รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ความชื้นในวัตถุดิบอาหารสัตว์โดยวิธีใช้ตู้อบลมร้อน และเครื่องวิเคราะห์ความชื้น

Comparison of Moisture Analysis Method in Feed stuffs between Hot Air Oven Method and Moisture Analyzer Method

นายกู้เกียรติ อัตตะวิริยะสุข

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี พศ.2565

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ความชื้นในวัตถุดิบอาหารสัตว์โดยวิธีใช้ตู้อบลมร้อน และเครื่องวิเคราะห์ความชื้น

Comparison of Moisture Analysis Method in Feed stuffs between Hot Air Oven Method and Moisture Analyzer Method

นายกู้เกียรติ อัตตะวิริยะสุข
คณะเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี พศ.2565

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์หาความชื้นในวัตถุดิบอาหารสัตว์โดยการวิเคราะห์แบบใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส ที่เป็นวิธีมาตรฐานของ National Forage Testing Association (NFTA, 1993) ใช้เป็นวิธีทดลองควบคุม เปรียบเทียบกับการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ความชื้นที่อุณหภูมิ 100 และ 135 องศาเซสเซียส ในตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์จำนวนทั้งหมด 10 ตัวอย่าง ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 วิธีทดลอง วิธีทดลองละ 4 ซ้ำ โดยแต่ละซ้ำได้จากค่าเฉลี่ยของการวัดความชื้น 4 ครั้ง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยเป็นตัวอย่าง กากถั่วเหลือง กระถิน เยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ กากปาล์ม เห็ดหอม ปลายข้าว รำข้าว เมล็ดข้าวฟ่าง เมล็ดข้าวโพด และหญ้าอิสราเอล

ผลการทดลองสรุปได้ว่า การวิเคราะห์ความชื้นทุกตัวอย่างโดยวิธีการวิเคราะห์ทั้ง 3 วิธี นั้น เยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ วิเคราะห์ด้วยตู้อบลมร้อน และเครื่องวัดความชื้นที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ให้ผลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) ส่วนการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดความชื้นที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส ให้ผลมากกว่าความเป็นจริง ส่วนกากปาล์ม เห็ดหอม ปลายข้าวและเมล็ดข้าวฟ่าง การวิเคราะห์ด้วยตู้อบลมร้อนและเครื่องวัดความชื้นที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส ให้ผลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) ส่วนการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ความชื้นที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ให้ผลน้อยกว่าความเป็นจริง ตัวอย่างกากถั่วเหลืองวิเคราะห์ด้วยวิธีการทั้ง 3 วิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) โดยวิธีวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ความชื้นที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ให้ผลน้อยกว่าความเป็นจริง ส่วนการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ความชื้นที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส ให้ผลการวิเคราะห์ที่มากกว่าความเป็นจริง สำหรับตัวอย่างกระถิน รำละเอียด เมล็ดข้าวโพด และหญ้าอิสราเอล ผลการวิเคราะห์ทั้ง 3 วิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ความชื้นทั้ง 2 วิธีมีค่าน้อยกว่าความเป็นจริง ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสมีค่าน้อยที่สุด และตามมาด้วยเครื่องวิเคราะห์ความชื้นที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส

ดังนั้นจึงสรุปเป็นภาพรวมได้ว่าหากต้องการวิเคราะห์ตัวอย่างเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟโดยวิธีที่รวดเร็วและให้ผลการทดลองที่เชื่อถือได้สามารถใช้เครื่องวิเคราะห์ความชื้นที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสแทนการวิเคราะห์ด้วยตู้อบลมร้อนได้ ส่วนการวิเคราะห์กากปาล์ม เห็ดหอม ปลายข้าว และเมล็ดข้าวฟ่างสามารถใช้เครื่องวิเคราะห์ความชื้นที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส ทดแทนการวิเคราะห์ด้วยตู้อบลมร้อนได้

คำสำคัญ ตู้อบลมร้อน เครื่องวิเคราะห์ความชื้น วัตถุดิบอาหารสัตว์

Abstract

The objective of this study was to compare the method for determining moisture content of feed stuffs by using a hot air oven at 135 ℃, the standard method of National Forage Testing Association (NFTA) , 1993 was used as a controlled experiment. It was compared with moisture analyzers at 100 and 135 ℃, totally 10 samples. Samples were analyzed in 3 experimental methods, with 4 replicates of each experiment, each replicate obtained from the mean of 4 moisture measurements by using a Completely Randomize Design planned. The samples were used soybean meal, acacia, coffee silver skin, palm meal, shiitake mushroom, broken-milled rice, rice bran, sorghum grain, corn kernels and Israeli grass.

The results of the experiment were concluded that when the moisture content of all samples were analyzed by all three methods, the coffee silverskin analyzed with hot air oven and the moisture analyzer at 100℃ was found not significant difference ($p<0.01$), while the analysis with a moisture analyzer at 135℃ was more effective than it realistic results. Such as palm meal, shiitake mushroom, broken-milled rice and sorghum grain the analysis with a hot air oven and a moisture analyzer at 135 ℃ were found not significant difference ($p<0.01$). The analysis with a moisture analyzer at 100 ° C was less effective than realistic result. Soybean meal samples analyze by 3 method were significantly difference ($p<0.01$). By analyzing with a moisture analyzer at 100 ^{O}C, the result was less than normal. The analysis with a moisture analyzer at 135℃ was more than realistic results. For the samples of acacia, rice bran, corn kernels, and Israeli grass. The results of the three analyzes were significantly different ($p<0.01$). The results of the analysis with both methods of moisture analyzer were less than the actual result. The moisture at 100 ℃ were the lowest and followed by a moisture analyzer at 135 ℃.

Therefore, it can be concluded that a rapidly and accurate method of analyze the coffee silver skin sample. Can be done with the moisture analyzer at 100℃ instead of the hot air oven analysis. For the analysis of palm meal, shiitake mushroom, broken-milled rice and sorghum grain, it can be analyzed by using a moisture analyzer at 135 ℃ instead of the hot air oven analysis.

Keywords: hot air oven, moisture analyzer, feed stuff

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่องการเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ความชื้นในอาหารสัตว์โดยวิธีใช้ตู้อบลมร้อน (NFTA , 1993) และเครื่องวิเคราะห์ความชื้นผู้ดำเนินงานวิจัยขอขอบคุณหลักสูตรสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร ที่ให้การสนับสนุนในด้านการใช้ห้องทดลองและเครื่องมือในการดำเนินงานการวิจัยตลอดจนตัวอย่างที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย

นอกจากนี้ผู้ดำเนินงานวิจัยขอขอบคุณขอขอบคุณ ผศ.ดร.สมจิตร ถนอมวงศ์วัฒนะ และผศ.ศศินิษฐา ถนอมวงศ์วัฒนะที่ให้คำปรึกษาในการดำเนินงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ท้ายที่สุดนี้ขอขอบคุณครอบครัวที่เป็นกำลังใจและแรงผลักดันที่สำคัญที่สุดในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

กู้เกียรติ อัตตะวิริยะสุข

หัวหน้าโครงการวิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1ความสำคัญและที่มาของปัญหาการทำวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 สมมุติฐาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 นิยามคำศัพท์เฉพาะ	2
1.7 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 หลักเกณฑ์วิธีปฏิบัติงาน	4
2.2 มาตรฐานการปฏิบัติงาน	12
2.3 เครื่องมือทดสอบ	13
2.3.1 ตู้อบลมร้อน	13
2.3.2 เครื่องวิเคราะห์ความชื้น	15
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	18
3.1 การวางแผนการวิเคราะห์	18
3.2 กระบวนการวิเคราะห์ความชื้นในวัตถุดิบอาหารสัตว์	20
3.2.1 ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่าง	21
3.2.2 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง	23
3.2.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความชื้นในวัตถุดิบอาหารสัตว์	25
3.2.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	31
บทที่ 4 ผลการวิจัย	32
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	34
5.1 สรุปผลการวิจัย	34
5.2 อภิปรายผลการวิจัย	34
5.3 ข้อเสนอแนะ	35
บรรณานุกรม	36
ภาคผนวก	38
ประวัติผู้ทำวิจัย	45

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	การแบ่งชนิดของน้ำที่อยู่ในสภาวะต่างๆภายในอาหาร	9
3.1	แสดงแผนการวิเคราะห์ของวิธีการวิเคราะห์ที่ 1	19
3.2	แสดงแผนการวิเคราะห์ของวิธีการวิเคราะห์ที่ 2	19
3.3	แสดงแผนการวิเคราะห์ของวิธีการวิเคราะห์ที่ 3	20
3.4	แสดงตัวอย่างการบันทึกน้ำหนักถ้วยเปล่าพร้อมฝาในwork sheet	25
3.5	แสดงตัวอย่างการบันทึกน้ำหนักถ้วยเปล่าพร้อมฝาและตัวอย่างก่อนอบในwork sheet	26
3.6	แสดงตัวอย่างการบันทึกน้ำหนักถ้วยเปล่าพร้อมฝาและตัวอย่างหลังอบในwork sheet	26
4.1	ค่าเฉลี่ยของความชื้น(เปอร์เซนต์)ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทต่างๆที่ใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์แตกต่างกัน	32

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	แสดงตัวอย่างพืชแห้ง เช่น ซังข้าวโพด ฟางข้าว เป็นต้น	4
2.2	แสดงตัวอย่างพืชสด เช่น หญ้ารูซี่ หญ้าเนเปียร์ เป็นต้น	5
2.3	แสดงตัวอย่างพืชหมัก เช่น ต้นข้าวโพดหมัก หญ้าเนเปียร์หมัก เป็นต้น	5
2.4	แสดงตัวอย่างวัตถุดิบแหล่งพลังงาน เช่น ข้าวโพดบด มันเส้น เป็นต้น	6
2.5	แสดงตัวอย่างวัตถุดิบแหล่งโปรตีน เช่น กากถั่วเหลือง กากมะพร้าว เป็นต้น	6
2.6	แสดงตัวอย่างวัตถุดิบแหล่งแร่ธาตุ เช่น กระดูกป่น ผงกำมะถัน เป็นต้น	7
2.7	แสดงภาพตู้อบลมร้อน	15
2.8	แสดงภาพเครื่องวิเคราะห์ความชื้น	17
3.1	แสดงวิธีการวิเคราะห์ (Treatment) ทั้งหมด 3 วิธีการวิเคราะห์	18
3.2	แสดงการเทตัวอย่างลงบนผ้าใบให้เป็นกอง แล้วกดให้แบนราบ	21
3.3	แสดงการแบ่งตัวอย่างให้เป็นสี่ส่วน	21
3.4	แสดงการตักตัวอย่างที่อยู่ฝั่งตรงข้ามมารวมกัน	22
3.5	แสดงการรวมตัวอย่างเป็น2กองและตักตัวอย่าง1กองไส่ถุงเพื่อนำไปวิเคราะห์	22
3.6	แสดงตัวอย่างหญ้าเนเปียร์สด	23
3.7	แสดงการหั่นย่อยตัวอย่างหญ้าเนเปียร์ด้วยมีดและเขียง	23
3.8	แสดงหญ้าเนียเปียร์ที่หั่นแล้ว	23
3.9	แสดงการนำหญ้าเนเปียร์เข้าอบในตู้อบลมร้อน	23
3.10	แสดงหญ้าเนเปียร์ที่อบแล้ว	24
3.11	แสดงการบดตัวอย่างด้วยเครื่องบด	24
3.12	แสดงการเทตัวอย่างที่บดแล้วไส่ถุงเก็บตัวอย่าง	24
3.13	แสดง Flowchart การวิเคราะห์ความชื้นโดยใช้ตู้อบลมร้อน	28
3.14	แสดง Flowchart การวิเคราะห์ความชื้นโดยเครื่องวิเคราะห์ความชื้น	30

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการทำวิจัย

การเลี้ยงสัตว์ทุกชนิดทั้งสัตว์ที่เป็นสัตว์เลี้ยงในบ้านเช่นสุนัข แมว สัตว์ที่เลี้ยงเพื่อให้สร้างผลผลิตที่เกิดจากสัตว์นำมาเป็นอาหารเช่น ไข่ นม เนื้อ หรือสัตว์ที่เลี้ยงเพื่อการค้า จำเป็นอย่างยิ่งที่สัตว์นั้นจะต้องได้รับอาหารที่เพียงพอทั้งด้านคุณค่าทางอาหารและด้านปริมาณอาหารที่เพียงพอต่อน้ำหนักตัว หรือต่อการนำอาหารไปใช้ในกระบวนการย่อยและการดูดซึมสารอาหารที่เกิดจาการย่อยแล้วนำไปหล่อเลี้ยงส่วนต่างๆของร่ายกายสัตว์เพื่อการดำรงชีวิตของสัตว์ชนิดนั้นๆวัตถุดิบอาหารสัตว์จัดเป็นปัจจัยที่สำคัญ และเป็นต้นทุนหลักในการผลิตสัตว์ทุกชนิด คิดเป็นต้นทุน 60 -70 % (สุมิตรา สำเภาพล, 2559) ของต้นทุนทั้งหมดในการเลี้ยงสัตว์นั้นๆเลยทีเดียว ดังนั้นจากเหตุผลนี้ผู้เลี้ยงสัตว์ก็มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบถึงคุณสมบัติของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่จะนำมาเลี้ยงสัตว์ชนิดนั้นๆเพื่อจะสามารถเลือกนำอาหารสัตว์ที่มีคุณค่าอาหารตามที่ต้องการมาเลี้ยงสัตว์ให้ได้ประโยชน์สูงสุดต่อตัวสัตว์เองและอาจจะเป็นการลดต้นทุนการเลี้ยงสัตว์ลงได้ไม่มากก็น้อย และเพื่อเป็นการเก็บรักษาวัตถุดิบอาหารสัตว์นั้นไว้ให้นานที่สุด เนื่องจากความชื้นมีผลต่อเชื้อราในวัตถุดิบอาหารนั้นๆถ้ามีความชื้นสูงเกินไปก็จะทำให้วัตถุดิบอาหารสัตว์นั้นเกิดเชื้อราและเน่าเสีย เก็บไว้ได้ไม่นาน นำไปเลี้ยงสัตว์ไม่ได้ ดังนั้นปริมาณความชื้นในอาหารสัตว์จึงมีขึ้นตาม ข้อกำหนดของประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พศ2558 “ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานของอาหารสัตว์ควบคุมเฉพาะ ประเภทวัตถุดิบ พศ.2558”ดังจะยกตัวอย่างเช่น กากถั่วเหลือง ต้องมีโปรตีน ไม่น้อยกว่าร้อยละ 42 , ไขมัน ไม่มากกว่าร้อยละ 7 , กากไม่มากกว่าร้อยละ 8 , ความชื้น ไม่มากกว่าร้อยละ 13 และเถ้าไม่มากกว่าร้อยละ 8 เป็นต้น

การหาค่าความชื้นในวัตถุดิบอาหารสัตว์นั้นมีวิธีการหาตามวิธีมาตรฐานที่ใช้กันโดยทั่วไปคือวิธีการหาความชื้นโดยการอบตัวอย่างให้แห้งในตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) แล้วนำน้ำหนักที่หายไปมาคำนวนหาค่าความชื้นในอาหาร ซึ่งน้ำหนักที่หายไปก็คือค่าความชื้นในตัวอย่างนั่นเอง (NFTA, 1993) แต่วิธีการวิเคราะห์แบบนี้จะต้องมีการใช้เครื่องมือหลายชนิดเช่น ตู้อบลมร้อน เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง โถดูดความชื้น และการวิเคราะห์ใช้เวลานาน ซึ่งในทางการค้าจะต้องการทราบผลการวิเคราะห์ความชื้นที่รวดเร็ว ด้วยเหตุผลในด้านระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เสียไปทำให้มีผลต่อราคาการซื้อขาย ดังนั้นจึงมีการพัฒนาวิธีหาความชื้นโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ความชื้นแบบรวดเร็วขึ้นเรียกว่าเครื่องวิเคราะห์ความชื้น (Moisture Analyzer) ซึ่งเป็นวิธีหาความชื้นโดยใช้เครื่องมือเพียงเครื่องเดียว มีแหล่งกำเนิดความร้อนโดยใช้หลอดฮาโลเจนและเป็นเครื่องชั่งน้ำหนักในตัว ใช้เวลาในการวิเคราะห์ไม่นาน น้อยกว่าวิธีใช้ตู้อบลมร้อนมาก ซึ่งในต่อไปในอนาคตอาจจะมีการใช้เครื่องวิเคราะห์ความชื้นมาใช้ทดแทนวิธีการวิเคราะห์โดยใช้ตู้อบลมร้อน ดังนั้นจึงมีต้องมีการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับวิธีการมาตรฐานเพื่อความมั่นใจในการวิเคราะห์และผลการวิเคราะห์ที่น่าเชื่อถือต่อไป

สาขาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มีการจัดการเรียนการสอนในวิชาวิเคราะห์อาหารสัตว วิชาอาหารและการให้อาหารสัตว์ วิชาวิธีวิจัยทางสัตวศาสตร์ และวิชาปัญหาพิเศษทางสัตวศาสตร์ โดยผู้วิจัยมีหน้าที่ควบคุมการเรียนในภาคปฏิบัติของวิชาเหล่านี้ ในวิชาทั้งหมดที่กล่าวมานั้นมีเนื้อหาเกี่ยวกับการวิเคราะห์วัตถุดิบอาหารสัตว์ ซึ่งการวิเคราะห์ความชื้นก็เป็นหัวข้อหนึ่งรวมอยู่ด้วย โดยในหัวข้อนี้จะต้องมีการใช้เครื่องมือทั้งตู้อบลมร้อน และเครื่องวิเคราะห์ความชื้น ดังนั้น

นักศึกษาที่ศึกษาวิชานี้จะต้องผ่านการเรียนและฝึกฝนให้เกิดความชำนาญ และเพื่อให้เกิดความมั่นใจในการวิเคราะห์จึงต้องมีการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ระหว่างเครื่องมือทั้ง 2 ชนิดเพื่อให้เกิดประโยชน์กับการเรียนการสอนต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบการวิเคราะห์ความชื้นในวัตถุดิบอาหารสัตว์ระหว่างวิธีการใช้ตู้อบลมร้อน และเครื่องวิเคราะห์ความชื้น

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ศึกษาถึงค่าความชื้นที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยตู้อบลมร้อนตามวิธี NFTA, 1993 และเครื่องวิเคราะห์ความชื้นในตัวอย่างอาหารสัตว์ 10 ชนิดได้แก่ กากถั่วเหลือง กระถิน เยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ กากปาล์ม เห็ดหอม ปลายข้าว รำข้าว เมล็ดข้าวฟ่าง เมล็ดข้าวโพด และหญ้าอิสราเอล อย่างเป็นอิสระกัน

1.4 สมมุติฐาน

1.4.1 ค่าความชื้นของวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดเดียวกัน จะมีค่าแตกต่างกันจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือที่ต่างชนิดกัน

1.4.1 การวิเคราะห์ความชื้นในวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยวิธีการการวิเคราะห์ด้วยตู้อบลมร้อน สามารถใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ความชื้นแบบใช้หลอดฮาโลเจนเป็นแหล่งกำเนิดแสงทดแทนได้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ทราบถึงความชื้นวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยวิธีการวิเคราะห์หาความชื้นทั้ง 3 วิธีการวิเคราะห์

1.5.2 ได้ทราบถึงปริมาณความชื้นของวัตถุดิบอาหารสัตว์ในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ของสาขาสัตวศาสตร์

1.5.3 สามารถนำวิธีการวิเคราะห์หาความชื้นในวัตถุดิบอาหารสัตว์มาทดแทนกันได้เมื่อเกิดข้อขัดข้องในการใช้อีกวิธีหนึ่ง โดยที่ให้ประสิทธิภาพการวิเคราะห์ที่ไม่แตกต่างกัน

1.5.4 เป็นการพัฒนาทักษะการวิเคราะห์ พัฒนาวิธีการวิเคราะห์และเพิ่มความมั่นใจในการวิเคราะห์หาความชื้นให้แก่ผู้ทำการวิจัย

1.5.5 สามารถนำข้อมูลค่าความชื้นวัตถุดิบอาหารสัตว์มาถ่ายทอดแก่นักศึกษาในชั่วโมงการเรียนการสอนเพื่อการประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนต่อไป

1.6 นิยามคำศัพท์เฉพาะ

1.6.1 ตู้อบลมร้อน หมายถึง อุปกรณ์พื้นฐานในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ใช้สำหรับอบวัสดุและอุปกรณ์ต่างๆให้แห้งโดยใช้ความร้อน ใช้หาความชื้นในตัวอย่าง อบฆ่าทำลายเชื้อโรค หรืออบเพาะเชื้อจุลินชีพฯลฯ

1.6.2 เครื่องวิเคราะห์ความชื้น หมายถึง เครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดค่าความชื้นในตัวอย่าง โดยใช้หลักการทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักจากการทำให้แห้ง จากนั้นเครื่องจะชั่งน้ำหนักก่อนและหลังทำให้แห้งแล้วคำนวนเป็นค่าความชื้นโดยอัตโนมัติ

1.6.3 วัตถุดิบอาหารสัตว์ หมายถึงสารต่าง ๆ ที่สามารถนำมาใช้ในการให้เป็นอาหารแก่สัตว์ แล้วให้โภชนะที่เป็นประโยชน์แก่สัตว์

1.7 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย

1.7.1 ค่าความชื้นได้จากการวิเคราะห์อาหารสัตว์ 10 ชนิด ได้แก่ กากถั่วเหลือง กระถิน เยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ กากปาล์ม เห็ดหอม ปลายข้าว รำข้าว เมล็ดข้าวฟ่าง เมล็ดข้าวโพด และหญ้าอิสราเอล

1.7.2 เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ได้แก่ตู้อบลมร้อน และเครื่องวิเคราะห์ความชื้น

1.7.3 เปรียบเทียบค่าความชื้นทางสถิติระหว่างทั้ง 3 วิธีทดสอบด้วยวิธี Analysis of Variance (ANOVA)

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาในบทนี้จะได้กล่าวถึงหลักเกณฑ์วิธีการปฏิบัติงาน มาตรฐานการปฏิบัติงาน วิธีการปฏิบัติงาน แนวคิดที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนความรู้ที่จะต้องใช้ในการทำงาน ไปจนกระทั่งถึงจรรยาบรรณในการปฏิบัติงาน ดังต่อไปนี้

2.1 หลักเกณฑ์วิธีปฏิบัติงาน

ความหมายของอาหารสัตว์ ตามพระราชบัญญัติควบคุมอาหารสัตว์ พศ.2558 อาหารสัตว์ ให้ความหมายไว้ว่า อาหารสัตว์ หมายความว่า (กองควบคุมอาหารและยาสัตว์, 2563)

1.วัตถุที่มุ่งหมายที่ใช้หรือใช้เลี้ยงสัตว์ โดยการให้กิน ดื่ม เลีย หรือการนำเข้าสู่ร่างกายโดยวิธีการใดๆหรือ

2.วัตถุที่มุ่งหมายเพื่อใช้หรือใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตอาหารสัตว์

อาหารสัตว์ วัตถุดิบอาหารสัตว์และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมีการจำแนก โดยอาศัยแนวทางของ Harris et . al (1982) ได้เป็น 6 กลุ่ม คือ (วลัยกานต์ เจียมเจตจรูญ และคณะ, 2559)

ฟางกลุ่มที่ 1 พืชแห้ง หรืออาหารหยาบแห้ง (Dry forage and Roughage) เป็นกลุ่มของพืชอาหารสัตว์และอาหารหยาบที่ตัดแล้วมาทำให้แห้ง เป็นการถนอมพืชอาหารสัตว์ไว้ใช้ในช่วงที่ขาดแคลนเช่น การนำอาหารหยาบสดที่มีอยู่มากมายในช่วงฤดูฝนมาเก็บรักษาโดยการทำให้แห้งไว้ใช้ในฤดูแล้ง โดยส่วนมากจะมีปริมาณวัตถุแห้งมากกว่า 80 % รวมถึงวัตถุดิบอื่นๆและวัสดุที่เป็นผลพลอยได้ทางการเกษตร มีค่าเยื่อใย (Crude fiber) มากกว่า 18 % หรือค่าผนังเซลล์ (NDF) มากกว่า 35 % ของน้ำหนักแห้ง เช่นฟางข้าว ซังข้าวโพด ต้นข้าวโพดหลังการเก็บฝัก ต้นถั่วเหลือง ต้นถั่วลิสง เปลือกฝักถั่วเหลือง และชานอ้อย เป็นต้น

ก.ซังข้าวโพด ข.ฟางข้าว

ภาพที่ 2.1 แสดงตัวอย่างพืชแห้งเช่น ซังข้าวโพด ฟางข้าว เป็นต้น

หญ้ากลุ่มที่ 2 พืชสด หรืออาหารหยาบสด (Pasture and Green forage) เป็นกลุ่มพืชอาหารที่ใช้กันโดยทั่วไป ได้แก่พวกพืชอาหารสัตว์ชนิดต่างๆที่ตัดสดๆมาให้สัตว์กิน ไม่ว่าจะเป็นพืชที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ (Nature pasture) หรือพืชอาหารสัตว์ที่มนุษย์สร้างขึ้นโดยปลูกในแปลงหญ้า (Cultivated pasture) ที่ให้สัตว์เข้าไปแทะเล็มเอง มีความชื้นประมาณ 75 -85 % อาหารหยาบสดจัดเป็นกลุ่มอาหารที่มีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด จัดเป็นแหล่งอาหารพืชที่สำคัญ เช่นหญ้ารูซี่ หญ้าเนเปียร์ ถั่วท่าพระสไตโล เป็นต้น

ก.หญ้ารูซี่

ข.หญ้าเนเปียร์

ภาพที่ 2.2 แสดงตัวอย่างพืชสด เช่นหญ้ารูซี่ หญ้าเนเปียร์ เป็นต้น

กลุ่มที่ 3 พืชหมัก หรือพืชอาหารหมัก (Silage) หมายถึงพืชอาหารสัตว์ที่เก็บเกี่ยวในอายุเวลาที่เหมาะสม มีความชื้นพอเหมาะแล้วนำมาหมักเก็บรักษาในสภาพสูญญากาศภายในถังหมัก (Silo) หรือในสภาพที่ไม่มีอากาศ เป็นการถนอมรักษาพืชอาหารสัตว์ชนิดหนึ่ง ที่สามารถเก็บรักษาพืชอาหารสัตว์ ให้มีคุณค่าทางอาหารไม่เปลี่ยนแปลงมากนักเมื่อเทียบกับหญ้าสด โดยมีหลักที่สำคัญที่จะเลือกชนิดพืชมาทำพืชอาหารหมัก คือเลือกพืชที่มีความชื้นเหมาะสม (ความชื้นประมาณ 65-75 %) และมีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่ายสูงแล้วเก็บรักษาในที่ที่ไม่มีอากาศให้เร็วที่สุด โดยทั่วไปพืชที่เหมาะสมในการทำอาหารหยาบหมักคือ ต้นข้าวโพด ข้าวฟ่าง หญ้าลูกผสมที่มีการเจริญเติบโตเร็ว มีใบใหญ่และมีความอวบน้ำ เช่น หญ้าขน หญ้ารูซี่ และหญ้าเนเปียร์ เป็นต้น แต่ไม่รวม เมล็ดพืช ราก (Roots) หรือหัวพืช (Tubers) หมัก

ก.ต้นข้าวโพดหมัก

ข.หญ้าเนเปียร์หมัก

ภาพที่ 2.3 แสดงตัวอย่างพืชหมัก เช่นต้นข้าวโพดหมัก หญ้าเนเปียร์หมัก เป็นต้น

กลุ่มที่ 4 วัตถุดิบแหล่งพลังงาน หรือเรียกว่าแหล่งอาหารหลัก (Basal feed) หรืออาหารเสริมพลังงาน (Energy supplement) เป็นอาหารที่มีเยื่อใยไม่เกิน 18 % และมีโปรตีนไม่เกิน 16 %จัดเป็นอาหารประเภทอาหารข้น ได้แก่เมล็ดพืช ราก หัวพืช ทั้งที่เป็นแบบสดหรือนำมาหมักก็ได้ เช่น มันเส้น (Cassava Chips) มันเทศ (Sweet potato) รำ (Rice brand) ข้าวโพดบด (Corn meal) เป็นต้น

ก.ข้าวโพดบด

ข.มันเส้น

ภาพที่ 2.4 แสดงตัวอย่างวัตถุดิบแหล่งพลังงานเช่น ข้าวโพดบด มันเส้น เป็นต้น

กลุ่มที่ 5 วัตถุดิบแหล่งโปรตีน หรืออาหารเสริมโปรตีน (Protein supplement) เป็นอาหารที่มีเยื่อใยไม่เกิน 18 % แต่มีโปรตีน 20 % ขึ้นไป จัดเป็นอาหารประเภทอาหารข้น ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการของสัตว์ แต่มีปริมาณพลังงานและวิตามินต่ำ เป็นกลุ่มอาหารที่ทำให้ต้นทุนค่าอาหารสูง แบ่งเป็น 3 ประเภทคือ โปรตีนจากสัตว์ โปรตีนจากพืช และโปรตีนที่เป็นสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน ทั้งแบบสดหรือแบบหมักก็ได้ เช่น กากถั่วเหลือง (Soybean meal) กากมะพร้าว (Coconut meal) กากถั่วลิสง (Peanut meal) ใบกระถิน (Ipil Ipil) เป็นต้น

ก.กากถั่วเหลือง

ข.กากมะพร้าว

ภาพที่ 2.5 แสดงตัวอย่างวัตถุดิบแหล่งโปรตีน เช่นกากถั่วเหลือง กากมะพร้าว เป็นต้น

กลุ่มที่ 6 วัตถุดิบแหล่งแร่ธาตุ (Mineral supplement) วัตถุดิบประเภทนี้เป็นแหล่งอาหารที่ใช้เสริมแร่ธาตุให้กับสัตว์ ไม่มีพลังงานหรือโปรตีนแต่อย่างใด แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคืออาหารเสริมแร่ธาตุหลักและอาหารเสริมแร่ธาตุรอง เช่น กระดูกป่น (Bone meal) เกลือ (Salt) ไดแคลเซียมฟอสเฟต (Dicalcium phosphate) กำมะถันผง (Sulphur) เป็นต้น

ก.กระดูกป่น

ข.ผงกำมะถัน

ภาพที่ 2.6 แสดงตัวอย่างวัตถุดิบแหล่งแร่ธาตุ เช่นกระดูกป่น ผงกำมะถัน เป็นต้น

ดังได้กล่าวข้างต้นถึงการจำแนกประเภทของ อาหารสัตว์ หรือวัตถุดิบอาหารสัตว์กลุ่มต่างๆนั้น จึงมีประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง “ประกาศกรทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานของอาหารสัตว์ควบคุมเฉพาะ ประเภทวัตถุดิบ พศ.2558” (กองควบคุมอาหารและยาสัตว์, 2564) ข้อที่ 4 ดังจะยกตัวอย่างมา 4 ตัวอย่างดังนี้

ข้อ 4 กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานของอาหารสัตว์ ตามอัตราส่วนของโปรตีน ไขมัน กาก ความชื้น เถ้า และเกลือ คิดเป็นร้อยละของน้ำหนักวัตถุดิบ ดังต่อไปนี้

กากถั่วเหลือง

โปรตีน	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 42
ไขมัน	ไม่มากกว่าร้อยละ 7
กาก	ไม่มากกว่าร้อยละ 8
ความชื้นไม่มากกว่าร้อยละ 13	
เถ้า	ไม่มากกว่าร้อยละ 7

ปลาป่น ชั้นคุณภาพที่ 1

โปรตีน	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 60
กาก	ไม่มากกว่าร้อยละ 2
ความชื้นไม่มากกว่าร้อยละ 10	
เถ้า	ไม่มากกว่าร้อยละ 26
เกลือ	ไม่มากกว่าร้อยละ 3

รำหยาบ

โปรตีน	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 5
ไขมัน	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 2
กาก	ไม่มากกว่าร้อยละ 28
ความชื้นไม่มากกว่าร้อยละ 11	
เถ้า	ไม่มากกว่าร้อยละ 18

ข้าวโพดป่นเกรด 1

โปรตีน	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 8
ไขมัน	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 2
กาก	ไม่มากกว่าร้อยละ 3
ความชื้นไม่มากกว่าร้อยละ 13	
เถ้า	ไม่มากกว่าร้อยละ 2

วัตถุดิบอาหารสัตว์มีส่วนประกอบทางเคมี 3 ส่วนคือ น้ำ อินทรียสาร และอนินทรียสาร น้ำจัดเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุด โดยน้ำที่อยู่ในอาหารสัตว์หรือเรียกว่าความชื้นในอาหารสัตว์ก็มีส่วนสำคัญทางในด้านการแบ่งแยกประเภทอาหารเช่นวัตถุดิบอาหารสดต้องมีความชื้น 75-85 % (วลัยกานต์ เจียมเจตจรูญ , 2559) วัตถุดิบอาหารแห้งต้องมีความชื้น ไม่เกิน 15 % ตลอดจนไปถึงการกำหนดความชื้นของวัตถุดิบอาหารสดมาหมักเพื่อถนอมเก็บรักษาอาหารสัตว์ไว้ได้นานๆโดยคุณค่าอาหารยังคงอยู่ก็จะต้องมีการนำวัตถุดิบอาหารสดที่มีความชื้นประมาณ 65 -75 % (วลัยกานต์ เจียมเจตจรูญ และคณะ, 2559) มาใช้ในการหมัก ส่วนในวัตถุดิบอาหารประเภทอาหารข้นก็มีข้อกำหนดความชื้นในอาหารเช่นเดียวกัน

ปริมาณน้ำในอาหารมีอยู่ด้วยกัน 3 รูปแบบคือ (กษมา ชารีโคตร, 2559)

1.Free water เป็นน้ำที่อยู่อย่างอิสระไม่ได้ยึดเหนี่ยวกับโมเลกุลใดๆในอาหารส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณผิวหน้าในไซโตพลาสม หรือช่องว่างระหว่างโมเลกุลของสารต่างๆหรือภายในท่อส่งน้ำและอาหารของพืช น้ำกลุ่มนี้มีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลน้อยมาก ทำให้สามารถถูกดึงออกจากอาหารได้ง่าย จึงระเหยกลายเป็นไอได้ง่ายเมื่อนำไปอบหรือทำให้แห้ง น้ำกลุ่มนี้จะเป็นตัวทำละลายที่ดีมีเกลือแร่และสารอื่นๆละลายอยู่บ้างเช่นโซเดียมคลอไรด์ เป็นต้น มีความดันไอและความหนาแน่นใกล้เคียงน้ำปกติ และเป็นแหล่งที่จุลินทรีย์สามารถเติบโตได้ดี

2.Adsorbed water เป็นน้ำที่ถูกดูดซับเป็นชั้นๆที่ผิวด้านนอก หรือผิวด้านในของอาหารหรือระหว่างโครงสร้างของเซลล์ หรือในเนื้อเยื่อ น้ำกลุ่มนี้มีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลอยู่บ้างแต่เป็นแรงดึงดูดน้อย ได้แก่แรงวัลเดอร์วาลล์ พันธะไฮโดรเจน เป็นต้น ทำให้ระเหยได้เป็นบางส่วน

3.Bound water เป็นน้ำที่รวมอยู่ในอาหารด้วยพันธะทางเคมี เช่นพันธะไฮโดรเจนจำนวนมาก ทำให้น้ำยึดเหนี่ยวกับโมเลกุลของสารอื่นๆอย่างเหนียวแน่น มีความหนาแน่นสูง ทำให้การที่จะดึงน้ำ

ประเภทนี้ออกจากอาหารทำได้ไม่ง่ายนัก ไม่สามารถใช้เป็นตัวทำละลายได้ เป็นแหล่งเติบโตของจุลินทรีย์ไม่ได้ นอกจากนี้น้ำชนิดนี้มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารเป็นอย่างมาก

นอกจากนี้ยังมีการแบ่งน้ำที่เป็นองค์ประกอบภายในของอาหาร ตามกลไกทางเคมีและกายภาพของอาหารได้เป็นประเภทต่างๆดังตาราง

ตารางที่ 2.1 การแบ่งชนิดของน้ำที่อยู่ในสภาวะต่างๆภายในอาหาร (Sikorski, 2002)

ชนิดของน้ำ	คำอธิบาย	อัตราส่วนของน้ำในอาหาร (น้ำหนักเปียก)
-น้ำที่เป็นองค์ประกอบ	-น้ำซึ่งเป็นองค์ประกอบอยู่ในส่วนที่ไม่ละลายน้ำ	-น้อยกว่า 0.03 %
-น้ำบริเวณช่องว่างระหว่างเซลล์	-น้ำผูกพันที่เกิดพันธะอย่างเหนียวแน่นกับบริเวณไฮโดรฟิลิกของส่วนที่ไม่ละลายน้ำ เพื่อสร้างชั้นปกคลุม(monolayer) เช่น พันธะระหว่างน้ำ-อิออน หรือพันธะระหว่างน้ำ-พวกไดโพล	-0.1-0.9 %
น้ำชนิดมัลติเลเยอร์(multilayer)	-น้ำที่สร้างชั้นหลายๆชั้นขึ้นล้อมรอบหมู่ไฮโดรฟิลิก เช่น พันธะระหว่างน้ำ-น้ำ หรือพันธะไฮโดรเจนระหว่างน้ำ-ตัวถูกละลาย	-1-5 %
น้ำอิสระ(free)	-น้ำที่ไหลได้อย่างอิสระ มีสมบัติใกล้เคียงกับสารละลายเจือจาง	-5-96 %
น้ำที่ถูกจับไว้	-เป็นน้ำอิสระที่ถูกจับอยู่ในโครงสร้างแมทริกซ์หรือเจล	-5-96 %

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของอาหารที่ใช้กันในปัจจุบัน เรียกว่าวิธีวิเคราะห์แบบประมาณการ(Proximate Analysis) ถูกคิดค้นขึ้นมาโดยเฮนเนแบร์และสโตมันน์ (Heinberg and Stomann) ในปี คศ. 1865 ณ.สถานีวิจัย Weende ประเทศเยอรมันนี จึงมีชื่อเรียกว่า Weende Analysis ที่ตั้งขึ้นเพื่อเป็นเกียรติแก่สถานีวิจัยที่ค้นพบวิธีวิเคราะห์นี้ โดยวิธีการนี้จะแยกองค์ประกอบของอาหารออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆคือ น้ำหรือความชื้น(water or moisture),ไขมันหยาบ (crude fat),เยื่อใยหยาบ (crude fiber) , โปรตีนหยาบ (crude protein) , เถ้า (Ash) , แป้งและน้ำตาล (Nitrogen free extract) (ฉัตรชัย สังผุด, 2545)

ความชื้นในอาหารสัตว์ เป็นน้ำหรือสารที่ระเหยได้ทั้งหมดที่อยู่ภายใน ที่จะสูญหายไปเมื่อมีการให้ความร้อนแก่อาหารสัตว์นั้น และส่วนที่เหลือหลังจากมีการระเหยน้ำออกไปแล้วเรียกว่าวัตถุแห้งรวม(Total Dry matter) การวิเคราะห์ความชื้นที่นิยมกันมากคือ ชั่งน้ำหนักประมาณ 1 – 2 กรัม ใส่ในถ้วยอลูมิเนียม แล้วนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำน้ำหนักที่หายไปมาคำนวนหาปริมาณความชื้นในตัวอย่าง (AOAC, 2000)

Mettler Toledo (2015) ซึ่งเป็นบริษัทผลิตและจำหน่ายเครื่องวิเคราะห์ความชื้น ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการทดสอบวิเคราะห์หาค่าความชื้นเปรียบเทียบระหว่างวิธีวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ความชื้นและตู้อบลมร้อนโดยใช้อุณหภูมิตู้อบอยู่ที่ 100 – 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ในตัวอย่าง Ethyl cellulose ทั้งหมดเป็นจำนวน 10 ซ้ำ ได้ค่า accuracy อยู่ที่ 0.01 % (ค่าเปอร์เซนต์ผลต่างของการวิเคราะห์ที่ยอมรับได้อยู่ที่ < 0.1 %) และค่า precision อยู่ที่ 0.93 % (ค่าการยอมรับได้อยู่ที่ ≤1.5 %) จะเห็นว่าทั้งสองวิธีมีความไม่แตกต่างกันในการวิเคราะห์ แต่ทั้งนี้ยังเป็นเพียงแค่การศึกษาจากตัวอย่างชนิดเดียวและแตกต่างจากตัวอย่างที่จะศึกษาเพิ่มเติมนี้ ดังนั้นจึงสามารถนำแนวทางมาศึกษาในตัวอย่างอาหารสัตว์ต่อไป

Atthapol Noomhorm (2530) จากสถาบัน AIT ได้ทำวิจัยเปรียบเทียบวิธีการวัดความชื้นของข้าวเปลือกวิธีมาตรฐานของ AOAC (Association of official analytical chemists) กับเตาไมโครเวฟ และมิเตอร์วัดความชื้นกับ โดยมีแนวคิดที่ว่าความชื้นของข้าวมีความสำคัญต่อคุณภาพของข้าว และราคาข้าว ความชื้นที่เหมาะสมคือประมาณ 12 % จะเหมาะสมที่สุดในการเก็บรักษา ข้าวตัวอย่างได้ถูกแบ่งไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องต่างๆ วิธีแรกการระเหยโดยใช้เตาอบ มี 2 วิธีคือ 1.อบข้าวเปลือกบดด้วยอุณภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (AOAC) 2.อบเมล็ดข้าวเปลือกธรรมดาด้วยอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง วิธีต่อมาการระเหยโดยใช้เตาไมโครเวฟ โดยพิจารณาเวลาที่เหมาะสมที่ระดับไฟ 100 % 80% และ 50 % ตามลำดับ ในการอบตัวอย่างโดยตัวอย่างจะถูกนำออกมาชั่งน้ำหนักทุกๆ 5 นาที จนน้ำหนักของข้าวไม่เปลี่ยนแปลง วิธีที่สามคือวิธีการวัดความชื้นของข้าวด้วยมิเตอร์วัดความชื้นไฟฟ้า Universal moisture meter และ แบบ Delmhorst moisture meter ปรากฏผลการทดลองดังนี้ การใช้ไมโครเวฟที่กำลังไฟ 50 % และ80 % โดยการอบเป็นระยะเวลาทุก 5 นาที แล้วนำออกมาชั่ง ผลปรากฏว่าเมื่ออบไประยะเวลาหนึ่งข้าวจะเริ่มใหม้ จึงทำการอบที่ 100 % เป็นระยะเวลา 14 นาที ผลที่ได้ เมื่อใช้ค่า R^2 จะได้ค่า R^2 ประมาณ 0.992 เปรียบเทียบกับค่า R^2 ของวิธีมาตราฐานจะให้ค่าไม่แตกต่างกันมากทางสถิติ เพราะเส้น slope ได้ 0.96 (เปรียบเทียบเส้น 45 องศา คือ 1.00) ซึ่งได้แสดงให้เห็นว่าเป็นวิธีที่วัดได้ใกล้เคียงมาตฐานที่สุด slope ทั้งสองเส้นแสดงให้เห็นว่าไม่มีนัยยะสำคัญอะไรแตกต่างกับทางด้านสถิติ ($p < 0.05$) แต่จะแตกต่างกับวิธีอบที่ 16 ชั่วโมง ส่วนการเปรียบเทียบกับ Delmhorst moisture meter ให้ค่า R^2 อยู่ที่ 0.954 ซึ่งไม่มีนัยสำคัญแตกต่างใน $p < 0.05$ ของ slope ที่ใกล้เคียงกัน ส่วนการเปรียบเทียบกับ universal moisture meter มิเตอร์แบบนี้ให้ผลการวัดความชื้นที่แน่นอน ค่า R^2 ของเส้น slope = 0.9842 เส้น slope ของมิเตอร์ตัดกับเส้นมาตรฐานที่ประมาณ 13 % แต่ไม่ได้แสดงว่ามีนัยสำคัญแตกต่างระหว่างวิธีทั้งสอง การศึกษาวัดความชื้นของข้าวเปลือกโดยวิธีต่างๆเทียบวิธีมาตรฐานการอบด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 100 % ให้ผลไม่แตกต่างจากค่ามาตรฐาน สำหรับมิเตอร์ไฟฟ้า Delmhorst moisture meterให้ผลและค่าใกล้เคียงค่าจริง ส่วน Universal moisture meter ให้ผลการวัดต่ำกว่าความเป็นจริง

เจษฎา มีเย็นและมนัสชนก ปานนาค (2553) ศึกษาเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียต่างๆของการหาค่าความชื้นของดินโดยใช้ตู้อบไมโครเวฟกับตู้อบดิน ผลการทดลองพบว่าเมื่อใช้ตู้อบไมโครเวฟ กำลังไฟ 700 วัตต์ อบดินร่วนปนทรายปริมาณ 30 กรัม , 50 กรัม , 70 กรัม และปริมาณ 100 กรัมใช้ เวลา 6 นาที , 9 นาที , 11 นาที และ 12 นาทีตามลำดับ ส่วนการอบดินเหนียว ปริมาณ 30 กรัม , 50 กรัม , 70 กรัม และปริมาณ 100 กรัม ใช้เวลา 8 นาที , 12 นาที , 13 นาที และ 15 นาที ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างความชื้นด้วยไมโครเวฟกับที่อบด้วยตู้อบที่กินเวลา 18 -24 ชั่วโมง อยู่ที่ 0.00 – 0.30 % ซึ่งนับว่าเป็นที่ยอมรับได้ ในขณะที่เมื่อเทียบพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ พบว่า ตู้อบดินขนาด 1500 วัตต์ คิดเป็น 180 บาท/ครั้ง ในขณะที่เมื่อใช้ไมโครเวฟขนาด 700 วัตต์ คิดเป็น 0.35 – 0.87 บาท/ครั้ง เท่านั้น

ลัดดาวัลย์ ครองพงษ์และวรรณนภา รังสินธุ์ (2548) ได้ศึกษาเรื่องการทวนสอบวิธีวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในอาหารสัตว์น้ำ ของห้องปฏิบัติการสถาบันวิจัยอาหารสัตว์น้ำจืด โดยการดำเนินการวิเคราะห์อาหารสัตว์น้ำที่เป็นวัตถุดิบมาตรฐาน และวิเคราะห์วัตถุดิบหรืออาหารสัตว์น้ำจำนวนทั้งหมด 16 ชนิด โดยใช้วิธีที่ดัดแปลงจากวิธีมาตรฐาน AOAC (2000) Method 390.15 (4.1.06) เปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐาน ISO (1999) Method ISO 6468: 1999 ตรวจหาค่าความถูกต้อง (Accuracy) ของผลการวิเคราะห์โดยใช้วัสดุอ้างอิง (Reference material) ซึ่งมีค่าความชื้นตามใบรับรองเท่ากับ 8.3 + 0.3% พบว่าได้ค่าปริมาณความชื้นจากวิธีวิเคราะห์ทั้งสองเท่ากับ 8.19% และ 8.23% ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในเกณฑ์ยอมรับทั้งสองวิธี สำหรับผลการหาค่าความเที่ยงตรง (precision) จากการวิเคราะห์ซ้ำ (repeatability) มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (%CV) อยู่ระหว่าง 0.36-1.94% พบว่าได้ผลการวิเคราะห์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จึงสรุปได้ว่า วิธีวิเคราะห์ที่สถาบันสัตว์น้ำเลือกใช้นั้นมีเหมาะสม เพราะมีความถูกต้องและแม่นยำอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ จึงนำมาใช้สำหรับควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ของสถาบันวิจัยอาหารสัตว์น้ำจืดได้อย่างน่าเชื่อถือและเป็นมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับได้

บุญมี ศิริ และคณะ (2551) ได้ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการตรวจสอบความชื้นเมล็ดพันธุพืช 3 ชนิดคือ เมล็ดข้าวหอมมะลิ ถั่วเหลือง และเมล็ดข้าวโพด ดวยไมโครเวฟ เครื่องวิเคราะห์ความชื้นชนิด EE-KU เครื่องวิเคราะห์ความชื้น Dickey John และ วิธีมาตรฐาน พบวาความชื้นในเมล็ดข้าวจากการวัดด้วยวิธีการทั้งสี่วิธีนั้น มีค่าความสัมพันธ์เท่ากับ 0.89*** 0.99*** และ 0.95*** ตามลำดับ ผลการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการตรวจสอบความชื้นเมล็ดพันธุถั่วเหลืองดวยไมโครเวฟพบวา คาความชื้นที่วัดไดมีความสัมพันธอยางมีนัยสำคัญทางสถิติกับ คาที่วัดไดจากเครื่อง EE-KU เครื่อง Dickey John และวิธีมาตรฐาน ซึ่งมีคาเทากับ 0.98*** ,0.96*** และ0.98*** ตามลำดับ สวนผลการวิเคราะห์ในเมล็ดข้าวโพดดวยไมโครเวฟนั้น ผลการตรวจสอบมีลักษณะสอดคลองกับขาว และถั่วเหลือง กลาวคือ คาความชื้นมีความสัมพันธเปนไปในทิศทางเดียวกันกับที่วัดไดจากเครื่อง EE-KU, Dickey John และ วิธีมาตรฐาน อยางมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ซึ่งมีคาความสัมพันธเทากับ 0.93***, 0.84*** และ 0.81*** ตามลำดับ ทำให้ทราบว่าการวิเคราะห์เมล็ดพันธ์ด้วยไมโครเวฟจะมีทิศทางไปทางเดียวกันกับวัดด้วยเครื่อง EE-KU และ Dickey John และวิธีมาตรฐาน ส่วนเครื่องวิเคราะห์ความชื้น Dickey John จะใช้ในการวิเคราะห์เมล็ดข้าวได้ดีที่สุด เพราะว่ามีความสัมพันธ์ทางสถิติกับวิธีมาตรฐานมากที่สุด ส่วนถั่วเหลือง และเมล็ดข้าวโพด เครื่องวัดชนิด EE-KU จะมี ความสัมพันธกับวิธีมาตรฐานมากที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นวาการวัดความชื้นในเมล็ดข้าวสามารถใช้เครื่องวัด Dickey John ได้ ส่วนถั่วเหลือง และเมล็ดข้าวโพด วัดด้วยเครื่องวัดชนิด EE-KU เพื่อทดแทนการวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐานได้

จากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่าความชื้นในวัตถุดิบอาหารสัตว์มีข้อกำหนดที่สำคัญ ไม่ว่าจะเป็นอาหารหยาบสดที่มีความชื้นอยู่มานำมาแปรสภาพทำเป็นอาหารหยาบแห้ง หรือการคัดเลือกอาหารหยาบสดที่มีความชื้นพอเหมาะเพื่อมาทำเป็นอาหารหยาบหมัก ไปจนกระทั่งการเก็บรักษาอาหารข้นให้มีความชื้นที่เหมาะสมเพื่อจะได้ไม่เกิดรา หรือมีการเน่าเสียเก็บไว้ได้ไม่นาน จนกระทั่งจากข้อกำหนดคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ ตามข้อกำหนดของกรมปศุสัตว์ ก็ใช้เป็นเกณฑ์ในการซื้อขาย ต้องผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนดจึงถือว่าเป็นวัตถุดิบคุณภาพดีทำการซื้อขายได้ซึ่งจะต้องมีการวิเคราะห์ความชื้นของวัตถุดิบอาหารสัตว์นั้นๆก่อนเป็นเบื้องต้น

2.2 มาตรฐานการปฏิบัติงาน

วิธีวิเคราะห์วัตถุแห้งในตัวอย่างอาหารสัตว์ ส่วนมากจะเป็นส่วนนึงในการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของอาหาร ทำให้ทราบว่าอาหารนั้นมีคุณค่าทางโภชนาการมากน้อยเพียงใด มีหลากหลายวิธีแต่มีวิธีที่เป็นที่นิยมใช้กันในห้องปฏิบัติการในปัจจุบัน คือวิธีวิเคราะห์ทางเคมี เรียกว่า การวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate Analysis)

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะอาหารสัตว์แบบ proximate (Proximate Analysis) (วราพันธ์ จินตณวิชญ์, 2556) หมายถึงค่าที่วิเคราะห์ได้โดยประมาณ การวิเคราะห์นี้ต้องทำในห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ 6 กลุ่ม คือ

1.ความชื้น (Moisture)

2.เถ้า (Ash)

3.โปรตีนรวม (Crude protein, CP)

4.ไขมัน (Ether extract, EE)

5.เยื่อใย (Crude fiber, CF)

6.คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย (Nitrogen free extract, NFE)

ความชื้น (Moisture) อาหารสัตว์โดยทั่วไปมีความชื้นอยู่เสมอ วัตถุดิบอาหารสัตว์ ในสภาพแห้งต้องมีความชื้นไม่เกิน 14 % จึงจะเก็บไว้ได้โดยไม่เกิดปัญหาเชื้อรา (โดยปกติจะมีความชื้น 10 -13 %) โดยเมื่อมีการระเหยปริมาณน้ำออก ส่วนที่เหลือคือวัตถุแห้ง (Dry matter หรือ DM)

เถ้า (Ash) เป็นส่วนของสารอนินทรีย์ (inorganic) ที่เป็นองค์ประกอบที่ไม่ให้พลังงาน

โปรตีนรวม (Crude protein, CP) คือกรดอะมิโนที่ต่อกันเป็นสายยาว ซึ่งมีไนโตรเจนเป็น องค์ประกอบ การวิเคราะห์โปรตีนคือการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน แล้วคูณกลับเป็นปริมาณโปรตีนด้วย 6.25

ไขมัน (Ether extract, EE) ไขมันหรือน้ำมัน เป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ในตัวทำละลายไขมัน เช่น อีเทอร์

เยื่อใย (Crude fiber, CF) เยื่อใยหรือกาก หมายถึงส่วนที่สัตว์กระเพาะเดี่ยวไม่สามารถย่อย และใช้ประโยชน์ได้ แต่มีส่วนสำคัญต่อการขับถ่ายของสัตว์

คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย (Nitrogen free extract, NFE) หมายถึงส่วนของแป้งและน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบเซล ได้มาจากการคำนวนค่าต่างๆที่วิเคราะห์ได้จากค่าข้างต้นทั้งหมดหักออกจากวัตถุแห้ง

NFE = 100 – ความชื้น – โปรตีน – ไขมัน - เยื่อใย - เถ้า

ในปัจจุบันการขายสินค้าในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ การขายสินค้าให้เป็นที่ยอมรับระหว่างคู่ค้านั้น สินค้าต้องมีคุณภาพได้มาตรฐาน และเพื่อให้ทราบว่าสินค้าได้มาตรฐานต้องใช้วิธีทดสอบที่น่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับกันของทั้งสองฝ่าย โดยมีหน่วยงานที่เป็นที่ยอมรับในวงการด้านการวิเคราะห์อาหารสัตว์ในระดับสากล คือ National Forage Testing Association (NFTA) ซึ่งมีการดำเนินการของหน่วยงานนี้คือ มีห้องปฏิบัติการ

ทดสอบที่มีการนำวิธีทดสอบจากวิธีมาตรฐานมาทำการทดสอบซ้ำๆ เพื่อหาค่าความถูกต้องและค่าความเที่ยงตรงของวิธีการทดสอบ และมีการจัดการสอบเทียบวิธีการทดสอบนั้นๆกับอีกหลายๆห้องปฏิบัติการจนกระทั่งมีศักยภาพในการรับรองด้านคุณภาพมาตรฐานของห้องทดสอบอาหารสัตว์อื่นๆ (Undersander et al., 1993)

วิธีการใช้วิธีทดสอบที่เป็นมาตรฐาน มีความถูกต้อง และรวมไปถึงควบคุมคุณภาพในการผลิตในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ที่ใช้เป็นแหล่งอ้างอิงที่เป็นที่ยอมรับกันและถือว่าเป็นวิธีทดสอบมาตรฐาน (Standard method) มาจาก Official Method of Analysis of AOAC ซึ่งหน่วยงานที่รับผิดชอบคือ Association Official Analytical Chemistry International (สุวศรี เตชะภาส, 2558) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่รวบรวมวิธีทดสอบที่น่าเชื่อถือ มีคณะกรรมการทบทวนวิธีทดสอบเหล่านั้นอย่างเป็นระบบและสม่ำเสมอ รวมถึงเปิดรับข้อคิดเห็นจากบุคคลจากบุคคลที่อยู่ในสาขาเดียวกัน ทำให้เป็นที่ยอมรับและนำวิธีทดสอบไปใช้กันอย่างแพร่หลาย กระทั่งถูกนำไปใช้อ้างอิงในมาตรฐานผลิตภัณฑ์

สำหรับประเทศไทยเองนั้นมีหน่วยงานที่มีหน้าที่ในการควบคุม และร่างข้อกำหนดต่างๆทางด้านหลักเกณฑ์และมาตรฐานอาหารสัตว์ดังได้กล่าวมาข้างต้นแล้วก็คือ กองควบคุมอาหารและยาสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ นอกจากนี้ก็ยังมีหน้าที่ ศึกษา ค้นคว้า วิเคราะห์ วิจัยและพัฒนาระบบการผลิต นำเข้า-ส่งออก ตรวจสอบ รับรองมาตรฐาน ปฏิบัติตามกฎหมาย กฎระเบียบทางคุณภาพและมาตรฐานเกี่ยวกับอาหาร ยาสัตว์ และวัตถุอันตรายทางด้านปศุสัตว์ ไปจนกระทั่งถึงมีหน้าที่ให้คำปรึกษา แนะนำ ฝึกอบรม และถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตนั่นเอง (กองควบคุมอาหารและยาสัตว์, 2565)

2.3 เครื่องมือทดสอบ

2.3.1 ตู้อบลมร้อน

2.3.1.1 หลักการทำงาน ตู้อบลมร้อนเป็นเครื่องมือพื้นฐานที่พบในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทั่วๆไป ใช้สำหรับอบให้วัสดุและอุปกรณ์ต่างๆให้แห้ง หรือใช้สำหรับอบตัวอย่างต่างๆให้แห้งสำหรับหาความชื้นในตัวอย่าง หรือใช้สำหรับรักษาอุณหภูมิของปฏิกิริยาของการทดลองทางวิทยาศาสตร์ให้คงที่ ใช้อบฆ่าทำลายเชื้อโรค ใช้บ่มเพาะเชื้อจุลชีพ เป็นต้น หลักการทำงานโดยกระบวนการนำความร้อน (conduction) การพาความร้อน (convection) และการแผ่รังสี (radiation) (MN Editor, 2023) สืบค้นจาก http://microbiologynote.com/th/hot-air-oven โดยความร้อนจะสัมผัสด้านนอกของวัตถุก่อน จากนั้นความร้อนจะค่อยๆซึมผ่านเข้าสู่เนื้อวัตถุที่นำมาอบ ทำให้วัตถุเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว หรือจากของเหลวกลายเป็นไอ การแผ่ความร้อนอย่างทั่วถึงทำให้สามารถฆ่าเชื้อจุลชีพที่ติดอยู่ที่ผิวของวัตถุให้หมดไปได้

2.3.1.2 โครงสร้างของเตาอบลมร้อนและฟังก์ชั่น ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ (Aldeen, 2018) สืบค้นจาก http://paper.ssrm.com/sol3/cf_dev/AbsByAuth.cfm?per_id=2959199

1. ตู้ภายนอก ทำจากอลูมิเนียม หรือแสตนเลส

2. ฉนวนใยแก้ว ใช้ป้องกันการถ่ายเทความร้อนภายในเครื่องสู่ภายนอกและรักษาอุณหภูมิภายในเครื่อง

3. ห้องด้านใน ทำจากอลูมิเนียม หรือแสตนเลส มีโครงสร้างสำหรับวางชั้นวางได้

4. ชั้นวาง เป็นแผ่นสำหรับวางสิ่งของ ทำจากอลูมิเนียมจำนวนชั้นอาจจะแตกต่างกันไปตามความจุของเตาอบ

5. เครื่องทำความร้อน เกิดจากการผ่านกระแสไฟฟ้าผ่านตัวนำ ความร้อนจะเกิดขึ้นจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น โดยทั่วไปทำอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 50 – 300 องศาเซลเซียส

6. พัดลม ทำหน้าที่กระจายความร้อนให้สม่ำเสมอภายในตู้อบ

7. เทอร์โมสตัท ทำหน้าที่เป็นเซนเซอร์ตรวจจับความร้อนที่ต่อโดยตรงกับเครื่องทำความร้อน

8. ตัวบ่งชี้อุณหภูมิ สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิภายใน

9. ตัวจับเวลา ใช้สำหรับตั้งเวลาการทำงานของเครื่อง

10. ฟิวส์ เพื่อป้องกันการลัดวงจรของกระแสไฟฟ้า

11. ประตู ประเก็นของประตูทำจากแร่ใยหินเพื่อลดการสูญเสียความร้อนระหว่างทำงาน

12. แผงควบคุม ใช้ปรับพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น อุณหภูมิ เวลา เป็นต้น

2.3.1.3 ข้อดีของการใช้ตู้อบลมร้อน (MN Editor, 2023) สืบค้นจาก http://microbiology note.com/th/hot-air-oven

1.ไม่ต้องรดน้ำเพื่อฆ่าเชื้อวัสดุ

2. ไม่กัดกร่อนโลหะและของมีคม

3. ติดตั้งง่าย ราคาไม่แพง

4. ไม่สร้างแรงกดดันเหมือนหม้อนึ่งความดันทำให้จัดการง่าย และปลอดภัยในการทำงาน

5. ขั้นตอนการทำงานง่าย เมื่อเทียบกับหม้อนึ่งความดัน

6. มีขนาดเล็ก และมีประสิทธิภาพมากกว่าหม้อนึ่งความดัน

7. สามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า และเร็วกว่าหม้อนึ่งความดัน

2.3.1.4 ข้อเสียของการใช้ตู้อบลมร้อน (MN Editor, 2023) สืบค้นจาก http://microbiology note.com/th/hot-air-oven

1. สิ่งมีชีวิตบางชนิด เช่นพรีออนไม่สามารถฆ่าหรือยับยั้งการทำงานได้

2. ภาชนะบางชนิดที่ไม่สามารถทนความร้อนได้ เช่นพลาสติก แก้วที่ทนความร้อนไม่ได้ กระดาษ หรือสำลี เป็นต้นไม่สามารถใช้กับตู้อบลมร้อนได้

3. เนื่องจากต้องใช้อุณหภูมิสูงในการฆ่าเชื้อ เครื่องแก้วจึงอาจมีควัน

ภาพที่ 2.7 แสดงภาพตู้อบลมร้อน

2.3.2 เครื่องวิเคราะห์ความชื้น

2.3.2.1 หลักการทำงานของเครื่องวิเคราะห์ความชื้น (Driscoll, 2020) สืบค้นจาก http://www.labbalance.net/blogs/blog/how-moisture-analyzer-work เครื่องวัดความชื้นในบางครั้งเรียกว่า "เครื่องชั่งความชื้น" สามารถวิเคราะห์ก๊าซ ของเหลว และของแข็ง และเป็นอุปกรณ์ชิ้นสำคัญอย่างยิ่งเมื่อต้องทดสอบผลิตภัณฑ์บางประเภท เช่น ยา อาหาร พลาสติก เชื้อเพลิง และไฮโดรคาร์บอน เนื่องจากวิธีการทดสอบความชื้นในห้องปฏิบัติการแบบดั้งเดิมและแบบแมนนวลดำเนินไปอย่างเชื่องช้า จึงมีการพัฒนาเครื่องวัดความชื้นแบบอัตโนมัติและสามารถลดเวลาที่จำเป็นสำหรับการทดสอบจากชั่วโมงเหลือเพียงไม่กี่นาที เครื่องวัดความชื้นใช้วิธี Loss On Drying (LOD) เพื่อวัดความชื้น โดยเครื่องวิเคราะห์ความชื้นจะชั่งน้ำหนักตัวอย่างและบันทึกน้ำหนักเริ่มต้น แหล่งกำเนิดความร้อนแผ่ความร้อนอินฟราเรดเพื่อทำให้ตัวอย่างแห้ง (แหล่งกำเนิดความร้อนบางเครื่องอาจจะใช้หลอดฮาโลเจน หลอดควอทซ์ โลหะ หรือเซรามิก) ตัวอย่างจะถูกชั่งน้ำหนักเป็นระยะๆ จนกว่าน้ำหนักจะไม่เปลี่ยนแปลงอีกต่อไป (หมายความว่าตัวอย่างจะแห้งสนิท) น้ำหนักสุดท้ายจะถูกลบออกจากน้ำหนักเริ่มต้นเพื่อกำหนดปริมาณความชื้น หากต้องการทราบปริมาณของแข็งของตัวอย่างก็เพียงแค่ลบความชื้นออกจากน้ำหนักเริ่มต้น

2.3.2.2 โครงสร้างของเครื่องวิเคราห์ความชื้น (Driscoll, 2020) สืบค้นจาก http://www.labbalance.net/blogs/blog/how-moisture-analyzer-work

1 .แหล่งพลังงานความร้อน ทำหน้าที่ให้ความร้อนแก่วัตถุทำจากหลอดฮาโลเจน หลอดควอทซ์ โลหะ หรือเซรามิก

2. เครื่องชั่ง ทำหน้าที่ชั่งน้ำหนักตัวอย่างเป็นระยะๆจนน้ำหนักไม่เปลี่ยนแปลง

3. พัดลม ติดอยู่บนจานชั่งน้ำหนักทำหน้าที่พัดความชื้นที่ระเหยแล้วออกจากเครื่องฯ

แหล่งความร้อนอาจแตกต่างกันไปในแต่ละเครื่องวิเคราะห์ความชื้นบางรุ่นใช้ฮาโลเจน และบางส่วนใช้เครื่องทำความร้อนโลหะแบบอินฟราเรดหรือแบบไม่มีแก้วซึ่งอยู่เหนือเครื่องชั่งที่แม่นยำ เครื่องวิเคราะห์ โดยมีหน้าที่ให้ความร้อนแก่ตัวอย่างที่ต้องการทดสอบเพื่อให้ไล่ความชื้นออกทำให้ตัวอย่างแห้ง จากนั้นความชื้นจะถูกพาออกไปโดยพัดลมที่อยู่ด้านบนของเครื่อง เครื่องที่ใช้แหล่งความร้อนชนิดฮาโลเจนนั้นรวดเร็ว มีประสิทธิภาพ และตอบสนองได้ดี เครื่องวัดความชื้นประเภทนี้เหมาะอย่างยิ่งสำหรับการใช้งานที่ไม่มีการตั้งค่าเดียวที่จะให้ความร้อนกับตัวอย่างทั้งหมดอย่างเท่าเทียมกัน

2.3.2.3 ข้อดีของการใช้เครื่องวิเคราะห์ความชื้น (Driscoll, 2020) สืบค้นจาก http://www.labbalance.net/blogs/blog/how-moisture-analyzer-work

1. การใช้งานง่าย สะดวก วิเคราะห์ได้อย่างรวดเร็ว

2. ใช้ระยะเวลาการวิเคราะห์สั้น จึงทำให้วิเคราะห์ได้อย่างรวดเร็ว

3. ใช้พลังงานน้อยกว่าตู้อบลมร้อน

2.3.2.4 ข้อควรปฏิบัติสำหรับการใช้เครื่องวิเคราะห์ความชื้น (Driscoll, 2020) สืบค้นจาก http://www.labbalance.net/blogs/blog/how-moisture-analyzer-work)

1. วางเครื่องให้ห่างจากกระแสลม หรือแรงสั่นสะเทือน

2. ระวังกลิ่นที่เกิดจากการระบายออกจากเครื่อง ถ้าเป็นได้ควรทำในตู้ดูดควัน

3. ถาดใส่ตัวอย่างควรสะอาด และไม่บุบเท่านั้น

4. ตรวจสอบว่าตัวอย่างกระจายอย่างสม่ำเสมอ และไม่หนาจนเกินไปในถาดใส่ตัวอย่าง

5. อย่าชั่งน้ำหนักที่เยอะจนเกินกำลังของเครื่องเพราะจะทำให้กลไกการชั่งเสียหายได้

6. บำรุงรักษาเครื่องอยู่เป็นประจำ โดยทำความสะอาดทั้งแหล่งความร้อนและเซนเซอร์อุณหภูมิ

7. ควรสอบเทียบเครื่องเป็นประจำ

ภาพที่ 2.8 แสดงภาพเครื่องวิเคราะห์ความชื้น

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึง วิธีดำเนินการวิจัยทั้งหมด โดยเริ่มตั้งแต่กระบวนการวางแผนการวิเคราะห์และกระบวนการดำเนินการวิเคราะห์อันได้แก่ การสุ่มตัวอย่างเพื่อให้ได้ตัวแทนที่ดีที่สุดในการวิเคราะห์ การเตรียมตัวอย่างให้อยู่ในรูปที่เหมาะสมที่สุดในการวิเคราะห์ การนำตัวอย่างเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ การคำนวนผลการวิเคราะห์ การวิเคราะห์ผลรวมไปถึงสถิติที่นำมาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ต่าง ๆ ดังนี้

3.1 การวางแผนการวิเคราะห์

3.1.1 ทำการวิเคราะห์ทั้งหมด 3 วิธีการวิเคราะห์ (Treatment) คือ การอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง (NFTA , 1993) ใช้เป็นวิธีควบคุม (HO) และ การวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ความชื้นที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส (MA100) และอุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส (MA135) ใช้เป็นวิธีที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

ก.Treatment 1 Hot Air Oven ที่อุณหภูมิ 135 ^{O}C ใช้เวลา 2 ชั่วโมง

ข.Treatment 2 Moisture Analyzer ที่อุณหภูมิ 100 ^{O}C

ค.Treatment 3 Moisture Analyzer ที่อุณหภูมิ 135 ^{O}C

ภาพที่ 3.1 แสดงวิธีการวิเคราะห์ (Treatment) ทั้งหมดมี 3 วิธีการวิเคราะห์

3.1.2 การวิจัยวางแผนการวิเคราะห์แบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomize Design) แต่ละวิธีการวิเคราะห์มีทั้งหมด 4 ซ้ำ (Replication) แต่ละซ้ำทำการวิเคราะห์ทั้งหมด 4 ครั้ง (Duplicate) ดังตาราง

ตารางที่ 3.1 แสดงแผนการวิเคราะห์ของวิธีการวิเคราะห์ที่ 1

Replicate	Duplicate	%Moisture	%Moisture (Average)
T1R1	T1R1-1	X1	$\bar{\mathbf{x}}_1$
	T1R1-2	X2	
	T1R1-3	X3	
	T1R1-4	X4	
T1R2	T1R2-1	X1	$\bar{\mathbf{x}}_2$
	T1R2-2	X2	
	T1R2-3	X3	
	T1R2-4	X4	
T1R3	T1R3-1	X1	$\bar{\mathbf{x}}_3$
	T1R3-2	X2	
	T1R3-3	X3	
	T1R3-4	X4	
T1R4	T1R4-1	X1	$\bar{\mathbf{x}}_4$
	T1R4-2	X2	
	T1R4-3	X3	
	T1R4-4	X4	

ตารางที่ 3.2 แสดงแผนการวิเคราะห์ของวิธีการวิเคราะห์ที่ 2

Replicate	Duplicate	%Moisture	%Moisture (Average)
T2R1	T2R1-1	X1	$\bar{\mathbf{x}}_1$
	T2R1-2	X2	
	T2R1-3	X3	
	T2R1-4	X4	
T2R2	T2R2-1	X1	$\bar{\mathbf{x}}_2$
	T2R2-2	X2	
	T2R2-3	X3	
	T2R2-4	X4	
T2R3	T2R3-1	X1	$\bar{\mathbf{x}}_3$
	T2R3-2	X2	
	T2R3-3	X3	
	T2R3-4	X4	
T2R4	T2R4-1	X1	$\bar{\mathbf{x}}_4$
	T2R4-2	X2	
	T2R4-3	X3	
	T2R4-4	X4	

ตารางที่ 3.3 แสดงแผนการวิเคราะห์ของวิธีการวิเคราะห์ที่ 3

Replicate	Duplicate	%Moisture	%Moisture (Average)
T3R1	T3R1-1	X1	$\bar{x}_1$
	T3R1-2	X2	
	T3R1-3	X3	
	T3R1-4	X4	
T3R2	T3R2-1	X1	$\bar{x}_2$
	T3R2-2	X2	
	T3R2-3	X3	
	T3R2-4	X4	
T3R3	T3R3-1	X1	$\bar{x}_3$
	T3R3-2	X2	
	T3R3-3	X3	
	T3R3-4	X4	
T3R4	T3R4-1	X1	$\bar{x}_4$
	T3R4-2	X2	
	T3R4-3	X3	
	T3R4-4	X4	

3.1.3 ตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์รวมทั้งหมด 10 ตัวอย่าง ได้แก่ กากถั่วเหลือง กระถิน เยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ กากปาล์ม เห็ดหอม ปลายข้าว รำละเอียด เมล็ดข้าวฟ่าง เมล็ดข้าวโพด และหญ้าอิสราเอลแห้ง โดยแต่ละตัวอย่างทำการทดลองเป็นอิสระต่อกันไม่คำนึงถึงประเภทตัวอย่าง

3.2 กระบวนการวิเคราะห์ความชื้นในวัตถุดิบอาหารสัตว์

การวิเคราะห์ความชื้นในวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยวิธีอบแห้งมีขั้นตอนดังนี้คือ (กษมา ชารีโครต, 2559)

3.2.1. ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่าง นับว่าเป็นด่านแรกของการวิเคราะห์ เนื่องมาจากการสุ่มตัวอย่างจะต้องเป็นการสุ่มที่ทั่วถึงและเป็นตัวแทนที่ดีของตัวอย่างนั้นๆ ซึ่งจะมีผลทำให้ผลการวิเคราะห์ถูกต้อง หรือว่าผิดเพี้ยนไปจากความเป็นจริงได้

3.2.2 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง เนื่องจากในการวิเคราะแต่ละอย่างจะมีการกำหนดลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างที่เหมาะสมเพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ในวิธีวิเคราะห์นั้นๆดังนั้นนอกจากสุ่มตัวอย่างออกมาแล้วการเตรียมตัวอย่างให้มีความพร้อมในการวิเคราะห์ก็เป็นสิ่งที่มีผลทำให้การวิเคราะห์ออกมาได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ หรือมีความผิดพลาดไปจากความเป็นจริงได้ ซึ่งบางครั้งการสุ่มและเตรียมตัวอย่างอาจจะรวมอยู่ในกระบวนการเดียวกันเลยก็ได้

3.2.3.ขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยวิธีวิเคราะห์ต่างๆ ขั้นตอนนี้ถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญ วิธีวิเคราะห์จะต้องเป็นวิธีมาตรฐานมีความน่าเชื่อถือ เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป การเลือกวิธีต้องขึ้นอยู่กับ ชนิดและคุณสมบัติของตัวอย่างนั้นๆ ผู้ทดสอบจะต้องมีความเข้าใจในลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์ ความระเอียดรอบคอบ ช่างสังเกตุ จุดควรระวัง การจดบันทึกผลที่มีความชัดเจนไม่คลุมเคลือ รวมถึงวิธีการใช้เครื่องมือทดสอบได้เป็นอย่างดี

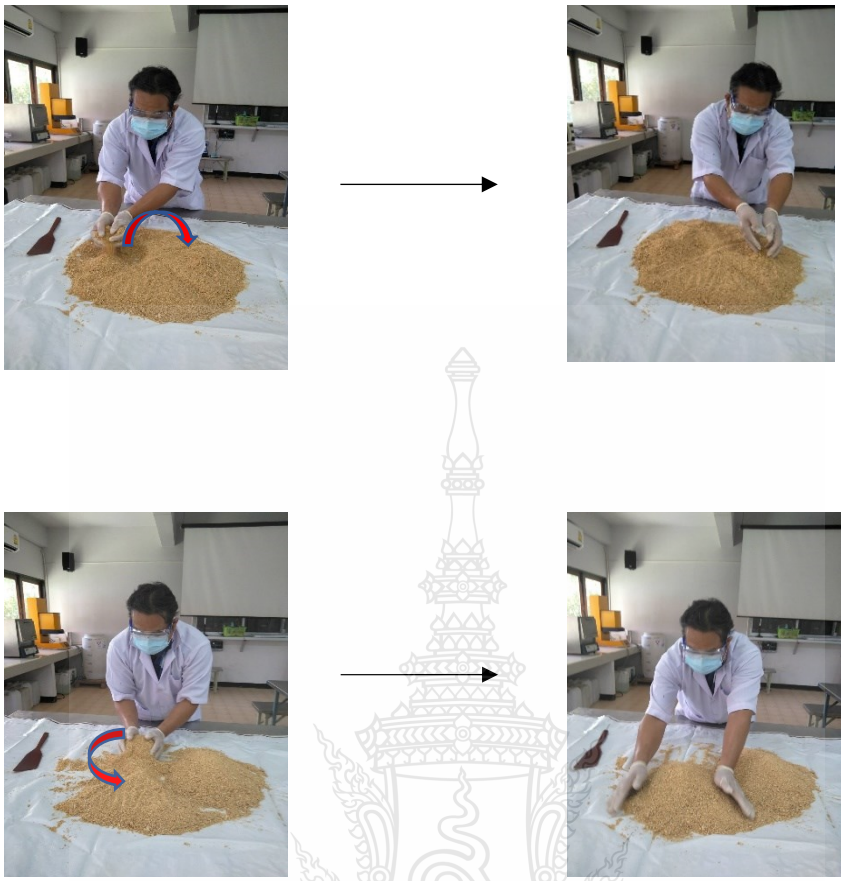
3.2.4.ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลการทดสอบ โดยนำวิธีวิเคราะห์ทางสถิติมาเพื่อประเมินผล ต้องเป็นการคำนวนที่แปรผลที่มีความถูกต้องและชัดเจน เป็นที่ยอมรับตามมาตรฐาน

3.2.1 ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่าง

เป็นการสุ่มตัวอย่างภายในห้องปฏิบัติการ โดยวิธีการที่เรียกว่า Quartery sampling มีวิธีปฏิบัติคือ การกองตัวอย่าทั้งหมดให้เป็นกองสูง จากนั้นเกลี่ยตัวอย่างลงให้แบน แล้วแบ่งตัวอย่างออกเป็น 4 ส่วน ตักส่วนที่อยู่ตรงกันข้ามมารวมเป็นกองเดียวกัน ก็จะได้ตัวอย่าง 2 กอง ให้เลือกเอาตัวอย่างหนึ่งกองใส่ถุง ปิดฉลาก เขียนรายละเอียดตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณวัตถุแห้งต่อไป ส่วนตัวอย่างอีกหนึ่งกองให้ใส่ถุงปิดปากถุงให้สนิท ปิดฉลาก เขียนรายละเอียดตัวอย่าง แล้วนำไปเก็บในตู้เย็นช่องแช่แข็งเพื่อเก็บไว้เป็นตัวอย่างสำรอง การสุ่มตัวอย่างในห้องปฏิบัติการนี้นอกจากเพื่อวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ตัวแทนที่ดีในการวิเคราะห์แล้ว ยังเป็นการลดปริมาณของตัวอย่างให้น้อยลงเพื่อความเหมาะสมในกระบวนการวิเคราะห์ต่อไปโดยตัวอย่างอาหารหยาบสดให้ทำการสุ่มแบบ Quartery sampling ในหลายๆครั้งจนกว่าจะได้ปริมาณประมาณ 1,000 กรัม ส่วนตัวอย่างอาหารหยาบแห้งและตัวอย่างอาหารข้นให้สุ่มตัวอย่างจนได้ปริมาณประมาณ 500 กรัม จึงจะเป็นปริมาณที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ต่อไป แสดงดังภาพ

ภาพที่ 3.2 แสดงการเทตัวอย่างลงบนผ้าใบให้เป็นกอง แล้วกดให้แบนราบ

ภาพที่ 3.3 แสดงการแบ่งตัวอย่างให้เป็นสี่ส่วน



ภาพที่ 3.4 แสดงการตักตัวอย่างที่อยู่ฝั่งตรงข้ามมารวมกัน

ก.รวมตัวอย่างเป็น 2 กอง ข.ตักตัวอย่าง1กองไส่ถุงเพื่อนำไปวิเคราะห์

ภาพที่ 3.5 แสดงการรวมตัวอย่างเป็น 2 กอง และตักตัวอย่าง 1 กองไส่ถุงเพื่อนำไปวิเคราะห์

3.2.2 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง

3.2.2.1 การเตรียมตัวอย่างอาหารหยาบสด

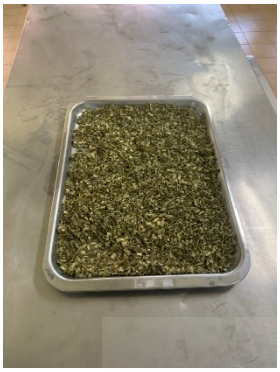
ขั้นตอนนี้เป็นนำตัวอย่างไปเตรียมให้เป็นในลักษณะกึ่งแห้งเพื่อเป็นการเตรียมตัวอย่างให้อยู่ในสภาพเหมาะสมที่จะนำไปวิเคราะห์ต่อ โดยการสับตัวอย่างให้มีขนาด ≤ 0.5 นิ้ว(ตัวอย่างจะแห้งเร็ว และสะดวกต่อการบดตัวอย่าง) แล้วนำตัวอย่างไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 -65 องศาเซลเซียส นาน 16 – 24 ชั่วโมงให้ตัวอย่างแห้ง แล้วจึงนำตัวอย่างไปบดด้วยเครื่องบดที่มีตะแกรงบดขนาดของรูตะแกรง 1 มิลลิเมตร หรือตะแกรงขนาด 20 เมส เป็นอย่างน้อย แล้วจึงสามารถนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการต่อไปได้ โดยการสุ่มตัวอย่างต้องให้ได้น้ำหนักประมาณ 500 กรัมเป็นอย่างน้อย

ภาพที่ 3.6 แสดงตัวอย่างหญ้าเนเปียร์สด

ภาพที่ 3.7 แสดงการหั่นย่อยหญ้าเนเปียร์ด้วยมีดและเขียง

ภาพที่ 3.8 แสดงหญ้าเนเปียร์ที่หั่นแล้ว

ภาพที่ 3.9 แสดงการนำหญ้าเนเปียร์เข้าอบในตู้อบลมร้อน



ภาพที่ 3.10 แสดงหญ้าเนเปียร์ที่อบแล้ว

ภาพที่ 3.11 แสดงการบดตัวอย่างด้วยเครื่องบด

ภาพที่ 3.12 แสดงการเทตัวอย่างที่บดแล้วใส่ถุงเก็บตัวอย่าง

3.2.2.2 การเตรียมตัวอย่างอาหารหยาบแห้ง

มีวิธีการเตรียมโดยนำหญ้าแห้งสับให้มีขนาด ≤ 0.5 นิ้ว แล้วมาบดด้วยเครื่องบดตัวอย่างอาหารแห้งที่มีขนาดของรูตะแกรง 1 มิลลิเมตร หรือตะแกรงขนาด 20 เมส เป็นอย่างน้อย โดยถ้าหากตัวอย่างใดมีการตัดมาทั้ง กิ่ง ก้าน และใบจะต้องบดให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันทั้งหมด ไม่เช่นนั้นก็จะทำให้ผลการวิเคราะห์ของซ้ำต่างๆแตกต่างกันได้ ดังนั้นต้องมั่นใจว่าการบดให้ละเอียดจะทำให้ตัวอย่างเป็นเนื้อเดียวกัน การทดสอบจึงจะได้ผลที่ถูกต้องและเป็นที่ยอมรับ ทั้งนี้ต้องสุ่มตัวอย่างให้ได้ประมาณ 500 กรัมเป็นอย่างน้อย

3.2.2.3 การเตรียมตัวอย่างอาหารข้น

บดตัวอย่างด้วยเครื่องบดตัวอย่างให้มีความละเอียดและเป็นเนื้อเดียวกัน ด้วยเครื่องบดตัวอย่างอาหารแห้งที่มีขนาดของรูตะแกรง 1 มิลลิเมตร หรือตะแกรงขนาด 20 เมส ขึ้นไป โดยไม่มีส่วนที่เป็นเม็ด

เหลืออยู่ (เนื่องจากอาหารข้นบางตัวอย่างจะมีส่วนของวัตถุดิบอาหารที่มีลักษณะเป็นเม็ดรวมกับลักษณะเป็นผงให้เห็นอย่างชัดเจน) เพราะจะทำให้การวิเคราะห์ผิดพลาดไปได้

3.2.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความชื้นในวัตถุดิบอาหารสัตว์

ตามแผนการวิจัยจะมีวิธีเป็นวิธีการวิเคราะห์ที่กำหนดมี 2 วิธีการ ดังนี้

3.2.3.1 วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นในวัตถุดิบอาหารสัตว์โดยใช้ตู้อบลมร้อน (NFTA, 1993)

3.2.3.2 วิธีการวิเคราะห์การหาปริมาณความชื้นโดยเครื่องวิเคราะห์ความชื้น (Moisture Analyzer)

ทั้งสองวิธีการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังนี้

3.2.3.1 วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นในวัตถุดิบอาหารสัตว์โดยใช้ตู้อบลมร้อน (NFTA, 1993)

1.อบถ้วยอลูมิเนียมพร้อมฝาในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

2.เมื่อครบเวลา 2 ชั่วโมงนำถ้วยอลูมิเนียมออกจากตู้อบลมร้อน มาวางไว้ในโถดูดความชื้นให้เย็นเท่าอุณภูมิห้อง

3.ชั่งน้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมพร้อมฝาด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง จดบันทึกน้ำหนักอย่างละเอียดใน work sheet ช่อง W_1 ดังตาราง

แบบฟอร์มการวิเคราะห์ความชื้น

วันที่..... หมายเลขตัวอย่าง.....ชื่อตัวอย่าง.....

ลำดับที่	ประเภทตัวอย่าง	น้ำหนักถ้วยเปล่า (W_1)	น้ำหนักถ้วย+ตย.ก่อนอบ (W_2)	น้ำหนักตัวอย่าง	น้ำหนักถ้วย+ตย.หลังอบ (W_3)	%ความชื้น	%ความชื้นเฉลี่ย
1	กากถั่วเหลือง	xx.xxxx					
2							

ลงชื่อ..... ลงชื่อ.....

( ) ( )

ผู้วิเคราะห์ ผู้ตรวจสอบ

ตารางที่ 3.4 แสดงตัวอย่างการบันทึกน้ำหนักถ้วยเปล่าพร้อมฝาในwork sheet

4.ตักตัวอย่างใส่ลงในถ้วยอลูมิเนียมประมาณ 2 กรัมชั่งโดยละเอียด ลงในถ้วยอลูมิเนียมข้อที่ 3 โดยบวกน้ำหนักเพิ่มจากน้ำหนักถ้วยเปล่าพร้อมฝา แล้วบันทึกน้ำหนักลงใน work sheet ช่อง W_2 ดังรูป

แบบฟอร์มการวิเคราะห์ความชื้น

วันที่..... หมายเลขตัวอย่าง.....ชื่อตัวอย่าง.....

ลำดับที่	ประเภทตัวอย่าง	น้ำหนักถ้วยเปล่า (W_1)	น้ำหนักถ้วย+ตย.ก่อนอบ (W_2)	น้ำหนักตัวอย่าง	น้ำหนักถ้วย+ตย.หลังอบ (W_3)	%ความชื้น	%ความชื้นเฉลี่ย
1	กากถั่วเหลือง	xx.xxxx	yy.yyyy				
2							

ลงชื่อ..... ลงชื่อ.....

( ) ( )

ผู้วิเคราะห์ ผู้ตรวจสอบ

ตารางที่ 3.5 แสดงตัวอย่างการบันทึกน้ำหนักถ้วยเปล่าพร้อมพร้อมฝาและตัวอย่างก่อนอบในwork sheet

5.นำตัวอย่างที่ชั่งแล้วจากข้อ 4 ไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส โดยเปิดฝาไว้ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

6.เมื่อครบเวลาแล้วนำตัวอย่างออกมาวางไว้ในโถดูดความชื้นที่ภายในบรรจุด้วยซิลิกาเจล โดยปิดฝาถ้วยอลูมิเนียม จนตัวอย่างเย็นเท่าอุณหภูมิห้อง

7.ชั่งตัวอย่างโดยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง แล้วจดบันทึกน้ำหนักโดยละเอียด แล้วบันทึกน้ำหนักลงในช่อง W_3 ดังรูป

แบบฟอร์มการวิเคราะห์ความชื้น

วันที่..... หมายเลขตัวอย่าง.....ชื่อตัวอย่าง.....

ลำดับที่	ประเภทตัวอย่าง	น้ำหนักถ้วยเปล่า (W_1)	น้ำหนักถ้วย+ตย.ก่อนอบ (W_2)	น้ำหนักตัวอย่าง	น้ำหนักถ้วย+ตย.หลังอบ (W_3)	%ความชื้น	%ความชื้นเฉลี่ย
1	กากถั่วเหลือง	xx.xxxx	yy.yyyy		zz.zzzz		
2							

ลงชื่อ..... ลงชื่อ.....

( ) ( )

ผู้วิเคราะห์ ผู้ตรวจสอบ

ตารางที่ 3.6 แสดงตัวอย่างการบันทึกน้ำหนักถ้วยเปล่าพร้อมฝาและตัวอย่างหลังอบในwork sheet

8.นำน้ำหนักทั้งหมดมาคำนวนหาปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\% \text{ Moisture} = \frac{(W2-W3)}{(W2-W1)} \times 100$$

W1 = น้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมเปล่าพร้อมฝา

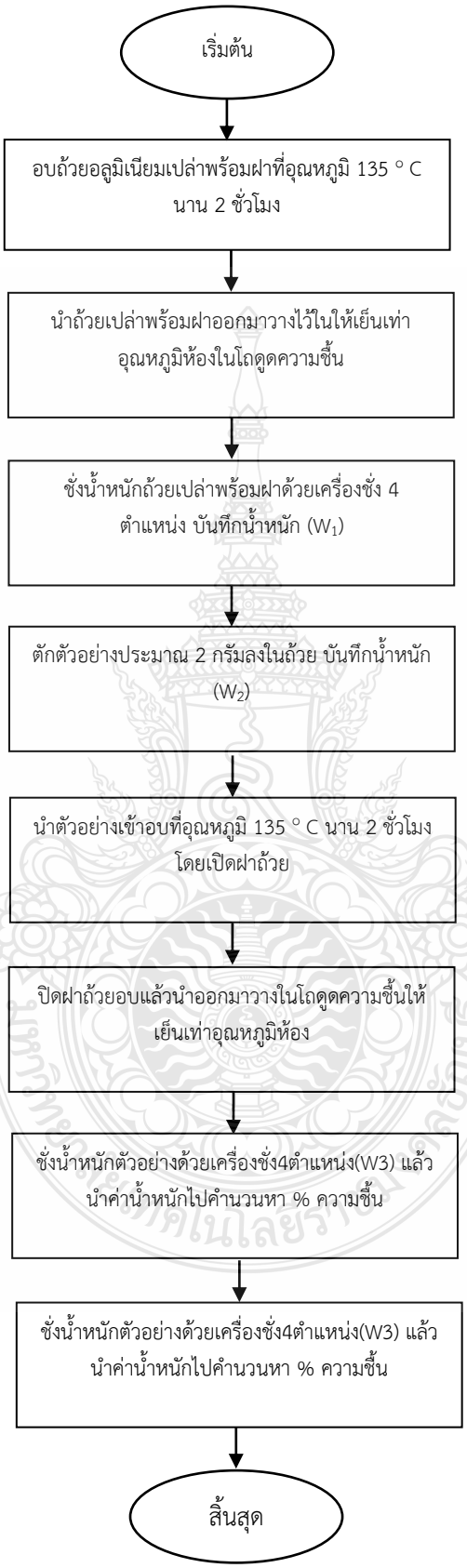
W2 = น้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมพร้อมฝารวมกับน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ

W3 = น้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมพร้อมฝารวมกับน้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

9.ทำการทดลอง 4 ซ้ำต่อตัวอย่าง

การวัดผลจากค่าความชื้นเป็น กรัม/100กรัม ที่คำนวนได้จากสูตรในข้อ 8 และนำมาหาค่าเฉลี่ยจากค่าความชื้นจากตัวอย่างทั้งหมดไปคำนวนค่าทางสถิติ

Flowchart การวิเคราะห์ความชื้นโดยใช้ตู้อบลมร้อน



ภาพที่ 3.13 แสดง Flowchart การวิเคราะห์ความชื้นโดยใช้ตู้อบลมร้อน

3.2.3.2 วิธีการวิเคราะห์การหาปริมาณความชื้นโดยเครื่องวิเคราะห์ความชื้น (Moisture Analyzer)

1.เปิดเครื่อง Moisture Analyzer

2.ยกฝาปิดเครื่องขึ้น จากนั้นให้ใส่ถาดอลูมิเนียมของเครื่องในช่องใส่ถาด แล้ววางลงให้ตรงในช่องวัดความชื้นของเครื่อง

3.กดเครื่องหมาย Tare แล้วตักตัวอย่างใส่ลงในถาดประมาณ 1 กรัม โดยดูน้ำหนักที่หน้าจอแสดงผลของเครื่อง

4.ปิดฝาเครื่อง จากนั้นกดปุ่ม Start ที่หน้าเครื่อง

5.รอจนน้ำหนักจานรองถาดนิ่ง เครื่องจะหยุดทำงานหน้าจอปรากฏคำว่า Test Over และรายงาน % Moisture มีหน่วย กรัม/100กรัม ปรากฏที่หน้าจอ

6.ทำการทดลอง 4 ซ้ำต่อ 1 Replicate

การวัดผลจากค่าความชื้นเป็น กรัม/100กรัม จากที่วัดได้จากเครื่องวิเคราะห์ความชื้นและนำมาหาค่าเฉลี่ยจากค่าความชื้นจากตัวอย่างทั้งหมดไปคำนวนค่าทางสถิติ

<u>Flowchart การวิเคราะห์ความชื้นโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ความชื้น</u>

ภาพที่ 3.14 แสดง Flowchart การวิเคราะห์ความชื้นโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ความชื้น

3.2.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี Analysis of Variance(ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

บทที่ 4

ผลการวิจัย

จากการศึกษาทดลองหาค่าความชื้นของวัตถุดิบอาหารชนิดต่างๆด้วยวิธีการทดลองที่แตกต่างกัน ตามแผนการทดลองแบบ CRD ให้ผลการทดลองที่แตกต่างกัน ($p<0.01$) แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยของความชื้น (เปอร์เซนต์) ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทต่าง ๆ ที่ใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์แตกต่างกัน

วัตถุดิบอาหารสัตว์	**เครื่องมือในการหาค่าวิเคราะห์**		
	HO	**MA100**	**MA135**
1.กากถั่วเหลือง	10.647^{B}	9.635^{C}	10.785^{A}
2.กระถิน	9.605^{A}	8.310^{C}	9.287^{B}
3.เยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ	9.945^{B}	10.032^{B}	10.547^{A}
4.กากปาล์ม	7.723^{A}	6.323^{B}	7.620^{A}
5.เห็ดหอม	13.413^{A}	12.353^{B}	13.393^{A}
6.ปลายข้าว	12.923^{A}	11.513^{B}	12.923^{A}
7.รำละเอียด	13.975^{A}	11.988^{C}	13.795^{B}
8.เมล็ดข้าวฟ่าง	11.955^{A}	11.368^{B}	11.970^{A}
9.เมล็ดข้าวโพด	11.938^{A}	10.018^{C}	11.845^{B}
10.หญ้าอิสราเอลแห้ง	10.583^{A}	9.498^{C}	10.363^{B}

*ABC อักษรกำกับบนตัวเลขค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$)

หมายเหตุ: (HO) ใช้ตู้อบที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง

(MA100) ใช้ Moisture Analyzer ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักคงที่

(MA135) ใช้ Moisture Analyzer ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักคงที่

จากตารางที่ 1 อธิบายได้ว่า จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี Analysis of Variance(ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %ผลการทดลองแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 กากถั่วเหลือง จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธีเมื่อใช้วิธีวัด HO MA100 และ MA135 ให้อักษรกำกับเป็น B C A ตามลำดับ นั่นแสดงได้ว่า ให้ผลแตกต่างการทดลองที่กันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ทั้ง 3 วิธีการทดลอง

กลุ่มที่ 2 ในการวัดความชื้นของวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิด กระถิน รำละเอียด เมล็ดข้าวโพด และหญ้าอิสราเอล เมื่อใช้วิธีวัด HO MA100 และ MA135 จากผลการวิเคราะห์ให้ค่าความชื้นแตกต่างกันทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) โดยให้อักษรกำกับเป็น A C B ตามลำดับ

กลุ่มที่ 3 เยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ เมื่อวิเคราะห์ด้วย HO MA100 MA135 ให้อักษรกำกับเป็น B B A ตามลำดับ โดยวิธีทดสอบที่ใช้วิธี HO ที่เป็นกลุ่มควบคุม และวิธี MA100 ให้ผลการวิเคราะห์ความชื้นไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ส่วนการทดลองวิธี MA135 ให้ผลการทดลองที่แตกต่างจากทั้ง 2 วิธี

กลุ่มที่ 4 ในการวัดค่าความชื้นของวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิด กากปาล์ม เห็ดหอม ปลายข้าว และข้าวฟ่าง เมื่อวิเคราะห์ด้วย HO MA100 MA135 พบว่าให้อักษรกำกับเป็น A B A โดยที่วิธี HO และ MA135 ให้ค่าความชื้นที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ซึ่งแตกต่างกับวิธี MA100

บทที่5

สรุปผล อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ผลการทดลองจากตารางที่ 1 ในบทที่ 4 อธิบายได้ว่าจากผลการวิจัยมีทั้งที่ให้ผลไม่แตกต่างกันจากวิธี HO และ MA100 หรือจากวิธี HO และMA135 หรือให้ผลแตกต่างกันทั้ง 3 วิธี ทั้ง HO MA100 และ MA135 โดยสามารถนำมาเป็นข้อสรุปผล และอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย ผลการทดลองแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 กากถั่วเหลือง เมื่อใช้วิธี HO MA100 และMA135 ให้ค่าความชื้นเท่ากับ 10.647 9.635 และ 10.785 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ด้วยสถิติโดยวิธี ANOVA แสดงได้ว่า ให้ผลแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ทั้ง 3 โดยวิธีที่ให้ค่าสูงสุดคือ MA135 รองลงมาคือ HO และ MA100 ตามลำดับ

กลุ่มที่ 2 ในการวัดความชื้นของวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิด กระถิน รำละเอียด เมล็ดข้าวโพด และหญ้าอิสราเอล เมื่อใช้วิธีวัด HO MA100 และ MA135 ให้ค่าความชื้นแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) พบว่ากระถินมีค่าความชื้นเท่ากับ 9.605 8.310 และ 9.287 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ รำละเอียดมีค่าความชื้นเท่ากับ 13.975 11.988 และ13.795 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ เมล็ดข้าวโพดให้ค่าความชื้นเท่ากับ 11.938 10.018 และ11.845 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ และหญ้าอิสราเอลให้ค่าความชื้นเท่ากับ 10.583 9.498 และ 10.363 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ การทดลองในกลุ่มนี้แสดงให้เห็นได้ว่าวิธีที่ให้ค่าสูงสุดคือ HO รองลงมาคือ MA135 และ MA100 ตามลำดับ($p<0.01$)

กลุ่มที่ 3 เยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ เมื่อวิเคราะห์ด้วย HO MA100 MA135 ให้ค่าความชื้น 9.945 10.032 และ10.547 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ โดยวิธีทดสอบที่ใช้วิธี MA 100 ไม่แตกต่างกับวิธี HO ที่เป็นกลุ่มควบคุม ($p<0.01$) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าตัวอย่างในกลุ่มนี้ ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี MA 100 และ วิธี HO มีผลที่ไม่แตกต่างกัน

กลุ่มที่ 4 ในการวัดค่าความชื้นของวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิด กากปาล์ม เห็ดหอม ปลายข้าว และข้าวฟ่าง พบว่าในแต่ละกลุ่มของการทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ค่าความชื้นที่วัดได้ของการปาล์ม(7.723 6.323 7.620 เปอร์เซนต์) เห็ดหอม (13.413 12.353 13.393 เปอร์เซนต์) ปลายข้าว (12.923 11.513 12.923 เปอร์เซนต์) เมล็ดข้าวฟ่าง (11.955 11.368 11.970 เปอร์เซนต์) จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าการวัดทั้ง3วิธีคือ HO MA100 MA135 ให้ผลการทดลองเป็นไปในทำนองเดียวกันคือ วิธี MA100 ให้ค่าความชื้นที่น้อยกว่าค่าจริง โดยที่วิธี HO และ MA135 ให้ค่าความชื้นที่ไม่แตกต่างกัน ($p<0.01$) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าตัวอย่างในกลุ่มนี้ ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี MA 135 และ วิธี HO มีผลไม่แตกต่างกัน

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.2.1 จากการศึกษาการวิเคราะห์หาค่าความชื้นด้วยวิธี MA 100 MA135 เปรียบเทียบกับวิธี HO ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานในวัตถุดิบอาหารสัตว์ จะให้ผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p< 0.01$) ทุกวัตถุดิบที่นำมาวิเคราะห์ และพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 0.43 – 1.24 %ซึ่งให้สอดคล้องกับงานวิจัยของลัดดาวัลย์ ครองพงษ์(2548) ที่ศึกษาหาค่าความชื้นในอาหารสัตว์น้ำโดยวิธีใช้ตู้อบลมร้อนในตัวอย่างจำนวน 16 ตัวอย่าง ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 0.36 – 1.94 %

5.2.2 ในการวิเคราะห์หาค่าความชื้นในเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ เมื่อนำทั้งสามวิธีมาเปรียบเทียบกันโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test(DMRT) พบว่าให้ค่า R^2 = 0.939 โดยวิธี MA 100 ให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับวิธีมาตรฐาน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (P>0.05) ในขณะที่วิเคราะห์ด้วยวิธี MA 135 ให้ผลการวิเคราะห์ที่มากกว่าค่าจริง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอรรถพล นุ่มหอน (2530) ที่ทำการวิเคราะห์ความชื้นในข้าวเปลือกด้วยเครื่อง Delmhorst moisture meter ให้ค่าใกล้เคียงกับค่าจริง ในขณะที่เครื่อง Universal moisture meter ให้ผลการวิเคราะห์ที่มากกว่าความเป็นจริง เมื่อเปรียบเทียบถึงเรื่องเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์วิธี MA 100 ใช้เวลาเฉลี่ย 3.32 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีHO ใช้เวลาวิเคราะห์ 480 นาที ปรากฏว่าเราใช้เวลาในการวิเคราะห์ เร็วขึ้น 99.31 % ในขณะที่ให้ผลไม่แตกต่างกัน

5.2.3 การวิเคราะห์ความชื้นในกากปาล์ม เห็ดหอม ปลายข้าว และเมล็ดข้าวฟ่าง เมื่อเปรียบเทียบทั้ง3 วิธี ให้ค่า R^2=0.985,0.988,0.991 และ0.961 ตามลำดับ ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติด้วยDMRT พบว่าวิธี MA 135 และวิธีHO ให้ผลความชื้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (P>0.05) แต่วิธี MA 100 ให้ค่าความชื้นน้อยกว่าค่าจริง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของบุญมี ศิริและคณะที่พบว่าการวิเคราะห์ความชื้นด้วยเครื่องวัดชนิด Dickey John มีความสำพันธ์กับวิธีมาตรฐานมากที่สุด ในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ความชื้นวิธี MA 135 กากปาล์ม เห็ดหอม ปลายข้าวและเมล็ดข้าวฟ่าง ใช้เวลาเฉลี่ย 3.23,2.62,5.64และ5.23 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับวิธี HO จะใช้เวลาในการวิเคราะห์เร็วขึ้น 99.33,99.45,98.83 และ 98.91 % ตามลำดับ

5.2.4 การวิเคราะห์ความชื้นในกากถั่วเหลือง เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 วิธี พบว่าให้ค่า R^2=0.999 เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติด้วย DMTR จะให้ผลที่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (P>0.05) โดยวิธี MA 100 ให้ค่าความชื้นน้อยกว่าค่าที่ควรจะเป็น ส่วนวิธี MA 135 ให้ค่าความชื้นที่มากกว่าค่าที่ควรจะเป็น

5.2.5 การศึกษาการวิเคราะห์ความชื้นในกระถิน,รำละเอียด,เมล็ดข้าวโพด และหญ้าอิสราเอลแห้ง เมื่อเปรียบเทียบทั้ง3วิธี ให้ความสำพันธ์เป็น R^2=0.987,0.995,0.998 และ0.979 ตามลำดับ โดยพบว่าวิธี MA 100 ให้ค่าความชื้นน้อยกว่าค่าที่ควรจะเป็น ส่วนวิธี MA 135 ให้ผลมากกว่าค่าที่ควรจะเป็น

5.3 ข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการให้บริการวิชาการแบบจัดเก็บรายได้ รับตรวจวิเคราะห์หาค่าความชื้นในอาหารสัตว์อย่างรวดเร็วโดยการใช้เครื่องวิเคราะห์ความชื้นที่ให้ผลการวิเคราะห์ความชื้นไม่กี่นาทีแทนการวิเคราะห์ด้วยตู้อบลมร้อนที่ใช้เวลาหลายชั่วโมง ทั้งนี้ต้องเลือกวิธีวิเคราะห์ให้ตรงกับประเภทตัวอย่าง โดยหากต้องการวิเคราะห์เยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟสามารถใช้วิธี MA 100 ได้ ในขณะที่ต้องการวิเคราะห์กากปาล์ม เศษเห็ดหอม ปลายข้าวและเมล็ดข้าวฟ่าง ก็สามารถใช้วิธี MA 135 แทนการวิเคราะห์ด้วยตู้อบลมร้อนได้เช่นกัน ส่วนในเชิงการค้า การจัดซื้อวัตถุดิบเข้าโรงงานผลิตอาหารสัตว์ ก็สามารถใช้การวิเคราะห์ด้วย MA แทนได้ เป็นการลดระยะเวลาการจัดเก็บวัตถุดิบ ทำให้การซื้อขายเป็นไปอย่างรวดเร็ว และให้ผลการวิเคราะห์ที่น่าเชื่อถือ เป็นที่ยอมรับได้ทั้งผู้ซื้อและผู้ขาย

บรรณานุกรม

กษมา ชารีโคตร. (2559). *หลักการวิเคราะห์อาหาร*. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

กองควบคุมอาหารและยาสัตว์. (2563). *คู่มือการขออนุญาติและขอขึ้นทะเบียนอาหารสัตว์ ฉบับผู้ประกอบธุรกิจอาหารสัตว์และพนักงานเจ้าหน้าที่* (พิมพ์ครั้งที่ 2). โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กองควบคุมอาหารและยาสัตว์. (2564). *ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์เรื่องกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานของอาหารสัตว์ควบคุมเฉพาะประเภทวัตถุดิบ พศ.2558*. http://ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2558/E/322/5.PDF.

กองควบคุมอาหารและยาสัตว์. (2565). *อำนาจหน้าที่*. http://www.afvc.dld.go.th/index.php/2016-01-13-03-04-13.

เจษฎา มีเย็น, มนัสชนก ปานนาค. (2553). *การหาค่าความชื้นในดินโดยใช้ตู้ไมโครเวฟ.* (วิทยาศาสตร์บัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ฉัตรชัย สังข์ผุด. (2545). *หลักการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร.* สถาบันราชภัฏนครศรีธรรมราช.

บุญมี ศิริ, วิทวัส ธีรธิติ, และธีระศักดิ์ สาขามุละ. (2551). *การศึกษาการตรวจความชื้นเมล็ดพันธ์พืชไร่บางชนิดด้วยไมโครเวฟ.* มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ลัดดาวัลย์ ครองพงษ์ และวรรณภา รังสินธุ. (2548). *การทวนสอบวิธีวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นในอาหารสัตว์น้ำ.* กรมประมง.

วราพันธ์ จินตนวิชญ์. (2556). *ข้อควรรู้ในการส่งตัวอย่างตรวจวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบ/อาหารสัตว์ (ปีที่ 39)*. http://www.kukr.lib.ku.ac.th/kukr_es/index.php?/kukr/search_Detail/Result/299352.

วลัยกาณต์ เจียมเจตจรูญ, สุวรรณี เกษกมลมาสน์, สดุดี พงษ์เพียจันทร์. (2559). *การประเมินคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง(1.2) การรวมรวมและจัดทำข้อมูลด้านคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์*. สำนักพิมพ์สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์.

สุมิตรา สำเภาพล. (2559). *เลี้ยงสัตว์อย่างไรให้ได้กำไร.* วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีกาญจนบุรี.

สุวศรี เตชะภาส. (2558). *สารสนเทศน์ด้านมาตรฐานวิธีการทดสอบที่อุตสาหกรรมอาหารควรรู้.*สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์.วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ. (ปีที่63).

บรรณานุกรม(ต่อ)

Driscoll, A. (2020). *How Moisture Analyzers Work*. http://www.labbalance.net/blogs /blog/how-moisture-analyzer-work).

AOAC International. (2000). *Official Method of Analysis of AOAC International. 930.15.*

Noomhorm, A. (2530). *A Comparison of Microwave, Air Oven and Moisture Meters with the Standard Method for Rough Rice Moisture Determination.* Asia Institute of Technology.

Mettler Toledo. (2015). *Drying Oven vs Halogen Moisture Analyzer. A Practical Guide to Compare Methods*. Mettler Toledo AG Laboratory Weighing.

MN Editors. (2023). *Hot air oven Definition, Principle, Uses, Parts, Application, Procedure.* http:// microbiologynote.com/hot-air-oven.

Sail Aldeen, S. A. (2018). *Hot Air Oven for Sterilization: Definition & Working Principle.* http://paper.ssrm.com/sol3/cf_dev/AbsByAuth.cfm?per_id=2959199).

Sikorski, Z.E. (2002). *Chemical and Functional Properties of Food Components.* 2nd ed.U.S.A.: CRC Press.

Undersander D., Mertens R.D., and Thiex N. (1993). *FORAGE ANALYSIS PROCEDURES*. National Forage Testing Association.

ภาคผนวก

ตัวอย่างการเขียนคำสั่งวิเคราะห์ ANOVA ตามแผนการทดลอง CRD

กากถั่วเหลือง

```
DATA crd;
DATA crd;
  DO rep = 1 to 4;
   DO tmt = 'A','B','C';
     INPUT mois @@;
     OUTPUT;
   END;
  END;
CARDS;
10.73 9.63 10.73
10.71 9.64 10.85
10.53 9.60 10.77
10.62 9.67 10.79
;
PROC ANOVA DATA = crd;
 CLASS tmt;
 MODEL mois = tmt;
 MEANS tmt /DUNCAN;
RUN;
```

ตารางผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของกากถั่วเหลือง

Analysis of Variance Procedure

Dependent Variable: MOIS

Source	DF	Sum of Squares	F Value	Pr > F
Model	2	3.15541667	402.53	0.0001
Error	9	0.03527500		
Corrected Total	11	3.19069167		

R-Square	C.V.	MOIS Mean
0.988944	0.604543	10.35583333

Source	DF	Anova SS	F Value	Pr > F
TMT	2	3.15541667	402.53	0.0001

ตารางผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของกระถิน

Analysis of Variance Procedure

Dependent Variable: MOIS

Source	DF	Sum of Square	F Value	Pr > F
Model	2	3.64445000	329.48	0.0001
Error	9	0.04977500		
Corrected Total	11	3.69422500		

R-Square	C.V.	MOIS Mean
0.986526	0.820157	9.06750000

Source	DF	AnovaSS	F Value	Pr > F
TMT	2	3.64445000	329.48	0.0001

ตารางผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของกากเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ

Analysis of Variance Procedure

Dependent Variable: MOIS

Source	DF	Sum of Squares	F Value	Pr > F
Model	2	0.84785000	69.81	0.0001
Error	9	0.05465000		
Corrected Total	11	0.90250000		

R-Square	C.V.	MOIS Mean
0.939446	0.765842	10.1750000

Source	DF	Anova SS	F Value	Pr > F
TMT	2	0.84785000	69.81	0.0001

ตารางผนวกที่ 4 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของกากเนื้อในปาล์ม

Analysis of Variance Procedure

Dependent Variable: MOIS

Source	DF	Sum of Squares	F Value	Pr > F
Model	2	4.87201667	303.03	0.0001
Error	9	0.07235000		
Corrected Total	11	4.94436667		

R-Square	C.V.	MOIS Mean
0.985367	1.241540	7.22166667

Source	DF	Anova SS	F Value	Pr > F
TMT	2	4.87201667	303.03	0.0001

ตารางผนวกที่ 5 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของเศษเห็ดหอม

Analysis of Variance Procedure

Dependent Variable: MOIS

Source	DF	Sum of Squares	F Value	Pr > F
Model	2	2.94080000	386.66	0.0001
Error	9	0.03422500		
Corrected Total	11	2.97502500		

R-Square	C.V.	MOIS Mean
0.988496	0.472451	13.0525000

Source	DF	Anova SS	F Value	Pr > F
TMT	2	2.94080000	386.66	0.0001

ตารางผนวกที่ 6 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปลายข้าว

Analysis of Variance Procedure

Dependent Variable: MOIS

Source	DF	Sum of Squares	F Value	Pr > F
Model	2	5.30160000	476.91	0.0001
Error	9	0.05002500		
Corrected Total	11	5.35162500		

R-Square	C.V.	MOIS Mean
0.990652	0.598709	12.4525000

Source	DF	Anova SS	F Value	Pr > F
TMT	2	5.30160000	476.91	0.0001

ตารางผนวกที่ 7 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของรำละเอียด

Analysis of Variance Procedure

Dependent Variable: MOIS

Source	DF	Sum of Squares	F Value	Pr > F
Model	2	9.66615000	838.51	0.0001
Error	9	0.05187500		
Corrected Total	11	9.71802500		

R-Square	C.V.	MOIS Mean
0.994662	0.572875	13.2525000

Source	DF	Anova SS	F Value	Pr > F
TMT	2	9.66615000	838.51	0.0001

ตารางผนวกที่ 8 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของเมล็ดข้าวฟ่าง

Analysis of Variance Procedure

Dependent Variable: MOIS

Source	DF	Sum of Squares	F Value	Pr > F
Model	2	0.94451667	110.18	0.0001
Error	9	0.03857500		
Corrected Total	11	0.98309167		

R-Square	C.V.	MOIS Mean
0.960762	0.556507	11.7641667

Source	DF	Anova SS	F Value	Pr > F
TMT	2	0.94451667	110.18	0.0001

ตารางผนวกที่ 9 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของเมล็ดข้าวโพด

Analysis of Variance Procedure

Dependent Variable: MOIS

Source	DF	Sum of Squares	F Value	Pr > F
Model	2	9.37961667	2024.38	0.0001
Error	9	0.02085000		
Corrected Total	11	9.40046667		

R-Square	C.V.	MOIS Mean
0.997782	0.427205	11.2666667

Source	DF	Anova SS	F Value	Pr > F
TMT	2	9.37961667	2024.38	0.0001

ตารางผนวกที่ 10 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของหญ้าอิสราเอลแห้ง

Analysis of Variance Procedure

Dependent Variable: MOIS

Source	DF	Sum of Squares	F Value	Pr > F
Model	2	2.63180000	208.41	0.0001
Error	9	0.05682500		
Corrected Total	11	2.68862500		

R-Square	C.V.	MOIS Mean
0.978865	0.783050	10.1475000

Source	DF	Anova SS	F Value	Pr > F
TMT	2	2.63180000	208.41	0.0001

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ประวัติผู้ทำวิจัย

ชื่อ-นามสกุล นายกู้เกียรติ อัตตะวิริยะสุข

การศึกษา วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมี มหาวิทยาลัยรามคำแหง

ตำแหน่ง นักวิชาการศึกษา ระดับปฏิบัติการ ประจำห้องปฏิบัติการเคมี

สถานที่ทำงาน สาขาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
เลขที่ 2 ซ.พหลโยธิน 87 ต.ประชาธิปัตย์ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130

เบอร์โทรศัพท์ 092-2651699

Email address somchaisaetang@outlook.com

ประวัติการทำงาน

1. นักวิชาการ (สิงหาคม 2540 - ธันวาคม 2545)
   กองวัตถุมีพิษทาง การเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน
2. รองหัวหน้าห้องเคมี (มกราคม 2546 - พฤษภาคม 2547)
   บ.เซนทรัลแลบ จำกัด มหาวิทยาเกษตรศาสตร์ บางเขน
3. หัวหน้าห้องเคมี(มิถุนายน 2547 - พฤษภาคม 2552)
   ห้องปฏิบัติการวิจัยและทดสอบอาหาร คณะวิทยาศาสตร์
   จุฬาลงกรณ์วิทยาลัย ปทุมวัน
4. นักวิทยาศาสตร์อาวุโส (มกราคม 2553 - พฤษภาคม 2556)
   บ.ห้องปฏิบัติการกลาง จำกัด มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน
5. Application Engineering (มิถุนายน 2556 - พฤษภาคม 2557)
   บ.เวิลด์เทคเอนเตอร์ไพร้ส์ จำกัด กรุงเทพมหานคร
6. นักวิชาการศึกษา(ธันวาคม 2557 - ปัจจุบัน) คณะเทคโนโลยีการเกษตร
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี รังสิต