะห์

3.5.3 การศึกษาผลการวิเคราะห์ตัวอย่างที่รวมค่าความไม่แน่นอนโดยใช้วิธีมาตรฐานเปรียบเทียบกับวิธีการวิเคราะห์ที่มีการดัดแปลงจากวิธีมาตรฐานเพื่อใช้ในหน่วยงาน

ทำการวิเคราะห์ทดสอบตัวอย่างตามวิธีการวิเคราะห์ในข้อ 3.4 โดยในแต่ละรายการวิเคราะห์จะทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ และเก็บผลการวิเคราะห์ทดสอบรวมทั้งค่าของปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความไม่แน่นอนที่ได้จาก ข้อ 3.5.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4 การศึกษาความสัมพันธ์ ระหว่างแหล่งของความไม่แน่นอน ในการวิเคราะห์ค่าความไม่แน่นอนในตัวอย่าง

3.5.4.1 เปรียบเทียบค่าความไม่แน่นอนที่ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธีมาตรฐานกับวิธีที่มีการดัดแปลงจากวิธีมาตรฐานว่ามีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์หรือไม่

3.5.4.2 ศึกษาความสัมพันธ์ ระหว่างแหล่งของความไม่แน่นอนแบบ A และแบบ B ในการวิเคราะห์ค่าความไม่แน่นอนในตัวอย่าง โดยการนำเฉพาะ แบบ A มาคำนวณค่าความไม่แน่นอนในแต่ละรายการวิเคราะห์ของแต่ละตัวอย่าง เปรียบเทียบ การนำทั้ง แบบ A และ แบบ B มาคำนวณค่าความไม่แน่นอนของแต่ละรายการวิเคราะห์ของแต่ละตัวอย่าง ว่ามีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ หรือไม่

3.5.4.3 การวิเคราะห์ผลของค่าความไม่แน่นอนจากการใช้จำนวนซ้ำในการวิเคราะห์ โดยการนำค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ที่ได้จากการนำแบบ A ที่ได้จากผลวิเคราะห์ 2 ค่า เปรียบเทียบกับค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ที่ได้จากการนำแบบ A จากผลการวิเคราะห์ 3 ค่า มาคำนวณค่าความไม่แน่นอนของแต่ละรายการของแต่ละตัวอย่างว่ามีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ หรือไม่

3.6 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

จากการทดลองในข้อ 3.4 ใช้การวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของผลการทดลองโดย t-test : Paired Two Sample for Mean ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.6 สถานที่ทดลอง

กลุ่มงานคุณค่าทางโภชนาการ โครงการวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

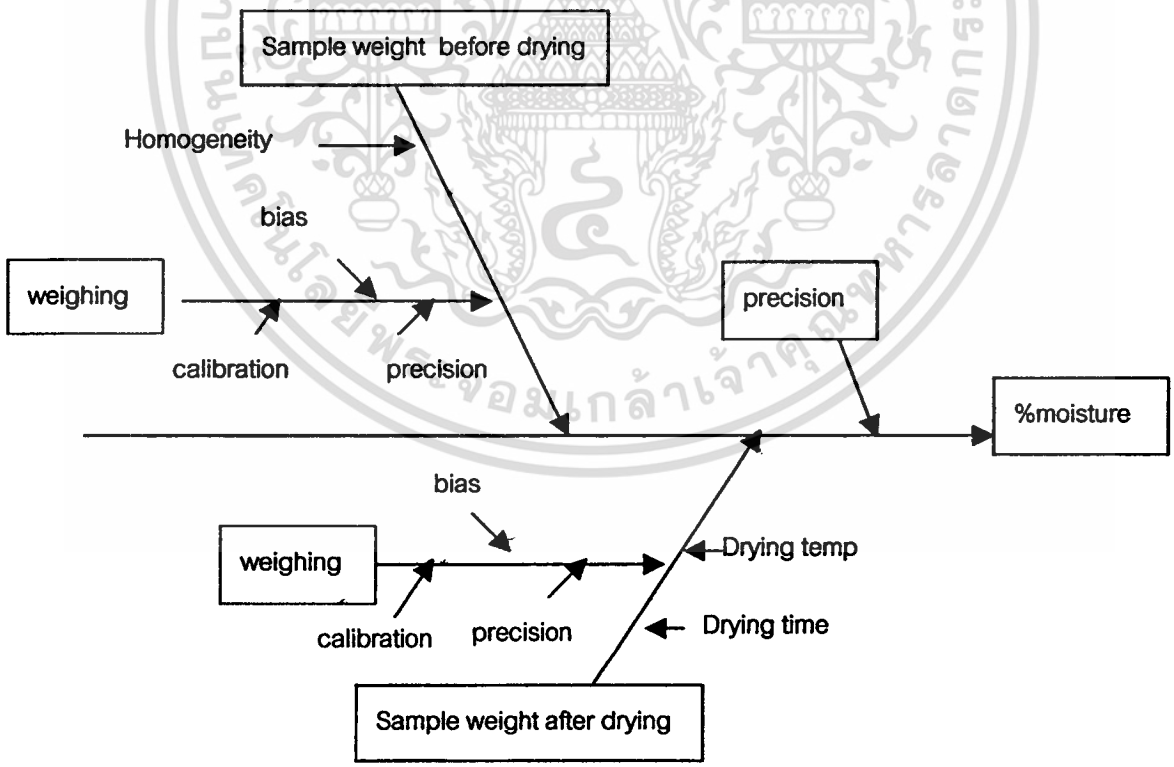
บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความไม่แน่นอนโดยการใช้แผนภูมิก้างปลาของรายการวิเคราะห์ทดสอบ

การวิเคราะห์แหล่งของปัจจัยที่มีผลต่อค่าความไม่แน่นอน โดยการใช้แผนภูมิก้างปลาเป็นวิธีการหนึ่งที่ง่ายในการปฏิบัติ เพื่อการวิเคราะห์ปัจจัยต่างๆเหล่านั้น และสามารถระบุแหล่งของความไม่แน่นอนได้อย่างชัดเจน

4.1.1 ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ความชื้น

ผลการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ค่าความชื้นสามารถแสดงได้ดังแผนภูมิก้างปลารูปที่ 4.1 โดยมีปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลต่อค่าความไม่แน่นอนในการวิเคราะห์ความชื้น ได้แก่



รูปที่ 4.1 แผนภูมิก้างปลาในการวิเคราะห์ปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อค่าความไม่แน่นอนในการวิเคราะห์ความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

4.1.1.1 ค่าความเที่ยงของผลการทดลอง (precision) คือค่าความไม่แน่นอนType A ซึ่งได้มาจากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการวิเคราะห์ ที่อาจมีสาเหตุจากความไม่เป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่าง อิทธิพลของสภาวะแวดล้อมและผู้วิเคราะห์

4.1.1.2 การชั่ง (weighing) ตัวอย่างและอะลูมิเนียมเบสิน (aluminum basin) มีผลต่อค่าความไม่แน่นอน คือ ค่าจากการสอบเทียบเครื่องชั่ง และค่าความเที่ยงของเครื่องชั่ง (precision) ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้จากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทวนสอบประจำวัน (daily check) เป็นเวลา 20 วัน นอกจากนี้ยังมีอิทธิพล (bias) อื่นๆ ที่อาจส่งผลขณะทำการชั่ง เช่น ความเหมาะสมของระยะเวลาในการชั่ง สภาวะแวดล้อมและอุณหภูมิของการชั่ง ก่อนและหลังอบตัวอย่างควรใกล้เคียงกัน เช่น เมื่อนำอะลูมิเนียมเบสิน (aluminum basin) ออกจากตู้อบ ก่อนและหลังจากมีการอบตัวอย่างแล้ว ควรเก็บในโถดูดความชื้น (desiccator) ที่มีขนาดเดียวกันและใช้เวลาในการทำให้เย็นเท่ากันก่อนชั่ง

4.1.1.3 อุณหภูมิและเวลาขณะทำการอบตัวอย่าง เนื่องจากวิธีวิเคราะห์ใช้หลักการอบจนน้ำหนักของตัวอย่างคงที่ โดยให้น้ำหนักหลังอบแต่ละครั้งห่างกันไม่เกิน 0.002 กรัม จึงไม่ได้นำค่าความไม่แน่นอนของอุณหภูมิและเวลามาทำการคำนวณ เพราะค่าที่เปลี่ยนแปลงไปจริงอาจน้อยกว่า 0.002 กรัมจึงถือว่ามีน้อยมากจนสามารถตัดทิ้งได้

4.1.2 ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์โปรตีน

ผลการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์โปรตีนสามารถแสดงได้ดังแผนภูมิก้างปลารูปในที่ 4.2 โดยมีปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลต่อค่าความไม่แน่นอนในการวิเคราะห์โปรตีน ได้แก่

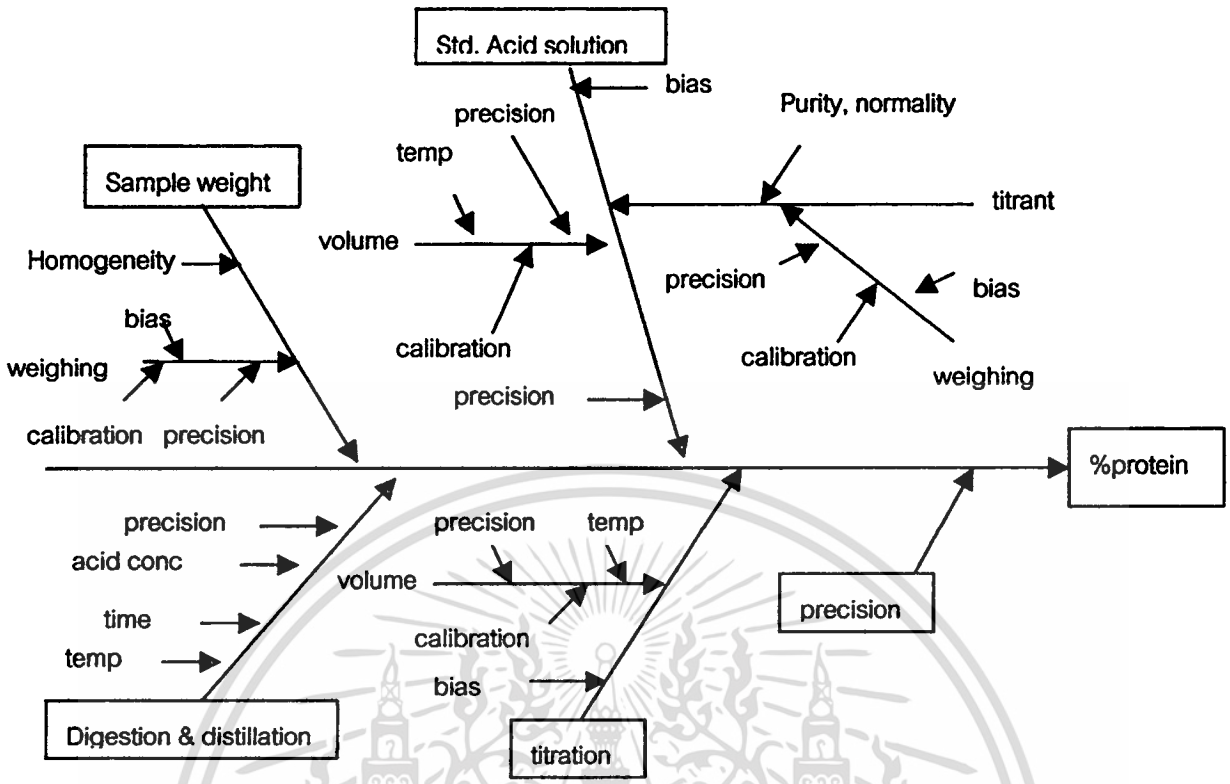
4.1.2.1 ค่าความเที่ยงของผลการทดลอง สามารถเกิดความไม่แน่นอนขึ้นได้เช่นเดียวกันกับในข้อ 4.1.1.1

4.1.2.2 การชั่ง สามารถเกิดความไม่แน่นอนขึ้นได้เช่นเดียวกันกับในข้อ 4.1.1.2

4.1.2.3 ความไม่แน่นอนจากการย่อยและการกลั่นเกิดจากอุณหภูมิ เวลาในการย่อย และการกลั่นตามวิธีเคราะห์ มีผลน้อยมากเพราะใช้ถือหลักการย่อยตัวอย่างจนหมดหรือกลั่นจนสารที่ต้องการระเหยออกมาจนหมด

4.1.2.4 ความไม่แน่นอนที่เกิดจากความเข้มข้นของกรดที่ใช้ในการไทเทรต สามารถคำนวณได้จากความเข้มข้นของสารเคมีที่เป็นไทแทรนต์ ความบริสุทธิ์ของสารเคมี การชั่งน้ำหนักสารเคมี ปริมาตรที่ใช้ไทเทรตหาความเข้มข้น ค่าอิทธิพลโดยทั่วไป เช่น สี ของจุดยุติปัจจัยต่างๆเหล่านี้จะส่งผลต่อค่าความเที่ยงของผลการวิเคราะห์ความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
60975



รูปที่ 4.2 แผนภูมิก้างปลาการวิเคราะห์ปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลต่อค่าความไม่แน่นอนในการวิเคราะห์โปรตีน

4.1.2.5 ความไม่แน่นอนของการไทเทรตไนโตรเจนสามารถคำนวณได้จากความไม่แน่นอนของปริมาตร ค่าการสอบเทียบเครื่องแก้วปริมาตรที่ใช้ ค่าความเที่ยงของการสอบเทียบ เครื่องแก้ว สัมประสิทธิ์การขยายตัวของน้ำที่ขึ้นกับอุณหภูมิ ส่วนความไม่แน่นอนจากการไทเทรตที่เกิดจากอิทธิพลของการดูสีจุดยุติรวมเป็นค่าความเที่ยงของผลการวิเคราะห์

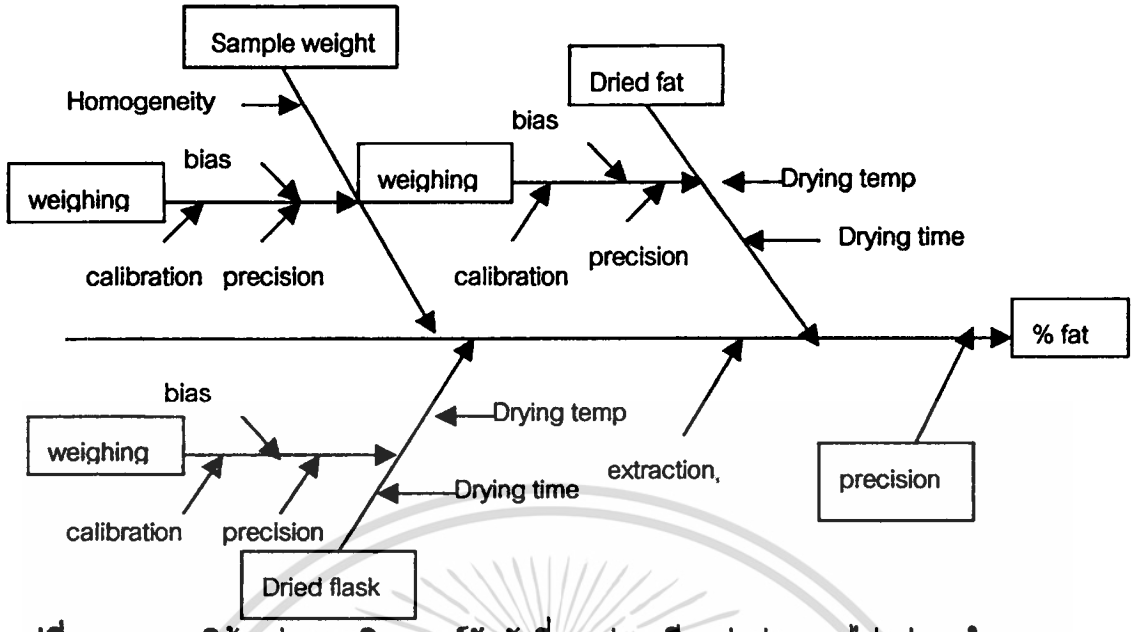
4.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ไขมัน

ผลการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ไขมันสามารถแสดงได้ดังแผนภูมิก้างปลาในรูปที่ 4.3 โดยมีปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลต่อค่าความไม่แน่นอนในการวิเคราะห์ไขมัน ได้แก่

4.1.3.1 ค่าความเที่ยงของผลการทดลอง สามารถเกิดความไม่แน่นอนขึ้นได้เช่นเดียวกันกับในข้อ 4.1.1.1

4.1.3.2 การชั่ง สามารถเกิดความไม่แน่นอนขึ้นได้เช่นเดียวกันกับในข้อ 4.1.1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แผนภูมิก้างปลาการวิเคราะห์ปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อค่าความไม่แน่นอนในการวิเคราะห์ไขมัน

4.1.3.3 ความไม่แน่นอนของการสกัดไขมัน (extraction) การทดลองนี้ไม่สามารถวัดอุณหภูมิและเวลาในการสกัดได้เนื่องจากความจำกัดของเครื่องมือ แต่คาดว่ามีผลน้อยมากเพราะใช้เวลาในการสกัด 6 ชั่วโมง ซึ่งน่าจะเพียงพอต่อการสกัดไขมันออกได้หมด

4.1.3.4 อุณหภูมิและเวลาขณะทำการอบไขมันนั้น ไม่ได้มีการนำมาคำนวณเป็นค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากไม่มีข้อมูลสนับสนุน แต่คาดว่าค่าความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นจากอุณหภูมิและเวลาในการอบไขมันมีค่าน้อยมากจนสามารถตัดทิ้งได้เนื่องไขมันที่สกัดออกมาได้ มีน้ำเป็นองค์ประกอบน้อยมากหากอุณหภูมิและเวลาเปลี่ยนไปเล็กน้อยย่อมไม่มีผลต่อปริมาณไขมันที่วิเคราะห์

4.1.4 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์กาก

ผลการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์กาก สามารถแสดงได้ดังแผนภูมิก้างปลาในรูปที่ 4.4 โดยมีปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลต่อค่าความไม่แน่นอนในการวิเคราะห์กาก ได้แก่

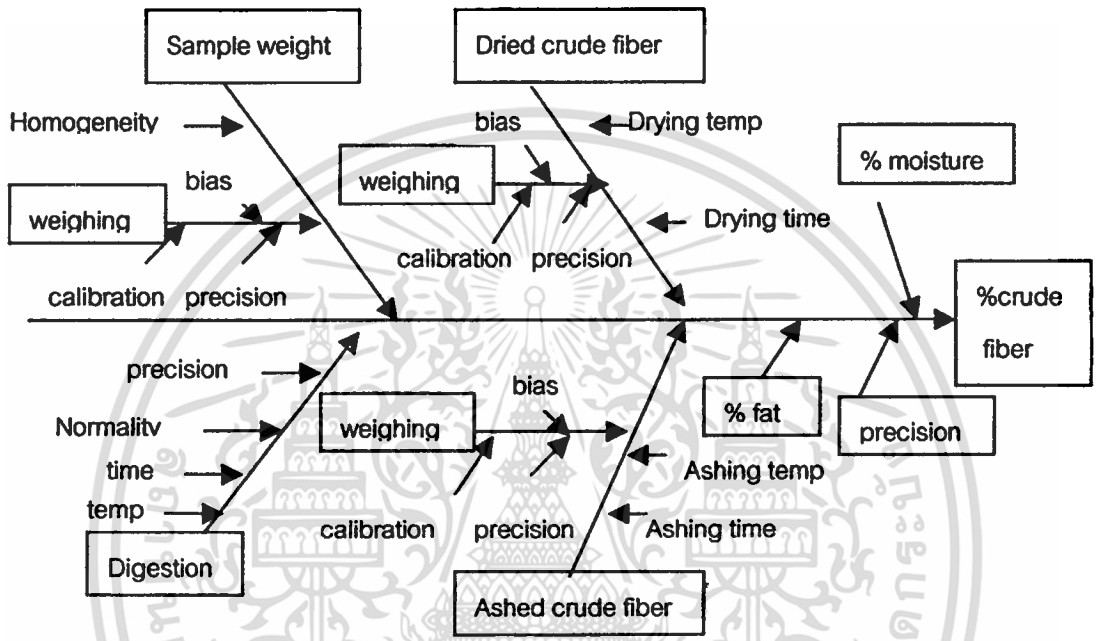
4.1.4.1 ค่าความเที่ยงของผลการทดลอง สามารถเกิดความไม่แน่นอนขึ้นได้เช่นเดียวกันกับในข้อ 4.1.1.1

4.1.4.2 การชั่ง สามารถเกิดความไม่แน่นอนขึ้นได้เช่นเดียวกันกับในข้อ 4.1.1.2

4.1.4.3 อุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นขณะย่อยตัวอย่างด้วยกรดหรือด่าง มีความจำกัดใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแสดงผลอุณหภูมิ เพราะไม่สามารถตรวจวัดอุณหภูมิที่แน่นอน ขณะทำการย่อย ส่วนความเข้มข้นมีช่วงการยอมรับในการใช้งานคือ ใช้สารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.225 ± 0.005 นอร์มอล สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.313 ± 0.005 นอร์มอล ซึ่งหากความเข้มข้นสูงหรือต่ำเกินไปจะไม่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ได้ ส่วนการจับเวลาในการย่อย 30 นาที ทุกครั้ง ไม่น่าจะมีผลต่อค่าความไม่แน่นอนจนสามารถตัดทิ้งได้



รูปที่ 4.4 แผนภูมิก้างปลาการวิเคราะห์ปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลต่อค่าความไม่แน่นอนในการวิเคราะห์กาก

4.1.4.4 ความไม่แน่นอนของค่าความชื้นในตัวอย่าง ก่อนนำตัวอย่างมาวิเคราะห์กากต้องมีการไล่ความชื้นในตัวอย่างออกก่อน ดังนั้นในการคำนวณปริมาณกากต้องใช้ปริมาณความชื้นในการคำนวณด้วย ซึ่งความไม่แน่นอนของความชื้นที่นำมามาคำนวณย่อมส่งผลต่อค่าค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์กากด้วย

4.1.4.5 ความไม่แน่นอนของค่าไขมันของตัวอย่าง ก่อนนำตัวอย่างมาวิเคราะห์กากต้องมีการไล่ไขมันในตัวอย่างออกก่อน ดังนั้นในการคำนวณปริมาณกากต้องใช้ปริมาณไขมันในการคำนวณด้วย ซึ่งความไม่แน่นอนของไขมันที่นำมามาคำนวณย่อมส่งผลต่อค่าค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์กากด้วย

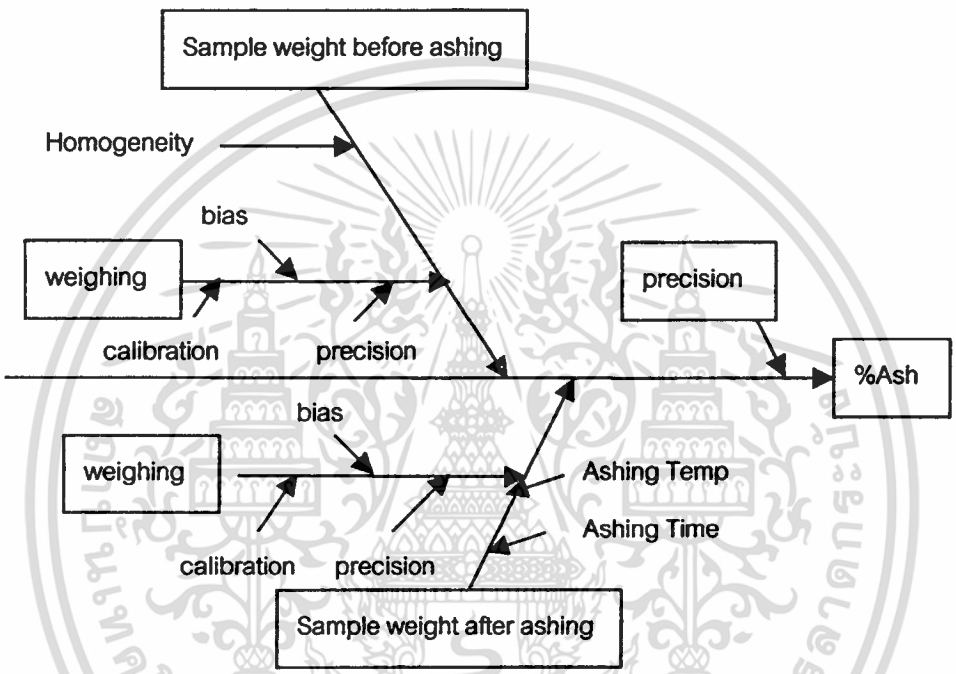
4.1.4.6 อุณหภูมิและเวลาในขณะทำการอบและเผากากนั้นไม่ได้ถูกนำมาคำนวณความไม่แน่นอน แต่ใน EURACHEM/CITAC Guide. (2000) แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาในการอบและเผากาก ของตัวอย่างอาหารสัตว์มีค่าน้อยมากจนสามารถตัดทิ้งได้ในตัวอย่างที่มีกากมากกว่าร้อยละ 2.5

4.1.5 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์เถ้า

ผลการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์เถ้า สามารถแสดงได้ดังแผนภูมิก้างปลารูปที่ 4.5 โดยมีปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลต่อค่าความไม่แน่นอนในการวิเคราะห์เถ้า ได้แก่



รูปที่ 4.5 แผนภูมิก้างปลาในการวิเคราะห์ปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อค่าความไม่แน่นอนในการวิเคราะห์เถ้า

4.1.5.1 ค่าความเที่ยงของผลการทดลอง สามารถเกิดความไม่แน่นอนได้เช่นเดียวกันกับในข้อ 4.1.1.1

4.1.5.2 การชั่ง สามารถเกิดความไม่แน่นอนขึ้นได้เช่นเดียวกันกับในข้อ 4.1.1.2

4.1.5.3 อุณหภูมิและเวลาในขณะทำการเผาตัวอย่าง เนื่องจากวิธีวิเคราะห์ใช้หลักการเผาจนน้ำหนักคงที่ โดยให้น้ำหนักหลังอบแต่ละครั้งห่างกันไม่เกิน 0.002 กรัม จึงไม่ได้นำมาคำนวณค่าความไม่แน่นอน เพราะค่าที่เปลี่ยนแปลงไปจริงอาจน้อยกว่า 0.002 กรัม จึงถือว่ามีน้อยมากจนสามารถตัดทิ้งได้

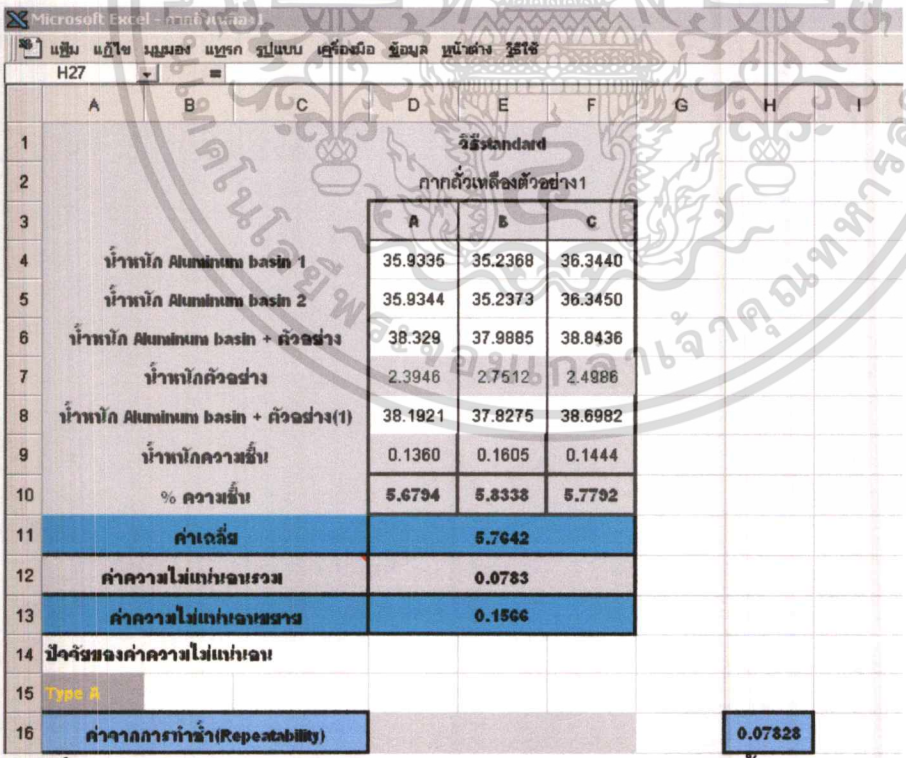
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การจัดทำการคำนวณค่าความไม่แน่นอนสำเร็จรูปโดยการใช้โปรแกรม EXCEL ในการวิเคราะห์ทดสอบคุณค่าทางอาหารของกากถั่วเหลือง นมผง และนมยูเอชที

ภายหลังจากการวิเคราะห์ปัจจัยของการเกิดค่าความไม่แน่นอนโดยใช้แผนภูมิก้างปลาแล้ว สามารถนำปัจจัยเหล่านั้นมาระบุลงในโปรแกรม EXCEL ซึ่งการวิเคราะห์ในแต่ละรายการวิเคราะห์ของตัวอย่างกากถั่วเหลือง นมผงและนมยูเอชที จะใช้หลักการเดียวกันแต่อาจมีรายละเอียดต่างกันบ้างเล็กน้อยขึ้นอยู่กับขั้นตอนการวิเคราะห์ อีกทั้งปัจจัยความไม่แน่นอนที่สามารถระบุค่าได้โดยทั่วไปจะคล้ายคลึงกันทำให้สามารถเข้าใจได้ง่าย

4.2.1 การวิเคราะห์ความชื้น

การจัดทำสมุดงาน (Work Sheet) ของโปรแกรม EXCEL เพื่อการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ความชื้นในตัวอย่าง ได้มีการป้อนสูตรการคำนวณลงไปและเมื่อผู้ใช้ป้อนข้อมูลของการวิเคราะห์ทดสอบ โปรแกรม EXCEL จะสามารถคำนวณผลการวิเคราะห์ได้ดังรูปที่ 4.6



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1				วิธีstandard					
2				กากถั่วเหลืองตัวอย่าง1					
3				A	B	C			
4		น้ำหนัก Aluminum basin 1		35.9335	35.2368	36.3440			
5		น้ำหนัก Aluminum basin 2		35.9344	35.2373	36.3450			
6		น้ำหนัก Aluminum basin + ตัวอย่าง		38.329	37.9885	38.8436			
7		น้ำหนักตัวอย่าง		2.3946	2.7512	2.4986			
8		น้ำหนัก Aluminum basin + ตัวอย่าง(1)		38.1921	37.8275	38.6982			
9		น้ำหนักความชื้น		0.1360	0.1605	0.1444			
10		% ความชื้น		5.6794	5.8338	5.7792			
11		ค่าเฉลี่ย		5.7642					
12		ค่าความไม่แน่นอนรวม		0.0783					
13		ค่าความไม่แน่นอนขยาย		0.1566					
14	ปัจจัยของค่าความไม่แน่นอ								
15	Type A								
16		ค่าจากการทำซ้ำ(Repeatability)						0.07828	

รูปที่ 4.6 การคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
17									
18	Type B							0.00026	
19	ค่าความไม่แน่นอนของเครื่องชั่ง							0.00026	
20	ความไม่แน่นอนจากการสอบเทียบเครื่องชั่ง*								
21	การชั่งครั้งที่1			0.000200	0.000200	0.000200			
22	ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน			0.000115	0.000115	0.000115			
23	การชั่งครั้งที่2			0.000200	0.000200	0.000200			
24	ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน			0.000115	0.000115	0.000115			
25	การชั่งครั้งที่3			0.000200	0.000200	0.000200			
26	ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน			0.000115	0.000115	0.000115			
27	การชั่งครั้งที่4			0.000200	0.000200	0.000200			
28	ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน			0.000115	0.000115	0.000115			
29	รวม			0.000231	0.000231	0.000231			
30	เฉลี่ย				0.000231				
31									
32	ความไม่แน่นอนจากการทำDaily Check				0.000115				
33	ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน				0.000115				
34									
35	* ค่าความไม่แน่นอนจากการสอบเทียบเครื่องชั่ง				due date 12/1/49				
36	ค่าความไม่แน่นอนของเครื่องชั่ง								
37	น้ำหนัก(กรัม)	ค่าความไม่แน่นอน(กรัม)							
38	10	0.0001							
39	20	0.0002							
40	40	0.0002							
41	50	0.0002							
42	60	0.0002							
43	80	0.0002							
44	100	0.0002							
45	120	0.0002							
46	140	0.0002							
47	160	0.0002							
48	180	0.0002							
49	200	0.0002							
50									
51	** ค่าความไม่แน่นอนจากการทำDaily Check								
52	$D =	0.000115							

รูปที่ 4.6(ต่อ) การคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ความชื้น โดยใช้คำนวณด้วยโปรแกรม EXCEL ผู้ใช้ต้องทำการกรอกข้อมูลการวิเคราะห์ในช่วงต้นของ Work Sheet โดยการใส่ข้อมูลของการชั่งน้ำหนักได้แก่

-น้ำหนัก Aluminium basin 1 ในช่อง D4 ถึง F4 หมายถึง น้ำหนักอะลูมิเนียมเบสินที่ผ่านการอบไล่ความชื้น

-น้ำหนัก Aluminium basin 2 ในช่อง D5 ถึง F5 หมายถึง น้ำหนักอะลูมิเนียมก่อนชั่งตัวอย่าง

-น้ำหนัก Aluminium basin+ตัวอย่าง ในช่อง D6 ถึง F6 หมายถึง น้ำหนักอะลูมิเนียมเบสินและ ตัวอย่าง

-น้ำหนัก Aluminium basin+ตัวอย่าง(1) ในช่อง D6 ถึง F6 หมายถึง น้ำหนักอะลูมิเนียมเบสินและตัวอย่างที่อบแล้ว

โปรแกรมจะคำนวณโดยอัตโนมัติและแสดงผลของค่าเฉลี่ยของความชื้น (บรรทัดที่ 11) ค่าความไม่แน่นอนรวม (บรรทัดที่ 12) และค่าความไม่แน่นอนขยาย (บรรทัดที่ 13) ผู้ใช้สามารถใช้ผลลัพธ์ดังกล่าวได้โดยตรง โดยกากถั่วเหลืองหมายเลข 1 มีปริมาณความชื้นร้อยละ 5.76 ± 0.16

การคำนวณค่าความไม่แน่นอนมีรายละเอียดดังนี้

-ความไม่แน่นอนจากการทำซ้ำ โดยคำนวณจากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวิเคราะห์ทั้ง 3 ซ้ำ มีค่าเท่ากับ 0.07828 (ในช่อง H16)

- ความไม่แน่นอนของเครื่องชั่ง สามารถคำนวณจากการนำค่าความไม่แน่นอนของการสอบเทียบเครื่องชั่ง ที่ได้ทำการสอบเทียบปีละครั้ง ซึ่งแสดงในบรรทัดที่ 36 ถึง 52 โดยเลือกใช้ค่าการสอบเทียบที่มากที่สุดของช่วงใช้งาน เช่น น้ำหนักที่ชั่งได้ 15.9335 กรัม ค่าความไม่แน่นอนของน้ำหนักที่ 10 กรัมมีค่าเท่ากับ ±0.0001 กรัม และค่าความไม่แน่นอนของน้ำหนักที่ 20 กรัมมีค่าเท่ากับ ±0.0002 กรัม และใช้ค่าสูงสุดในการคำนวณความไม่แน่นอนซึ่งเท่ากับ ±0.0002 กรัม แล้วนำมาคำนวณเป็นค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน โดยหารด้วยรากที่สองของสาม ($\sqrt{3}$) ของการชั่งแต่ละครั้ง จากนั้นนำมารวมกันได้ค่าเฉลี่ยของความไม่แน่นอนมาตรฐานรวมของการสอบเทียบเครื่องชั่ง มีค่าเท่ากับ 0.000231 (บรรทัดที่ 30) ต่อมาโปรแกรมจะคิดคำนวณค่าดังกล่าวรวมกับความไม่แน่นอนจากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการตรวจสอบเครื่องชั่งประจำวัน มีค่าเท่ากับ 0.000115 (บรรทัดที่ 33) ทำให้ได้ความไม่แน่นอนของเครื่องชั่ง มีค่าเท่ากับ 0.00026 (ในช่อง H19)

ค่าความไม่แน่นอนรวมของผลการวิเคราะห์ มีค่าเท่ากับ 0.0783 (บรรทัดที่ 12) จะถูกนำมาคูณด้วยแฟคเตอร์ 2 จะได้ค่าความไม่แน่นอนขยาย มีค่าเท่ากับ 0.1556 (บรรทัดที่ 13) ซึ่งใช้เป็นค่าความไม่แน่นอนในการรายงานผลการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 การวิเคราะห์โปรตีน

การจัดทำสมุดงาน (Work Sheet) ของโปรแกรม EXCEL เพื่อการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์โปรตีนในตัวอย่าง ได้มีการป้อนสูตรการคำนวณลงไปและเมื่อผู้ใช้ใส่ข้อมูลของการวิเคราะห์ทดสอบ โปรแกรม EXCEL จะสามารถคำนวณผลการวิเคราะห์ได้ดังรูปที่ 4.7

Microsoft Excel - กากถั่วเหลือง1

แฟ้ม แก้ไข มุมมอง แทรก รูปแบบ เครื่องมือ ข้อมูล หน้าต่าง วิธีใช้

D64 = =B101

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1				วิธีstandard					
2				กากถั่วเหลืองตัวอย่าง1					
3				A	B	C			
4	น้ำหนัก scoop+ตัวอย่าง			8.5733	8.5586	8.5882			
5	น้ำหนัก scoop			7.6687	7.6692	7.6699			
6	น้ำหนักตัวอย่าง			0.9046	0.8894	0.9183			
7	Normality HCL			0.10347	0.10347	0.10347			
8	ปริมาตร HCL ของตัวอย่าง			22.1	22.2	22.55			
9	ปริมาตร HCL ของBlank			0.05	0.05	0.05			
10	% ไนโตรเจนทั้งหมด(N)			3.5408	3.6176	3.5590			
11	% โปรตีน(N * 6.25)			22.130073	22.6101	22.2438			
12	ค่าเฉลี่ย			22.3280					
13	ค่าความไม่แน่นอนรวม			0.2547					
14	ค่าความไม่แน่นอนขยาย			0.5034					
15	ปัจจัยของค่าความไม่แน่นอ								
16	Type A								
17	ค่าจากการทำซ้ำ(Repeatability)							0.25086	
18									
19	Type B							0.04400	
20	ค่าความไม่แน่นอนของเครื่องชั่ง							0.00014	
21	ความไม่แน่นอนจากการสอบเทียบเครื่องชั่ง*								
22	การชั่งครั้งที่1			0.000100	0.000100	0.000100			
23	ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน			0.000058	0.000058	0.000058			
24	การชั่งครั้งที่2			0.000100	0.000100	0.000100			
25	ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน			0.000058	0.000058	0.000058			
26	รวม			0.000082	0.000082	0.000082			
27	เฉลี่ย			0.000082					
28									
29	ความไม่แน่นอนจากการทำDaily Check			0.000115					
30	ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน			0.000115					
31									
32	ค่าความไม่แน่นอนจากปริมาตร							0.01558	

รูปที่ 4.7 การคำนวณความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์โปรตีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
33	ความไม่แน่นอนจากการสอบเทียบ***								
34	บิวเรต 50 มิลลิลิตร			0.013900					
35	ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน			0.005675					
36	การเปลี่ยนแปลงปริมาตรตามอุณหภูมิ								
37	อุณหภูมิขณะทำการทดลอง			25.0	องศาเซลเซียส				
38	การขยายตัวตามปริมาตร			0.02321	0.02331	0.02368			
39	ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน			0.013397	0.013458	0.013670			
40	ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานเฉลี่ย			0.013609					
41	ความไม่แน่นอนจากการปรับปริมาตร								
42	ค่าSD จากการสอบเทียบบิวเรต			0.005300					
43	ค่าความไม่แน่นอนจากความเข้มข้นของHCL							0.00019	
44									
45	น้ำหนักFlask			100.8859	99.0545	97.958			
46	น้ำหนักFlask + Na_2CO_3			101.0231	99.1867	98.0889			
47	น้ำหนัก Na_2CO_3			0.13720	0.13220	0.13090			
48	ปริมาตรHCL(มิลลิลิตร) ครั้งที่ 1			24.80	24.00	23.80			
51	ความเข้มข้น HCL			0.10356	0.10351	0.10335			
52	ความเข้มข้น HCL เฉลี่ย			0.10347					
53	ค่าความไม่แน่นอนจากการทำซ้ำ: Type A							0.00011	
54	ค่าความไม่แน่นอนของเครื่องชั่ง							0.00018	
55	ความไม่แน่นอนจากการสอบเทียบเครื่องชั่ง*								
56	การชั่งครั้งที่1			0.000200	0.000100	0.000100			
57	ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน			0.000115	0.000058	0.000058			
58	การชั่งครั้งที่2			0.000200	0.000200	0.000200			
59	ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน			0.000115	0.000115	0.000115			
60	รวม			0.000163	0.000129	0.000129			
61	เฉลี่ย			0.000140					
62									
63	ความไม่แน่นอนจากการทำDaily Check			0.000115					
64	ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน			0.000115					
65	ค่าความไม่แน่นอนของความบริสุทธิ์ของ Na_2CO_3			0.0005					
66	ความไม่แน่นอนมาตรฐาน							0.00029	
67	ความไม่แน่นอนจากมวลโมเลกุลNa_2CO_3*****								
68	ความไม่แน่นอนมาตรฐาน							0.00070	
69	ค่าความไม่แน่นอนจากปริมาตร							0.01573	
70	ความไม่แน่นอนจากการสอบเทียบ***								
71	บิวเรต 50 มิลลิลิตร			0.013900					
72	ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน			0.005675					

รูปที่ 4.7(ต่อ) การคำนวณความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์โปรตีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
73	การเปลี่ยนแปลงปริมาตรตามอุณหภูมิ								
74	อุณหภูมิขณะทำการทดลอง			25.0	องศาเซลเซียส				
75	การขยายตัวตามปริมาตรครั้งที่1			0.02604	0.02520	0.02499			
76	ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน			0.015034	0.014549	0.014428			
77	ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานเฉลี่ย			0.014670					
78	การขยายตัวตามปริมาตรครั้งที่2			0.00021	0.00011	0.00011			
79	ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน			0.000121	0.000061	0.000061			
80	ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานเฉลี่ย			0.000081					
81	ความไม่แน่นอนจากการปรับปริมาตร								
82	ค่าSD จากการสอบเทียบบิวเรต			0.005300					
83									
84	* ค่าความไม่แน่นอนจากการสอบเทียบเครื่องชั่ง			due date 12/1/49					
85	ค่าความไม่แน่นอนของเครื่องชั่ง								
86	น้ำหนัก(กรัม)	ค่าความไม่แน่นอน(กรัม)							
87	10	0.0001							
88	20	0.0002							
89	40	0.0002							
90	50	0.0002							
91	60	0.0002							
92	80	0.0002							
93	100	0.0002							
94	120	0.0002							
95	140	0.0002							
96	160	0.0002							
97	180	0.0002							
98	200	0.0002							
99									
100	** ค่าความไม่แน่นอนจากการทำDaily Check								
101	SD =	0.000115							
102									
103	***ค่าความไม่แน่นอนจากการสอบเทียบเครื่องแก้ว			due date23/9/48					
104	บิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร		0.0139						
105	ปิเปตขนาด 50 มิลลิลิตร		0.0002						
106	ความไม่แน่นอนจากการปรับปริมาตร								
107	บิวเรต 50 มิลลิลิตร SD=		0.0053						
108	ปิเปต 20 มิลลิลิตร SD=		0.0168						
109									
110	***** ความไม่แน่นอนจากมวลโมเลกุล								
111	ธาตุ	มวลโมเลกุล	ความไม่แน่นอน	ความไม่แน่นอนมาตรฐาน					
112	K	39.0983	0.0001	0.00006					
113	H	1.00794	0.00007	0.00004					
114	C	12.0107	0.0008	0.00046					
115	O	15.9994	0.0003	0.00017					
116	Na	22.98977	0.00002	0.00001					

รูปที่ 4.7(ต่อ) แสดงการคำนวณความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์โปรตีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณค่าความไม่แน่นอนของกวรวิเคราะห์โปรตีน โดยใช้โปรแกรมการคำนวณด้วยโปรแกรม EXCEL ผู้ใช้ต้องทำการกรอกข้อมูลการวิเคราะห์ในช่วงต้นของ Work Sheet โดยการใส่ข้อมูลการวิเคราะห์ดังนี้

- น้ำหนัก Scoop+ตัวอย่าง ในช่อง D4 ถึง F5 หมายถึง น้ำหนัก Scoop พร้อมตัวอย่าง
- น้ำหนัก Scoop ในช่อง D6 ถึง F6 หมายถึง น้ำหนัก Scoop ที่ถ่ายตัวอย่างออกแล้ว
- ปริมาตร HCL ของตัวอย่าง ในช่อง D8 ถึง F8 หมายถึงปริมาตรของ HCL ที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง
- ปริมาตร HCL ของ Blank ในช่อง D9 ถึง F10 หมายถึง ปริมาตรของ HCL ที่ใช้ในการไทเทรตBlank
- อุณหภูมิขณะทำการทดลองในช่อง D37 หมายถึง อุณหภูมิของห้องขณะทำการไทเทรตตัวอย่าง

จากนั้นต้องใส่ข้อมูลของการหาความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก(สำหรับวิธีดัดแปลงเป็นการหาความเข้มข้นของกรดซัลฟูริก) ดังนี้

- น้ำหนัก flask ในช่อง D45 ถึง F45 หมายถึง น้ำหนัก flask ก่อนใส่โซเดียมคาร์บอเนต
- น้ำหนัก flask+Na_2Co_3 ในช่อง D45 ถึง F45 หมายถึง น้ำหนัก flask พร้อมโซเดียมคาร์บอเนต
- ปริมาตร HCL (มิลลิลิตร) ครั้งที่ 1 ในช่อง D48 ถึง F48 หมายถึง ปริมาตรกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไทเทรตกับโซเดียมคาร์บอเนตจนถึงจุดยุติ
- ปริมาตร HCL (มิลลิลิตร) ครั้งที่ 2 ในช่อง D49 ถึง F49 หมายถึง ปริมาตรกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไทเทรตกับโซเดียมคาร์บอเนตหลังจากให้ความร้อนแล้วนำมาไทเทรตต่อจนถึงจุดยุติอีกครั้ง
- ค่าความไม่แน่นอนของความบริสุทธิ์ของ Na_2CO_3 ในช่อง D65 โดยการป้อนข้อมูลของความบริสุทธิ์ของโซเดียมคาร์บอเนตที่ใช้ ซึ่งมักมีระบุอยู่ข้างขวดสารเคมี หรือมีใบรับรองจากบริษัทแจ้งมาในรูปความบริสุทธิ์ บวกลบค่าความไม่แน่นอน เช่น 100 %±0.05 ก็จะป้อนข้อมูลในรูปสัดส่วน คือ 0.05/100 ซึ่งเท่ากับ 0.0005 สำหรับในกรณีที่ไม่ระบุค่าความไม่แน่นอน เช่น ความบริสุทธิ์ 99.94 % ก็ให้คิดค่าความไม่แน่นอนเป็น 100 ±0.06 คือ ให้ป้อนข้อมูลเป็น 0.0006
- อุณหภูมิขณะทำการทดลองในช่อง D74 หมายถึงอุณหภูมิขณะทำการไทเทรตสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่ต้องการหาค่าความเข้มข้น

โปรแกรมจะคำนวณโดยอัตโนมัติและแสดงผลของค่าเฉลี่ยของโปรตีน (บรรทัดที่ 11) ค่าความไม่แน่นอนรวม (บรรทัดที่ 12) และค่าความไม่แน่นอนขยาย (บรรทัดที่ 13) ผู้ใช้สามารถใช้ผลลัพธ์ดังกล่าวได้โดยตรง โดยกากถั่วเหลืองหมายเลข 1 มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 22.3 ±0.50 การคำนวณค่าความไม่แน่นอนมีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความไม่แน่นอนจากการทำซ้ำของผลการวิเคราะห์ มีค่าเท่ากับ 0.25086 (ช่อง H17)

- ความไม่แน่นอนของเครื่องชั่ง สามารถคำนวณจากการนำค่าความไม่แน่นอนของการสอบเทียบเครื่องชั่งที่ได้ทำการสอบเทียบปีละครั้ง ซึ่งแสดงในบรรทัดที่ 85 ถึง 98 จากนั้นนำมาทำเป็นค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน โดยหารด้วยรากที่สองของสาม ของการชั่งแต่ละครั้งจากนั้นนำมารวมกันได้ค่าเฉลี่ยของความไม่แน่นอนมาตรฐานรวมของการสอบเทียบเครื่องชั่ง มีค่าเท่ากับ 0.000082 (บรรทัดที่ 27) ต่อมาโปรแกรมจะคิดคำนวณค่าดังกล่าวรวมกับความไม่แน่นอนจากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการตรวจสอบเครื่องชั่งประจำวัน มีค่าเท่ากับ 0.000115 (บรรทัดที่ 30) ทำให้ได้ความไม่แน่นอนของเครื่องชั่ง มีค่าเท่ากับ 0.00014 (ช่อง H20)

- ความไม่แน่นอนจากปริมาตรในการไทเทรตตัวอย่าง สามารถคำนวณจากความไม่แน่นอนจากการสอบเทียบเครื่องแก้วที่ทำการสอบเทียบทุกสองปี ซึ่งแสดงในบรรทัดที่ 103 ถึง 105 นำมาคำนวณเป็นค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานโดยหารด้วยรากที่สองของหก ($\sqrt{6}$)มีค่าเท่ากับ 0.005672 (บรรทัดที่ 35) รวมกับค่าความไม่แน่นอนของการเปลี่ยนแปลงปริมาตรตามอุณหภูมิ ซึ่งคำนวณจาก

$$\text{ค่าความไม่แน่นอนของปริมาตร} = \frac{100 \times \Delta T \times 2.1 \times 10^{-4}}{\sqrt{3}}$$

เมื่อ ΔT = อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปจากการสอบเทียบ(องศาเซลเซียส)

ดังนั้นจะมีค่าเท่ากับ 0.013509 (บรรทัดที่ 40) และปัจจัยสุดท้ายคือความไม่แน่นอนจากการปรับปริมาตร ซึ่งได้จากข้อมูลส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทำซ้ำในการสอบเทียบเครื่องแก้วแต่ละครั้งมีค่าเท่ากับ 0.005300 (บรรทัดที่ 42) เมื่อได้ค่าความไม่แน่นอนของปริมาตรจากแต่ละปัจจัยแล้วนำมารวมกัน เพื่อเป็นค่าความไม่แน่นอนจากปริมาตรมีค่าเท่ากับ 0.01558 (ช่อง H32)

- ค่าความไม่แน่นอนของความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกมีค่าเท่ากับ 0.00019 (บรรทัดที่ H43) สามารถคำนวณความไม่แน่นอนได้จาก การทำซ้ำของผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นมีค่าเท่ากับ 0.00011 (ช่อง H53) ความไม่แน่นอนของเครื่องชั่ง มีค่า 0.00018 (ช่อง H54) ความไม่แน่นอนของความบริสุทธิ์ของโซเดียมคาร์บอเนตมีค่า 0.0005 (ช่อง D65)ความไม่แน่นอนของมวลโมเลกุลของธาตุ ที่แสดงอยู่ในบรรทัดที่ 110 ถึง 116 ทำเป็นค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน โดยหารแต่ละความไม่แน่นอนด้วยรากที่สองของสามและรวมกันตามจำนวนธาตุที่มีอยู่ในสารนั้นซึ่งคำนวณจาก

$$\text{ค่าความไม่แน่นอนรวม} = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_i^2}$$

เมื่อ u_i = ความไม่แน่นอนมาตรฐาน

ดังนั้นโซเดียมคาร์บอเนต ($NaCO_3$) คำนวณจาก $\sqrt{0.00001^2 + 0.00046^2 + (3 \times 0.00017)^2}$ มีค่าเท่ากับ 0.00070 (ช่องที่ H68) และสุดท้ายเป็นความไม่แน่นอนจากปริมาตรในการไทเทรตเพื่อหาความเข้มข้นของไฮโดรคลอริก มีค่าเท่ากับ 0.01573 (ช่องที่ 69)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความไม่แน่นอนรวมของผลการวิเคราะห์ มีค่าเท่ากับ 0.2547 (บรรทัดที่ 13) จะถูกนำมาคูณด้วยแฟคเตอร์ 2 จะได้ค่าความไม่แน่นอนขยาย มีค่าเท่ากับ 0.5094 (บรรทัดที่ 14) ซึ่งใช้เป็นค่าความไม่แน่นอนในการรายงานผลการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.3.3 การวิเคราะห์ไขมัน

การจัดทำสมุดงาน (Work Sheet) ของโปรแกรม EXCELเพื่อการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ไขมันในตัวอย่าง ได้มีการป้อนสูตรการคำนวณลงไปและเมื่อผู้ใช้ป้อนข้อมูลของการวิเคราะห์ทดสอบ โปรแกรมEXCEL จะสามารถคำนวณผลการวิเคราะห์ได้ดังรูปที่ 4.8

Microsoft Excel - กากถั่วเหลือง1

แฟ้ม แก้ไข มุมมอง แทรก รูปแบบ เครื่องมือ ข้อมูล หน้าต่าง วิธีใช้

I16 =

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2				กากถั่วเหลืองตัวอย่าง1					
3				A	B	C			
4		น้ำหนัก Beaker fat		63.7422	65.2757	57.7556			
5		น้ำหนัก Beaker fat+fat		63.8686	65.4125	57.8834			
6		น้ำหนัก Beaker fat+fat2		63.8691	65.4128	57.8837			
7		น้ำหนักไขมัน		0.1269	0.1371	0.1281			
8		น้ำหนัก Aluminum basin 2		35.9344	35.2373	36.3450			
9		น้ำหนัก Aluminum basin + ตัวอย่าง		38.329	37.9885	38.8436			
10		น้ำหนักตัวอย่าง		2.3946	2.7512	2.4986			
11		% ไขมัน		5.2994	4.9333	5.1269			
12		ค่าเฉลี่ย		5.1366					
13		ค่าความไม่แน่นอนรวม		0.1583					
14		ค่าความไม่แน่นอนขยาย		0.3166					
15	ปัจจัยของค่าความไม่แน่นอน								
16	Type A								
17	ค่าจากการทำซ้ำ(Repeatability)							0.15829	
18									
19	Type B							0.00026	
20	ค่าความไม่แน่นอนของเครื่องชั่ง							0.00026	
21	ความไม่แน่นอนจากการสอบเทียบเครื่องชั่ง*								
22		การชั่งครั้งที่1		0.000200	0.000200	0.000200			
23		ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน		0.000115	0.000115	0.000115			
24		การชั่งครั้งที่2		0.000200	0.000200	0.000200			
25		ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน		0.000115	0.000115	0.000115			
26		การชั่งครั้งที่3		0.000200	0.000200	0.000200			
27		ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน		0.000115	0.000115	0.000115			
28		การชั่งครั้งที่4		0.000200	0.000200	0.000200			
29		ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน		0.000115	0.000115	0.000115			
30		รวม		0.000231	0.000231	0.000231			
31		เฉลี่ย		0.000231					
32									

รูปที่ 4.8 การคำนวณความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
33	ความไม่แน่นอนจากการทำDaily Check			0.000115					
34	ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน			0.000115					
35									
36									
37	* ค่าความไม่แน่นอนจากการสอบเทียบเครื่องชั่ง			due date 12/1/49					
38	ค่าความไม่แน่นอนของเครื่องชั่ง								
39	น้ำหนัก(กรัม)	ค่าความไม่แน่นอน(กรัม)							
40	10	0.0001							
41	20	0.0002							
42	40	0.0002							
43	50	0.0002							
44	60	0.0002							
45	80	0.0002							
46	100	0.0002							
47	120	0.0002							
48	140	0.0002							
49	160	0.0002							
50	180	0.0002							
51	200	0.0002							
52									
53	** ค่าความไม่แน่นอนจากการทำDaily Check								
54	SD =	0.000115							

รูปที่ 4.8**(ต่อ)** การคำนวณความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ไขมัน

การคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ไขมัน โดยใช้การคำนวณด้วยโปรแกรม EXCEL ผู้ใช้ต้องทำการกรอกข้อมูลการวิเคราะห์ในช่วงต้นของ Work Sheet โดยการใส่ข้อมูลของการวิเคราะห์ได้แก่

-น้ำหนัก Beaker fat ในช่อง D4 ถึง F4 หมายถึง น้ำหนักบีกเกอร์ไขมันก่อนสกัดไขมัน

-น้ำหนัก Beaker fat +fat ในช่อง D5 ถึง F5 หมายถึง น้ำหนักบีกเกอร์ไขมันพร้อมไขมันที่สกัดได้

-น้ำหนัก Beaker fat +fat 2 ในช่อง D6 ถึง F6 หมายถึง น้ำหนักบีกเกอร์ไขมันพร้อมไขมันที่สกัดได้ผ่านการอบอีกครั้งจนน้ำหนักคงที่

โปรแกรมจะคำนวณโดยอัตโนมัติและแสดงผลของค่าเฉลี่ยของไขมัน (บรรทัดที่ 12) ค่าความไม่แน่นอนรวม (บรรทัดที่ 13) และค่าความไม่แน่นอนขยาย (บรรทัดที่ 14) ผู้ใช้สามารถใช้ผลลัพธ์ดังกล่าวได้โดยตรง โดยกากถั่วเหลืองหมายเลข 1 มีปริมาณไขมันร้อยละ 5.13 ± 0.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณค่าความไม่แน่นอนมีรายละเอียดดังนี้

- ความไม่แน่นอนจากการทำซ้ำ มีค่าเท่ากับ 0.15829 (ช่อง H17) สามารถคำนวณได้จากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวิเคราะห์ทั้ง 3 ซ้ำ

- ความไม่แน่นอนของเครื่องชั่ง สามารถคำนวณจากการนำค่าความไม่แน่นอนของการสอบเทียบเครื่องชั่งที่ได้ทำการสอบเทียบปีละครั้ง ซึ่งแสดงอยู่ในบรรทัดที่ 38 ถึง 52 ได้ค่าเฉลี่ยของความไม่แน่นอนมาตรฐานรวมของการชั่งแต่ละครั้ง มีค่าเท่ากับ 0.000231 (บรรทัดที่ 32) จากนั้นนำมารวมกับความไม่แน่นอนจากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการตรวจสอบเครื่องชั่งประจำวันมีค่าเท่ากับ 0.000115 (บรรทัดที่ 35) นำทั้งสองปัจจัยมาคำนวณรวมกัน ได้ความไม่แน่นอนของเครื่องชั่งมีค่าเท่ากับ 0.00026 (ช่อง H20)

ค่าความไม่แน่นอนรวมของผลการวิเคราะห์ มีค่าเท่ากับ 0.15830 (บรรทัดที่ 13) จะถูกนำมาคูณด้วยแฟคเตอร์ 2 จะได้ค่าความไม่แน่นอนขยาย มีค่าเท่ากับ 0.31659 (บรรทัดที่ 14) ซึ่งใช้เป็นค่าความไม่แน่นอนในการรายงานผลการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.3.4 การวิเคราะห์กาก

การจัดทำสมุดงาน (Work Sheet) ของโปรแกรม EXCELเพื่อการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์กากในตัวอย่างได้มีการป้อนสูตรการคำนวณลงไปและเมื่อผู้ใช้ป้อนข้อมูลของการวิเคราะห์ทดสอบ โปรแกรม EXCEL จะสามารถคำนวณผลการวิเคราะห์ได้ดังรูปที่ 4.9

Microsoft Excel - กากถั่วเหลือง1

แฟ้ม แก้ไข มุมมอง แทรก รูปแบบ เครื่องมือ ข้อมูล หน้าต่าง วิธีใช้

F22 =

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1				วิธี standard					
2				กากถั่วเหลืองตัวอย่าง1					
3				A	B	C			
4		น้ำหนัก scoop+sample		11.0101	10.995	11.0323			
5		น้ำหนัก scoop		10.0035	10.0029	10.0018			
6		น้ำหนัก ตัวอย่าง		1.0066	0.9921	1.0305			
7		น้ำหนักAlundum หลังฉบ		23.2467	23.2186	26.1632			
8		น้ำหนักAlundum หลังเผา		23.1232	23.0949	26.0358			
9		น้ำหนักกาก		0.1235	0.1237	0.1274			
10		% ความชื้น		5.7642					
11		% ไขมัน		5.1365					
12		% กาก		10.9316	11.1093	11.0153			
13		ค่าเฉลี่ย		11.0187					
14		ค่าความไม่แน่นอนรวม		0.1977					
15		ค่าความไม่แน่นอนขยาย		0.3954					
16	ปัจจัยของค่าความไม่แน่นอน								

รูปที่ 4.9 การคำนวณความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์กาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
17	Type A								
18	ค่าจากการทำซ้ำ(Repeatability)							0.08392	
19									
20	Type B							0.17659	
21	ค่าความไม่แน่นอนของค่าความชื้น			0.15656					
22	ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานของค่าความชื้น							0.07828	
23	ค่าความไม่แน่นอนของค่าไขมัน			0.31659					
24	ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานของค่าไขมัน							0.15829	
25									
26	ค่าความไม่แน่นอนของเครื่องชั่ง							0.00026	
27	ความไม่แน่นอนจากการสอบเทียบเครื่องชั่ง*								
28	การชั่งครั้งที่1			0.000200	0.000200	0.000200			
29	ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน			0.000115	0.000115	0.000115			
30	การชั่งครั้งที่2			0.000200	0.000200	0.000200			
31	ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน			0.000115	0.000115	0.000115			
32	การชั่งครั้งที่3			0.000200	0.000200	0.000200			
33	ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน			0.000115	0.000115	0.000115			
34	การชั่งครั้งที่4			0.000200	0.000200	0.000200			
35	ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน			0.000115	0.000115	0.000115			
36	รวม			0.000231	0.000231	0.000231			
37	เฉลี่ย			0.000231					
38									
39	ความไม่แน่นอนจากการทำ Daily Check			0.000115					
40	ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน			0.000115					
41									
42									
43	* ค่าความไม่แน่นอนจากการสอบเทียบเครื่องชั่ง					Due date 12/1/49			
44	ค่าความไม่แน่นอนของเครื่องชั่ง								
45	น้ำหนัก(กรัม)	ค่าความไม่แน่นอน(กรัม)							
46	10	0.0001							
47	20	0.0002							
48	40	0.0002							
49	50	0.0002							
50	60	0.0002							
51	80	0.0002							
52	100	0.0002							
53	120	0.0002							
54	140	0.0002							
55	160	0.0002							
56	180	0.0002							
57	200	0.0002							

รูปที่ 4.9(ต่อ) การคำนวณความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์กาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
58									
59	** ค่าความไม่แน่นอนจากการทำDaily Check								
60	SD =	0.000115							
61									
62	***ค่าความไม่แน่นอนจากการสอบเทียบเครื่องแก้ว					due date23/9/48			
63	บิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร		0.0139						
64	ปิเปตขนาด 20 มิลลิลิตร		0.0002						
65	ความไม่แน่นอนจากการปรับปริมาตร								
66	บิวเรต 50 มิลลิลิตร SD=		0.0053						
67	ปิเปต 20 มิลลิลิตร SD=		0.0168						

รูปที่ 4.9**(ต่อ)** การคำนวณความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์กาก

การคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์กาก โดยใช้โปรแกรมการคำนวณด้วยโปรแกรม EXCEL ผู้ใช้ต้องทำการกรอกข้อมูลการวิเคราะห์ในช่วงต้นของ Work Sheet โดยการใส่ข้อมูลของการวิเคราะห์ได้แก่

- น้ำหนัก scoop+sample ในช่อง D4 ถึง F4 หมายถึง น้ำหนักสคูปพร้อมตัวอย่าง
- น้ำหนัก scoop ในช่อง D5 ถึง F5 หมายถึง น้ำหนักสคูปที่เทตัวอย่างลงในบีกเกอร์ย่อยกาก
- น้ำหนักAlundum หลังอบ ในช่อง D7 ถึง F7 หมายถึง น้ำหนักอะลันดัมที่มีกากผ่านการอบ
-น้ำหนักAlundum หลังเผา ในช่อง D8 ถึง F8 หมายถึงน้ำหนักอะลันดัมที่มีกากที่ผ่านการเผา

โปรแกรมจะคำนวณโดยอัตโนมัติและแสดงผลของค่าเฉลี่ยของกาก (บรรทัดที่ 13) ค่าความไม่แน่นอนรวม (บรรทัดที่ 14) และค่าความไม่แน่นอนขยาย (บรรทัดที่ 15) ผู้ใช้สามารถใช้ผลลัพธ์ดังกล่าวได้โดยตรง โดยกากถั่วเหลืองหมายเลข 1 มีปริมาณกากร้อยละ 11.02 ± 0.40 การคำนวณค่าความไม่แน่นอนมีรายละเอียดดังนี้

- ความไม่แน่นอนจากการทำซ้ำ มีค่าเท่ากับ 0.08892 (ช่อง H18) คำนวณจากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวิเคราะห์ทั้ง 3 ซ้ำ

-ความไม่แน่นอนของค่าความชื้น มีค่าเท่ากับ 0.07829 (ช่อง H22) ของตัวอย่างเดียวกัน โดยดึงข้อมูลจากสมุดงานความชื้นทำเป็นค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานโดยการหารสอง

-ความไม่แน่นอนของไขมัน มีค่าเท่ากับ 0.15829 (ช่อง H24) ของตัวอย่างเดียวกัน โดยดึงข้อมูลจากสมุดงานไขมันทำเป็นค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานโดยการหารสอง

- ความไม่แน่นอนของเครื่องชั่ง คำนวณจากการนำค่าความไม่แน่นอนของการสอบเทียบเครื่องชั่งที่ได้ทำการสอบเทียบปีละครั้ง ซึ่งแสดงอยู่ในบรรทัดที่ 47 ถึงบรรทัดที่ 58 ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยของความไม่แน่นอนมาตรฐานรวมของความไม่แน่นอนจากการสอบเทียบเครื่องชั่ง มีค่าเท่ากับ 0.000231 (บรรทัดที่ 41) จากนั้นนำมารวมกับความไม่แน่นอนจากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบเครื่องชั่งประจำวัน มีค่าเท่ากับ 0.000115 (บรรทัดที่ 44) และนำทั้งสองปัจจัยมารวมกันได้ความไม่แน่นอนของเครื่องชั่ง มีค่าเท่ากับ 0.00026 (ช่อง H26)

ค่าความไม่แน่นอนรวมของผลการวิเคราะห์ มีค่าเท่ากับ 0.19772 (บรรทัดที่ 14) จะถูกนำมาคูณด้วยแฟคเตอร์ 2 จะได้ค่าความไม่แน่นอนขยาย มีค่าเท่ากับ 0.39545 (บรรทัดที่ 15) ซึ่งใช้เป็นค่าความไม่แน่นอนในการรายงานผลการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.3.5 การวิเคราะห์เถ้า

การจัดทำสมุดงาน (Work Sheet) ของโปรแกรม EXCEL เพื่อการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์เถ้าในตัวอย่างได้มีการป้อนสูตรการคำนวณลงไปและเมื่อผู้ใช้ป้อนข้อมูลของการวิเคราะห์ทดสอบ โปรแกรม EXCEL จะสามารถคำนวณผลการวิเคราะห์ได้ดังรูปที่ 4.10

Microsoft Excel - กากถั่วเหลือง1

แฟ้ม แก้ไข มุมมอง แทรก รูปแบบ เครื่องมือ ข้อมูล หน้าต่าง วิธีใช้

D2 = กากถั่วเหลืองตัวอย่าง1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2				กากถั่วเหลืองตัวอย่าง1					
3				A	B	C			
4		น้ำหนัก Crucible		17.5362	17.9976	17.2766			
5		น้ำหนัก Crucible 2		17.5368	17.998	17.2771			
6		น้ำหนัก Crucible + ตัวอย่าง		18.9396	19.0489	18.3607			
7		น้ำหนักตัวอย่าง		1.4028	1.0509	1.0836			
8		น้ำหนัก Crucible+ ตัวอย่าง(1)		17.5903	18.0358	17.3162			
9		น้ำหนัก Crucible+ ตัวอย่าง(2)		17.5910	18.0360	17.3161			
10		น้ำหนักเถ้า		0.0541	0.0382	0.0395			
11		% เถ้า		3.8566	3.6350	3.6453			
12		ค่าเฉลี่ย			3.7123				
13		ค่าความไม่แน่นอนรวม			0.1251				
14		ค่าความไม่แน่นอนขยาย			0.2502				
15	ปัจจัยของค่าความไม่แน่นอน								
16	Type A								
17	ค่าจากการทำซ้ำ(Repeatability)							0.12508	
18									
19	Type B							0.00026	
20	ค่าความไม่แน่นอนของเครื่องชั่ง							0.00026	
21	ความไม่แน่นอนจากการสอบเทียบเครื่องชั่ง*								
22		การชั่งครั้งที่1		0.000200	0.000200	0.000200			
23		ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน		0.000115	0.000115	0.000115			

รูปที่ 4.10 การคำนวณความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์เถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
25	ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน			0.000115	0.000115	0.000115			
26	การชั่งครั้งที่3			0.000200	0.000200	0.000200			
27	ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน			0.000115	0.000115	0.000115			
28	การชั่งครั้งที่4			0.000200	0.000200	0.000200			
29	ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน			0.000115	0.000115	0.000115			
30	รวม			0.000231	0.000231	0.000231			
31	เฉลี่ย			0.000231					
32									
33	ความไม่แน่นอนจากการทำDaily Check			0.000115					
34	ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน			0.000115					
35									
36	* ค่าความไม่แน่นอนจากการสอบเทียบเครื่องชั่ง			due date 12/1/49					
37	ค่าความไม่แน่นอนของเครื่องชั่ง								
38	น้ำหนัก(กรัม)	ค่าความไม่แน่นอน(กรัม)							
39	10	0.0001							
40	20	0.0002							
41	40	0.0002							
42	50	0.0002							
43	60	0.0002							
44	80	0.0002							
45	100	0.0002							
46	120	0.0002							
47	140	0.0002							
48	160	0.0002							
49	180	0.0002							
50	200	0.0002							
51									
52	** ค่าความไม่แน่นอนจากการทำDaily Check								
53	SD =	0.000115							

รูปที่ 4.10**(ต่อ)** แสดงการคำนวณความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์เถ้า

การคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์เถ้า โดยใช้โปรแกรมการคำนวณด้วยโปรแกรม EXCEL ผู้ใช้ต้องทำการกรอกข้อมูลการวิเคราะห์ในช่วงต้นของ Work Sheet โดยการใส่ข้อมูลของการวิเคราะห์ได้แก่

- น้ำหนัก Crucible ในช่อง D4 ถึง F4 หมายถึง น้ำหนักครูซิเบิลหลังผ่านการเผา
- น้ำหนัก Crucible2 ในช่อง D5 ถึง F5 หมายถึง น้ำหนักครูซิเบิลก่อนชั่งตัวอย่าง
- น้ำหนัก Crucible+ตัวอย่าง ในช่อง D6 ถึง F6 หมายถึง น้ำหนักครูซิเบิลพร้อมตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- น้ำหนัก Crucible+ ตัวอย่าง(1) ในช่อง D8 ถึง F8 หมายถึง น้ำหนักครูซิเบิลและตัวอย่างหลังเผาครั้งที่1

- น้ำหนัก Crucible+ ตัวอย่าง(2) ในช่อง D9 ถึง F9 หมายถึง น้ำหนักครูซิเบิลและตัวอย่างหลังเผาครั้งที่2 หรือที่น้ำหนักคงที่

โปรแกรมจะคำนวณโดยอัตโนมัติและแสดงผลของค่าเฉลี่ยของเถ้า (บรรทัดที่ 12) ค่าความไม่แน่นอนรวม (บรรทัดที่ 13) และค่าความไม่แน่นอนขยาย (บรรทัดที่ 14) ผู้ใช้สามารถใช้ผลลัพธ์ดังกล่าวได้โดยตรง โดยกากถั่วเหลืองหมายเลข 1 มีปริมาณเถ้าร้อยละ 3.71 ± 0.25

การคำนวณค่าความไม่แน่นอนมีรายละเอียดดังนี้

- ความไม่แน่นอนจากการทำซ้ำ มีค่าเท่ากับ 0.12508 (ช่อง H17) สามารถคำนวณจากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวิเคราะห์ทั้ง 3 ซ้ำ

- ความไม่แน่นอนของเครื่องชั่ง คำนวณจากการนำค่าความไม่แน่นอนของการสอบเทียบเครื่องชั่งที่ได้ทำการสอบเทียบปีละครั้งซึ่งแสดงในบรรทัดที่ 37 ถึง 51ได้ค่าเฉลี่ยของความไม่แน่นอนมาตรฐานรวมของการชั่งแต่ละครั้ง มีค่าเท่ากับ 0.000231 (บรรทัดที่ 31) จากนั้นนำมารวมกับความไม่แน่นอนจากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการตรวจสอบเครื่องชั่งประจำวัน มีค่าเท่ากับ 0.000115 (บรรทัดที่ 34) เมื่อนำทั้งสองปัจจัยมารวมกันได้เป็นค่าความไม่แน่นอนของเครื่องชั่ง มีค่าเท่ากับ 0.00026 (ช่อง H20)

ค่าความไม่แน่นอนรวมของผลการวิเคราะห์ มีค่าเท่ากับ 0.12508 (บรรทัดที่ 13) จะถูกนำมาคูณด้วยแฟคเตอร์ 2 จะได้ค่าความไม่แน่นอนขยาย มีค่าเท่ากับ 0.25016 (บรรทัดที่ 14) ซึ่งใช้เป็นค่าความไม่แน่นอนในการรายงานผลการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ตัวอย่างโดยวิธีมาตรฐานกับวิธีดัดแปลง

4.3.1 คุณค่าทางโภชนาการของกากถั่วเหลือง

4.3.1.1 ปริมาณความชื้นในกากถั่วเหลือง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในกากถั่วเหลืองจำนวน 10 ตัวอย่างโดยวิธีมาตรฐานและวิธีดัดแปลงจากวิธีมาตรฐานเพื่อใช้ในห้องปฏิบัติการสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์ความชื้นของกากถั่วเหลือง

ตัวอย่างกากถั่วเหลือง	ปริมาณความชื้น (%)				ความต่างของผลวิเคราะห์ (%)
	วิธีมาตรฐาน	ค่าความไม่แน่นอน	วิธีดัดแปลง	ค่าความไม่แน่นอน	
1	5.76	±0.16	5.59	±0.13	+2.95
2	5.49	±0.20	5.42	±0.07	+1.28
3	7.10	±0.05	7.34	±0.17	-3.38
4	9.26	±0.15	9.50	±0.13	-2.59
5	5.34	±0.34	5.35	±0.21	-0.19
6	10.48	±0.44	10.59	±0.05	-0.95
7	9.90	±0.17	10.23	±0.32	-3.03
8	12.19	±0.24	12.53	±0.17	-2.46
9	10.72	±0.05	11.09	±0.10	-3.74
10	9.31	±0.29	9.55	±0.27	-2.69

จากผลการทดลองพบว่าปริมาณความชื้นของตัวอย่างกากถั่วเหลืองโดยการวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐานมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่างร้อยละ 5.34 ถึง 12.19 สอดคล้องกับในวิธีดัดแปลงที่มีปริมาณความชื้นเฉลี่ยอยู่ในระหว่างร้อยละ 5.35 ถึง 12.53 อย่างไรก็ตามไม่มีมาตรฐานอุตสาหกรรมหรือมาตรฐานใดที่กำหนดในเรื่อง ปริมาณความชื้นในกากถั่วเหลือง ตัวอย่างกากถั่วเหลืองที่ใช้ในการทดลองมีแหล่งที่มาและกระบวนการผลิตรวมทั้งการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ซึ่งจะส่งผลต่อปริมาณความชื้นในตัวอย่าง โดยตัวอย่างที่ 5 และ 8 มีปริมาณความชื้นต่ำสุดและสูงสุดตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของผลวิเคราะห์พบว่ามีค่าระหว่างร้อยละ 0.19 ถึง 3.76 โดยพบว่าปริมาณความชื้นที่วิเคราะห์โดยวิธีมาตรฐานมีค่าสูงกว่าในวิธีดัดแปลงจำนวน 2 ตัวอย่างคือตัวอย่างที่ 1 และ 2 ตามลำดับ การวิเคราะห์ความชื้นด้วยวิธีมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฐานมีแนวโน้มที่จะให้ผลการวิเคราะห์ต่ำกว่าวิธีการดัดแปลง อาจเนื่องจากมีการใส่ตัวอย่างครั้งละ 10 ตัวอย่างสำหรับหาความชื้นในการอบในตู้อบสุญญากาศที่มีขนาดเล็กจึงให้การระเหยความชื้นในตู้อบสุญญากาศมีประสิทธิภาพไม่ดีเท่าที่ควรและทำให้มีปริมาณความชื้นสูงกว่าในตู้อบลมร้อน นอกจากนี้เมื่อพิจารณาค่าความไม่แน่นอนของทั้ง 2 วิธีพบว่าค่าความไม่แน่นอนของวิธีมาตรฐานอยู่ระหว่างร้อยละ 0.05 ถึง 0.44 และวิธีดัดแปลงมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 0.05 ถึง 0.32 ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติเนื่องจาก มีแหล่งของความไม่แน่นอนเพียงสองแหล่งทั้งสองวิธีคือ ความไม่แน่นอนจากการทำซ้ำ และเครื่องชั่ง

4.3.1.2 ปริมาณโปรตีนในกากถั่วเหลือง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในกากถั่วเหลืองจำนวน 10 ตัวอย่างโดยวิธีมาตรฐานและวิธีดัดแปลงจากวิธีมาตรฐานเพื่อใช้ในห้องปฏิบัติการสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์โปรตีนของกากถั่วเหลือง

ตัวอย่างกากถั่วเหลือง	ปริมาณโปรตีน (%)				ความต่างของผลวิเคราะห์ (%)
	วิธีมาตรฐาน	ค่าความไม่แน่นอน	วิธีดัดแปลง	ค่าความไม่แน่นอน	
1	22.39	±0.51	21.86	±0.51	+2.23
2	21.91	±0.11	21.63	±0.55	+1.37
3	39.81	±0.56	38.52	±0.95	+2.51
4	10.81	±0.36	10.42	±0.28	+0.04
5	22.86	±0.44	22.80	±0.71	+0.44
6	22.08	±0.39	21.84	±0.53	+1.36
7	46.06	±0.25	44.75	±1.08	+3.04
8	46.70	±0.45	46.14	±1.07	+1.28
9	48.29	±0.57	48.08	±1.13	+0.62
10	42.30	±0.62	42.77	±1.12	-1.18

จากผลการทดลองพบว่าปริมาณโปรตีนของตัวอย่างกากถั่วเหลืองในวิธีมาตรฐานมีค่าเฉลี่ยระหว่างร้อยละ 10.81 ถึง 48.29 สอดคล้องกับในวิธีดัดแปลงที่มีปริมาณโปรตีนมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่างร้อยละ 10.42 ถึง 48.08 อย่างไรก็ตามไม่มีมาตรฐานใด ที่กำหนดปริมาณโปรตีนในกากถั่วเหลือง ความแตกต่างของปริมาณโปรตีนอาจเนื่องมาจากแหล่งที่มาและกระบวนการผลิตรวมทั้งการเก็บรักษาของตัวอย่างกากถั่วเหลือง ซึ่งจะส่งผลต่อปริมาณโปรตีนในตัวอย่าง โดยตัวอย่างที่ 9 และ 4 มีปริมาณโปรตีนสูงสุดและต่ำสุดตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบความแตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่างของผลวิเคราะห์พบว่ามีค่าระหว่างร้อยละ 0.04 ถึง 3.04 โดยปริมาณโปรตีนที่วิเคราะห์โดยวิธีมาตรฐาน มีค่าต่ำกว่าในวิธีดัดแปลงจำนวน 1 ตัวอย่างคือตัวอย่างที่ 10 แสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์โดยวิธีมาตรฐานมีแนวโน้มให้ผลการวิเคราะห์โปรตีนที่สูงกว่าในวิธีดัดแปลง เนื่องจากในวิธีมาตรฐานมีการใช้กรดไฮโดรคลอริกในการไทเทรตเพื่อหาโปรตีน ส่วนในวิธีดัดแปลงใช้กรดซัลฟูริกซึ่งอาจมีผลกระทบที่เกิดจากประสิทธิภาพของกรดที่ใช้ในการทำปฏิกริยากับไนโตรเจนในตัวอย่างที่ต่างกัน แต่การใช้กรดซัลฟูริกในการไทเทรตหาปริมาณโปรตีนเป็นสารเคมีที่ในวิธีวิเคราะห์โปรตีนตามวิธีของ ISO เลือกให้ใช้ได้ทั้งกรดไฮโดรคลอริกและกรดซัลฟูริก นอกจากนี้พบว่าค่าความไม่แน่นอนของวิธีมาตรฐานอยู่ระหว่างร้อยละ 0.11 ถึง 0.62 ในขณะที่วิธีดัดแปลงมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 0.28 ถึง 1.13 โดยมีค่าความไม่แน่นอนประมาณร้อยละ ±1 จำนวน 5 ตัวอย่าง

4.3.1.3 ปริมาณกากในกากถั่วเหลือง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณกากในกากถั่วเหลืองจำนวน 10 ตัวอย่างโดยวิธีมาตรฐาน และวิธีดัดแปลงจากวิธีมาตรฐานเพื่อใช้ในห้องปฏิบัติการ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์กากของกากถั่วเหลือง

ตัวอย่างกาก ถั่วเหลือง	ปริมาณกาก (%)				ความต่างของ ผลวิเคราะห์ (%)
	วิธีมาตรฐาน	ค่าความ ไม่แน่นอน	วิธีดัดแปลง	ค่าความไม่ แน่นอน	
1	11.02	±0.40	11.03	±0.53	0.00
2	10.27	±0.30	10.45	±0.40	-1.75
3	5.71	±0.32	5.42	±0.27	+5.08
4	34.57	±0.25	34.26	±0.33	+0.90
5	11.75	±0.48	12.02	±0.63	-2.30
6	10.97	±0.60	11.03	±0.56	-0.55
7	5.39	±0.20	5.00	±0.30	+7.24
8	5.98	±0.44	5.76	±0.77	+3.68
9	3.36	±0.47	3.00	±0.27	+10.7
10	5.87	±0.56	5.26	±0.67	+10.4

จากผลการทดลองพบว่าปริมาณกากของตัวอย่างกากถั่วเหลืองในวิธีมาตรฐานมีค่าเฉลี่ยระหว่างร้อยละ 3.36 ถึง 34.57 ซึ่งสอดคล้องกับในวิธีดัดแปลงที่มีปริมาณกากเฉลี่ยอยู่ระหว่างร้อยละ 3.00 ถึง 34.26 อย่างไรก็ตามไม่มีใด ที่กำหนดปริมาณกากในกากถั่วเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากมีแหล่งที่มาและกระบวนการผลิตรวมทั้งการเก็บรักษาแตกต่างกันจึงส่งผลต่อปริมาณกากในตัวอย่างกากถั่วเหลือง โดยตัวอย่างที่ 4 และ 9 มีปริมาณกากเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุดตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของผลวิเคราะห์พบว่ามีค่าระหว่างร้อยละ 0.55 ถึง 10.7 โดยปริมาณกากที่วิเคราะห์โดยวิธีมาตรฐานมีค่าเฉลี่ย ต่ำกว่าในวิธีดัดแปลงจำนวน 3 ตัวอย่าง คือตัวอย่างที่ 2, 5และ6 โดยมีความแตกต่างของผลการวิเคราะห์ร้อยละ 1.75, 2.30 และ 0.55 ตามลำดับ และมีค่าเท่ากันในตัวอย่างที่ 1 ในขณะที่ตัวอย่างที่เหลือมีความแตกต่างร้อยละ 2.56 ถึง 10.7 ซึ่งมีบางค่าที่เกิน มาตรฐานค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์ (Relative Error) ที่ควรอยู่ในช่วงร้อยละ 1 ถึง 10 (กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2545) แสดงให้เห็นในเบื้องต้นว่าวิธีทีการที่ดัดแปลงขึ้นมาอาจไม่สามารถนำมาใช้แทนวิธีมาตรฐานได้ หากแทนค่าที่ได้จากวิธีมาตรฐานเป็นค่าที่ถูกต้อง แต่อย่างไรก็ตามกระบวนการทวนสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ที่นำมาใช้ยังมีอีกหลายขั้นตอน เช่น การทดสอบกับตัวอย่างมาตรฐาน หรือการเข้าร่วมการทดสอบความชำนาญ เป็นต้น นอกจากนี้เมื่อพิจารณาค่าความไม่แน่นอนของทั้ง 2 วิธีพบว่า ค่าความไม่แน่นอนของวิธีมาตรฐาน อยู่ระหว่างร้อยละ 0.20 ถึง 0.56 และวิธีดัดแปลงมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 0.27 ถึง 0.77 ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติเนื่องจาก นอกจากแหล่งความไม่แน่นอนจากการทำซ้ำและเครื่องชั่งแล้ว ค่าความไม่แน่นอนของค่าความชื้นและไขมันมีค่าเท่ากัน เนื่องจากมีที่มาจากตัวอย่างเดียวกัน

4.3.1.4 ปริมาณไขมันและเถ้าในกากถั่วเหลืองด้วยวิธีมาตรฐาน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไขมันและเถ้าในกากถั่วเหลืองจำนวน 10 ตัวอย่างโดยวิธีมาตรฐานสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์ไขมันและเถ้าด้วยวิธีมาตรฐานของกากถั่วเหลือง

ตัวอย่างกากถั่วเหลือง	ไขมัน (%)		เถ้า (%)	
	ปริมาณ	ค่าความไม่แน่นอน	ปริมาณ	ค่าความไม่แน่นอน
1	5.14	±0.32	3.71	±0.25
2	8.35	±0.20	4.00	±0.25
3	18.24	±0.09	5.01	±0.07
4	2.06	±0.11	4.32	±0.11
5	5.31	±0.19	3.88	±0.04
6	5.24	±0.26	3.72	±0.13
7	2.05	±0.10	6.74	±0.08
8	0.77	±0.12	5.69	±0.02
9	1.78	±0.15	6.38	±0.06
10	2.11	±0.13	14.7	±0.55

จากตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าปริมาณไขมันของตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง มีค่าเฉลี่ยระหว่างร้อยละ 0.77 ถึง 18.2 และมีค่าความไม่แน่นอนร้อยละ 0.09 ถึง 0.32 ส่วนปริมาณเถ้ามีค่าเฉลี่ยระหว่างร้อยละ 3.71 ถึง 14.7 และมีค่าความไม่แน่นอนอยู่ระหว่างร้อยละ 0.22 ถึง 0.55 ปริมาณของไขมันและเถ้าในกากถั่วเหลืองที่มีค่าแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของถั่วเหลือง กระบวนการสกัดน้ำมัน และวิธีการเก็บรักษา ซึ่งจากผลการทดลองสามารถสรุปองค์ประกอบพื้นฐานของกากถั่วเหลืองได้ดังตารางที่ 4.5 ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากวิธีมาตรฐานและตารางที่ 4.6 เป็นวิธีดัดแปลงที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

ตารางที่ 4.5 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของกากถั่วเหลืองที่วิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐาน

ตัวอย่าง	ความชื้น (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	กาก (%)	เถ้า (%)
1	5.76	22.39	5.14	11.02	3.71
2	5.49	21.91	8.35	10.27	4.00
3	7.10	39.81	18.24	5.71	5.01
4	9.26	10.81	2.06	34.57	4.32
5	5.34	22.86	5.31	11.75	3.88
6	10.48	22.08	5.24	10.97	3.72
7	9.90	46.06	2.05	5.39	6.74
8	12.19	46.70	0.77	5.98	5.69
9	10.72	48.29	1.78	3.36	6.38
10	9.31	42.30	2.11	5.87	14.71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของกากถั่วเหลืองที่วิเคราะห์ด้วยวิธีดัดแปลง

ตัวอย่าง	ความชื้น (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	กาก (%)	เถ้า (%)
1	5.50	21.86	-	11.03	-
2	5.42	21.63	-	10.45	-
3	7.34	38.52	-	5.42	-
4	9.50	10.42	-	34.26	-
5	5.35	22.80	-	12.02	-
6	10.59	21.84	-	11.03	-
7	10.23	44.75	-	5.00	-
8	12.53	46.14	-	5.76	-
9	11.09	48.08	-	3.00	-
10	9.55	42.77	-	5.26	-

หมายเหตุ : - ห้องปฏิบัติการเลือกใช้วิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์

4.3.2 คุณค่าทางโภชนาการของนมผง

4.3.2.1 ปริมาณโปรตีนของนมผง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในนมผงจำนวน 10 ตัวอย่างโดยวิธีมาตรฐานและวิธีดัดแปลงจากวิธีมาตรฐานเพื่อใช้ในห้องปฏิบัติการสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการวิเคราะห์โปรตีนของนมผง

ตัวอย่างนมผง	ปริมาณโปรตีน (%)				ความต่างของผลวิเคราะห์ (%)
	วิธีมาตรฐาน	ค่าความไม่แน่นอน	วิธีดัดแปลง	ค่าความไม่แน่นอน	
1	23.65	±0.28	23.14	±0.65	+2.53
2	23.68	±0.48	23.14	±0.58	+2.53
3	24.04	±0.30	23.97	±0.58	0.00
4	22.31	±0.24	21.60	±0.84	+3.14
5	22.33	±0.35	21.76	±0.51	+2.24
6	23.82	±0.34	23.39	±0.59	+1.68
7	23.88	±0.31	23.45	±0.59	+2.09
8	27.40	±0.33	26.25	±0.78	+4.01
9	24.27	±0.50	23.95	±0.55	+1.23
10	22.35	±0.28	22.35	±0.53	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองพบว่าปริมาณโปรตีนของตัวอย่างนมผงมีค่าเฉลี่ยระหว่างร้อยละ 22.3 ถึง 27.4 โดยการวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐาน ซึ่งสอดคล้องกับในวิธีดัดแปลงที่มีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยอยู่ระหว่างร้อยละ 21.6 ถึง 26.3 โดยตัวอย่างที่ 4 และ 8 มีปริมาณโปรตีนต่ำสุดและสูงสุดตามลำดับ ซึ่งมาตรฐานของนมผงไม่ได้กำหนดค่ามาตรฐานโปรตีนไว้ แต่กำหนดให้ในรูปโปรตีนนมในเนื้อนมไม่รวมมันเนย ซึ่งไม่สามารถหาค่าได้ด้วยข้อมูลที่มีอยู่ในการทดลอง นอกจากนี้ปริมาณโปรตีนที่วิเคราะห์โดยวิธีมาตรฐาน และวิธีดัดแปลงมีค่าเท่ากัน ในตัวอย่างที่ 3 และ 10 ขณะที่ตัวอย่างอื่นๆ ที่วิเคราะห์โดยวิธีมาตรฐานมีค่าสูงกว่าวิธีดัดแปลงระหว่างร้อยละ 0.3 ถึง 1.10 แสดงให้เห็นว่าวิธีวิเคราะห์มาตรฐานมีแนวโน้มให้ผลการวิเคราะห์โปรตีนที่สูงกว่า เนื่องจากในวิธีมาตรฐานมีการใช้กรดไฮโดรคลอริกในการไทเทรตเพื่อหาค่าโปรตีน ส่วนในวิธีดัดแปลงใช้กรดซัลฟูริกซึ่งอาจมีผลกระทบที่เกิดจาก ประสิทธิภาพของกรดที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา กับไนโตรเจนในตัวอย่างที่ต่างกัน ค่าความไม่แน่นอนของวิธีมาตรฐานอยู่ระหว่างร้อยละ 0.24 ถึง 0.50 ในขณะที่วิธีดัดแปลงให้ค่าความไม่แน่นอนร้อยละ 0.51 ถึง 0.84 ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ

4.3.2.2 ปริมาณความชื้น ไขมันและเถ้าด้วยวิธีมาตรฐานของนมผง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ไขมันและเถ้าในนมผงจำนวน 10 ตัวอย่างโดยวิธีมาตรฐานสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการวิเคราะห์ความชื้น ไขมันและเถ้าด้วยวิธีมาตรฐานของนมผง

ตัวอย่างนมผง	ความชื้น (%)		ไขมัน %)		เถ้า (%)	
	ปริมาณ	ค่าความไม่แน่นอน	ปริมาณ	ค่าความไม่แน่นอน	ปริมาณ	ค่าความไม่แน่นอน
1	2.89	±0.10	28.48	±0.34	5.56	±0.07
2	3.04	±0.09	28.89	±0.14	5.63	±0.16
3	2.98	±0.01	28.07	±0.23	5.74	±0.01
4	2.79	±0.45	24.24	±0.43	4.98	±0.08
5	2.97	±0.22	25.68	±0.40	4.95	±0.07
6	2.93	±0.07	29.61	±0.24	5.61	±0.07
7	2.84	±0.05	28.39	±0.31	5.14	±0.57
8	3.51	±0.44	28.33	±0.12	6.88	±0.02
9	2.02	±0.15	29.02	±0.26	6.43	±0.40
10	2.36	±0.08	28.73	±0.33	2.94	±0.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.8 แสดงให้เห็นว่าปริมาณความชื้นของตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง มีค่าระหว่างร้อยละ 2.02 ถึง 3.51 ค่าความไม่แน่นอนร้อยละ 0.01 ถึง 0.45 ปริมาณไขมันมีค่าระหว่างร้อยละ 24.2 ถึง 29.0 ค่าความไม่แน่นอนร้อยละ 0.12 ถึง 0.43 และปริมาณเถ้ามีค่าระหว่างร้อยละ 2.94 ถึง 6.88 โดยมีค่าความไม่แน่นอนร้อยละ 0.01 ถึง 0.57 ซึ่งปริมาณความชื้น ไขมันและเถ้ามีความแตกต่างกันในแต่ละตัวอย่างทั้งนี้เนื่องจากนมผงที่ใช้ในการทดลองบางชนิดเป็นนมผงปรุงแต่ง ซึ่งมีการเพิ่มหรือลดคุณค่าทางโภชนาการบางอย่างลงไป เช่น ในตัวอย่างที่ 6 เป็นนมผงปรุงแต่งรสช็อกโกแลตซึ่งจะมีปริมาณไขมันและเถ้าเท่ากับร้อยละ 29.6 และ 5.61 โดยมีค่าสูงกว่าในตัวอย่างที่ 4 ซึ่งเป็นนมผงธรรมดา ที่ประกอบด้วยไขมันและเถ้าร้อยละ 24.24 และ 4.98 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากมีการเติมผงโกโก้และแร่ธาตุบางอย่างลงไป อย่างไรก็ตามความชื้นและไขมันในทุกตัวอย่างมีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 265 และ 266 พ.ศ.2545 ที่กำหนดให้มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 5 และไขมันไม่น้อยกว่าร้อยละ16.5 โดยตัวอย่างที่ 9 และตัวอย่างที่ 8 มีความชื้นต่ำสุดและสูงสุดตามลำดับ คือ 2.02 และ 3.51 และตัวอย่างที่ 4 และตัวอย่างที่ 6 มีไขมันต่ำสุดและสูงสุดตามลำดับ คือ 24.2 และ 29.6 ส่วนเถ้าไม่มีค่ามาตรฐานกำหนด ซึ่งจากผลการทดลองสามารถสรุปองค์ประกอบพื้นฐานของนมผงได้ดังตารางที่ 4.9 ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากวิธีมาตรฐานและตารางที่ 4.10 เป็นวิธีดัดแปลงที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

ตารางที่ 4.9 คุณค่าทางโภชนาการของนมผงที่วิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐาน

ตัวอย่าง	ความชื้น (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	เถ้า (%)
1	2.89	23.65	28.48	5.56
2	3.04	23.68	28.89	5.63
3	2.98	24.04	28.07	5.74
4	2.79	22.31	24.24	4.98
5	2.97	22.33	25.68	4.95
6	2.93	23.82	29.61	5.61
7	2.84	23.88	28.39	5.14
8	3.51	27.40	28.33	6.88
9	2.02	24.27	29.02	6.43
10	2.36	22.35	28.73	2.94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 คุณค่าทางโภชนาการของนมผงที่วิเคราะห์ด้วยวิธีดัดแปลง

ตัวอย่าง	ความชื้น (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	เถ้า (%)
1	-	23.14	-	-
2	-	23.14	-	-
3	-	23.97	-	-
4	-	21.60	-	-
5	-	21.76	-	-
6	-	23.39	-	-
7	-	23.45	-	-
8	-	26.25	-	-
9	-	23.95	-	-
10	-	22.35	-	-

หมายเหตุ : - ห้องปฏิบัติการเลือกใช้วิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์

4.3.3 คุณค่าทางโภชนาการของนมยูเอชที

4.3.3.1 ปริมาณโปรตีน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในนมผงจำนวน 10 ตัวอย่างโดยวิธีมาตรฐานและวิธีดัดแปลงจากวิธีมาตรฐานเพื่อใช้ในห้องปฏิบัติการสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 แสดงผลการวิเคราะห์โปรตีนของนมยูเอชที

ตัวอย่างนมยูเอชที	ปริมาณโปรตีน(%)				ความต่างของผลวิเคราะห์ (%)
	วิธีมาตรฐาน	ค่าความไม่แน่นอน	วิธีดัดแปลง	ค่าความไม่แน่นอน	
1	2.76	±0.12	2.78	±0.12	-0.72
2	3.03	±0.04	2.99	±0.07	+1.32
3	3.09	±0.04	3.03	±0.09	+1.94
4	3.69	±0.04	3.59	±0.09	+2.71
5	3.73	±0.10	3.76	±0.10	-0.80
6	2.96	±0.09	2.89	±0.10	+2.36
7	2.87	±0.12	2.83	±0.17	+1.39
8	3.05	±0.05	3.03	±0.08	+0.66
9	2.82	±0.14	2.78	±0.12	+1.42
10	2.82	±0.07	2.76	±0.07	+2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองพบว่าปริมาณโปรตีนของตัวอย่างนมยูเอชทีมีค่าเฉลี่ยระหว่างร้อยละ 2.76 ถึง 3.73 โดยการวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐาน ซึ่งสอดคล้องกับในวิธีดัดแปลงที่มีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยระหว่างร้อยละ 2.76 ถึง 3.76 ตัวอย่างนมยูเอชทีมีปริมาณโปรตีนในตัวอย่างใกล้เคียงกันและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 265 และ 266 พ.ศ.2545 ที่กำหนดให้มีโปรตีนนมไม่น้อยกว่าร้อยละ 2.6 จากการวิเคราะห์พบว่าตัวอย่างที่ 5 มีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 3.69 และ 3.59 ตามวิธีมาตรฐานและวิธีดัดแปลงตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณโปรตีนเฉลี่ยในนมผงโดยวิธีมาตรฐานและวิธีดัดแปลงมีค่าต่ำสุดในตัวอย่างที่ 1 และ 10 ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างของวิธีวิเคราะห์ทั้งสองเท่ากับร้อยละ 0.72 ถึง 2.36 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์พบว่ามีเพียงร้อยละ 0.04 ถึง 0.12 ในการวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐานและร้อยละ 0.07 ถึง 0.17 ในวิธีดัดแปลงเนื่องจากความเป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่างนมยูเอชที ทำให้มีค่าความไม่แน่นอนจากการทำซ้ำน้อย

4.3.3.2 ผลการวิเคราะห์ความชื้น ไขมันและเถ้าด้วยวิธีมาตรฐาน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ไขมันและเถ้าในนมยูเอชทีจำนวน 10 ตัวอย่างโดยวิธีมาตรฐานสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 แสดงผลการวิเคราะห์ความชื้น ไขมันและเถ้าด้วยวิธีมาตรฐานของนมยูเอชที

ตัวอย่างนมยูเอชที	ความชื้น(%)		ไขมัน(%)		เถ้า(%)	
	ปริมาณ	ค่าความไม่แน่นอน	ปริมาณ	ค่าความไม่แน่นอน	ปริมาณ	ค่าความไม่แน่นอน
1	88.12	±0.06	3.47	±0.04	0.67	±0.02
2	87.33	±0.15	4.18	±0.01	0.72	±0.02
3	87.37	±0.07	4.26	±0.03	0.72	±0.01
4	86.13	±0.05	3.79	±0.03	0.95	±0.00
5	87.52	±0.01	3.30	±0.03	0.82	±0.03
6	85.26	±0.04	2.96	±0.03	0.70	±0.01
7	84.99	±0.08	3.25	±0.03	0.64	±0.05
8	83.69	±0.18	3.52	±0.01	0.71	±0.03
9	85.11	±0.02	3.12	±0.02	0.57	±0.04
10	82.80	±0.08	3.05	±0.03	0.69	±0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.12 แสดงให้เห็นว่าปริมาณความชื้นของตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 82.8 ถึง 88.1 มีค่าความไม่แน่นอนร้อยละ 0.01 ถึง0.18 ปริมาณไขมันเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 2.96 ถึง 4.26 มีค่าความไม่แน่นอนร้อยละ 0.01 ถึง0.04 และปริมาณเถ้าเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 0.57 ถึง 0.95 โดยมีค่าความไม่แน่นอนร้อยละ 0.01 ถึง 0.05 ซึ่งปริมาณความชื้น ไขมันและเถ้ามีความแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากนมยูเอชทีที่ใช้ในการทดลองบางชนิดเป็นนมปรุงแต่ง ซึ่งมีการเพิ่มหรือลดคุณค่าทางโภชนาการบางอย่างลงไป เช่น รสช็อกโกแลตในตัวอย่างที่ 3 ที่มีปริมาณไขมันและเถ้าร้อยละ 3.79 และ 0.95 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่านมยูเอชทีรสจืดในตัวอย่างที่ 1 ที่มีปริมาณไขมันและเถ้าร้อยละ 3.47 และ 0.67 ตามลำดับ ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 265 และ 266 กำหนดให้มีปริมาณเนื้อนมในนมยูเอชที (คำนวณจาก 100%-%ความชื้น) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 7.7 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานทุกตัวอย่าง โดยตัวอย่างที่ 10 มีปริมาณเนื้อนมสูงสุดเนื่องจากเป็นนมคืนรูปจึงมีส่วนที่เป็นเนื้อของนมผงอยู่มาก และตัวอย่างที่ 1 มีเนื้อนมต่ำที่สุดเนื่องจากเป็นนมรสจืด ส่วนไขมันกำหนดให้มีไขมันไม่น้อยกว่าร้อยละ 3 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานเกือบทุกตัวอย่าง ยกเว้นในตัวอย่างที่ 6 ที่มีปริมาณไขมันน้อยที่สุดคือ 2.96 ซึ่งเป็นนมคืนรูปรสจืด ส่วนเถ้าไม่มีค่ามาตรฐานกำหนด ซึ่งจากผลการทดลองสามารถสรุปองค์ประกอบพื้นฐานของนมยูเอชทีได้ดังตารางที่ 4.13 ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากวิธีมาตรฐานและตารางที่ 4.14 เป็นวิธีดัดแปลงที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

ตารางที่ 4.13 คุณค่าทางโภชนาการของนมยูเอชทีที่วิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐาน

ตัวอย่าง	ความชื้น (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	เถ้า (%)
1	88.12	2.76	3.47	0.67
2	87.33	3.03	4.18	0.72
3	87.37	3.09	4.26	0.72
4	86.13	3.69	3.79	0.95
5	87.52	3.73	3.30	0.82
6	85.26	2.96	2.96	0.70
7	84.99	2.87	3.25	0.64
8	83.69	3.05	3.52	0.71
9	85.11	2.82	3.12	0.57
10	82.80	2.82	3.05	0.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 คุณค่าทางโภชนาการของนมยูเอชทีที่วิเคราะห์ด้วยวิธีดัดแปลง

ตัวอย่าง	ความชื้น (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	เถ้า (%)
1	-	2.78	-	-
2	-	2.99	-	-
3	-	3.03	-	-
4	-	3.59	-	-
5	-	3.76	-	-
6	-	2.89	-	-
7	-	2.83	-	-
8	-	3.03	-	-
9	-	2.78	-	-
10	-	2.76	-	-

หมายเหตุ : - ห้องปฏิบัติการเลือกใช้วิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งของความไม่แน่นอนในการวิเคราะห์ค่าความไม่แน่นอนในตัวอย่าง

4.4.1 การเปรียบเทียบค่าความไม่แน่นอนจากวิธีมาตรฐานกับวิธีดัดแปลง

ความไม่แน่นอนจากการวิเคราะห์ตัวอย่างกากถั่วเหลือง นมผง และนมยูเอชทีด้วยวิธีมาตรฐานและวิธีที่มีการดัดแปลงจากวิธีมาตรฐานเพื่อใช้ในหน่วยงาน สามารถแสดงผลความไม่แน่นอนขยายเฉลี่ย จากตัวอย่างแต่ละชนิดจำนวน 10 ตัวอย่างดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 แสดงค่าความไม่แน่นอนของวิธีมาตรฐานกับวิธีดัดแปลงในกากถั่วเหลือง นมผง และนมยูเอชที

ตัวอย่าง	รายการวิเคราะห์	ความไม่แน่นอนขยาย	
		วิธีมาตรฐาน	วิธีดัดแปลง
กากถั่วเหลือง	ความชื้น	±0.15[a]	±0.13[a]
	โปรตีน	±0.39[a]	±0.53[b]
	กาก	±0.32[a]	±0.27[a]
นมผง	โปรตีน	±0.48[a]	±0.58[b]
นมยูเอชที	โปรตีน	±0.04[a]	±0.07[b]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากผลการวิเคราะห์ความไม่แน่นอนขยายจากวิธีทั้งสองพบว่า ค่าความไม่แน่นอนจากผลการวิเคราะห์ความชื้นและกากในตัวอย่างกากถั่วเหลืองด้วยวิธีทั้งสอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากการวิเคราะห์ความชื้นมีเพียงปัจจัยความไม่แน่นอนจากการทำซ้ำและเครื่องชั่งเหมือนกันทั้งสองวิธี การวิเคราะห์กากนอกจากมีปัจจัยความไม่แน่นอนจากเครื่องชั่งและการทำซ้ำแล้ว ยังมีค่าความไม่แน่นอนของความชื้นและไขมันอีกด้วยแต่ทั้งสองวิธีใช้ตัวอย่างเดียวกันและใช้ค่าความไม่แน่นอนค่าเดียวกันจึงทำให้ไม่เกิดความแตกต่างทางสถิติ ในขณะที่ค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์โปรตีนในตัวอย่างกากถั่วเหลือง นมผงและนมยูเอชที มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากขั้นตอนในการหาความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกมีมากกว่ากรดไฮโดรคลอริก โดยสารเคมีที่ใช้ในการไทเทรตเพื่อหาความเข้มข้นของไฮโดรคลอริกคือ สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตซึ่งทราบความเข้มข้นได้จากการชั่งน้ำหนักโดยตรง ในขณะที่กรดซัลฟูริกหาความเข้มข้นโดยไทเทรตกับโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มอล ซึ่งต้องหาความเข้มข้นที่แน่นอนของโซเดียมไฮดรอกไซด์อีกขั้นตอนหนึ่ง โดยไทเทรต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับโพแทสเซียมไฮโดรเจนพาทาเลท การเพิ่มขึ้นของขั้นตอนดังกล่าวจะส่งผลให้เกิดปัจจัยความไม่แน่นอนและค่าความไม่แน่นอนมากขึ้น จากผลการทดลองพบว่าการวิเคราะห์โปรตีนด้วยวิธีมาตรฐานจะให้ผลการวิเคราะห์ที่ดีกว่าเนื่องจากมีความไม่แน่นอนต่ำกว่าวิธีดัดแปลง อย่างไรก็ตามในการเลือกใช้วิธีวิเคราะห์ใดนั้น ควรขึ้นอยู่กับปัจจัยและความเหมาะสมของห้องปฏิบัติการ เช่น สารเคมี เครื่องมือ การทวนสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ การเข้าร่วมกิจกรรมทดสอบความชำนาญ หรือการให้ผลการวิเคราะห์ที่ยอมรับได้เมื่อใช้วิธีดัดแปลงที่ใช้วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการทดสอบกับสารตัวอย่างมาตรฐานอ้างอิง

4.4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งของความไม่แน่นอนแบบ A และแบบร่วม (ระหว่าง A และ B)ในการวิเคราะห์ค่าความไม่แน่นอนในตัวอย่าง

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยวิธีมาตรฐานกับวิธีที่มีการดัดแปลงขึ้นเพื่อใช้ในหน่วยงานมีค่าความไม่แน่นอนแบบ A ที่ได้จากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวิเคราะห์ และแบบ B ที่ได้จากการประเมินด้วยวิธีอื่น เช่น ค่าความไม่แน่นอนจากการสอบเทียบเครื่องมือ เครื่องแก้ว ความไม่แน่นอนของความบริสุทธิ์ของสารเคมีเกิดขึ้น เมื่อนำความไม่แน่นอนทั้งสองแบบมารวมกันเป็นค่าความไม่แน่นอนขยายแบบร่วมของการวิเคราะห์ และต้องการเปรียบเทียบกับค่าความไม่แน่นอนขยายซึ่งคำนวณมาจากการใช้ความไม่แน่นอนแบบ A เพียงอย่างเดียว สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติของความไม่แน่นอนที่คำนวณเฉพาะแบบ A กับแบบร่วม

ตัวอย่าง	รายการวิเคราะห์	ความไม่แน่นอนขยาย วิธีมาตรฐาน		ความไม่แน่นอนขยาย วิธีดัดแปลง	
		แบบ A	แบบร่วม	แบบ A	แบบร่วม
กากถั่วเหลือง	ความชื้น	±0.21[a]	±0.21[a]	±0.19[a]	±0.19[a]
	โปรตีน	±0.40[a]	±0.43[b]	±0.29[a]	±0.79[b]
	กาก	±0.27[a]	±0.40[b]	±0.37[a]	±0.47[b]
	ไขมัน	±0.17[a]	±0.17[a]	-	-
	เถ้า	±0.16[a]	±0.16[a]	-	-
นมผง	ความชื้น	±0.16[a]	±0.16[a]	-	-
	โปรตีน	±0.28[a]	±0.34[b]	±0.28[a]	±0.62[b]
	ไขมัน	±0.14[a]	±0.14[a]	-	-
	เถ้า	±0.16[a]	±0.16[a]	-	-
นมยูเอชที	ความชื้น	±0.07[a]	±0.07[a]	-	-
	โปรตีน	±0.08[a]	±0.08[a]	±0.06[a]	±0.10[b]
	ไขมัน	±0.03[a]	±0.03[a]	-	-
	เถ้า	±0.02[a]	±0.02[a]	-	-

หมายเหตุ : 1. - ไม่ได้ใช้วิธีดัดแปลงในการวิเคราะห์

2. ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 4.16 พบว่าค่าความไม่แน่นอนที่ได้จากการคำนวณจากแบบ A กับแบบร่วมด้วยวิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์ความชื้น ไขมันและเถ้าในตัวอย่างกากถั่วเหลือง นมผงและนมยูเอชที ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากค่าความไม่แน่นอนแบบ B (ภาคผนวก จ) เกิดจากการสอบเทียบเครื่องชั่งเพียงปัจจัยเดียวและมีค่าต่ำมากจึงไม่ส่งผลต่อความไม่แน่นอนขยาย ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับความไม่แน่นอนขยายของวิธีดัดแปลง ที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับความไม่แน่นอนแบบ A ในขณะที่การวิเคราะห์โปรตีนและกากในตัวอย่างกากถั่วเหลืองที่มีค่าความไม่แน่นอนแบบ B สูงเนื่องจากมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์ ได้แก่ เครื่องชั่ง ปริมาตร ความเข้มข้น มวลโมเลกุล และความบริสุทธิ์ของสารเคมี เป็นต้น ปัจจัยดังกล่าวส่งผลให้ความไม่แน่นอนขยายของแบบร่วมสูงขึ้น จนมีความแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางสถิติของความไม่แน่นอนขยายทั้งสองแบบ ดังนั้นความไม่แน่นอนแบบ B ของการวิเคราะห์ที่มีหลายขั้นตอน เช่นโปรตีนและกาก จึงมีความสำคัญในการนำมาใช้คำนวณความไม่แน่นอนเพื่อให้ผลการวิเคราะห์มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

4.4.3 การวิเคราะห์ผลของค่าความไม่แน่นอนจากการใช้จำนวนซ้ำในการวิเคราะห์

ในการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของตัวอย่าง กากถั่วเหลือง นมผง และนม ยูเอชที พบว่ามีค่าความไม่แน่นอนแบบ A หรือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ และ 2 ซ้ำ (โดยเลือกผลวิเคราะห์สูงสุดและต่ำสุดจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำของแต่ละตัวอย่าง) ซึ่งสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 แสดงค่าความไม่แน่นอนแบบ A จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำและ 2 ซ้ำ ในตัวอย่างกากถั่วเหลือง นมผงและนมยูเอชที

ตัวอย่าง	รายการวิเคราะห์	ความไม่แน่นอนวิธีมาตรฐาน		ความไม่แน่นอนวิธีดัดแปลง	
		2 ซ้ำ	3 ซ้ำ	2 ซ้ำ	3 ซ้ำ
กากถั่วเหลือง	ความชื้น	0.14^{a}	0.10^{b}	0.13^{a}	0.09^{b}
	โปรตีน	0.27^{a}	0.21^{b}	0.19^{a}	0.14^{b}
	กาก	0.18^{a}	0.13^{b}	0.18^{a}	0.25^{b}
	ไขมัน	0.11^{a}	0.08^{b}	-	-
	เถ้า	0.11^{a}	0.08^{b}	-	-
นมผง	ความชื้น	0.11^{a}	0.08^{b}	0.13^{a}	0.09^{b}
	โปรตีน	0.19^{a}	0.14^{b}	0.19^{a}	0.14^{b}
	ไขมัน	0.19^{a}	0.14^{b}	-	-
	เถ้า	0.10^{a}	0.08^{b}	-	-
นมยูเอชที	ความชื้น	0.05^{a}	0.04^{b}	0.13^{a}	0.09^{b}
	โปรตีน	0.05^{a}	0.04^{b}	0.04^{a}	0.03^{b}
	ไขมัน	0.02^{a}	0.01^{b}	-	-
	เถ้า	0.02^{a}	0.01^{b}	-	-

หมายเหตุ : 1. - ไม่ได้ใช้วิธีดัดแปลงในการวิเคราะห์

2. ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.17 พบว่าค่าความไม่แน่นอนแบบ A จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำมีค่าต่ำกว่าในการวิเคราะห์ 2 ซ้ำและมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงว่าจำนวนการวิเคราะห์จำนวนการวิเคราะห์ซ้ำมีผลต่อค่าความไม่แน่นอนแบบ A และยิ่งมีจำนวนซ้ำในการวิเคราะห์มากขึ้น จะทำให้ค่าความไม่แน่นอนลดลงและส่งผลให้ค่าเฉลี่ยจากผลการวิเคราะห์มีความแม่นยำและน่าเชื่อถือเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความไม่แน่นอนโดยการวิเคราะห์ด้วย แผนภูมิก้างปลา ในการทดสอบคุณค่าทางอาหาร สามารถเกิดความไม่แน่นอนได้จาก ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวิเคราะห์ เครื่องชั่ง ปริมาตร ความบริสุทธิ์ของสารเคมี เป็นต้น การใช้แผนภูมิก้างปลาสามารถวิเคราะห์ขั้นตอนต่างๆ ได้สะดวกและง่ายต่อการนำปัจจัยเหล่านั้นไปคำนวณค่าความไม่แน่นอน

5.1.2 การใช้โปรแกรม EXCEL ในการคำนวณค่าความไม่แน่นอน ของคุณค่าทางอาหารในกากถั่วเหลือง นมผงและนมยูเอชที สามารถทำได้ง่าย และเข้าใจถึงแหล่งความไม่แน่นอนแต่ละแหล่ง นอกจากนี้ยังสามารถสังเกตความผิดพลาดได้ง่าย หากมีค่าใดให้ผลการคำนวณผิดปกติ อย่างไรก็ตามข้อมูลแต่ละแหล่งที่ใช้ในการคำนวณ จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงทุกครั้งที่มีการสอบเทียบใหม่ หรือเมื่อมีการคิดค่าความไม่แน่นอนของแหล่งของความไม่แน่นอนใหม่ๆขึ้นมา

5.1.3 การวิเคราะห์โปรตีนด้วยวิธีมาตรฐานมีแนวโน้มให้ผลการวิเคราะห์สูงกว่าวิธีดัดแปลงในทุกตัวอย่าง ในขณะที่การวิเคราะห์ความชื้นในกากถั่วเหลืองมีแนวโน้มให้ผลการวิเคราะห์ต่ำกว่าวิธีดัดแปลง ส่วนการวิเคราะห์กากไม่สามารถบอกแนวโน้มได้ว่าวิธีใดให้ค่าสูงหรือต่ำกว่า

5.1.4 ความไม่แน่นอนที่ได้จากการวิเคราะห์โปรตีนด้วยวิธีมาตรฐานมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีดัดแปลงในทุกตัวอย่าง เนื่องจากปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความไม่แน่นอนจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐานมีจำนวนน้อยกว่าในวิธีดัดแปลง ถึงแม้ว่าใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์เป็นเครื่องมือเดียวกัน ดังนั้นจำนวนขั้นตอนในการวิเคราะห์ที่มากขึ้นจะทำให้ค่าความไม่แน่นอนสูงขึ้น ในการวิเคราะห์แบบเดียวกันหรือคล้ายคลึงกัน

5.1.5 ค่าความไม่แน่นอนที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบ A และแบบร่วม (A และ B) มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในการวิเคราะห์โปรตีนและกาก เนื่องจากแหล่งความไม่แน่นอนแบบ B ของการวิเคราะห์ทั้งสองมีหลายปัจจัย เช่น ปริมาตร น้ำหนัก และความเข้มข้น เป็นต้น จึงต้องนำค่าความไม่แน่นอนของปัจจัยดังกล่าวมาใช้ในการคำนวณ ในขณะที่ค่าความไม่แน่นอนแบบ A และ แบบร่วม ของการวิเคราะห์ความชื้น ไขมันและเถ้า ไม่มีความแตกต่างกัน เนื่องจากมีค่าความไม่แน่นอนแบบ B ต่ำ ที่ส่งผลมาจากความไม่แน่นอนของเครื่องชั่งเท่านั้น

5.1.6 ค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์แบบ A ที่ได้จากการวิเคราะห์เพียง 2 ซ้ำมีค่าสูงกว่าในการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ และมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังนั้นในการคำนวณค่าความไม่แน่นอนจึงควรทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำขึ้นไป เพื่อให้ได้ค่าความไม่แน่นอนที่มีค่าน้อย เนื่องจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นการลดความไม่แน่นอนจากความเป็นไม่เป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่างและอิทธิพล (bias) อื่นๆ ขณะทำการทดลองได้มากยิ่งขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 แหล่งปัจจัยของค่าความไม่แน่นอนใช้ได้เฉพาะการวิเคราะห์ตามวิธีวิเคราะห์ ที่ระบุในภาคผนวก ก ถึง ค หากมีขั้นตอนการวิเคราะห์แตกต่างออกไป ไม่สามารถใช้กับโปรแกรมการคำนวณนี้ได้ แต่อาจใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ หรือถ้ามีบางแหล่งความไม่แน่นอนที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันก็สามารถนำหลักการคำนวณนี้ไปใช้ได้

5.2.2 การใช้โปรแกรม EXCEL ในการคำนวณค่าความไม่แน่นอน ต้องใส่ข้อมูลการสอบเทียบของอุปกรณ์ทุกครั้งที่มีการสอบเทียบใหม่ และข้อมูลความเข้มข้นของสารเคมีที่มีการเปลี่ยนแปลง

5.2.3 ในการวิเคราะห์ที่ สามารถแสดงค่าความไม่แน่นอนของผลการวิเคราะห์นั้นได้ จะเป็นการระบุขอบเขตของค่าที่วิเคราะห์ได้ชัดเจน อีกทั้งยังสร้างความน่าเชื่อถือของผลการทดสอบ และแสดงถึงมีประสิทธิภาพของห้องปฏิบัติการ รวมทั้งใช้เป็นเป็นตัวเลือกในการตัดสินใจของผู้บริโภคได้ในอนาคต

5.2.4 ผลการทดลองที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐานในการทดลองฉบับนี้ แม้จะเป็นวิธีที่เป็นมาตรฐาน แต่กระบวนการในการยอมรับวิธีการวิเคราะห์สำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการนั้น ควรต้องมีการทวนสอบวิธีวิเคราะห์ก่อนนำมาใช้ อย่างไรก็ตามงานวิจัยฉบับนี้ไม่ได้มีการทวนสอบความใช้ได้ของวิธีมาตรฐานที่นำมาใช้ เพียงแต่ต้องการนำเสนอผลการทดลองในแง่ของความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการที่ใช้ทำการทดลอง ด้วยวิธีมาตรฐานและวิธีดัดแปลง และวิเคราะห์ถึงแนวโน้มของผลการทดลองที่ได้จากทั้งสองวิธี ซึ่งหากจะทำการตัดสินว่าวิธีการใดให้ค่าที่สูงกว่าหรือต่ำกว่าวิธีการใดนั้น จำเป็นต้องทำการทวนสอบทุกวิธีการวิเคราะห์

5.2.5 การคำนวณค่าความไม่แน่นอนมักมีการเปลี่ยนแปลงแหล่งของความไม่แน่นอนใหม่ๆ เกิดขึ้นเสมอและหลักในการประเมินค่าความไม่แน่นอน อาจไม่เป็นไปตามแบบแผนของงานวิจัยชิ้นนี้เสมอไป ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและข้อจำกัดของห้องปฏิบัติการ เช่น การปฏิบัติตาม Guide Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement ของ Eurachem พบว่าสามารถตัดค่าความไม่แน่นอนที่มีค่าต่ำกว่า 1/3 ของค่าความไม่แน่นอนทั้งหมดออก แต่ที่ในการวิจัยนี้ไม่ได้ตัดค่าความไม่แน่นอนที่น้อยกว่า 1/3 ของค่าความไม่แน่นอนทั้งหมดออกในบางปัจจัยความไม่แน่นอน เนื่องจากต้องการแสดงให้เห็นวิธีการคำนวณ และขั้นตอนการคำนวณจากทุกแหล่งที่สามารถระบุค่าได้ ดังนั้นจึงควรติดตามศึกษาเทคนิคต่างๆในเรื่องระบบคุณภาพเหล่านี้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

จุไร ศยามานนท์. 2540. **"วิธีทดสอบและตรวจสอบความถูกต้องของวิธีทดสอบตามมาตรฐาน ISO/IEC Guide 25"**. กรุงเทพฯ : กรมวิทยาศาสตร์บริการ. เอกสารอัดสำเนา

วิทยาศาสตร์บริการ, กรม. 2547. **"สถิติเพื่องานวิจัย"**. กรุงเทพฯ : กรมวิทยาศาสตร์บริการ. เอกสารอัดสำเนา

วิทยาศาสตร์บริการ, กรม. 2545. **"ความไม่แน่นอนในการวิเคราะห์ทดสอบ"**. กรุงเทพฯ: กรมวิทยาศาสตร์บริการ. เอกสารอัดสำเนา

วิทยาศาสตร์บริการ, กรม. 2540. **"ความไม่แน่นอนในการวิเคราะห์ทดสอบ"**. กรุงเทพฯ: กรมวิทยาศาสตร์บริการ. เอกสารอัดสำเนา

วิทยาศาสตร์บริการ, กรม. 2547. **"การหาความไม่แน่นอนของวิธีทดสอบหาองค์ประกอบของอาหาร"**. กรุงเทพฯ : กรมวิทยาศาสตร์บริการ. เอกสารอัดสำเนา

สาธารณสุข, กระทรวง. 2545. **ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 265 นมโค**. กรุงเทพฯ.

สาธารณสุข, กระทรวง. 2545. **ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 266 นมปรุงแต่ง**. กรุงเทพฯ

AOAC. 2000. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists.** 17th ed. Maryland : Gaithersburg

APLAC. 2005. **Interpretation And Guidance on the Estimation of Uncertainty of Measurement in Testing.** (Online). Available: http://www.aplac.org/documents/web_docs/tc_005.pdf

Belitz, H.D. and Grosch, W. 1987. **Food Chemistry.** New York : Springer-Verlag.

EURACHEM. 2000. **Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement.** 2nd ed. n.p.

IUPAC. 2005. **Standard Atomic Weights (IUPAC 1997).** (Online). Available : www.webelements.com/webelements/properties/text/definitions/atomic-weight.html

McClements, Julian. 2005. **Analysis of Food Products.** (Online). Available : http://www-unix.oit.umass.edu/~mcclemen/581Toppage.html.

NIST. 2005. **Uncertainty of Measurement Results.** (Online). Available : http://www.qualimetric.com/nist_uncertainty/Nist_uncertaintyFrameset.html

NIST. 2005. **Glossary.** (Online). Available : http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/glossary.htm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
วิธีวิเคราะห์ในตัวอย่างกากถั่วเหลือง

1. ความชื้นวิธีมาตรฐาน AOAC(2000) ข้อ 4.1.03

1.1 วิธีวิเคราะห์

1.1.1 อบอะลูมิเนียมเบสิน(Aluminum basin) พร้อมฝา ในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก (W_1)

1.1.2 ชั่งตัวอย่างประมาณ 2-3 กรัมใส่ในจานอะลูมิเนียมที่อบและชั่งน้ำหนักไว้แล้ว (W_2)

1.1.3 นำจานอะลูมิเนียมพร้อมฝาไปอบโดยเปิดฝาออกในตู้อบสูญญากาศ

1.1.4 นำเข้าอบที่อุณหภูมิ 100 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง

1.1.5 ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก (W_3)

1.2 วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น ร้อยละของน้ำหนัก} = \frac{(W_2 - W_3) \times 100}{W_2 - W_1}$$

เมื่อ

W_1 = น้ำหนักของจานอะลูมิเนียม เป็นกรัม

W_2 = น้ำหนักของจานอะลูมิเนียมและตัวอย่างก่อนอบ เป็นกรัม

W_3 = น้ำหนักของจานอะลูมิเนียมและตัวอย่างหลังอบ เป็นกรัม

2. ความชื้นวิธีที่มีการดัดแปลงจากวิธีมาตรฐาน

2.1 วิธีวิเคราะห์

2.1.1 อบอะลูมิเนียมเบสิน(Aluminum basin) พร้อมฝา ในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100 ± 2 องศาเซลเซียส. นาน 30 นาที ทำให้เย็นในเดซิกเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก (W_1)

2.1.2 ชั่งตัวอย่างประมาณ 2-3 กรัม ใส่ในจานอะลูมิเนียมที่อบและชั่งน้ำหนักไว้แล้ว (W_2)

2.1.3 นำจานอะลูมิเนียมพร้อมฝาไปอบโดยเปิดฝาออกในตู้อบ

2.1.4 นำเข้าอบที่อุณหภูมิ 100 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักแล้วเข้าอบต่อครั้งละ 1 ชั่วโมงจนได้น้ำหนักคงที่ (W_3)

2.2 วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น ร้อยละของน้ำหนัก} = \frac{(W_2 - W_3) \times 100}{W_2 - W_1}$$

เมื่อ

W_1 = น้ำหนักของจานอะลูมิเนียม เป็นกรัม

W_2 = น้ำหนักของจานอะลูมิเนียมและตัวอย่างก่อนอบ เป็นกรัม

W_3 = น้ำหนักของจานอะลูมิเนียมและตัวอย่างหลังอบ เป็นกรัม

3. ไขมันวิธีมาตรฐาน AOAC(2000) ข้อ 4.5.01

3.1 วิธีวิเคราะห์

3.1 อบบีกเกอร์สำหรับไขมัน ในตู้อบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 100 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก (W_1)

3.2 ถ่ายตัวอย่างที่อบแห้งแล้วจากการหาความชื้น ลงในทิมเบิลกระดาษที่มีกระดาษกรองรองรับอยู่ภายใน แล้ววางในทิมเบิลแก้ว

3.3 สกัดโดยใช้ไดเอทิลอีเทอร์ ในเครื่องสกัดไขมัน เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

3.4 นำบีกเกอร์ที่สกัดไขมันไประเหยไดเอทิลอีเทอร์ออกจนแห้งพอดีบนเครื่องอังน้ำ ในตู้ดูดควัน

3.5 อบบีกเกอร์ในตู้อบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 100 ± 2 องศาเซลเซียส. นาน 30 นาที ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก (W_2)

3.6 อบต่ออีกครั้งละ 30 นาที จนน้ำหนักคงที่

3.7 อบตัวอย่างที่สกัดไขมันแล้วเก็บไว้วิเคราะห์ปริมาณกากต่อไป

3.2 วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน ร้อยละของน้ำหนัก} = \frac{(W_2 - W_1) \times 100}{W}$$

เมื่อ

W_1 = น้ำหนักบีกเกอร์ เป็นกรัม

W_2 = น้ำหนักบีกเกอร์และไขมัน เป็นกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W = น้ำหนักตัวอย่าง เป็นกรัม (ได้จากการวิเคราะห์ความชื้น)

4. โปรตีนวิธีมาตรฐาน AOAC(2000) ข้อ 33.2.11

4.1 วิธีวิเคราะห์

4.1.1 ชั่งตัวอย่างน้ำหนักแน่นอน โดยใช้ช้อนตักสารหรือขวดชั่งสาร ใส่ตัวอย่างประมาณ 0.5 - 2.0 กรัม ชั่งน้ำหนัก (W_1) ถ่ายตัวอย่างลงในหลอดแก้วแล้วชั่งน้ำหนักช้อนตักสารที่ถ่ายตัวอย่างออกแล้ว (W_2)

4.1.2 เติมคอปเปอร์ซัลเฟต จำนวน 0.5 กรัม และโพแทสเซียมซัลเฟต จำนวน 15 กรัม

4.1.3 เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น จำนวน 25 มิลลิลิตร โดยเอียงหลอดแก้วและค่อย ๆ รินกรดลงด้านข้างโดยรอบเพื่อให้กรดชะล้างตัวอย่างที่อาจติดอยู่ด้านข้างลงไปให้หมดเขย่าเบา ๆ

4.1.4 วางหลอดแก้วลงบนแท่นสำหรับย่อย (ทำได้ครั้งละ 6 หลอด)

4.1.5 เปิดเตาไฟฟ้าทำการย่อยจนสารละลายใสแล้วจับเวลาย่อยต่ออีก1ชั่วโมง30 นาที

4.1.6 ปิดเตาไฟฟ้ายกหลอดแก้วออกตั้งพักไว้ใน rack ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

4.1.7 ทำการกลั่น โดยล้างสารละลายในขวดย่อยลงในขวดกลั่นให้มีปริมาตรประมาณ 250 มิลลิลิตรเติม pumice stone หรือ boiling chips เพื่อกันการเดือดที่รุนแรง

4.1.8 ตวงกรดบอริกจำนวน 50 มิลลิลิตร ใส่ขวดแก้วรูปชมพู่ หยดอินดิเคเตอร์ผสม จำนวน 6-10 หยด

4.1.9 เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ จำนวน 80 มิลลิลิตร เปิดเตากลั่นไฟฟ้าทำการกลั่นนานจน ได้สารละลายสีฟ้าอมเขียวมีปริมาตรทั้งหมดประมาณ 150 - 200 มิลลิลิตร

4.1.10 ปิดไฟ หยุดกลั่น ล้างหลอดกลั่นด้วยน้ำกลั่นลงในขวดแก้วรูปชมพู่รวมกับสารละลายที่กลั่นได้ (จะเป็นสีฟ้า)

4.1.11 นำสารละลายที่กลั่นได้ไปไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก จนได้จุดยุติคือสารละลายมีสีเทาอมม่วง

4.1.12 ทำแบลงก์เช่นเดียวกับตัวอย่าง

4.2 วิธีคำนวณ

ปริมาณไนโตรเจน ร้อยละของน้ำหนัก = $\frac{[1.4007 \times (V_s - V_b) \times N]}{(W_1 - W_2)}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

V_S = ปริมาณของสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่างเป็นมิลลิลิตร

V_b = ปริมาณของสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไทเทรตแบลงก์เป็นมิลลิลิตร

N = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก

W_1 = น้ำหนักช้อนตักสารหรือขวดชั่งสารและตัวอย่าง เป็นกรัม

W_2 = น้ำหนักช้อนตักสารหรือขวดชั่งสารที่ถ่ายตัวอย่างออกแล้ว เป็นกรัม

ปริมาณโปรตีน ร้อยละของน้ำหนัก = ปริมาณไนโตรเจน ร้อยละของน้ำหนัก x แฟคเตอร์

5. โปรตีนวิธีที่มีการดัดแปลงจากวิธีมาตรฐาน

5.1 วิธีวิเคราะห์

5.1.1 ชั่งตัวอย่างน้ำหนักแน่นอน โดยใช้ช้อนตักสารหรือขวดชั่งสาร ใส่ตัวอย่างประมาณ 0.5-2.0 กรัม ชั่งน้ำหนัก (W_1) ถ่ายตัวอย่างลงในหลอดแก้วแล้วชั่งน้ำหนักช้อนตักสารที่ถ่ายตัวอย่างออกแล้ว(W_2)

5.1.2 เติมคอปเปอร์ซัลเฟต จำนวน 0.5 กรัม และโพแทสเซียมซัลเฟต จำนวน 15 กรัม

5.1.3 เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นจำนวน 25 มิลลิลิตร โดยเอียงหลอดแก้วและค่อย ๆ รินกรดลงด้านข้างโดยรอบเพื่อให้กรดชะล้างตัวอย่างที่อาจติดอยู่ด้านข้างลงไปให้หมด เขย่าเบา ๆ

5.1.4 วางหลอดแก้วลงบนแท่นสำหรับย่อย (ทำได้ครั้งละ 6 หลอด)

5.1.5 เปิดเตาไฟฟ้าทำการย่อยจนสารละลายใสแล้วจับเวลาย่อยต่ออีก1ชั่วโมง30 นาที

5.1.6 ปิดเตาไฟฟ้ายกหลอดแก้วออกตั้งพักไว้ใน rack ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

5.1.7 ทำการกลั่น โดยล้างสารละลายในขวดย่อยลงในขวดกลั่นให้มีปริมาตรปริมาณ 250 มิลลิลิตร เติม pumice stone หรือ boiling chips เพื่อกันการเดือดที่รุนแรง

5.1.8 ตวงกรดบอริก จำนวน 50 มิลลิลิตร ใส่ขวดแก้วรูปชมพู่ หยดอินดิเคเตอร์ผสม จำนวน 6-10 หยด

5.1.9 เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ จำนวน 80 มิลลิลิตร เปิดเตากลั่นไฟฟ้า ทำการกลั่นจนได้สารละลายสีฟ้าอมเขียวมีปริมาตรทั้งหมดประมาณ 150 - 200 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.10 ปิดไฟ หยุดกลั่น ล้างหลอดด้วยน้ำกลั่นลงในขวดแก้วรูปชมพู่รวมกับสารละลายที่กลั่นได้ (จะเป็นสีฟ้า)

5.1.11 นำสารละลายที่กลั่นได้ไปไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริก จนได้จุดยุติคือสารละลายมีสีเทาอมม่วง

5.1.12 ทำแบลงก์เช่นเดียวกับตัวอย่าง

5.2 วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน ร้อยละของน้ำหนัก} = \frac{[1.4007 \times (V_s - V_b) \times N]}{(W_1 - W_2)}$$

เมื่อ

V_s = ปริมาณของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่างเป็นมิลลิลิตร

V_b = ปริมาณของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในการไทเทรตแบลงก์ เป็นมิลลิลิตร

N = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริก

W_1 = น้ำหนักช้อนตักสารหรือขวดชั่งสารและตัวอย่าง เป็นกรัม

W_2 = น้ำหนักช้อนตักสารหรือขวดชั่งสารที่ถ่ายตัวอย่างออกแล้ว เป็นกรัม

ปริมาณโปรตีน ร้อยละของน้ำหนัก = ปริมาณไนโตรเจน ร้อยละของน้ำหนัก x แฟคเตอร์

6. กาก วิธีมาตรฐานสำหรับตัวอย่างกากถั่วเหลือง AOAC(2000) ข้อ 4.6.02

6.1 วิธีวิเคราะห์

6.1.1 ชั่งตัวอย่างที่มีไขมันไม่เกิน 1เปอร์เซ็นต์ หรือตัวอย่างที่สกัดไขมันออกและอบแห้งแล้ว ให้ได้น้ำหนักแน่นอนโดยใช้ช้อนตักสารใส่ตัวอย่างประมาณ 1กรัม และชั่งน้ำหนัก (W_1) ถ่ายตัวอย่างลงในบีกเกอร์ สำหรับย่อยกากแล้วชั่งน้ำหนักช้อนตักสารที่ถ่ายตัวอย่างออกแล้ว (W_2)

6.1.2 ตวงสารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.225 $\pm$ 0.005 นอร์แมล จำนวน 200 มิลลิลิตร ด้วยกระบอกตวง ถ่ายใส่บีกเกอร์ แล้วนำไปต้มบนเตาไฟฟ้า โดยปิดปาก บีกเกอร์ด้วยขวดแก้วกลมก้นแบนบรรจุน้ำ

6.1.3 เมื่อสารละลายกรดซัลฟิวริกเริ่มเดือด จึงถ่ายลงในบีกเกอร์สำหรับย่อยกาก พร้อมกับหมุนบีกเกอร์เพื่อไม่ให้ตัวอย่างเกาะติดกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.4 นำไปต้มบนเตาไฟฟ้า เมื่อเริ่มเดือดจึงนำไปเข้าเครื่องย่อยทันที ต้มให้เดือดต่อไปอีกเป็นเวลา 30 นาที

6.1.5 กรองทันทีด้วยกรวยบุคเนอร์ ที่มีผ้ากรอง โดยใช้สูญญากาศจากน้ำผ่านขวดแก้วสำหรับกรองดูด

6.1.6 ล้างสิ่งที่เหลือในบีกเกอร์ด้วยน้ำร้อนหลายครั้ง ถ่ายลงในกรวยบุคเนอร์

6.1.7 ล้างสิ่งที่เหลือบนผ้ากรองด้วยน้ำร้อนจนหมดกรด ทดสอบโดยสารละลายที่กรองได้ ไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส สีน้ำเงินเป็นสีแดง

6.1.8 ตวงสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.313 $\pm$ 0.005 นอร์มอล200 มิลลิลิตร ถ่ายใส่ขวดเป่าน้ำที่ใช้ต้มด่าง นำไปต้มให้เดือดบนเตาไฟฟ้าแล้วฉีดล้างกากบนผ้ากรองลงในบีกเกอร์ใบเดิมให้หมด (ควรตั้งขวดด่างบนเตาไฟฟ้าเมื่อจะเริ่มทำการกรอง)

6.1.9 นำไปต้มบนเตาไฟฟ้าให้เดือด โดยปิดปากบีกเกอร์ด้วยขวดแก้วกลมก้นแบนบรรจุน้ำ

6.1.10 นำไปเข้าเครื่องย่อยทันที ต้มให้เดือดต่อไปอีกเป็นเวลา 30 นาที เช่นเดียวกับครั้งแรก

6.1.11 กรองทันทีผ่านกรวยบุคเนอร์

6.1.12 ฉีดล้างในบีกเกอร์ด้วยน้ำร้อนให้น้ำนี้ชะล้างกากจนหมดด่าง ทดสอบโดยสารละลายที่กรองได้ไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสสีแดงเป็นสีน้ำเงิน

6.1.13 ถ่ายกากทั้งหมดลงในถ้วยอะลันดัม ถ้ามีกากมากให้ใช้สแปทูลาตักกากถ่ายลงถ้วยอะลันดัมก่อน

6.1.14 นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าอุณหภูมิ 130 $\pm$ 2 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมงทำให้เย็นในโถดูดความชื้นชั่งน้ำหนัก (W_3)

6.1.15 เผาถ้วยอะลันดัมพร้อมกากที่อบแห้งแล้วในเตาเผาไฟฟ้าอุณหภูมิ 600 $\pm$ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก (W_4)

6.2 วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณกาก ร้อยละของน้ำหนัก} = \frac{(W_3 - W_4) \times (100 - \%H_2O - \%fat)}{(W_1 - W_2)}$$

เมื่อ W_1 = น้ำหนักช้อนตักสารและตัวอย่าง เป็นกรัม

W_2 = น้ำหนักช้อนตักสารที่ถ่ายตัวอย่างออกแล้ว เป็นกรัม

W_3 = น้ำหนักถ้วยอะลันดัมและกากหลังจากอบแห้ง เป็นกรัม

W_4 = น้ำหนักถ้วยอะลันดัมและกากหลังจากการเผา เป็นกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\%H_2O$ = ปริมาณความชื้นของตัวอย่าง เป็นร้อยละ

%fat = ปริมาณไขมันของตัวอย่าง เป็นร้อยละ

7. กากวิธีที่มีการดัดแปลงจากวิธีมาตรฐาน

7.1 วิธีวิเคราะห์

7.1.1 ชั่งตัวอย่างที่มีไขมันไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ หรือตัวอย่างที่สกัดไขมันออกและอบแห้งแล้ว ให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 1 กรัม โดยใช้สคูปใส่ตัวอย่างและชั่งน้ำหนัก (W_1) ถ่ายตัวอย่าง ลงในบีกเกอร์ สำหรับย่อยกากแล้วชั่งน้ำหนักสคูปที่ถ่ายตัวอย่างออกแล้ว (W_2)

7.1.2 ตวงสารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.225 ± 0.005 นอร์แมล จำนวน 200 มิลลิลิตรด้วยกระบอกตวง ถ่ายใส่บีกเกอร์แล้วนำไปต้มบนเตาไฟฟ้า โดยปิดปากบีกเกอร์ด้วยขวดแก้วกลมก้นแบนบรรจุน้ำ

7.1.3 เมื่อสารละลายกรดซัลฟิวริกเริ่มเดือด จึงถ่ายลงในบีกเกอร์ย่อยกาก พร้อมกับหมุนบีกเกอร์เพื่อไม่ให้ตัวอย่างเกาะติดกัน

7.1.4 นำไปต้มบนเตาไฟฟ้า เมื่อเริ่มเดือดจึงนำไปเข้าเครื่องย่อยทันที ต้มให้เดือดต่อไปอีกเป็นเวลา 30 นาที

7.1.5 กรองทันทีด้วยกรวยบุคเนอร์ ที่มีผ้ากรองโดยใช้สูญญากาศจากน้ำผ่านขวดแก้วสำหรับกรองดูด

7.1.5 ล้างสิ่งที่เหลือในบีกเกอร์ด้วยน้ำร้อนหลายครั้งถ่ายลงในกรวยบุคเนอร์

7.1.6 ล้างสิ่งที่เหลือบนผ้ากรอง ด้วยน้ำร้อนจนหมดกรด ทดสอบโดยสารละลายที่กรองได้ ไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส สีน้ำเงินเป็นสีแดง

7.1.7 ตวงสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.313 ± 0.005 นอร์แมล200 มิลลิลิตร ถ่ายใส่ขวดเป่าน้ำที่ใช้ต้มด่าง นำไปต้มให้เดือดบนเตาไฟฟ้าแล้วฉีดล้างกากบนผ้ากรองลงในบีกเกอร์ใบเดิมให้หมด (ควรตั้งขวดด่างบนเตาไฟฟ้าเมื่อจะเริ่มทำการกรอง)

7.1.8 นำไปต้มบนเตาไฟฟ้าให้เดือด โดยปิดปากบีกเกอร์ด้วยขวดแก้วกลมก้นแบนบรรจุน้ำ

7.1.9 นำไปเข้าเครื่องย่อยทันที ต้มให้เดือดต่อไปอีกเป็นเวลา 30 นาที เช่นเดียวกับครั้งแรก

7.1.10 กรองทันทีผ่านกรวยบุคเนอร์

7.1.11 ฉีดล้างในบีกเกอร์ด้วยน้ำร้อนให้น้ำนี้ชะล้างกากจนหมดด่าง ทดสอบโดยสารละลายที่กรองได้ไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสสีแดงเป็นสีน้ำเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.1.12 ถ่ายกากทั้งหมดลงในถ้วยอะลันดัม ถ้ามีกากมากให้ใช้สแปทูลาตักกากถ่ายลงถ้วยอะลันดัมก่อน

7.1.13 นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมงทำให้เย็นโถดูดความชื้นชั่งน้ำหนัก (W_3)

7.1.14 เผาถ้วยอะลันดัมพร้อมกากที่อบแห้งแล้วในเตาเผาไฟฟ้าอุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้นชั่งน้ำหนัก (W_4)

7.2 วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณกาก ร้อยละของน้ำหนัก} = \frac{(W_3 - W_4) \times (100 - \%H_2O - \%fat)}{(W_1 - W_2)}$$

เมื่อ

W_1 = น้ำหนักช้อนตักสารและตัวอย่าง เป็นกรัม

W_2 = น้ำหนักช้อนตักสารที่ถ่ายตัวอย่างออกแล้ว เป็นกรัม

W_3 = น้ำหนักถ้วยอะลันดัมและกากหลังจากอบแห้ง เป็นกรัม

W_4 = น้ำหนักถ้วยอะลันดัมและกากหลังจากการเผา เป็นกรัม

$\%H_2O$ = ปริมาณความชื้นของตัวอย่าง เป็นร้อยละ

%fat = ปริมาณไขมันของตัวอย่าง เป็นร้อยละ

8. เถ้า วิธีมาตรฐาน AOAC(2000) ข้อ 33.5.05

8.1 วิธีวิเคราะห์

8.1.1 เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 525 – 550 องศาเซลเซียส. นาน 30 นาที ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก ถ้าใช้ถ้วยมากกว่า 1 ใบ ให้ชั่งน้ำหนักถ้วยแต่ละใบทั้งหมดก่อน (W) เมื่อจะชั่งตัวอย่างใส่ให้ชั่งถ้วยอีกครั้ง(W_1) แล้วชั่งตัวอย่างกากถั่วเหลือง 2-3 กรัมใส่ทันที (W_2) ในกรณีที่ใช้ถ้วยเพียงใบเดียว ให้ชั่งถ้วยแล้วชั่งตัวอย่างใส่ทันที (นั่นคือ $W_1 = W$)

8.1.2 จากนั้นนำไปเผาด้วยไฟอ่อนบนเตาไฟฟ้า โดยเพิ่มความร้อนขึ้นทีละน้อย จนตัวอย่างไหม้เกรียม และเผาต่อด้วยตะเกียงบุนเสน ให้หมดควัน

8.1.3 นำไปเผาต่อในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 525 – 550 องศาเซลเซียส. จนได้เถ้าสีขาว (ใช้เวลาประมาณ2-3 ชั่วโมง)

8.1.4 ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก (W_3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.1.5 ถ้าเถ้าที่ได้ไม่ขาวให้หยดน้ำลงเล็กน้อยพอเปียกชุ่มระวังอย่าให้เถ้าฟุ้งกระเด็นนำ ไประเหยให้แห้งบนเครื่องอังน้ำ และทำซ้ำตามข้อ 8.1.2 - 8.1.4 โดยใช้เวลาในเตาเผาไฟฟ้าเพียง 1 ชั่วโมง จนได้น้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักที่ได้ (W_3)

8.2 วิธีวิเคราะห์

ปริมาณเถ้าทั้งหมด ร้อยละของน้ำหนัก $\dfrac{(W_3 - W) \times 100}{(W_2 - W_1)}$

W	=	น้ำหนักถ้วยกระเบื้องเคลือบเป็นกรัม
W_1	=	น้ำหนักถ้วยกระเบื้องเคลือบเป็นกรัม (ในกรณีที่มีการใช้ถ้วยมากกว่า 1 ใบ)
W_2	=	น้ำหนักตัวอย่างและถ้วยกระเบื้องเคลือบเป็นกรัม
W_3	=	น้ำหนักถ้วยกระเบื้องเคลือบและเถ้า เป็นกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
วิธีวิเคราะห์ในตัวอย่างนมผง

1.ความชื้นวิธีมาตรฐานAOAC(2000) ข้อ 33.5.02

1.1วิธีวิเคราะห์

1.1.1 อบอะลูมิเนียมเบสิน(Aluminum basin) พร้อมฝา ในตู้อบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 100 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก (W_1)

1.1.2 ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอน (2.5 -3 กรัม) ใส่ในจานอะลูมิเนียมที่อบและชั่งน้ำหนักไว้แล้ว (W_2)

1.1.3 นำไประเหยบนเครื่องอังไอน้ำประมาณ 10 - 15 นาที

1.1.4 นำจานอะลูมิเนียมพร้อมฝาไปอบโดยเปิดฝาออกในตู้อบ

1.1.5 นำเข้าอบที่อุณหภูมิ 100 ± 2 องศาสเซลเซียส. นาน 3 ชั่วโมง

1.1.6 ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก (W_3)

1.2 วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น ร้อยละของน้ำหนัก} = \frac{(W_2 - W_3)100}{W_2 - W_1}$$

เมื่อ

W_1 = น้ำหนักของจานอะลูมิเนียม เป็นกรัม

W_2 = น้ำหนักของจานอะลูมิเนียมและตัวอย่างก่อนอบ เป็นกรัม

W_3 = น้ำหนักของจานอะลูมิเนียมและตัวอย่างหลังอบ เป็นกรัม

2. ไขมันวิธีมาตรฐาน AOAC(2000) ข้อ 33.5.08

2.1 วิธีวิเคราะห์

2.1.1 ชั่งตัวอย่างประมาณ 1 กรัม ใส่ในขวดแก้วมีฝาปิด (W_1)

2.1.2 ถ่ายตัวอย่างลงในหลอดแก้วโรหิก

2.1.3 ชั่งน้ำหนักขวดแก้วมีฝาปิดที่ถ่ายตัวอย่างออกแล้ว (W_2)

2.1.4 เติมน้ำอุ่น เขย่าเบา ๆ ให้ตัวอย่างละลาย เติมน้ำให้ครบ 10 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 เติมสารละลายแอมโมเนีย 1.25 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

2.1.6 เติมเอทิล แอลกอฮอล์ 10 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ

2.1.7 เติมไดเอทิล อีเทอร์ 25 มิลลิลิตร ปิดจุกให้แน่น ทำการสกัดโดยเขย่าแรง ๆ 1 นาที เปิดจุกอย่างระมัดระวังโดยค่อย ๆ หมุนจุกออก

2.1.8 เติมปิโตรเลียม อีเทอร์ 25 มิลลิลิตร ปิดจุกให้แน่น เขย่าแรง ๆ 1 นาที เปิดจุกโดยวิธีหมุน จุกออกเช่นเดิม ล้างจุกด้วยสารละลาย จำนวนเล็กน้อย

2.1.9 ตั้งทิ้งไว้ให้สารละลายแยกชั้น (ประมาณ 30 นาที) ถ่ายสารละลายใสชั้นบน ลงสู่ขวดแก้วกลมก้นแบน ล้างปลายก๊อกของหลอดโรหริกด้วยสารละลาย จำนวนเล็กน้อย รวมสารละลายที่ล้างลงในขวดแก้วใบเดิม นำไปตั้งบนเครื่องอังน้ำ ซึ่งอยู่ในตู้ดูดควัน

2.1.10 เติมเอทิลแอลกอฮอล์ ประมาณ 1 มิลลิลิตร ลงไปในหลอดแก้วโรหริก เขย่าให้เข้ากัน ทำการสกัดอีกสองครั้ง โดยใช้ไดเอทิล อีเทอร์ และ ปิโตรเลียม อีเทอร์ อย่างละ 15 มิลลิลิตร เช่นเดียวกับข้อ 2.1.7 – 2.1.9

2.1.11 นำขวดแก้วที่มีไขมัน ไปอบในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 102 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก (W_3)

2.1.12 นำขวดแก้วในข้อ 5.1.11 ไปล้างเอาไขมันออก โดยใช้ปิโตรเลียม อีเทอร์ 3 ครั้ง ๆ ละ 15 มิลลิลิตร รินใส่ขวดเก็บไว้กลั่นกลับมาใช้ได้อีก

2.1.13 นำขวดแก้วที่ล้างไขมันออกแล้ว ไปอบอีกครั้งที่ 102 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก (W_4)

2.2 วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน ร้อยละของน้ำหนัก} = \frac{(W_3 - W_4) \times 100}{W_1 - W_2}$$

เมื่อ

W_1 = น้ำหนักของขวดแก้วมีฝาปิดและตัวอย่าง เป็นกรัม

W_2 = น้ำหนักของขวดแก้วมีฝาปิดที่ถ่ายตัวอย่างออก เป็นกรัม

W_3 = น้ำหนักของขวดแก้วกลมก้นแบนและไขมัน เป็นกรัม

W_4 = น้ำหนักของขวดแก้วกลมก้นแบนที่ล้างไขมันออกแล้ว เป็นกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. โปรตีนวิธีมาตรฐาน AOAC(2000) ข้อ 33.2.11

วิธีการวิเคราะห์เช่นเดียวกับภาคผนวก ก ข้อ 3

4. โปรตีนวิธีดัดแปลงจากวิธีมาตรฐาน

วิธีการวิเคราะห์เช่นเดียวกับภาคผนวก ก ข้อ 4

5. เถ้าวิธีมาตรฐาน AOAC(2000) ข้อ 33.5.05

วิธีการวิเคราะห์เช่นเดียวกับภาคผนวก ก ข้อ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
วิธีวิเคราะห์ในตัวอย่างนมยูเอชที

1. ความชื้นวิธีมาตรฐาน AOAC(2000) ข้อ 33.2.09

1.1 วิธีวิเคราะห์

1.1.1 อบอะลูมิเนียมเบสิน(Aluminum basin) พร้อมฝา ในตู้อบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 100 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก (W_1)

1.1.2 ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอน (2.5 - 3 กรัม) ใส่ในจานอะลูมิเนียมที่อบและชั่งน้ำหนักไว้แล้ว (W_2)

1.1.3 นำตัวอย่างไประเหยบนเครื่องอังไอน้ำประมาณ 5 -10 นาที

1.1.4 นำจานอะลูมิเนียมที่มีตัวอย่างพร้อมฝาไปอบโดยเปิดฝาออกในตู้อบ

1.1.5 นำเข้าอบที่อุณหภูมิ 100 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง

1.1.6 ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักแล้วเข้าอบต่อครั้งละ 1 ชั่วโมง จนได้น้ำหนักคงที่ (W_3)

1.2 วิธีคำนวณ

ปริมาณความชื้น ร้อยละของน้ำหนัก = $\frac{(W_2 - W_3) \times 100}{W_2 - W_1}$

เมื่อ

W_1 = น้ำหนักของจานอะลูมิเนียม เป็นกรัม

W_2 = น้ำหนักของจานอะลูมิเนียมและตัวอย่างก่อนอบ เป็นกรัม

W_3 = น้ำหนักของจานอะลูมิเนียมและตัวอย่างหลังอบ เป็นกรัม

2. ไขมันวิธีมาตรฐาน AOAC(2000) ข้อ 33.2.25

2.1 วิธีวิเคราะห์

2.1.1 ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 10 กรัม ใส่ในขวดแก้วมีฝาปิด (W_1)

2.1.2 ถ่ายตัวอย่างลงในหลอดแก้วโรหริก

2.1.3 ชั่งน้ำหนักขวดแก้วมีฝาปิดที่ถ่ายตัวอย่างออกแล้ว (W_2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 เติมสารละลายแอมโมเนีย 1.25 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

2.1.5 เติมเอทิลแอลกอฮอล์ 10 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ

2.1.6 เติมไดเอทิลอีเทอร์ 25 มิลลิลิตร ปิดจุกให้แน่น ทำการสกัดโดยเขย่าแรง ๆ 1 นาที เปิดจุกอย่างระมัดระวังโดยค่อย ๆ หมุนจุกออก

2.1.7 เติมปิโตรเลียม อีเทอร์ 25 มิลลิลิตร ปิดจุกให้แน่น เขย่าแรง ๆ 1 นาที เปิดจุกโดยวิธีหมุนจุกออกเช่นเดิม ล้างจุกด้วยสารละลาย จำนวนเล็กน้อย

2.1.8 ตั้งทิ้งไว้ให้สารละลายแยกชั้น (ประมาณ 30 นาที) ถ่ายสารละลายใสชั้นบน ลงสู่ขวดแก้วกลมก้นแบน ล้างปลายก๊อกของหลอดโรหิรกด้วยสารละลาย จำนวนเล็กน้อย รวมสารละลายที่ล้างลงในขวดแก้วใบเดิม นำไปตั้งบนเครื่องอังน้ำ ซึ่งอยู่ในตู้ดูดควัน

2.1.9 เติมเอทิลแอลกอฮอล์ ประมาณ 1 มิลลิลิตร ลงไปในหลอดแก้วโรหิรก เขย่าให้เข้ากัน ทำการสกัดอีกสองครั้ง โดยใช้ไดเอทิลอีเทอร์ และ ปิโตรเลียมอีเทอร์ อย่างละ 15 มิลลิลิตรเช่นเดียวกับข้อ 2.1.7 – 2.1.9

2.1.10 นำขวดแก้วที่มีไขมัน ไปอบในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 102 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมงจากนั้นทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก (W_3)

2.1.11 นำขวดแก้วในข้อ 2.1.10 ไปล้างเอาไขมันออก โดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์ 3 ครั้ง ๆ ละ 15 มิลลิลิตร รินใส่ขวดเก็บไว้กลั่นกลับมาใช้ได้อีก

2.1.12 นำขวดแก้วที่ล้างไขมันออกแล้ว ไปอบอีกครั้งที่ 102 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก (W_4)

2.2 วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน ร้อยละของน้ำหนัก} = \frac{(W_3 - W_4) \times 100}{W_1 - W_2}$$

เมื่อ

W_1 = น้ำหนักของขวดแก้วมีฝาปิดและตัวอย่าง เป็นกรัม

W_2 = น้ำหนักของขวดแก้วมีฝาปิดที่ถ่ายตัวอย่างออก เป็นกรัม

W_3 = น้ำหนักของขวดแก้วกลมก้นแบนและไขมัน เป็นกรัม

W_4 = น้ำหนักของขวดแก้วกลมก้นแบนที่ล้างไขมันออกแล้ว เป็นกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. โปรตีนวิธีมาตรฐาน AOAC(2000) ข้อ 33.2.11

วิธีการวิเคราะห์เช่นเดียวกับภาคผนวก ก ข้อ 3 แต่ใช้ตัวอย่างประมาณ 5 กรัม

4. โปรตีนวิธีดัดแปลงจากวิธีมาตรฐาน

วิธีการวิเคราะห์เช่นเดียวกับภาคผนวก ก ข้อ 4 แต่ใช้ตัวอย่างประมาณ 5 กรัม

5. เถ้าวิธีมาตรฐาน AOAC(2000) ข้อ 33.2.10

5.1 วิธีวิเคราะห์

5.1.1 เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 525 – 550 องศาเซลเซียส. นาน 30 นาที ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก ถ้าใช้ถ้วยมากกว่า 1 ใบ ให้ชั่งน้ำหนักถ้วยแต่ละใบทั้งหมดก่อน (W) เมื่อจะชั่งตัวอย่างใส่ให้ชั่งถ้วยอีกครั้ง(W_1) แล้วชั่งตัวอย่างนมยูเอชทีประมาณ 5 กรัมใส่ทันที (W_2) ในกรณีที่ใช้ถ้วยเพียงใบเดียว ให้ชั่งถ้วยแล้วชั่งตัวอย่างใส่ทันที (นั่นคือ $W_1 = W$)

5.1.2 นำตัวอย่างไประเหยบนเครื่องอังไอน้ำจนตัวอย่างแห้ง

5.1.3 จากนั้นนำไปเผาด้วยไฟอ่อนบนเตาไฟฟ้า โดยเพิ่มความร้อนขึ้นทีละน้อย จนตัวอย่างไหม้เกรียม และเผาต่อด้วยตะเกียงบุนเสน ให้หมดควัน

5.1.4 นำไปเผาต่อในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 525 – 550 องศาเซลเซียส จนได้เถ้าสีขาว (ใช้เวลาประมาณ 2-3 ชั่วโมง)

5.1.5 ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก (W_3)

5.1.6 ถ้าเถ้าที่ได้ไม่ขาวให้หยดน้ำลงเล็กน้อยพอเปียกชุ่ม ระวังอย่าให้เถ้าฟุ้งกระเด็น นำไประเหยให้แห้งบนเครื่องอังน้ำ และทำซ้ำตามข้อ 5.1.2 - 5.1.4 โดยใช้เวลาในเตาเผาไฟฟ้าเพียง 1 ชั่วโมง จนได้น้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักที่ได้ (W_3)

5.2 วิธีวิเคราะห์

$$\text{ปริมาณเถ้าทั้งหมด ร้อยละของน้ำหนัก} = \frac{(W_3 - W) \times 100}{(W_2 - W_1)}$$

เมื่อ

W = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องเคลือบเป็นกรัม

W_1 = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องเคลือบเป็นกรัม

W_2 = น้ำหนักตัวอย่างและถ้วยกระเบื้องเคลือบเป็นกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W_3 = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องเคลือบและเถ้า เป็นกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
วิธีการเตรียมสารละลาย

1. การเตรียมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล

1.1 วิธีวิเคราะห์

1. ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4.5 กรัม ด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ ในขวดแก้ววัดปริมาตรขนาด 1000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรจนได้ 1000 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดที่มีฝาปิด ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 10 วัน เพื่อให้โซเดียมคาร์บอเนตตกตะกอน ถ้ามีตะกอนกรองด้วยกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1 หรือเทียบเท่า

2. ชั่งโพแทสเซียมไบฟทาเลตที่บดละเอียดและอบแห้งที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จำนวน 0.4 กรัม ให้รู้น้ำหนักแน่นอน ใส่ในขวดแก้วรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร

3 ละลายด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ 50 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆให้ละลายเข้ากัน เติมฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ 3 หยด

4 ไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จนเกิดสีชมพูที่ถาวร

1.2 การคำนวณ

$$\text{ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นนอร์มอล} = \frac{M \times 1000}{V \times 204.229}$$

เมื่อ

M = น้ำหนักโพแทสเซียมไบฟทาเลต เป็นกรัม

V = ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ เป็นมิลลิลิตร

204.229 = น้ำหนักโมเลกุลของโพแทสเซียมไบฟทาเลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล

2.1 วิธีวิเคราะห์

1. เจือจางกรดซัลฟิวริก 5.75 มิลลิลิตร ด้วยน้ำดีไอออไนซ์ในขวดแก้ววัดปริมาตร ขนาด 2000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรจนได้ 2000 มิลลิลิตร

2. ปิเปตสารสารละลายกรดซัลฟิวริกนี้ จำนวน 20 มิลลิลิตร ลงในขวดแก้วรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ 3 หยด

3. ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอลจนเกิดสีชมพูที่ถาวร

2.2 การคำนวณ

$$\text{ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริก เป็นนอร์มอล} = \frac{V1 \times N}{V2}$$

เมื่อ

V1 = ปริมาณสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ เป็นมิลลิลิตร

V2 = ปริมาณสารละลายกรดซัลฟิวริก เป็นมิลลิลิตร

N = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นนอร์มอล

3. การเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล

3.1 วิธีวิเคราะห์

1. เจือจางกรดกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 17.2 มิลลิลิตร ด้วยน้ำดีไอออไนซ์ในขวดแก้ววัดปริมาตร ขนาด 2000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรจนได้ 2000 มิลลิลิตร

2. ชั่งโซเดียมคาร์บอเนตที่บดละเอียดและอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จำนวน 0.13 กรัม ให้รู้น้ำหนักแน่นอนใส่ในขวดแก้วรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร

3. ละลายด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ 50 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆให้ละลายเข้ากัน เติมเมทิลออเรนจ์ 3 หยด

4. ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนสารละลายเกิดสีชมพู (A_1) นำไปตั้งบน hot plate ให้เดือด 2-3 นาที ทำให้เย็น ไทเทรต ต่อจนสารละลายเป็นสีชมพูเข้ม (A_2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การคำนวณ

$$\text{ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก เป็นนอร์มอล} = \frac{M \times 2000}{(A_1+A_2) \times 105.99}$$

เมื่อ

M = น้ำหนักโซเดียมคาร์บอเนต เป็นกรัม

A_1 = ปริมาณสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ เป็นมิลลิลิตร

A_2 = ปริมาณสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ เป็นมิลลิลิตร

105.99 = น้ำหนักโมเลกุลของโซเดียมคาร์บอเนต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ค่าความไม่แน่นอนที่ได้จากการทดลอง

1. กากถั่วเหลือง

1.1 ความชื้น

ตารางภาคผนวกที่ 1 แสดงค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ความชื้นในกากถั่วเหลือง

ตัวอย่าง กากถั่วเหลือง	วิธีมาตรฐาน					วิธีดัดแปลง				
	ความไม่แน่นอน			ความไม่แน่นอนขยาย		ความไม่แน่นอน			ความไม่แน่นอนขยาย	
	Type A 3 ซ้ำ	Type A 2ซ้ำ	Type B	Type A	Type A+B	Type A 3 ซ้ำ	Type A 2ซ้ำ	Type B	Type A	Type A+B
No.1	0.08	0.11	0.00026	±0.16	±0.16	0.06	0.08	0.00026	±0.13	±0.13
No.2	0.04	0.05	0.00026	±0.20	±0.20	0.04	0.05	0.00026	±0.07	±0.07
No.3	0.08	0.12	0.00026	±0.05	±0.05	0.08	0.12	0.00026	±0.17	±0.17
No.4	0.07	0.08	0.00026	±0.15	±0.15	0.07	0.08	0.00026	±0.13	±0.13
No.5	0.11	0.13	0.00026	±0.34	±0.34	0.11	0.13	0.00026	±0.21	±0.21
No.6	0.02	0.03	0.00026	±0.44	±0.44	0.02	0.03	0.00026	±0.05	±0.05
No.7	0.16	0.22	0.00026	±0.17	±0.17	0.16	0.22	0.00026	±0.32	±0.32
No.8	0.09	0.12	0.00026	±0.24	±0.24	0.09	0.12	0.00026	±0.17	±0.17
No.9	0.05	0.07	0.00026	±0.05	±0.05	0.05	0.07	0.00026	±0.10	±0.10
No.10	0.14	0.19	0.00026	±0.29	±0.29	0.14	0.19	0.00026	±0.27	±0.27

1.2 โปรตีน

ตารางภาคผนวกที่ 2 แสดงค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์โปรตีนในกากถั่วเหลือง

ตัวอย่าง กากถั่วเหลือง	วิธีมาตรฐาน					วิธีดัดแปลง				
	ความไม่แน่นอน			ความไม่แน่นอนขยาย		ความไม่แน่นอน			ความไม่แน่นอนขยาย	
	Type A		Type B	Type		Type A		Type B	Type	
	3 ซ้ำ	2ซ้ำ		A	A+B	3 ซ้ำ	A 2ซ้ำ		A	A+B
No.1	0.25	0.34	0.04394	±0.50	±0.51	0.06	0.08	0.24914	±0.12	±0.51
No.2	0.04	0.05	0.04282	±0.07	±0.11	0.12	0.16	0.24614	±0.24	±0.55
No.3	0.27	0.33	0.07700	±0.54	±0.56	0.18	0.23	0.43867	±0.35	±0.95
No.4	0.18	0.22	0.02487	±0.36	±0.36	0.07	0.09	0.11896	±0.14	±0.28
No.5	0.22	0.29	0.04715	±0.43	±0.44	0.24	0.34	0.25979	±0.48	±0.71
No.6	0.19	0.27	0.04437	±0.38	±0.39	0.09	0.12	0.24895	±0.17	±0.53
No.7	0.09	0.12	0.09005	±0.17	±0.25	0.18	0.23	0.50929	±0.37	±1.08
No.8	0.21	0.29	0.08983	±0.42	±0.45	0.09	0.13	0.52511	±0.19	±1.07
No.9	0.27	0.38	0.09617	±0.54	±0.57	0.13	0.18	0.54725	±0.26	±1.13
No.10	0.30	0.42	0.08242	±0.60	±0.62	0.27	0.37	0.48694	±0.55	±1.12

1.3 ไขมัน

ตารางภาคผนวกที่ 3 แสดงค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ไขมันในกากถั่วเหลือง

ตัวอย่าง กากถั่วเหลือง	วิธีมาตรฐาน				
	ความไม่แน่นอน			ความไม่แน่นอนขยาย	
	Type A 3 ซ้ำ	Type A 2ซ้ำ	Type B	Type A	Type A+B
No.1	0.16	0.22	0.00026	±0.32	±0.32
No.2	0.10	0.13	0.00026	±0.20	±0.20
No.3	0.04	0.06	0.00026	±0.09	±0.09
No.4	0.05	0.07	0.00026	±0.11	±0.11
No.5	0.10	0.12	0.00026	±0.19	±0.19
No.6	0.13	0.18	0.00026	±0.26	±0.26
No.7	0.05	0.07	0.00026	±0.10	±0.10
No.8	0.06	0.08	0.00026	±0.12	±0.12
No.9	0.07	0.10	0.00026	±0.15	±0.15
No.10	0.06	0.08	0.00026	±0.13	±0.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 กาก

ตารางภาคผนวกที่ 4 แสดงค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์กากในกากถั่วเหลือง

ตัวอย่าง กากถั่วเหลือง	วิธีมาตรฐาน					วิธีดัดแปลง				
	ความไม่แน่นอน			ความไม่แน่นอนขยาย		ความไม่แน่นอน			ความไม่แน่นอนขยาย	
	Type A		Type B	Type		Type A		Type B	Type	
	3 ซ้ำ	2ซ้ำ		A	A+B	3 ซ้ำ	2ซ้ำ		A	A+B
No.1	0.09	0.13	0.17661	±0.18	±0.40	0.20	0.26	0.17661	±0.18	±0.40
No.2	0.05	0.07	0.14197	±0.10	±0.30	0.14	0.17	0.14197	±0.10	±0.30
No.3	0.15	0.21	0.04989	±0.30	±0.32	0.13	0.17	0.04989	±0.30	±0.32
No.4	0.09	0.12	0.09338	±0.17	±0.25	0.14	0.19	0.09338	±0.17	±0.25
No.5	0.14	0.17	0.19554	±0.27	±0.48	0.25	0.35	0.19554	±0.27	±0.48
No.6	0.16	0.22	0.25592	±0.32	±0.60	0.11	0.16	0.25592	±0.32	±0.60
No.7	0.03	0.04	0.09741	±0.06	±0.20	0.12	0.14	0.09741	±0.06	±0.20
No.8	0.17	0.21	0.13218	±0.35	±0.44	0.36	0.49	0.13218	±0.35	±0.44
No.9	0.22	0.29	0.07869	±0.44	±0.47	0.11	0.16	0.07869	±0.44	±0.47
No.10	0.23	0.31	0.15947	±0.46	±0.56	0.29	0.38	0.15947	±0.46	±0.56

1.5 เถ้า

ตารางภาคผนวกที่ 5แสดงค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์เถ้าในกากถั่วเหลือง

ตัวอย่าง กากถั่วเหลือง	วิธีมาตรฐาน				
	ความไม่แน่นอน			ความไม่แน่นอนขยาย	
	Type A 3 ซ้ำ	Type A 2ซ้ำ	Type B	Type A	Type A+B
No.1	0.13	0.15	0.00026	±0.02	±0.02
No.2	0.13	0.17	0.00026	±0.02	±0.02
No.3	0.03	0.05	0.00026	±0.01	±0.01
No.4	0.06	0.08	0.00026	±0.00	±0.00
No.5	0.02	0.02	0.00026	±0.03	±0.03
No.6	0.06	0.09	0.00026	±0.01	±0.01
No.7	0.04	0.05	0.00026	±0.05	±0.05
No.8	0.01	0.02	0.00026	±0.03	±0.03
No.9	0.03	0.04	0.00026	±0.04	±0.04
No.10	0.28	0.39	0.00026	±0.02	±0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นมผง

2.1 ความชื้น

ตารางภาคผนวกที่ 6 แสดงค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ความชื้นในนมผง

ตัวอย่างนมผง	วิธีมาตรฐาน				
	ความไม่แน่นอน			ความไม่แน่นอนขยาย	
	Type A 3 ซ้ำ	Type A 2ซ้ำ	Type B	Type A	Type A+B
No.1	0.05	0.06	0.00026	±0.10	±0.10
No.2	0.04	0.06	0.00026	±0.09	±0.09
No.3	0.00	0.00	0.00026	±0.00	±0.00
No.4	0.22	0.31	0.00026	±0.45	±0.45
No.5	0.11	0.15	0.00026	±0.22	±0.22
No.6	0.04	0.05	0.00026	±0.07	±0.07
No.7	0.03	0.03	0.00026	±0.05	±0.05
No.8	0.22	0.31	0.00026	±0.44	±0.44
No.9	0.07	0.11	0.00026	±0.15	±0.15
No.10	0.04	0.05	0.00026	±0.08	±0.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 โปรตีน

ตารางภาคผนวกที่ 7 แสดงค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์โปรตีนในนมผง

ตัวอย่างนมผง	วิธีมาตรฐาน					วิธีดัดแปลง				
	ความไม่แน่นอน			ความไม่แน่นอนขยาย		ความไม่แน่นอน			ความไม่แน่นอนขยาย	
	Type A		Type B	Type		Type A		Type B	Type	
	3 ซ้ำ	2ซ้ำ		A	A+B	3 ซ้ำ	2ซ้ำ		A	A+B
No.1	0.10	0.14	0.09737	±0.20	±0.28	0.19	0.25	0.26355	±0.38	±0.65
No.2	0.22	0.30	0.09767	±0.44	±0.48	0.12	0.15	0.26342	±0.24	±0.58
No.3	0.11	0.14	0.09884	±0.22	±0.30	0.10	0.13	0.27298	±0.19	±0.58
No.4	0.08	0.10	0.09196	±0.15	±0.24	0.34	0.48	0.24602	±0.68	±0.84
No.5	0.15	0.21	0.09172	±0.30	±0.35	0.06	0.08	0.24771	±0.12	±0.51
No.6	0.14	0.19	0.09826	±0.28	±0.34	0.13	0.17	0.26619	±0.26	±0.59
No.7	0.12	0.17	0.09842	±0.24	±0.31	0.12	0.16	0.26696	±0.25	±0.59
No.8	0.12	0.15	0.11269	±0.24	±0.33	0.25	0.31	0.29876	±0.50	±0.78
No.9	0.23	0.31	0.09990	±0.46	±0.50	0.02	0.03	0.27257	±0.04	±0.55
No.10	0.11	0.15	0.09230	±0.22	±0.28	0.07	0.09	0.25447	±0.14	±0.53

2.3 ไขมัน

ตารางภาคผนวกที่ 8 แสดงค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ไขมันในนมผง

ตัวอย่างนมผง	วิธีมาตรฐาน				
	ความไม่แน่นอน			ความไม่แน่นอนขยาย	
	Type A 3 ซ้ำ	Type A 2ซ้ำ	Type B	Type A	Type A+B
No.1	0.17	0.23	0.00026	±0.34	±0.34
No.2	0.07	0.09	0.00026	±0.14	±0.14
No.3	0.12	0.16	0.00026	±0.23	±0.23
No.4	0.21	0.28	0.00026	±0.43	±0.43
No.5	0.20	0.28	0.00026	±0.40	±0.40
No.6	0.12	0.17	0.00026	±0.24	±0.24
No.7	0.15	0.21	0.00026	±0.31	±0.31
No.8	0.06	0.08	0.00026	±0.12	±0.12
No.9	0.13	0.18	0.00026	±0.26	±0.26
No.10	0.17	0.23	0.00026	±0.33	±0.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 เถ้า

ตารางภาคผนวกที่ 9 แสดงค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์เถ้าในนมผง

ตัวอย่างนมผง	วิธีมาตรฐาน				
	ความไม่แน่นอน			ความไม่แน่นอนขยาย	
	Type A 3 ซ้ำ	Type A 2ซ้ำ	Type B	Type A	Type A+B
No.1	0.03	0.04	0.00026	±0.07	±0.07
No.2	0.08	0.11	0.00026	±0.16	±0.16
No.3	0.01	0.01	0.00026	±0.01	±0.01
No.4	0.04	0.06	0.00026	±0.08	±0.08
No.5	0.03	0.05	0.00026	±0.07	±0.07
No.6	0.03	0.05	0.00026	±0.07	±0.07
No.7	0.29	0.37	0.00026	±0.57	±0.57
No.8	0.01	0.02	0.00026	±0.02	±0.02
No.9	0.20	0.25	0.00026	±0.40	±0.40
No.10	0.06	0.08	0.00026	±0.11	±0.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นมยูเอชที

3.1 ความชื้น

ตารางภาคผนวกที่ 10 แสดงค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ความชื้นในนมยูเอชที

ตัวอย่างนมยูเอชที	วิธีมาตรฐาน				
	ความไม่แน่นอน			ความไม่แน่นอนขยาย	
	Type A 3 ซ้ำ	Type A 2ซ้ำ	Type B	Type A	Type A+B
No.1	0.03	0.04	0.00026	±0.06	±0.06
No.2	0.08	0.11	0.00026	±0.15	±0.15
No.3	0.04	0.05	0.00026	±0.07	±0.07
No.4	0.03	0.04	0.00026	±0.05	±0.05
No.5	0.00	0.00	0.00026	±0.00	±0.00
No.6	0.02	0.03	0.00026	±0.04	±0.04
No.7	0.04	0.05	0.00026	±0.08	±0.08
No.8	0.09	0.12	0.00026	±0.18	±0.18
No.9	0.01	0.01	0.00026	±0.02	±0.02
No.10	0.04	0.05	0.00026	±0.08	±0.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 โปรตีน

ตารางภาคผนวกที่ 11 แสดงค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์โปรตีนในนมยูเอชที

ตัวอย่างนมยูเอชที	วิธีมาตรฐาน					วิธีดัดแปลง				
	ความไม่แน่นอน			ความไม่แน่นอนขยาย		ความไม่แน่นอน			ความไม่แน่นอนขยาย	
	Type A		Type B	Type		Type A		Type B	Type	
	3 ซ้ำ	2ซ้ำ		A	A+B	3 ซ้ำ	2ซ้ำ		A	A+B
No.1	0.06	0.07	0.01121	±0.12	±0.12	0.05	0.07	0.03102	±0.10	±0.12
No.2	0.02	0.02	0.01238	±0.03	±0.04	0.00	0.00	0.03329	±0.01	±0.07
No.3	0.02	0.03	0.01250	±0.04	±0.04	0.03	0.03	0.03379	±0.05	±0.09
No.4	0.01	0.01	0.01491	±0.02	±0.04	0.01	0.02	0.04004	±0.03	±0.09
No.5	0.05	0.06	0.01505	±0.10	±0.10	0.03	0.04	0.04196	±0.06	±0.10
No.6	0.04	0.06	0.01193	±0.08	±0.09	0.03	0.05	0.03223	±0.07	±0.10
No.7	0.06	0.07	0.01161	±0.12	±0.12	0.08	0.10	0.03158	±0.16	±0.17
No.8	0.02	0.03	0.01234	±0.05	±0.05	0.02	0.03	0.03384	±0.05	±0.08
No.9	0.07	0.08	0.01137	±0.13	±0.14	0.05	0.06	0.03110	±0.10	±0.12
No.10	0.03	0.04	0.01140	±0.06	±0.07	0.01	0.02	0.03080	±0.02	±0.07

3.3 ไขมัน

ตารางภาคผนวกที่ 12 แสดงค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ไขมันในนมยูเอชที

ตัวอย่างนมยูเอชที	วิธีมาตรฐาน				
	ความไม่แน่นอน			ความไม่แน่นอนขยาย	
	Type A 3 ซ้ำ	Type A 2 ซ้ำ	Type B	Type A	Type A+B
No.1	0.02	0.03	0.00026	±0.04	±0.04
No.2	0.00	0.01	0.00026	±0.00	±0.00
No.3	0.01	0.02	0.00026	±0.03	±0.03
No.4	0.01	0.02	0.00026	±0.03	±0.03
No.5	0.02	0.02	0.00026	±0.03	±0.03
No.6	0.02	0.02	0.00026	±0.03	±0.03
No.7	0.02	0.01	0.00026	±0.03	±0.03
No.8	0.01	0.01	0.00026	±0.01	±0.01
No.9	0.01	0.02	0.00026	±0.02	±0.02
No.10	0.01	0.01	0.00026	±0.03	±0.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 เถ้า

ตารางภาคผนวกที่ 13 แสดงค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์เถ้าในนมยูเอชที

ตัวอย่างนมยูเอชที	วิธีมาตรฐาน				
	ความไม่แน่นอน			ความไม่แน่นอนขยาย	
	Type A 3 ซ้ำ	Type A 2ซ้ำ	Type B	Type A	Type A+B
No.1	0.01	0.02	0.00026	±0.02	±0.02
No.2	0.01	0.01	0.00026	±0.02	±0.02
No.3	0.01	0.01	0.00026	±0.01	±0.01
No.4	0.00	0.00	0.00026	±0.00	±0.00
No.5	0.01	0.02	0.00026	±0.03	±0.03
No.6	0.01	0.01	0.00026	±0.01	±0.01
No.7	0.03	0.03	0.00026	±0.05	±0.05
No.8	0.01	0.02	0.00026	±0.03	±0.03
No.9	0.02	0.03	0.00026	±0.04	±0.04
No.10	0.01	0.01	0.00026	±0.02	±0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ
น้ำหนักโมเลกุล

ตารางภาคผนวกที่ 14 น้ำหนักโมเลกุลมาตรฐาน ปี ค.ศ. 1997

Name	Symbol	Atomic number	Atomic Weight
aluminium	Al	13	26.981538 (2)
arsenic	As	33	74.9216 (2)
calcium	Ca	20	40.078 (4)
carbon	C	6	12.0107 (8)
chlorine	Cl	17	35.4527 (9)
chromium	Cr	24	51.9961 (6)
copper	Cu	29	63.546 (3)
fluorine	F	9	18.9984032 (5)
gold	Au	79	196.96655 (2)
helium	He	2	4.002602 (2)
hydrogen	H	1	1.00794 (7)
iodine	I	53	126.90447 (3)
iron	Fe	26	55.845 (2)
lead	Pb	82	207.2 (1)
magnesium	Mg	12	24.305 (6)
manganese	Mn	25	54.938049 (9)
nitrogen	N	7	14.00674 (7)
oxygen	O	8	15.9994 (3)
phosphorus	P	15	30.973762 (4)
potassium	K	19	39.0983 (1)
silver	Ag	47	107.8682 (2)
sodium	Na	11	22.98977 (2)
sulphur	S	16	32.066 (6)

ที่มา : IUPAC. 2005

หมายเหตุ : ตัวเลขที่อยู่ในวงเล็บ หมายถึงค่าความไม่แน่นอนของน้ำหนักโมเลกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวกมลกาญจน์ จิญกาญจน์ เกิดเมื่อวันที่ 7 ตุลาคม พ.ศ. 2522 ที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) สาขาอุตสาหกรรมเกษตร จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2544 และศึกษาต่อในระดับวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในสาขาวิชาสุขาภิบาลอาหาร ในปี พ.ศ. 2545 และสำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้