รายงานการปฏิบัติการสหกิจศึกษา

การสอบเทียบเครื่อง Near Infrared (NIR) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางอาหาร และการศึกษากราฟ Moisture Sorption Isotherm ของผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ

โดย

นางสาว จารุนันท์ รัศมีโรจน์ B4050841

นางสาว กฤติยา เหมบุตร B4051176

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปฏิบัติงาน ณ

บริษัท เอฟเฟ็มพู้ดส์ (ประเทศไทย) จำกัด

799 ถ.ปากช่อง-ลำสมพุง ต.จันทึก อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา 30130

วันที่ 12 ธันวาคม พ.ศ. 2543

เรื่อง ขอส่งรายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

เรียน อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร อ.ดร.ปิยะวรรณ กาสลัก

ตามที่ข้าพเจ้า น.ส.จารุนันท์ รัศมีโรจน์ และ น.ส.กฤติยา เหมบุตร นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้ไปปฏิบัติงานสหกิจศึกษา (305497) ระหว่างวันที่ 5 กันยายน พ.ศ. 2543 ถึงวันที่ 22 ธันวาคม พ.ศ. 2543 ในตำแหน่งนักศึกษาฝึกงาน แผนกวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ณ บริษัท เอฟเฟ็มฟูดส์ (ประเทศไทย) จำกัด และได้รับมอบหมายจาก Job Supervisor ให้ศึกษาและทำรายงานเรื่อง การสอบเทียบเครื่อง Near Infrared (NIR) ที่ใช้ในการวิเคราะห์อาหาร และการศึกษากราฟ Moisture Sorption Isotherm ของผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ

บัดนี้ การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาได้สิ้นสุดลงแล้ว ข้าพเจ้าจึงขอส่งรายงานดังกล่าวมาพร้อมนี้ จำนวน 1 เล่ม เพื่อขอรับคำปรึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(น.ส.จารุนันท์ รัศมีโรจน์)

กฤติยา เหมบุตร

(น.ส.กฤติยา เหมบุตร)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กิตติกรรมประกาศ

ตามที่ข้าพเจ้าได้มาปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ณ บริษัท เอฟเพ็มฟูดส์ (ประเทศไทย) จำกัด ในแผนกวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ระหว่างวันที่ 5 กันยายน พ.ศ. 2543 ถึงวันที่ 22 ธันวาคม พ.ศ. 2543 ส่งผลให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ต่าง ๆ มากมาย รายงานวิชาสหกิจศึกษาฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องมาจากการให้ความสนับสนุนและร่วมมือเป็นอย่างดีจากหลาย ๆ ฝ่าย ดังนี้

ฝ่ายบุคคล

คุณอังคณา ธนปิยะวณิชย์ ที่ช่วยติดต่อและประสานงานกับโครงการสหกิจศึกษาฯ

ฝ่ายวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์

คุณพจนีย์ พะเนียงเวทย์ ที่เห็นความสำคัญของระบบการศึกษาแบบสหกิจศึกษาและได้ให้โอกาสแก่ข้าพเจ้า

คุณจริยา แสงไชยญา ที่ได้ให้โอกาสและคัดเลือกข้าพเจ้าเข้ามาปฏิบัติงาน

คุณฐิติยา คุณมาศ Job Supervisor ที่คอยแนะนำและให้คำปรึกษาเป็นอย่างดี

คุณชุติมา มากุล

คุณคม กมลพัฒนะ

คุณพูนลาภ ฐานพูนสุข

คุณวิไลลักษณ์ สมใจ

คุณวันทนารี ใจดี

คุณวัชราภรณ์ ชวลิตรุจิวงษ์

คุณยุวรี ยอแสงสุขกมล

ฝ่ายผลิต

Operator ทุก ๆ ท่าน ที่ถ่ายทอดความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ในการทำงานและบุคลากรท่านอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวนาม ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือเป็นอย่างดีในระหว่างปฏิบัติงาน

ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบพระคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูล ให้คำปรึกษา แนะนำ และให้ความช่วยเหลือแก่ข้าพเจ้าเป็นอย่างดีมาโดยตลอด

น.ส.จารุนันท์ รัศมีโรจน์ และ
น.ส.กฤติยา เหมบุตร
ผู้จัดทำ
12 ธันวาคม 2543

บทคัดย่อ

บริษัท เอฟเฟ็ม ฟู้ดส์ (ประเทศไทย) จำกัด เป็นหนึ่งในโรงงานที่เป็นฐานการผลิตที่สำคัญในระดับชั้นนำของประเทศ ซึ่งเป็นผู้ผลิตชอคโกแลต และ ขนมขบเคี้ยวที่มีชื่อเสียง รวมทั้งเป็นผู้ผลิตอาหารสัตว์เลี้ยงสำเร็จรูปรายใหญ่ที่สุดของโลกโดยมีผลิตภัณฑ์ภายใต้เครื่องหมายการค้าที่เป็นที่ยอมรับและ รู้จักกันอย่างแพร่หลาย คือ เพดดิกรีและ วิสกัส์ จากการที่ได้เข้าไปปฏิบัติงานตามโครงการสหกิจศึกษาในบริษัทเอฟเฟ็มส์ ฟู้ดส์ (ประเทศไทย) จำกัด ได้รับมอบหมายให้ปฏิบัติงานในแผนกวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ (R & D) ซึ่งในการเข้าไปปฏิบัติงานนั้นได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการสอบเทียบเครื่อง Near Infrared (NIR)และ การศึกษากราฟ Moisture Sorption Isotherm ซองผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆซึ่งการศึกษาดังกล่าว สามารถนำไปใช้ในการตรวจวัดหาปริมาณโปรตีน, ไขมัน และความชื้นของ วัตถุดิบ และ ผลิตภัณฑ์ได้ และ สามารถนำข้อมูลจาก Moisture Sorption Isotherm เป็นหลักฐาน อ้างอิงสภาวะในการผลิตได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์	1
1.2 ความเป็นมาของบริษัท เอฟเฟ็ม ฟู้ดส์ (ประเทศไทย) จำกัด	1
บทที่ 2 รายละเอียดเกี่ยวกับการอบรมต่าง ๆ ในโรงงาน	
2.1 กระบวนการผลิต (Production Process)	4
2.2 Technical Service	21
2.3 Laboratory	27
บทที่ 3 การศึกษาการสอบเทียบเครื่อง Near Infrared ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางอาหาร	
บทนำ	31
บทคัดย่อ	32
3.1 วัตถุประสงค์	33
3.2 ความหมาย และ ความสำคัญของ Near Infrared (NIR)	33
3.3 การสอบเทียบ	35
3.4 งานที่ได้รับมอบหมาย	60
3.5 สรุป และ วิจารณ์	72
3.6 ข้อแนะนำ	73
บทที่ 4 การศึกษากราฟ Moisture Sorption Isotherm ของผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ	
บทคัดย่อ	75
4.1 วัตถุประสงค์	75
4.2 บทนำ	76
4.3 การทดลองหา Moisture Sorption Isotherm	79
4.4 ผลการศึกษา	81
4.5 สรุปและวิเคราะห์ผลการศึกษา	91
4.6 ข้อเสนอแนะ	91
สรุปผลการปฏิบัติงาน	92
บรรณานุกรม	93
ภาคผนวก	

สำนักวิชาเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูปภาพ และ แผนผัง

หน้า

รูปที่ 1 แสดงรูปแบบการสุ่มตัวอย่างบนรถบรรทุก 6

รูปที่ 2 แสดงลักษณะการสุ่มตัวอย่างในถุงขนาดใหญ่ 7

รูปที่ 3 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ Whiskas และ Pedigree 5

รูปที่ 4 แผนผังแสดงการรับ และการ Load วัตถุดิบเก็บเข้าใน Silo 9

รูปที่ 5 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตของ Batching Area 12

รูปที่ 6 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตของ Extrusion Area 14

รูปที่ 7 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตของ DCC Area 16

รูปที่ 8 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตของ Packing Area 19

รูปที่ 9 แสดงช่วงความยาวคลื่นโดยประมาณ ที่ดูดกลืนคลื่นแสงสีต่าง ๆไว้ 33

รูปที่ 10 แสดงลักษณะการเคลื่อนที่ของ Near Infrared 33

รูปที่ 11 แสดง Instrumentation For Near Infrared Spectroscopy 35

รูปที่ 12 แสดงองค์ประกอบภายใน Inframatic 8620 35

รูปที่ 13 แสดงกราฟความชื้นของ Barley กับ log(1940) nm 38

รูปที่ 14 แสดงกราฟความชื้นของ Barley กับ log(1940) - log(2310) nm 38

รูปที่ 15 กราฟแสดงความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนคลื่นแสงสูงที่สุด(λmax) และ ช่วง Delta optical data 39

รูปที่ 16 แสดง Sample Compressor (ที่กดตัวอย่าง) 42

รูปที่ 17 แสดง Moisture Sorption Isotherm 78

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่1 การจัดเก็บวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ 10

ตารางที่ 2 แสดงชนิดของวัตถุดิบแต่ละประเภท 10

ตารางที่ 3 แสดงตำแหน่งของ sieve, Mesh no. และ ขนาดช่องตะแกรง ของเครื่อง Sieve Shaker 13

ตารางที่ 4 แสดงความชื้นโดยวิธีการวิเคราะห์จาก AOAC และ ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ 1940 nm ของข้าวบาร์เลย์ 38

ตารางที่ 5 แสดงการหาค่า C_0 จากกราฟ Calibration Curve ที่มีอยู่แล้ว 73

ตารางที่ 6 แสดงค่า aw และ Moisture ของ Pedigree Puppy เรียงตามค่า aw จากน้อยไปหามาก 81

ตารางที่ 7 แสดงค่า aw และ Moisture ของ Pedigree Beef เรียงตามค่า aw จากน้อยไปหามาก 83

ตารางที่ 8 แสดงค่า aw และ Moisture ของ Pedigree Chicken and Vegetable (India) เรียงตามค่า aw จากน้อยไปหามาก 85

ตารางที่ 9 แสดงค่า aw และ Moisture ของ Bone Biscuit เรียงตามค่า aw จากน้อยไปหามาก 87

ตารางที่ 10 แสดงค่า aw และ Moisture ของ Whiskas Ocean Fish เรียงตามค่า aw จากน้อยไปหามาก 89

บทคัดย่อ

บริษัท เอฟเฟ็ม ฟู้ดส์ (ประเทศไทย) จำกัด เป็นหนึ่งในโรงงานที่เป็นฐานการผลิตที่สำคัญในระดับชั้นนำของประเทศ ซึ่งเป็นผู้ผลิตชอคโกแลต และ ขนมขบเคี้ยวที่มีชื่อเสียง รวมทั้งเป็นผู้ผลิตอาหารสัตว์เลี้ยงสำเร็จรูปรายใหญ่ที่สุดของโลกโดยมีผลิตภัณฑ์ภายใต้เครื่องหมายการค้าที่เป็นที่ยอมรับและ รู้จักกันอย่างแพร่หลาย คือ เพดดิกรีและ วิสกัส์ จากการที่ได้เข้าไปปฏิบัติงานตามโครงการสหกิจศึกษาในบริษัทเอฟเฟ็มส์ ฟู้ดส์ (ประเทศไทย) จำกัด ได้รับมอบหมายให้ปฏิบัติงานในแผนกวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ (R & D) ซึ่งในการเข้าไปปฏิบัติงานนั้นได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการสอบเทียบเครื่อง Near Infrared (NIR)และ การศึกษากราฟ Moisture Sorption Isotherm ของผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆซึ่งการศึกษาดังกล่าว สามารถนำไปใช้ในการตรวจวัดหาปริมาณโปรตีน, ไขมัน และความชื้นของ วัตถุดิบ และ ผลิตภัณฑ์ได้ และ สามารถนำข้อมูลจาก Moisture Sorption Isotherm เป็นหลักฐาน อ้างอิงสภาวะในการผลิตได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1. กล่าวนำ

ในระหว่างการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ภาคการศึกษาที่ 2/2543 ณ บริษัท เอฟเฟ็มฟูดส์ (ประเทศไทย) จำกัด ระหว่างวันที่ 5 กันยายน พ.ศ. 2543 ถึงวันที่ 22 ธันวาคม พ.ศ. 2543 ในแผนกวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับกระบวนการผลิต Technical Service และได้ปฏิบัติงานในส่วนของห้องปฏิบัติการซึ่งทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของอาหาร อาทิเช่น โปรตีน ไขมัน และความชื้น เป็นต้น นอกจากนี้ยังได้รับมอบหมายให้ทำการสอบเทียบเครื่อง Near Infrared (NIR) ในการวิเคราะห์ทางอาหารและศึกษากราฟ Moisture Sorption Isotherm ของผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์สำหรับกระบวนการผลิต

1.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษากระบวนการผลิตอาหารสุนัขและอาหารแมวชนิดเม็ด
2. เพื่อเข้าใจการทำงานภายใน บริษัท เอฟเฟ็ม ฟู้ดส์ (ประเทศไทย) จำกัด
3. เพื่อศึกษาการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการ
4. เพื่อศึกษาการตรวจรับวัตถุดิบและการตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบของอาหาร
5. เพื่อนำทฤษฎีที่ศึกษามาแล้วไปใช้กับการปฏิบัติงานจริงภายในบริษัท

1.2 ความเป็นมาของบริษัท เอฟเฟ็ม ฟู้ดส์ (ประเทศไทย) จำกัด

บริษัท เอฟเฟ็ม ฟู้ดส์ (ประเทศไทย) จำกัด เป็นหนึ่งในโรงงานที่เป็นฐานการผลิตในระดับประเทศของกลุ่มบริษัท มาร์ส ซึ่งเป็นผู้ผลิตช็อคโกแลต และขนมขบเคี้ยวที่มีชื่อเสียง รวมทั้งเป็นผู้ผลิตอาหารสัตว์เลี้ยงสำเร็จรูปรายใหญ่ที่สุดของโลก โดยมีผลิตภัณฑ์ภายใต้เครื่องหมายการค้าที่เป็นที่ยอมรับ และรู้จักกันอย่างแพร่หลาย คือ **เพดดิกรี®** และ **วิสกัส®**

บริษัท มาร์ส เป็นบริษัทเอกชนที่ประกอบกิจการในธุรกิจหลัก คือ กลุ่มผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว กลุ่มผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับสัตว์เลี้ยง กลุ่มผลิตภัณฑ์อาหาร ธุรกิจการผลิตเครื่องจ่ายเงินอัตโนมัติ และ กลุ่มธุรกิจการผลิตเครื่องขายสินค้าชนิดหลอดเหรียญอัตโนมัติ โดยมีสัดส่วนของธุรกิจหลักประมาณ 90% มาจากกลุ่มผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว และ กลุ่มผลิตภัณฑ์สำหรับอาหารสัตว์เลี้ยง ส่วนที่เหลือมาจากธุรกิจอื่น ๆ โดยปัจจุบันบริษัทฯ มีมูลค่าธุรกิจรวมเท่ากับ 15,000 ล้านเหรียญสหรัฐ มีพนักงานรวมทั้งหมด 30,000 คน มีบริษัทในเครือทั้งหมด 132 บริษัทและดำเนินธุรกิจในกว่า 60 ประเทศทั่วโลก

บริษัท มาร์ส มีความสัมพันธ์ทางธุรกิจกับประเทศไทยเป็นเวลานานกว่า 25 ปี โดยบริษัท มาร์ส ได้จัดซื้อวัตถุดิบและสินค้าสำเร็จรูปจากผู้ผลิตในประเทศไทยเพื่อป้อนเข้าสู่โรงงานและเป็นส่วนผสมที่สำคัญในการผลิตและแปรรูปเป็นอาหารสำหรับคนและสัตว์เลี้ยงของบริษัทมาร์สมาตลอด

จากการเล็งเห็นถึงศักยภาพที่เอื้ออำนวยต่อการตลาดทั้งในประเทศ และภูมิภาคเอเชีย เอฟเฟ็มส์ ฟู้ดส์ ได้ตัดสินใจลงทุนสร้างฐานการผลิตแห่งใหม่ ณ ตำบลจันทึก อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นประตูสู่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

เอฟเฟ็มส์ ฟู้ดส์ ได้รับบัตรส่งเสริมการลงทุนจากคณะกรรมการลงทุน (BOI) และได้เริ่มงานก่อสร้างโรงงานตามโครงการส่วนที่ 1 ตั้งแต่เดือนเมษายน 2541 และการก่อสร้างได้แล้วเสร็จในเดือนเดียวกันปีถัดมา และหากการก่อสร้างตามโครงการส่วนที่ 2 เสร็จสมบูรณ์แล้ว จะทำให้โรงงานแห่งนี้มีศักยภาพในการผลิตอาหารสัตว์สำเร็จรูปที่มีคุณภาพสูงกว่า 70,000 เมตริกตันต่อปี

โรงงานเอฟเฟ็มส์ ฟู้ดส์ แห่งนี้ผลิต **เพดดิกรี®** และ **วิสกัส®** ซึ่งเป็นอาหารสัตว์เลี้ยงสำเร็จรูประดับพรีเมี่ยมที่มีมาตรฐานคุณภาพ และคุณค่าทางโภชนาการที่สูง โดยมีสัดส่วนการผลิตเพื่อส่งออกในอัตราร้อยละ 70 จากปริมาณการผลิตทั้งหมด และวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกว่าร้อยละ 80 เป็นวัตถุดิบที่เป็นผลิตผลทางการเกษตรภายในประเทศไทย

ด้วยความมุ่งมั่นและเชื่อมั่นในศักยภาพในหลาย ๆ ด้านของประเทศไทย เอฟเฟ็มส์ ฟู้ดส์ ได้เริ่มผลิตสินค้าเพื่อการจำหน่ายเมื่อเดือนเมษายนที่ผ่านมาโดยบริษัทฯ ได้รับการตอบรับจากตลาดและได้รับการต้อนรับจากชุมชน และการสนับสนุนจากหน่วยราชการที่เกี่ยวข้องเป็นอย่างดีซึ่งแสดงให้เห็นถึงความร่วมมือ และการสนับสนุนจากภาครัฐต่อธุรกิจเอกชนได้เป็นอย่างดี

หลักห้าประการของมาร์ส

คุณภาพ	ผู้บริโภคคือนายของเรา คุณภาพคืองานของเรา และความคุ้มค่าเงินคือเป้าหมายของเรา
ความรับผิดชอบ	ส่วนบุคคล เรารับผิดชอบต่อตนเอง ส่วนรวม เราสนับสนุนผู้อื่นด้วยความรับผิดชอบ
ผลประโยชน์ร่วมกัน	การแบ่งปันผลประโยชน์ร่วมกันจะสร้างความสัมพันธ์อันมั่นคง
ประสิทธิภาพ	เราใช้ทรัพยากรอย่างเต็มที่ในสิ่งที่เป็นประโยชน์ โดยไม่มีการสูญเสีย และทำสิ่งที่เราทำได้ดีที่สุดเท่านั้น
ความอิสระ	เราจำเป็นต้องมีความอิสระเพื่อกำหนดอนาคตของเรา และเราจำเป็นต้องมีผลกำไรเพื่อคงความอิสระนั้นไว้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลิตภัณฑ์คุณภาพ

โรงงานเอฟเพ็มส์ ฟู้ดส์ ซึ่งตั้งอยู่ในอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา เป็นโรงงานที่สามารถผลิตอาหารสำหรับสัตว์เลี้ยงที่เปี่ยมด้วยคุณภาพ เพื่อภาวะโภชนาการที่ดีที่สุดของสัตว์เลี้ยงตามช่วงวัยพันธุ์ พฤติกรรมและสุขภาพของสัตว์ โดยการใช้เครื่องจักรและมีกระบวนการผลิตที่ทันสมัย โรงงานใหม่แห่งนี้ได้รับการออกแบบด้วยเทคโนโลยี และมาตรฐานที่สูงเพื่อให้มีขีดความสามารถของความคล่องตัวในการผลิตอย่างสูงสุด ตลอดจนเพื่อให้สามารถผลิตสินค้าได้อย่างหลากหลายเพื่อสนองตอบต่อความต้องการของตลาดและจำนวนของผู้บริโภคที่นับวันจะเพิ่มทวีขึ้น ทั้งในประเทศไทยและในภูมิภาคเอเชีย

เอฟเพ็มส์ ฟู้ดส์ ได้เลือกสรรวัตถุดิบ อาทิ ธัญพืชและเนื้อสัตว์ที่สุดสะอาด เพื่อป้อนสู่กระบวนการผลิตด้านมาตรฐานคุณภาพสูงก่อนนำเข้าสู่กระบวนการบด และการผสมตามสูตรการผลิตที่ถูกวิจัยและพัฒนามาเป็นการเฉพาะ หลังจากที่วัตถุดิบต่าง ๆ ได้ผ่านกระบวนการคลุกเคล้าและผสมตามสูตรพิเศษแล้ว ก็จะผ่านกระบวนการอัดด้วยแรงดันสูงเพื่อผ่านเครื่องขึ้นรูปเป็นอาหารสัตว์ชนิดเม็ดสำเร็จรูป ที่มีรูปร่างเป็นเอกลักษณ์พิเศษพร้อมกับผ่านการเคลือบด้วยน้ำซอสที่ได้รับการปรุงรสและกลิ่นเพื่อเพิ่มการเจริญอาหาร และความเพลิดเพลินให้แก่สุนัขและแมว ที่บรรจุภายในบรรจุภัณฑ์ที่สวยงาม และเป็นวัสดุที่บริษัทฯ จัดหาและเลือกสรรจากผู้ผลิตภายในประเทศเพื่อคงรสชาติและความสดสะอาดให้แก่ผู้บริโภคได้ตลอดเวลาและกระบวนการผลิตของโรงงานเอฟเพ็มส์ ฟู้ดส์ ทั้งหมดล้วนถูกควบคุมการผลิตด้วยระบบคอมพิวเตอร์ที่ทันสมัยและครบวงจร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2 รายละเอียดเกี่ยวกับการอบรมต่าง ๆ ในโรงงาน

2.1 กระบวนการผลิต (Production Process)

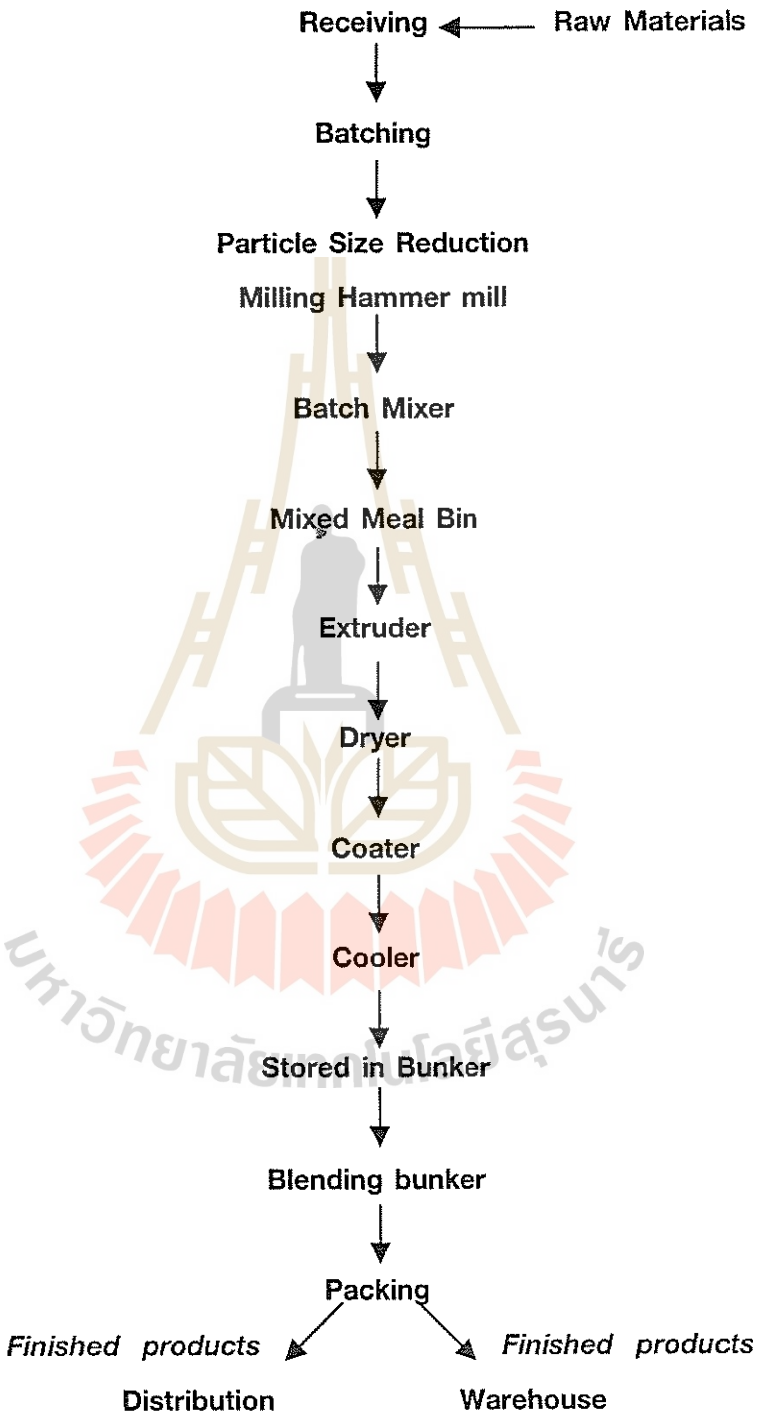
สายการผลิตในโรงงานแบ่งเป็นพื้นที่ต่างๆ ดังต่อไปนี้ คือ

- Receiving and Unloading Liquid Area
- Meat and Liquid Area*
- Batching Area
- Extrusion Area
- Dryer Coater Cooler (DCC) Area
- Packing Area

Meat and Liquid Area* ไม่ได้เข้าไปศึกษา และ ปฏิบัติงาน
ซึ่งมีแผนผังกระบวนการผลิตดังนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Process Line



แผนผังแสดงกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ Whiskas และ Pedigree

โดยแต่ละพื้นที่มีความสำคัญ และ หน้าที่รับผิดชอบ ดังต่อไปนี้

1. Receiving and Unloading Liquid Area

ทำการรับวัตถุดิบจากคู่ค้า (Supplier) โดยจะมีการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ และ ทางเคมีเบื้องต้นก่อนที่จะรับวัตถุดิบ เพื่อสามารถคัดเลือกวัตถุดิบที่ดีไปใช้ในการผลิต ส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่มีคุณภาพดี ซึ่งวัตถุดิบส่วนหนึ่งจะถูกจัดเก็บไว้เพื่อนำไปใช้ในการผลิต ในกรณีที่มีวัตถุดิบมากเกินกำลังการผลิตจะทำการส่งไปเก็บไว้ที่คลังสินค้า

วิธีการตรวจรับวัตถุดิบ

ในการรับวัตถุดิบต่าง ๆ นั้นจะมีการตรวจสอบสภาพการขนส่งเป็นลำดับแรก โดยทำการสำรวจรถที่นำวัตถุดิบมาส่งว่ามีผ้าใบคลุมวัตถุดิบหรือไม่, ผ้าใบมีรอยขาด หรือ รูรั่ว ที่สามารถทำให้เกิดการปนเปื้อนกับตัววัตถุดิบหรือไม่ ถ้าพบว่ามีการปฏิบัติที่ถูกต้องตาม Standard Operating Procedure (S.O.P.) จึงทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อนำไปตรวจสอบคุณภาพหลักต่าง ๆ ตาม S.O.P. ต่อไป แต่ถ้าพบว่ามีร่องรอยความเสียหายให้ดำเนินการ Reject วัตถุดิบ

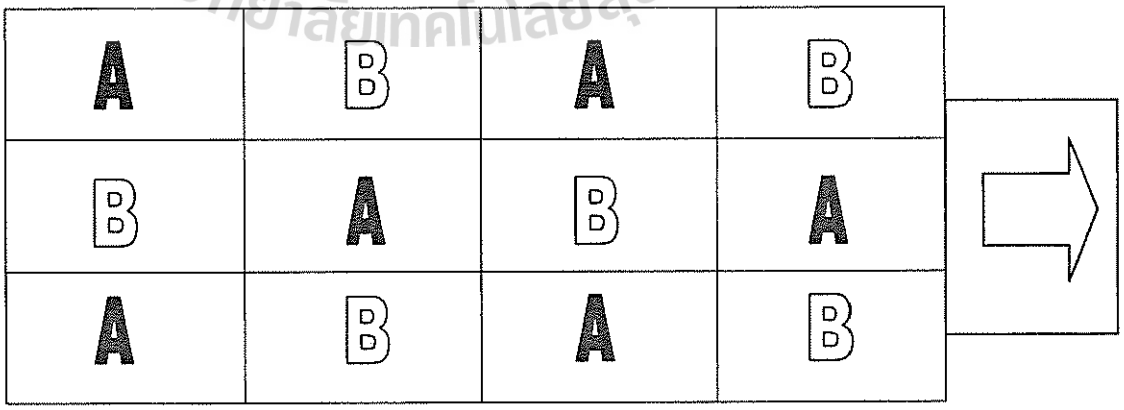
หลังจากที่ทำการตรวจสอบสภาพการขนส่งแล้ว จึงทำการสุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบคุณภาพหลัก โดยวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ จะมีวิธีการสุ่มที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบ และ ภาชนะที่บรรจุ ซึ่งระบุไว้ใน S.O.P. ดังนี้

วิธีการสุ่มตัวอย่าง

1. การสุ่มตัวอย่างวัตถุดิบชนิดแห้ง

1.1 วัตถุดิบที่มาเป็นรถบรรทุก (Truck Load)

-ทำการแบ่งพื้นที่ของรถบรรทุกคร่าว ๆ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงรูปแบบการสุ่มตัวอย่างบนรถบรรทุก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

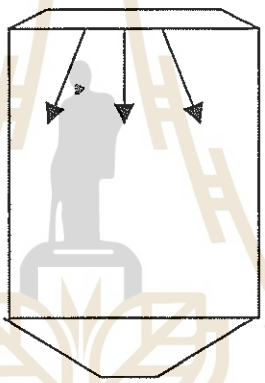
-การสุ่มตัวอย่างแบ่งเก็บเป็น 2 แบบ คือ แบบ A และ แบบ B ซึ่งควรเปลี่ยนแบบการสุ่มทุกครั้งที่ทำการทดสอบ เช่น ใช้การสุ่มตัวอย่างแบบ A ในวันที่ 1 และ 2 และ ใช้การสุ่มเก็บตัวอย่างแบบ B ในวันที่ 3 สลับกันไปเรื่อยๆ

-นำหลาวสุ่มตัวอย่างตามแบบ A หรือ B โดยแทงลงให้กระทบด้านล่างของรถ หมุนมือจับเหล็กให้ครบรอบ เพื่อเก็บตัวอย่าง ควรเก็บตัวอย่างอย่างน้อย 1 kg.

-นำตัวอย่างที่เก็บได้ ไปตรวจสอบคุณภาพหลักทางกายภาพ และ ทางเคมี หากพบว่าตัวอย่างที่ทำการสุ่มเก็บแบบ A มีปัญหา เช่น คุณภาพเกิน Raw Material Specification ให้ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างซ้ำโดยใช้การสุ่มแบบ B แทน

1.2 วัตถุดิบที่บรรจุในถุงขนาดใหญ่ (Bulk Bag)

-ทำการเปิดช่องเปิดด้านบน ใช้หลาวสุ่มตัวอย่างหลาย ๆ ตำแหน่ง ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงลักษณะการสุ่มตัวอย่างในถุงขนาดใหญ่

-นำตัวอย่างที่สุ่มเก็บมาใส่ขวดตัวอย่าง 2 ขวด เพื่อนำไปตรวจสอบคุณภาพหลักทางกายภาพ และทางเคมี 1 ขวด และ อีกขวดหนึ่งนำไปห้อง morning panel ในตอนเช้า

1.3 วัตถุดิบที่บรรจุเป็นถุง หรือ กระสอบที่วางบนพาเลท

-**<u>สำหรับถุงกระดาษ</u>** (สารเคมี,สี) ทำการเลือกถุง 1 ถุง เปิดและเก็บตัวอย่างใส่ขวดเพื่อนำไปตรวจสอบคุณภาพหลักทางกายภาพและทางเคมี 1 ขวด และ อีกขวดหนึ่งนำไปห้อง morning panel ในตอนเช้า

-**<u>สำหรับกระสอบ</u>** (ธัญพืช) ใช้เหล็กสุ่มตัวอย่างทุกกระสอบที่อยู่บนพาเลท ใส่ขวดเพื่อนำไปตรวจสอบคุณภาพหลักทางกายภาพ และ ทางเคมี 1 ขวด และ อีกขวดหนึ่งนำไปห้อง morning panel ในตอนเช้า

2. การสุ่มตัวอย่างวัตถุดิบเหลวที่มาเป็นรถ (Liquid Truck Load)

- นำเอกสารการวิเคราะห์ที่แนบมากับการขนส่งเปรียบเทียบกับ SQS (Standard Quality System) อ้างถึง S.O.P.

- ทำการเปิดวาล์วก้นถังอย่างช้า ๆ เพื่อปล่อยให้ตัวอย่างไหลออกมาล้างท่อซักระยะ เก็บตัวอย่างใส่ขวด 2 ขวด เพื่อนำไปเก็บอ้างอิง และ ตรวจวิเคราะห์

แล้วนำตัวอย่างที่สุ่มมาทำการตรวจสอบคุณภาพหลักทางกายภาพ และ ทางเคมีของวัตถุดิบ โดยวัตถุดิบต่างๆ สามารถแบ่งออกเป็น 9 ประเภท ดังนี้ คือ

1. <u>ธัญพืช และ แหล่งคาร์โบไฮเดรต</u> เช่น ข้าวโพด, ปลายข้าว, มันสำปะหลังอัดเม็ด

สิ่งที่ตรวจสอบด้านกายภาพ : สี และ กลิ่น, สิ่งปลอมปน, แมลง, ความหนาแน่น

สิ่งที่ตรวจสอบด้านเคมี : ความชื้น

*ข้าวโพด ต้องตรวจ ปริมาณเมล็ดเสีย, ปริมาณเมล็ดแตก และ Aflatoxin

*มันสำปะหลังอัดเม็ด ต้องตรวจ ปริมาณแป้ง, ทราย

2. <u>โปรตีนจากสัตว์</u> เช่น Meat & Bone meal, Poultry meal และ Liver meal

สิ่งที่ตรวจสอบด้านกายภาพ : สี และ กลิ่น, สิ่งปลอมปน และ เส้นใย, แมลง, ความหนาแน่น

สิ่งที่ตรวจสอบด้านเคมี : ความชื้น, โปรตีน, ไขมัน และ เถ้า

3. <u>โปรตีนจากพืช</u> เช่น รำสกัดน้ำมัน, กากถั่วเหลือง, soy concentrate 65% และ กลูเตนข้าวโพด

สิ่งที่ตรวจสอบด้านกายภาพ : สี และกลิ่น, สิ่งปลอมปน , แมลง, และ ความหนาแน่น

สิ่งที่ตรวจสอบด้านเคมี : ความชื้น, สารพิษจากเชื้อรา,โปรตีน, ไขมัน และ เถ้า

4. <u>น้ำมัน และ ไขมันพืช/สัตว์</u> เช่น ไขมันสัตว์ (Tallow), Plam stearine, และ น้ำมันถั่วเหลือง

สิ่งที่ตรวจสอบด้านกายภาพ : สี และกลิ่น, สิ่งปลอมปน

สิ่งที่ตรวจสอบด้านเคมี : ความชื้น และ กรดไขมันอิสระ, Certificate of Analysis (COA)

5. <u>สารให้สี</u> เช่น Titanium Dioxide, Red dye blend, Green dye blend, Brown dye blend, Yellow dye blend และ Light brown dye blend

สิ่งที่ตรวจสอบด้านกายภาพ : สี และ สิ่งปลอมปน

สิ่งที่ตรวจสอบด้านเคมี : ความชื้น และ COA

6. <u>วิตามิน และ เกลือแร่</u> เช่น Cat/Dog vitamin blendและ Dog/Puppy/Cat Mineral blend

สิ่งที่ตรวจสอบด้านกายภาพ : สี และ สิ่งปลอมปน

สิ่งที่ตรวจสอบด้านเคมี : COA

7. <u>สารให้กลิ่นรส</u> เช่น กากน้ำตาล, Yeast 14%, ไข่ผง และ Cat Flavor blend

สิ่งที่ตรวจสอบด้านกายภาพ : สี และกลิ่น, สิ่งปลอมปน, เปอร์เซ็นต์ความหวาน ($^{\circ}$Brix) เฉพาะกากน้ำตาล

สิ่งที่ตรวจสอบด้านเคมี : COA

โรงเรียนเทคโนโลยีสุรนารี

8. <u>สารเคมี</u> ได้แก่

1. **Preservatives :** Potassium sorbate
2. **Antioxidants :** Termox II (liquid and dried powder)
3. **Amino Acids :** Glycine, Methionine, และ Taurine
4. **Acid and Base :** Phosphoric acid 85% , Citric acid และ Sodium hydroxide
5. **Flavor ingredients :** Iodized salt, Sugar, และ Dextose

สิ่งที่ตรวจสอบด้านกายภาพ : สี และกลิ่น (ยกเว้น Phosphoric acid 85% และ Sodium Hydroxide) และ สิ่งปลอมปน

สิ่งที่ตรวจสอบด้านเคมี : COA, ความชื้น (ตรวจเฉพาะ Iodized salt)

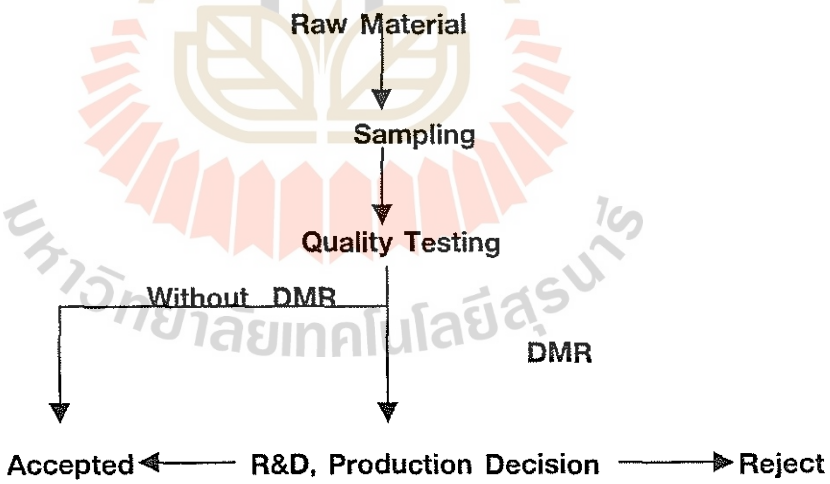
9. <u>วัตถุดิบสด/แช่เย็น/แช่เยือกแข็ง</u> เช่น ไส้ไก่สด, ปลาซาร์ดีนแช่แข็ง และ ม้ามวัวแช่แข็ง

สิ่งที่ตรวจสอบด้านกายภาพ : สี และกลิ่น, สิ่งปลอมปน และ อุณหภูมิ

สิ่งที่ตรวจสอบด้านเคมี : pH

โดยมีแผนผังแสดงการรับ และ การ load วัตถุดิบเก็บเข้าใน Silo ดังรูปที่ 4

<u>Receiving Area</u>



รูปที่ 4 แผนผังแสดงการรับ และการ Load วัตถุดิบเก็บเข้าใน Silo

หลังจากนั้นทำการจัดเก็บวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ ตามตารางที่ 1

เมื่อทำการตรวจสอบคุณภาพหลักต่าง ๆ ข้างต้น ตามวิธีการใน S.O.P. แล้ว นำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าที่กำหนดไว้ใน S.O.P. ถ้าอยู่ในช่วง Acceptable Limit ให้ทำการรับวัตถุดิบนั้น โดย load เก็บใน Silo, ห้องเย็น หรือที่พักของ (pallet) แล้วแต่ชนิดของวัตถุดิบ ดังแสดงในตารางที่ 1

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่1 การจัดเก็บวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ

Type of Raw Material	Stored in
1. Cereal and Carbohydrate	Silo
2. Animal Proteins	Silo
3. Vegetable Proteins	Silo
4. Animal Fat/Veg. Oils/Fats	Tank
5. Dye Powder	Sack on pallet
6. Vitamin and Mineral	Sack on pallet
7. Flavor	Sack on pallet
8. Chemical Substances	Pallet, Palecon at Receiving
9. Fresh/Chilled/Frozen Raw Materials	Freezer Room

การตรวจสอบวัตถุดิบมีหลักการ คือ พิจารณาค่าที่ได้จากการตรวจสอบวัตถุดิบ เปรียบเทียบกับ Specification ที่กำหนดไว้ใน S.O.P.

- ในกรณีที่ผลการตรวจสอบวัตถุดิบอยู่ในช่วง Specification ให้ทำการรับวัตถุดิบ
- ในกรณีที่ผลการตรวจสอบวัตถุดิบเกินกว่าช่วง Specification แต่อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ให้ดำเนินการแจ้งฝ่าย R&D หลังจากนั้นทำการออกเอกสาร DMR (Defective Material Record) และ ทำการระบุว่าควรใช้วัตถุดิบให้หมดอย่างรวดเร็วภายในเวลาที่กำหนด
- ในกรณีที่ผลการตรวจสอบวัตถุดิบเกินกว่าช่วงที่ยอมรับได้ ให้ทำการ Reject วัตถุดิบ ส่งคืนไปยังคู่ค้าและทำการออกเอกสาร DMR (Defective Material Record)

2. Batching Area

ทำหน้าที่เตรียม Ingredient ต่าง ๆ โดยแบ่งเป็น 3 ประเภทดังนี้ คือ

ตารางที่ 2 แสดงชนิดของวัตถุดิบแต่ละประเภท

Raw Materials		
Major Ingredient	Minor Ingredient	Micro Ingredient
Corn Whole	Soy Concentrated 65%	Mineral Blend Dog/Cat/Puppy
Broken rice	Soya bean meal 44.0%	Vitamin Blend Dog/Cat/Puppy
Maize Gluten 60 %	Potassium chloride	Flavour Blend

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

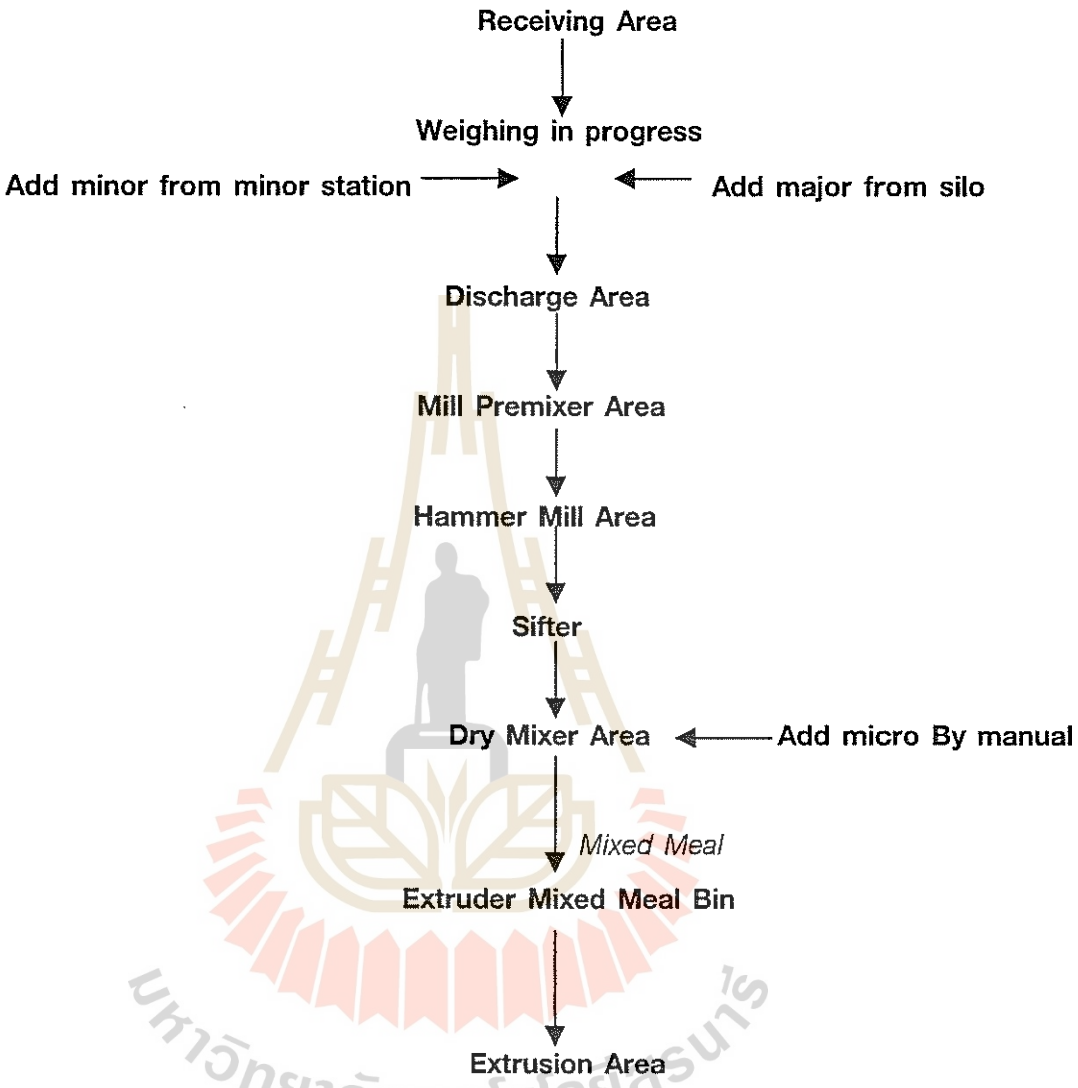
Meat and Bone Meal	Di - Calcium phosphate	Taurine
Poultry Meal	Salt	Termox II Antiox. Dry
-	Liver Meal	Choline chloride
-	Sugar	Titanium dioxide
-	Yeast 14%	Egg dried powder

การเตรียม Ingredients ต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับว่าจะผลิตอะไร โดย Kibble แต่ละชนิดจะใช้ส่วนผสมตามที่กำหนด ไว้ใน Recipe ซึ่งมีขั้นตอนการผลิต Mixed Meal ดังต่อไปนี้

ทำการชั่งน้ำหนัก ingredients ทั้ง 3 ประเภท ตามที่กำหนดไว้ใน Recipe หลังจากนั้นนำ Major ingredients (จาก Silo) มาผสมกับ Minor ingredients (จาก Minor Station) ที่ Mill Premixer Area โดยใช้เวลาในการผสม 2 นาที แล้ว feed ส่วนผสมไปลดขนาดโดยใช้ Hammer Mill เป็นเวลา 6 นาที หลังจากนั้นนำส่วนผสมมาร่อน ผ่านตะแกรง (Sifter) แล้วทำการ Feed ส่วนผสมไปที่ Dry Mixer Area โดยจะมีการเติม Micro ingredients ลงไปผสม โดยจะมี paddle ทำหน้าที่กวนให้ส่วนผสมเข้ากัน และกระจายตัวสม่ำเสมอ ซึ่งเรียกส่วนผสมที่ได้ว่า Mixed Meal แล้วนำมาเก็บไว้ใน Extruder Mixed Mill Bin เพื่อส่งให้ Extrusion Area นำไปใช้ในกระบวนการผลิตต่อไป โดยมีแผนผังการผลิตของ Batching Area ดังนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Batching Area



รูปที่ 5 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตของ Batching Area

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การตรวจสอบคุณภาพ

1. ตรวจสอบคุณภาพ Meal ที่ผ่านการบดจาก Hammer Mill มาแล้ว โดยการร่อนผ่าน sieve ขนาดช่อง 1.4 mm. ทำ Batch ละ 2 ครั้ง เพื่อตรวจสอบการสึกหรอของตะแกรงใน Hammer mill และ ตรวจสอบว่า screen ของ Hammer Mill ขาดหรือไม่

2. ทำการทดสอบขนาดโดยการร่อน Meal ผ่านตะแกรง(Sieve Analysis) เพื่อตรวจสอบว่า Meal ที่ผ่านการบดโดย Hammer Mill มีขนาดของอนุภาค(Particle size) อยู่ในช่วงใดและติดตามประสิทธิภาพการบดของ Hammer Mill โดยปกติอนุภาคควรมีขนาดเฉลี่ย 300 micron หากขนาดของอนุภาคใหญ่ จะมีผลลดการยอมรับอาหารของสัตว์ และมีผลต่อการควบคุม กระบวนการผลิตในขั้น Extrusion Area ดังนั้นหากค่าเฉลี่ยมิได้อยู่ในช่วง 260 – 390 micron ควรพิจารณาเปลี่ยนตะแกรงของ Hammer mill หรือปรับกระบวนการผลิตเพื่อให้ขนาดของอนุภาค อยู่ในช่วงที่กำหนด

<u>วิธีทำ</u> Sieve Analysis

นำตัวอย่าง meal มา 25 กรัม ชั่งน้ำหนัก sieve แต่ละชั้นที่มีลูกเหล็ก ใส่อยู่ชั้นละ 2 ลูก หลังจากนั้นนำ sieve มาเรียงกันตามตารางดังนี้

ตารางที่ 3 แสดงตำแหน่งของ sieve, Mesh no. และ ขนาดช่องตะแกรงของเครื่อง Sieve Shaker

ตำแหน่งของ sieve	Mesh no.	Size (micron)
ชั้นบนสุด	30	600
ชั้นที่ 2	35	500
ชั้นที่ 3	40	425
ชั้นที่ 4	50	300
ชั้นที่ 5	60	250
ชั้นที่ 6	70	212
ชั้นล่างสุด	Pan	<212

นำมาเข้าเครื่อง Sieve Shaker โดยตั้งเครื่องให้เขย่าและหยุดเป็นช่วง (interval) เวลาในการเขย่า 10 นาที, Amplitude 8, interval ทุก 1 วินาที หลังจากเขย่าเสร็จชั่งน้ำหนัก sieve แต่ละชั้น แล้วนำมาหาผลต่างกับน้ำหนัก sieve เริ่มต้น จะได้น้ำหนักของ meal ในแต่ละชั้น บันทึกผลใน Conformance Sheet (การทำ Sieve Analysis ควรทำทุก ๆ 8 ชั่วโมง)

3. Extrusion Area

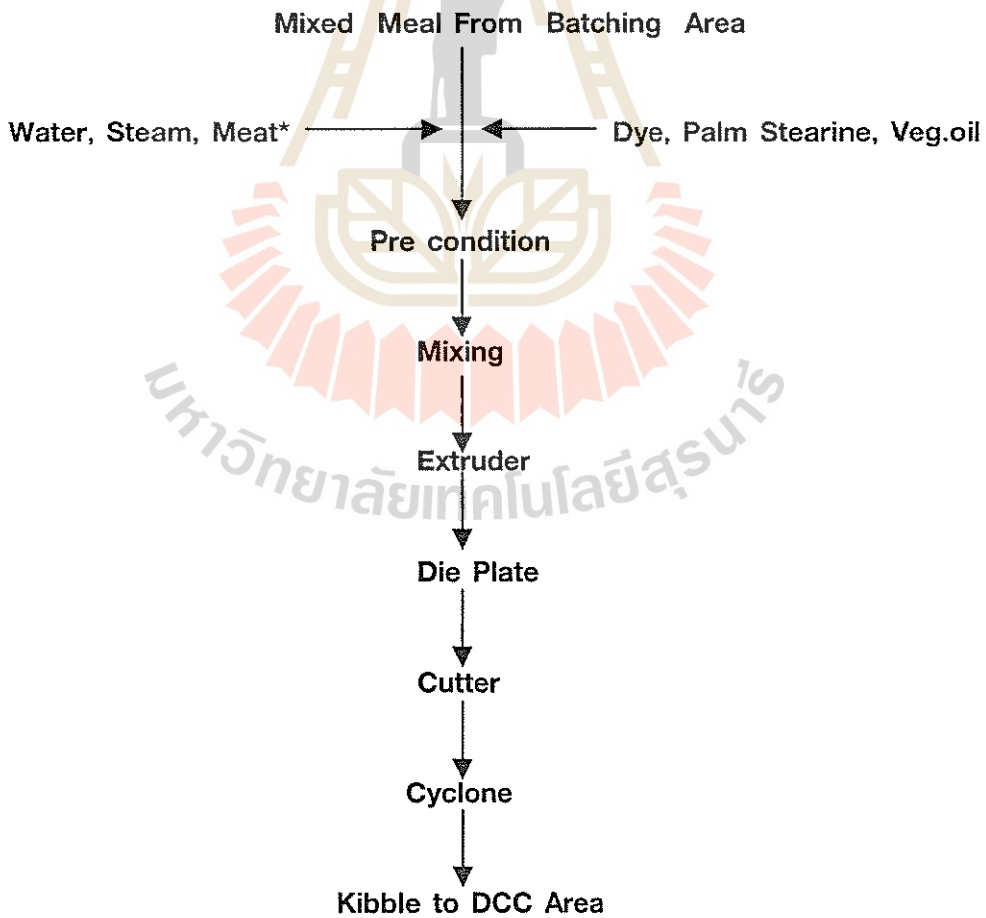
ทำหน้าที่ผลิต Kibble โดยให้ความร้อนกับ Mixed Meal เพื่อทำให้เกิดเจล หรือที่เรียกว่า Gelatinization โดยมีกระบวนการผลิตดังนี้ นำ Mixed Meal ที่เตรียมจาก Batching Area มาทำการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ให้ความร้อน และ ผสมกับ น้ำ, ไอน้ำ, สี, Palm Stearine, น้ำมันพืช และ ปลาบด (ใส่เฉพาะการผลิต Kibble สำหรับแมว) ใน Pre conditioner โดยมี Pre conditioner Temperature 80 - 98 ^{o}C และ Retention Time 2 – 3 นาที (อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ ขึ้นอยู่กับชนิดของKibble) ซึ่งความร้อนที่ Pre conditioner ได้มาจากไอน้ำที่มีความร้อนสูงสามารถทำลาย เชื้อจุลินทรีย์ และ ทำให้ Mixed Meal เกิด gelatinization แล้วทำการส่งมาที่ Extruder ซึ่งเป็นชนิด Single Screw โดยมี Extruder Temperature 90 ^{o}C และ Retention Time 1 – 2 นาที (อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของ Kibble) เพื่อทำให้ส่วนผสมสุก และมีความดันสูงขึ้น แล้วจึงถูกอัดผ่านรู Die plate ด้วยความดันสูง และถูกตัดด้วย Cutter ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างความดันภายใน product ซึ่งมีสูงมากกว่าภายนอกจึงทำให้เกิดการ พองตัวเป็น Kibble หลังจากนั้นจะถูกส่งเข้าไปยัง Cyclone เพื่อส่งไปให้ Dryer ต่อไป

โดยมีแผนผังการผลิตดังรูปที่ 6

Extrusion Area



Meat* ใช้สำหรับในการผลิต Cat products เท่านั้น

รูปที่ 6 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตของ Extrusion Area

การตรวจสอบคุณภาพ และ หน้าที่รับผิดชอบ

1. ทำหน้าที่ควบคุมสภาวะการทำงานของเครื่อง Extruder ให้ผลิต Kibble ที่มีคุณภาพตรงตาม Specification โดยมีมาตรฐาน (Standard)กำหนดไว้ใน MCL (Manufacturing Control Limit)
2. ตรวจสอบคุณภาพของ Kibble โดยการวัด Bulk density, สี, ขนาด และ รูปร่าง โดยเทียบกับมาตรฐานในMCL หรือ อาจปรึกษา QA shift ว่ายอมรับหรือไม่ หากพบว่า Kibble ไม่ได้ตาม Specification ให้ปรับ condition ให้เหมาะสม เช่น สีของ Kibble เข้มเกินไปควรจะเพิ่มปริมาณ rate ของ Mixed Meal ให้มากขึ้นเพื่อให้สีจางลง, หาก Bulk Density ของ Kibble สูงเกินไป ควรทำการเพิ่ม Steam และ ลด Vegetable oil หรือ ลด rate การ feed mixed meal แต่ถ้า Bulk Density ของ Kibble ต่ำเกินไปให้ operate ตรงข้ามกับ High Bulk Density
3. ตรวจสอบสภาพของ Cutter และทำการเปลี่ยน Cutter เมื่อสึกโดยสังเกตจาก Kibble ที่ออกมาจาก Extruder จะมีขอบไม่เรียบ ไม่สม่ำเสมอ มีรูปร่างที่แตกต่างไปจาก Kibble มาตรฐาน
4. ทำความสะอาด Extruder เมื่อมีการ Shut down หรือ เปลี่ยนไปผลิต Kibble ชนิดอื่น เพื่อป้องกันการปนเปื้อน

4. Dryer Coater Cooler (DCC) Area

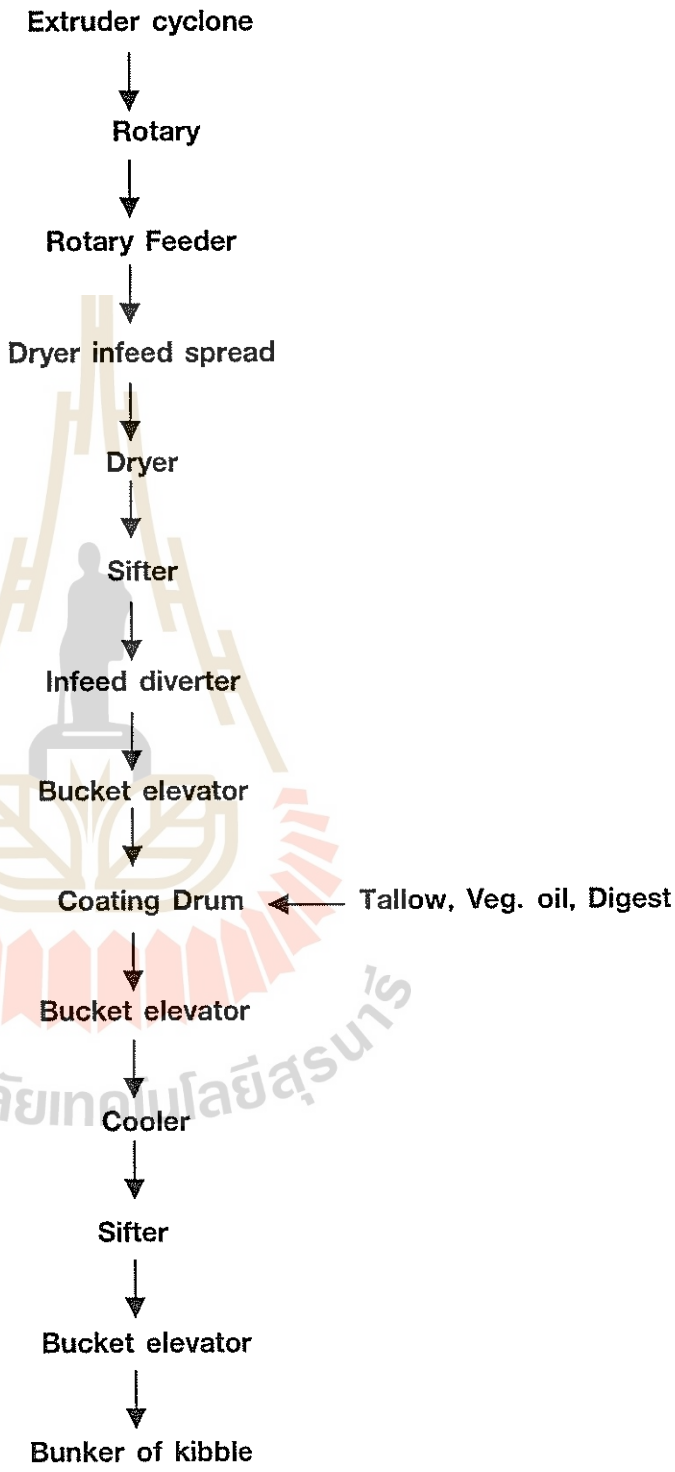
บริเวณนี้ประกอบด้วยพื้นที่ 3 ส่วน ดังนี้

Dryer ทำหน้าที่ลดความชื้นของ Kibble ที่ผ่านจาก Extrusion Area ลง เพื่อเพิ่มอายุการเก็บ โดยใช้ความร้อนจาก Hot air ที่ได้จาก steam บริเวณ Extruder และ air จากบริเวณ Cooler โดย Kibble ที่อยู่ใน Cyclone จะถูกส่งมาที่ Dryer โดยมี Spreader ทำหน้าที่กระจาย Kibble ให้ทั่วสายพานและมีความหนาสม่ำเสมอ แล้วผ่านเข้าไปยัง Dryer โดยให้ความร้อนแบ่งเป็น 2 zone โดย zone ที่ 1 มีอุณหภูมิ 100 ^{o}C และ เวลา 8.16 นาที ส่วน zone ที่ 2 มีอุณหภูมิ 105 ^{o}C และ เวลา 11.17 นาที (อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของKibble) แล้วส่งผ่าน Sifter เพื่อแยกสิ่งแปลกปลอม และตรวจสอบการเกาะตัวเป็นก้อน (Clumping) หลังจากนั้นทำการ Feed ไปให้ Coating Drum

Coater ทำหน้าที่เคลือบ Kibble ด้วย Digest, Tallow และ Vegetable oil ที่ Coating Drum หลังจากนั้นจะถูกขนส่งโดย Bucket ไปยัง Cooler

Cooler ทำหน้าที่ลดอุณหภูมิของ Kibble ลง โดยจะทำการดูดอากาศร้อนออกโดยใช้ Exhaust Fan แล้วส่งอากาศร้อนไปที่ Dryer หลังจากนั้นนำไปเก็บเข้าใน Bunker เพื่อรอบรรจุต่อไป โดย Kibble ที่ผ่านออกมาจาก Cooler จะมีอุณหภูมิประมาณ 28 - 30 ^{o}C เพื่อป้องกันการควบแน่นของไอน้ำเป็นหยดน้ำซึ่งจะทำให้เกิดสภาวะ ที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของเชื้อราในระหว่างการ เก็บรักษา โดยมีแผนผังการผลิตของ DCC Area ดังรูปที่ 7

Dryer Coater Cooler Area (DCC)



รูปที่ 7 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตของ DCC Area

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การตรวจสอบคุณภาพ

1. ตรวจสอบคุณภาพของ Kibble โดยตรวจทุก 1 ชั่วโมง หรือ เริ่มตรวจเมื่อเริ่มผลิต Kibble ตัวใหม่ อีกทั้งเมื่อมีการเริ่ม run extruder ใหม่

2. การตรวจสอบคุณภาพในแต่ละพื้นที่ดังนี้

Dryer

- ตรวจวัดความชื้นของ Kibble โดยมีความชื้นอยู่ในช่วง 5 – 8.5 % ถ้าพบว่าความชื้นของ Kibble สูงเกินค่าที่ยอมรับได้ ควรปรับสภาวะให้เหมาะสมโดยเพิ่มเวลาให้ Kibble อยู่ใน Dryer ช่วง Heating Zone ให้นานมากขึ้น และทำการเพิ่มอุณหภูมิที่อยู่ใน Dryer ช่วง Heating Zone ให้สูงขึ้น หรือ ลดน้ำที่

Extruder

-สังเกตสีของ Kibble ที่ออกมาจาก Dryer ว่ามีความผิดปกติ หรือ
แตกต่างจากมาตรฐานมากเกินไปหรือไม่ เช่น ถ้าพบว่า Kibble มีลักษณะ Burn ให้ทำการแจ้งฝ่าย extrusion ให้ทราบ เพื่อดำเนินการแก้ไขโดยเพิ่ม Flow rate หรือ ลด Steam

- สังเกตลักษณะของ Kibble ที่ออกมาจาก Dryer ว่ามีขนาด, รูปร่าง และการเกาะตัวเป็นก้อน (Clumping) หรือไม่ ถ้าพบลักษณะที่ผิดปกติดังกล่าวให้ประสานงานกับ Extruder เพื่อปรับสภาวะให้เหมาะสมส่วนการแก้ไขลักษณะการเกาะตัวเป็นก้อน ควรลดความชื้นของ Kibble โดยเพิ่มเวลาที่อยู่ใน Dryer ช่วง Heating Zone ให้นานมากขึ้น และ ทำการเพิ่มอุณหภูมิที่อยู่ใน Dryer ช่วง Heating Zone ให้สูงขึ้น หรือ ลดปริมาณน้ำที่ Extruder

Coater

-ตรวจลักษณะของ Kibble โดยสังเกตดูว่ามีการเคลือบสม่ำเสมอหรือไม่ ถ้าพบว่า Kibble มีการเคลือบไม่สม่ำเสมอให้เพิ่มเวลาที่อยู่ใน Coating Drum ให้นานมากขึ้น

-ตรวจสอบลักษณะการเกาะตัวเป็นก้อน หรือ Clumping ของ Kibble ถ้าพบลักษณะดังกล่าว ควรลดความชื้นของ Kibble โดยเพิ่มเวลาที่อยู่ใน Dryer ช่วง Heating Zone ให้นานมากขึ้น และทำการเพิ่มอุณหภูมิที่อยู่ใน Dryer ช่วง Heating Zone ให้สูงขึ้น, ลดปริมาณน้ำที่ Extruder หรือ ทำการควบคุมความหนาของ Kibble ใน Dryer โดยปรับความเร็วของสายพานให้ต่ำลง

-ควบคุมให้มีการ Feed Digest, Vegetable oil และ Palm stearine ในปริมาณที่ถูกต้องตาม MCL โดยประสานงานกับ Extrusion Area

Cooler

-ตรวจวัดความชื้นของ Kibble และ Bulk density ถ้าพบว่ามีค่ามากเกินกว่าค่าที่ยอมรับได้ ให้ทำการแจ้งฝ่าย extrusion ให้ทราบ เพื่อดำเนินการแก้ไขตามแต่กรณี ดังที่ได้กล่าวมาแล้วใน Extrusion Area

-ตรวจวัดอุณหภูมิของ Kibble ที่ผ่านจาก Cooler

-ตรวจดูสีของ Kibble โดยเทียบกับ Standard ที่ QA เตรียมไว้ หรือ อาจปรึกษา QA shift ว่ายอมรับหรือไม่ หากพบว่า Kibble ไม่ได้ตาม Specification ให้ปรับ condition ให้เหมาะสมโดยแจ้งฝ่าย extrusion ให้ทราบ เพื่อดำเนินการแก้ไขตามแต่กรณี ดังที่ได้กล่าวมาแล้วใน Extrusion Area
-วัดขนาดของ Kibble จำนวน 10 Kibble ทุก 2 ชั่วโมงโดยเปรียบเทียบกับขนาดที่กำหนดไว้ใน Specification หากพบว่า Kibble ไม่ได้ตาม Specification ให้ปรับ condition ให้เหมาะสมโดยแจ้งฝ่าย extrusion ให้ทราบ เพื่อดำเนินการแก้ไขตามแต่กรณี ดังที่ได้กล่าวมาแล้วใน Extrusion Area
3. ประสานงานกับ Packing Area เพื่อให้ Clear Bunker แล้วทำการเปลี่ยนท่อ เพื่อลำเลียง Kibble ไปยัง Bunker ใหม่
4. ตรวจสอบ และ ทำความสะอาดบริเวณท่อที่ส่ง Kibble จาก Extrusion Area มายัง Cyclone ก่อนที่จะลำเลียง Kibble ตัวใหม่ลงมายัง Dryer เพื่อให้ Kibble ตัวเก่าที่เหลืออยู่ถูกลำเลียงมาที่ Dryer

5. Packing Area

ทำหน้าที่ผสม Kibble แต่ละชนิดเข้าด้วยกัน และ นำมาบรรจุลงในบรรจุภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ ซึ่งมีกระบวนการผลิตดังนี้คือ ลำเลียง Kibble แต่ละชนิดใน Bunker โดยใช้สายพานแล้วส่งไปยัง Bucket เพื่อลำเลียง Kibble ไปผสมใน Blending Bunker แล้วนำมาผ่าน Sifter เพื่อแยกสิ่งแปลกปลอม และ Kibble ที่เกาะกันเป็นก้อนออก หลังจากนั้นจะถูกลำเลียงโดย Bucket เพื่อส่งไปยัง Surge Hopper เพื่อทำการชั่งน้ำหนัก โดยจะมีสายการผลิตทั้งหมด 4 Line แต่ Line 2 ยังไม่เปิดใช้งาน

Lineที่ 1 ทำการบรรจุ Finished Product ในถุง Big bag ซึ่งเป็นถุงสำเร็จรูป โดย packing จะ Seal ที่ปากถุงเท่านั้น เรียกถุงชนิดนี้ว่า Premade bag ซึ่งจะ บรรจุ Finished product ที่มีน้ำหนักแตกต่างกัน ได้แก่ 3, 3.5, 7, 8, 10, 12, 15 และ 20 kg.

Lineที่ 3 ทำการบรรจุ Finished Product ในถุง Form Fill Seal โดย Packing จะนำแผ่นฟิล์มมาขึ้นรูปเป็นถุง โดยใช้เครื่องจักร ซึ่งจะบรรจุ Finished product ที่มีน้ำหนัก 2.1 และ 3.5 kg.

Lineที่ 4 ทำการบรรจุ Finished Product ในถุง Small bag และบรรจุถุงในสำหรับเครื่องขึ้นรูปกล่อง (Carton Machine) ซึ่งจะบรรจุ Finished product ที่มีน้ำหนักแตกต่างกัน ได้แก่ 300 g, 500 g, 1.5 kg, 2 kg, และ 2.5 kg.

หลังจากบรรจุ Kibble ลงในถุงเสร็จแล้วจะถูกลำเลียงโดยสายพาน เพื่อมาทำการตรวจจับโลหะโดยใช้เครื่อง Metal Detector และตรวจสอบการ Seal ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการตรวจสอบว่าได้มาตรฐานจะถูกนำไปบรรจุลงกล่อง(Form Fill Seal และ Small bag) ส่วน Big bag จะถูกจัดเรียงไว้บน Pallet แล้วทำการห่อด้วยพลาสติกใส เพื่อรอการขนส่งไปจำหน่ายต่อไป โดยมีแผนผังการผลิตดังรูปที่ 8

Packing Area

รูปที่ 8 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตของ Packing Area

การตรวจสอบ และ หน้าที่รับผิดชอบ

1. ทำการประสานงานกับ Extrusion และ DCC เกี่ยวกับการผลิต และ จัดเก็บ Kibble
2. ผสม Kibble แล้วนำมาบรรจุใส่ถุง หลังจากนั้นนำมาบรรจุลงกล่อง แล้วนำมาจัดวางบน Pallet เสร็จแล้วนำมา Wrap เพื่อจัดการขนส่งต่อไป
3. ตรวจสอบคุณภาพของ Kibble ให้ได้ตามมาตรฐานของ MCL โดยทำการวัด
    - ความชื้น
    - %Ratio
    - %Broken product and %Good product
    - Bulk density
    - น้ำหนัก Product ต่อ ถุง(Line Big Bag)
    - ตรวจจับโลหะโดยใช้ Metal Detector
4. ตรวจสอบคุณภาพของบรรจุภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ เช่น ถุง กล่อง โดยตรวจ ดูตะเข็บ, การปิดผนึกทั้งแนวตั้ง และ แนวนอน, การขึ้นรูป ถุง และ กล่อง
5. ตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการ seal แล้ว โดยดู วัน/เดือน/ปีที่ผลิต (Date code), Line ที่ผลิต และเวลาที่ผลิต ซึ่งพิมพ์อยู่บนถุงและกล่องว่าถูกต้องและชัดเจนหรือไม่ ถ้าพบว่าไม่ถูกต้อง หรือไม่ชัดเจนให้นำกลับมาบรรจุใหม่
6. ตรวจสอบการจัดวางผลิตภัณฑ์บน Pallet ว่าถูกต้องตาม Pattern ที่กำหนดไว้ใน Specification หรือไม่
7. ตรวจสอบผลิตภัณฑ์บน Pallet โดยดูการระบุชื่อของ Product, วัน/เดือน/ปีที่ผลิต (Date Code), Line ที่ผลิต และเวลาที่ผลิตซึ่งพิมพ์อยู่ที่ถุง และกล่องว่าถูกต้องหรือไม่, ชัดเจนหรือไม่ ถ้าพบว่าไม่ถูกต้อง หรือไม่ชัดเจน ควรนำกลับมาบรรจุใหม่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.2 Technical Service

ความสำคัญ คือ ทำหน้าที่ควบคุม, ให้คำแนะนำเกี่ยวกับคุณภาพ ของผลิตภัณฑ์, จัดเตรียมมาตรฐานที่เกี่ยวกับคุณภาพของ product เช่น เตรียมสีให้กับ Meat and Liquid Area, และ จัดเก็บตัวอย่าง Kibble ที่ได้มาตรฐาน เพื่อให้ Extrusion Area นำมาเปรียบเทียบกับ Kibble ที่ผลิตครั้งต่อไป, สุ่มเก็บตัวอย่างเพื่อเป็นตัวแทนของ Finished products ทั้งหมด เพื่อนำไปตรวจสอบเกี่ยวกับคุณภาพหลักต่าง ๆ เช่น %Ratio, %Broken product และ %Good product รวบรวมตัวอย่างของแต่ละวัน เพื่อนำไปตรวจวัดคุณภาพทางกายภาพ และ ทางเคมี, จัดตัวอย่างสำหรับเข้า Morning panel และเก็บตัวอย่างไปเป็น Retained products เพื่อสามารถตรวจสอบได้เมื่อมีข้อตำหนิจากลูกค้า

หน้าที่ และ ความรับผิดชอบ

● สุ่มเก็บตัวอย่าง

Cooler

-สุ่มเก็บตัวอย่างทุก 2 - 3 ชั่วโมง หรือ อย่างน้อย 2 ครั้ง ต่อ 1 กะ (8 ชั่วโมง)
-นำตัวอย่างที่เก็บ มาบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับรายละเอียดดังต่อไปนี้
-ชนิดของ Kibble
-วัน/เดือน/ปี และเวลาที่ผลิต
-นำตัวอย่างมาบด เพื่อส่งให้ห้องปฏิบัติการนำไปวิเคราะห์ความชื้นต่อไป
-ติดตามการตรวจวัดคุณภาพของ Kibble จาก operator ในทุกพื้นที่การผลิต ให้คำปรึกษาและแนะนำเกี่ยวกับคุณภาพหลักต่าง ๆ เช่น สี, ขนาด, รูปร่าง, Bulk density และความชื้น หากพบว่าคุณภาพของ Kibble มีความเบี่ยงเบนไปจาก MCL ควรให้ Operator ปรับสภาวะการผลิตให้เหมาะสม

Packing

-สุ่มเก็บตัวอย่าง 4 ชั่วโมง ต่อครั้ง ในทุกสายการผลิต แล้วนำมาตรวจสอบคุณภาพหลักต่าง ๆ เช่น %Ratio, %Broken product, %Good product, และ %Fine (%Fine ตรวจวันละ 1 ครั้ง โดยตรวจทุกผลิตภัณฑ์) นำตัวอย่างมาบดเพื่อส่งให้ห้องปฏิบัติการนำไปวิเคราะห์ความชื้นต่อไป

<u>วิธีการสุ่มเก็บตัวอย่าง</u> แบ่งตามสายการผลิต ได้แก่

1.การสุ่มเก็บตัวอย่างที่ Line Big Bag โดยเก็บตัวอย่างทุก ๆ 4 ชั่วโมง ครั้งแรกทำการสุ่มเก็บตัวอย่าง 4 ถุง โดยบันทึกวัน/เดือน/ปีที่ผลิต, Line ที่ผลิต และ เวลาที่ผลิต

- ถุงที่ 1 เก็บไว้เป็น Retained product
- ถุงที่ 2 เก็บไปให้ห้องปฏิบัติการ ทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์
- ถุงที่ 3 เก็บไว้เป็น Direct Shipment product โดยจะทำการกรีดถุง เพื่อตรวจสอบคุณภาพ Finished product ก่อนที่จะลำเลียงขึ้นรถ ซึ่งจะทำการจัดเกรดคุณภาพของ Finished Product โดยจะแบ่งออกเป็นเกรด A, B และ C ตามลำดับ ซึ่งจะใช้คุณภาพหลักดังนี้ คือ

ลักษณะสภาพโดยรวมของบรรจุภัณฑ์ภายนอก, การ seal, ความชัดเจนถูกต้องของ Graphic และ Date code, %Ratio, สี และรูปร่าง

- ถุงที่ 4 เก็บไว้เข้าห้อง Morning panel ซึ่งจะมีการจัดเกรดคุณภาพของ Finished product เหมือนกับถุงที่ 3 แต่จะมีการพิจารณาค่าความชื้น และ Bulk density ร่วมด้วย

ส่วนในครั้งต่อไปจะทำการสุ่มเก็บตัวอย่าง 2 ถุง ทุก ๆ 4 ชั่วโมง

- ถุงที่ 1 เก็บไว้เข้า Morning panel
- ถุงที่ 2 เก็บไว้เป็น Direct Shipment product

● ตรวจสอบคุณภาพของ Finished product ดังต่อไปนี้ คือ

%Ratio, %Broken product, %Good product และตรวจสอบ %Fine

วิธีการตรวจวัด:

-%Ratio, %Broken product และ %Good product

1. นำตัวอย่างที่เก็บทุก 4 ชั่วโมง มาทำการแยกโดยเครื่องแบ่งตัวอย่าง (Sample divider) แล้วชั่งตัวอย่าง 500 g.
2. ทำการแยก Kibble แต่ละชนิด โดยแยกส่วนที่แตกหักออกมาต่างหาก
3. นำ Kibble แต่ละชนิดทั้ง Good product และ Broken product มาชั่งน้ำหนัก
4. นำน้ำหนักที่ได้มาคำนวณหา %Ratio, %Broken product และ%Good product ดังนี้

$$\%\text{Ratio} = \frac{\text{น้ำหนักของ Kibble แต่ละชนิด}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด}} \times 100$$

$$\%\text{Broken product} = \frac{\text{น้ำหนักของ Kibble ที่แตกหัก}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด}} \times 100$$

$$\%\text{Good product} = \%\text{Ratio} - \%\text{Broken product}$$

5. บันทึกข้อมูลที่ได้

-วิธีการตรวจสอบ Fine

โดยตรวจวันละ 1 ครั้ง สำหรับทุกผลิตภัณฑ์

1. ชั่งน้ำหนัก pan
2. นำตัวอย่าง Finished product 150 กรัม ใส่ใน seive ที่มี Mesh no. 8 size 2.36 mm. ซึ่งมีลูกเหล็กอยู่ 2 ลูก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3. นำมาเข้าเครื่อง Sieve Analysis โดยตั้งเครื่องให้สั่นแบบ interval เป็นเวลา 2 นาที, Amplitude 8, interval ทุก 10 วินาที หลังจากเขย่าเสร็จชั่งน้ำหนัก pan แล้วนำมาหาผลต่างกับน้ำหนัก pan เริ่มต้น จะได้น้ำหนักของ Fine ที่มีอยู่ใน Finished product

$$\%\text{Fine} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างในชั้น pan}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด}} \times 100$$

ปัญหาที่พบ และ ข้อเสนอแนะ

Receiving and Unloading Liquid Area

1. ห้องที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพต่าง ๆ ของวัตถุดิบมีระยะห่างจาก Receiving Area มากทำให้ต้องเสียเวลามาก ในการเดินทางไปตรวจสอบ ดังนั้นควรจะมีห้อง ซึ่งมีวัสดุอุปกรณ์ที่พร้อมใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น อยู่ในบริเวณ Receiving Area เพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการตรวจสอบ
2. น้ำมันพืชที่รับมาแล้ว ยังไม่ได้ load ลง tank จะถูกเก็บไว้ใน palecon ที่เต็นท์ผ้าใบซึ่งมีแสงแดดส่องถึง โดยที่แสงแดด และ ความร้อนจากแสงแดด จะเป็นตัวเร่งให้เกิด Auto - oxidation ของน้ำมันและทำให้น้ำมันเกิด Rancidity ได้เร็วขึ้น ซึ่งมีผลต่อการลดอายุการเก็บรักษาในช่วงก่อนการผลิต ดังนั้นควรจะย้ายที่จัดเก็บใหม่ โดยเก็บไว้ในบริเวณที่แสงแดดไม่สามารถส่องถึง หรือ อาจเปลี่ยนภาชนะบรรจุเป็นสีทึบ

Batching Area

1. บริเวณ Minor Station ซึ่งจะมี Minor ingredients บางตัวที่ต้องกรีดถุงเทด้วยมือ พบว่าทุกครั้งที่เทจะมีการตกค้างอยู่บริเวณ Hand Station จึงต้องมีการใช้ค้อนทุบ เพื่อทำให้ ingredients ที่ตกค้างสามารถ Feed ไปให้ได้มากที่สุด ดังนั้นควรจะแก้ไขให้บริเวณ Hand Station ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยม เปลี่ยนเป็นรูปทรงกรวยแทน เพื่อแก้ปัญหาการตกค้างของ ingredients
2. บริเวณผนังโรงงานใต้ Sifter พบ Brooklice และ Indian meal moth ซึ่งเป็นแมลงที่กินเชื้อราเป็นอาหาร และ กิน meal เป็นอาหารตามลำดับ ซึ่งแมลงทั้ง 2 ชนิดสามารถเป็นตัวบ่งชี้ว่า บริเวณ Batching มีความชื้นสูง และ เป็นบริเวณที่มีความเสี่ยงที่จะเกิดการปนเปื้อนจากเชื้อราได้ แม้ว่า Mixed Meal ที่ได้จาก Batching จะต้องถูกให้ความร้อนสูงจาก Extrusion Area ซึ่งสามารถจะทำลายเชื้อรา หรือ เชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่ปนเปื้อนมาได้ แต่แมลงพวกนี้สามารถขยายพันธุ์ได้ในอัตราที่รวดเร็ว และ สามารถกัดกิน product ได้หลากหลาย อีกทั้ง Indian meal moth ยังสามารถบินไปวางไข่จำนวนมาก ในที่ต่าง ๆ ดังนั้นควรจะมีการทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอ ทั้งบริเวณพื้นโรงงาน และ ผนังโรงงาน ควรอุดรูหรือรอยแตกตามผนังที่แมลงนั้นอาจสามารถ เล็ดลอดเข้ามาได้ อีกทั้งปิดประตูให้สนิททุกครั้ง ที่เข้าโรงงาน และ ทำการตรวจสอบม่านลม ประตู ม่านพลาสติกต่าง ๆ ว่ามีสภาพที่ใช้งานได้เป็นปกติดีหรือไม่ หากพบว่ามีการชำรุดใช้การไม่ได้ควรแจ้งเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องให้ดำเนินการซ่อมอย่างเร่งด่วน
3. ในระหว่างการเท Minor ingredients จาก Bulk bag มาที่ Hopper จะมีฝุ่นฟุ้งกระจายมาก ดังนั้นควรมีพัดลมดูดอากาศ เพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่น
4. บริเวณที่เตรียม Micro ingredients จะมีการฟุ้งกระจายของฝุ่นมายังบริเวณทางเดิน และอาจมีการ

ปนเปื้อนจากสิ่งสกปรก และจุลินทรีย์ซึ่งติดมากับผู้ที่เดินผ่าน ดังนั้นควรทำห้องที่มีกระจกกั้นบริเวณนี้เพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นฟุ้งกระจายออกไปยังบริเวณทางเดิน และช่วยให้ทำความสะอาดได้สะดวกขึ้น เพราะจะทำความสะอาดเฉพาะบริเวณห้องกระจกเท่านั้นไม่ต้องเสียเวลาในการทำความสะอาดบริเวณทางเดินอีก นอกจากนี้ยังสามารถลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์จากสิ่งแวดล้อมภายนอกได้

5. บริเวณ Slide gate ที่ Mixed Mill Bin พบว่ามีการรั่วของ Meal ลงมากองอยู่ใต้ Mixed Mill Bin ซึ่งสามารถเป็นแหล่งอาหารอย่างดีของแมลง ดังนั้นควรจัดการซ่อมแซม โดยอุดรูรั่วที่บริเวณ Slide gate เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของ Mixed Meal จากสิ่งสกปรกภายนอกอีกด้วย

Extrusion Area

1. บริเวณ Extrusion มักจะมีการทำความสะอาด (Cleaning) บ่อยครั้ง เมื่อเกิดการ Shut down เนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น ไฟตก, ไฟดับ, Cutter สึก และ เปลี่ยนการผลิตชนิดของ Kibble ใหม่ โดยการ Clean ในแต่ละครั้ง จะใช้น้ำที่มีแรงดันสูงฉีดล้างทำความสะอาด ทำให้มีน้ำขังในบริเวณดังกล่าว และต้องใช้เวลานานในการกำจัดน้ำที่ขัง ทำให้เพิ่ม Down Time เนื่องจาก Extruder ไม่สามารถทำงานได้ ดังนั้นควรจะออกแบบพื้นให้มีความลาดเอียง และมีร่องระบายน้ำออกจากบริเวณ Extruder ได้ง่าย ซึ่งจะช่วยลดเวลาในการทำความสะอาดลงได้

Dryer Coater Cooler (DCC) Area

1. บริเวณ Dryer มักเกิดการอุดตันที่ Filter เนื่องจาก Hot air ที่ได้จาก steam บริเวณ Extruder และ air จากบริเวณ Cooler มีสิ่งสกปรก และ ฝุ่นมาก ทำให้สิ่งสกปรกสะสมอยู่ที่ Filter ของ Dryer เป็นสาเหตุให้ลมร้อนที่ผ่านเข้ามาใน Dryer ไม่สม่ำเสมอ มีผลทำให้อัตราการระเหยน้ำใน Kibble ไม่ดี ส่งผลให้ Kibble ที่ได้มีความชื้นสูง ควรจะจัดให้มีการทำความสะอาด หรือ ตรวจสอบสภาพของ Filter เดือนละ 2 ครั้ง

2. บริเวณ Coater จะเกิดการอุดตันของท่อ Palm stearine เนื่องมาจาก Palm stearine เกิดการแข็งตัวบริเวณข้อต่อ ซึ่งอาจเป็นเพราะบริเวณข้อต่อจะสูญเสียความร้อนที่ได้รับมากกว่าบริเวณท่อตรง ดังนั้นควรคำนวณว่าความร้อนทั้งระบบที่ท่อซึ่งหุ้มฉนวนควรจะได้รับในการทำให้ Palm stearine มีสถานะเป็นของเหลวควรมีปริมาณเท่าไร

3. บริเวณ Cooler พบว่า Bucket อาจมีการหลุด หรือ แตกได้ เนื่องมาจากอายุการใช้งานที่นานเกินไป ทำให้ Kibble ที่ผ่าน Cooler มาแล้วตกกระจายเต็มพื้น ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจ, เพิ่ม %Loss และ เวลาในการทำความสะอาดเพิ่มขึ้น ควรจะจัดให้มีการบำรุงรักษาหรือตรวจสอบสภาพของ Bucket และ เครื่องจักรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในการผลิตเดือนละ 2 ครั้ง

Packing Area

1. ปัญหาที่พบส่วนใหญ่มาจากเครื่องจักร อาทิเช่น

การบรรจุแบบถุง

- น้ำหนักไม่ได้ตมาตรฐานที่กำหนด ควรทำการสุ่มถุงมาชั่งน้ำหนัก แล้วปรับเครื่องให้ปล่อย Product เพิ่มขึ้น ถ้าน้ำหนักน้อยกว่ามาตรฐาน หรือ ปรับเครื่องให้ปล่อย Product น้อยลง ถ้าน้ำหนักมากกว่ามาตรฐาน
- การ seal ถุงแนวนอน บริเวณหูกระต่ายไม่ค่อยสนิท แก้ไขโดยเพิ่มอุณหภูมิในการseal หรือเพิ่มเวลาในการ seal
- การ seal แนวตั้งมักจะเหลื่อมกันทำให้เห็นเป็นสีขาว ซึ่งจะยอมรับได้ในช่วง < 5 mm. แก้ไขโดยการปรับระยะห่างของฟิล์มทั้งด้านซ้ายและด้านขวา

การบรรจุแบบกล่อง

- การพิมพ์วัน/เดือน/ปีที่ผลิต (Date Code) ข้างกล่อง ไม่ค่อยชัดเจน ทำให้ต้องนำผลิตภัณฑ์ที่อยู่ใน ถุงใสมาบรรจุกล่องใหม่อีกครั้ง ซึ่งทำให้สิ้นเปลืองกล่องและเสียเวลาในการบรรจุ ดังนั้นควรหาวิธีในการ แก้ไข เช่น ลบ Date Code ที่ไม่ชัดเจนออกแล้วพิมพ์ใหม่อีกครั้ง

2. เครื่อง Metal detector สามารถตรวจจับโลหะได้เฉพาะเหล็กเท่านั้น ทำให้อาจมีการปนเปื้อนของโลหะชนิดอื่น ๆ ใน Product ได้ เช่น เศษตะกั่วที่เกิดจากการเชื่อมในระหว่างการติดตั้งเครื่องจักร

3. ควรปรับมาตรฐาน (Calibration) และบำรุงรักษาเครื่องมือ และ เครื่องจักร (Preventive - Maintanance Plan) อย่างน้อยเดือนละครั้ง

4. การเกิด Cross Contamination โดยเกิดจากการที่มี Finished product ของ Cat กับ Dog มาผสมกัน ซึ่งอาจจะเกิดจากการ Clean บริเวณ Surge hopper ไม่ดีพอ เนื่องจากมีเวลาในการ Clean น้อย และวิธีการ Clean ไม่ค่อยมีประสิทธิภาพ อีกทั้งในบริเวณ Bucket elevator ซึ่งจะนำ Finished product ที่ผ่านการ Blend แล้วเข้า Surge Hopper ไม่ได้รับการทำความสะอาดที่เพียงพอ และใช้เวลาน้อยมากในการทำความสะอาด ดังนั้นควรเพิ่มเวลาในการทำความสะอาดให้มากขึ้น และมีวิธีการมาตรฐานในการทำความสะอาด โดยจัดทำ S.O.P. ซึ่งควรจะระบุจุดที่เป็นจุดที่มีการ ปนเปื้อนได้ง่าย (Critical point) ให้มีการทำความสะอาดอย่างละเอียดถี่ถ้วนอีกทั้งควรจะมีการติดตามตรวจสอบ (Verification) อีกครั้งโดย Operator ที่ควบคุมการผลิตในแต่ละกะ

2.3 Laboratory

ในส่วนของห้องปฏิบัติการ ได้ทำการเข้าอบรมและปฏิบัติการจริง รวมเป็นเวลา 2 สัปดาห์ โดยได้ทำการอบรมการปฏิบัติการหาปริมาณสารอาหารในวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ซึ่งมี 3 วิธีดังนี้ คือ

1. **วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน**
2. **วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน**
3. **วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น**

โดยมีรายละเอียดดังนี้ คือ

1. วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน

ซึ่งแบ่งเป็น 2 กรณี คือ

กรณีที่ 1 ถ้าตัวอย่างมีไขมันมากกว่า หรือ เท่ากับ 10% ซึ่งการวิเคราะห์จะแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ

1. การสกัดด้วยเครื่อง Auto Extraction Unit เรียกขั้นตอนนี้ว่า "Pre-extraction"

- ทำการเปิดเครื่องทำน้ำหล่อเย็น และ ตรวจดูว่า เครื่องทำน้ำหล่อเย็น ทำงานได้
- ชั่ง Celite 1 g. และ ตัวอย่าง 1 g. ลงใน Thimble
- นำ Thimble ไปใส่ในเครื่อง Auto Extraction Unit
- ชั่ง Cup เปล่าใส่ใน Stand
- เติม Petroleum Ether 80 ml ลงใน Cup หลังจากนั้นนำ Cup ที่ใส่ Petroleum Ether แล้วมาเข้าเครื่อง Auto Extraction Unit
- กดปุ่ม Heater เพื่อทำให้เครื่องมีอุรหภูมิสูงขึ้น และ ถึงอุณหภูมิที่ต้องการได้เร็วขึ้น
- เลือก Program 1 โดยใช้เวลาในการสกัดไขมันทั้งหมด 40 นาที ที่อุณหภูมิ 135 ^{o}C
- กดปุ่ม Start เพื่อเริ่มทำงาน
- เมื่อเครื่องทำการสกัดเสร็จ ตัว R บนหน้าจอจะหายไป ให้นำ Cup ที่มีไขมันที่สกัดได้ไปอบที่ 105 ^{o}C เป็นเวลา 1 ชั่วโมงใน Hot air oven เมื่อครบเวลาให้นำมาใส่ใน Dessicator เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นจึงนำมาชั่งน้ำหนักได้

2. การสกัดด้วยกรดด้วยใช้เครื่อง Hydrolysing Unit

- หลังจากนั้นให้นำตัวอย่างที่สกัดแล้ว มาเทใส่หลอด โดยเรียงลำดับตามหมายเลข และ เรียงจากซ้ายไปขวา
- เติมกรด 4 N. HCl 120 ml เติมลงไปในแต่ละหลอด
- หลังจากนั้นนำเข้าเครื่อง Hydrolysing Unit เปิด Heater ไปที่ระดับ max ปิด cover
- เมื่อเริ่มเดือดอ่อน ให้ปรับปุ่มไปที่ Low เป็นเวลา 1ชั่วโมง (ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้ไขมันสลายตัว)
- นำ Stand มาใส่ยาง ตามด้วย Thimble ชุดเก่าที่เทตัวอย่างใส่ในหลอดโดยเรียงลำดับตามตัวอย่างที่เทลงไป ในหลอด

- เมื่อครบกำหนด 1 ชั่วโมง ให้ทำการปิด Heater, เปิด Cover ออก และ ยกฝาครอบหลอดออกด้วย รอให้เย็น 10-15 นาที ระหว่างที่รอให้เย็น ต้มน้ำกลั่นให้ร้อน
- นำน้ำกลั่นที่เก็บไว้ในตู้เย็นมาเทใส่หลอดละ 100 ml.
- หลังจากนั้นทำการ Suction โดยนำสายยางมาต่อกับก๊อกน้ำ ปิดฝาครอบหลอด
- เปิดก๊อกน้ำ และ ทำการเปิด valve ที่เครื่อง Hydrolysing Unit เครื่องจะทำการดูดน้ำในหลอดจนหมด ให้ทำการหมุนหลอดด้วยขณะที่เครื่องทำการดูดน้ำ เพื่อช่วยให้ตะกอนของตัวอย่างขึ้นไปอยู่ใน Thimble ได้มากที่สุด
- ใช้ปีนดูดน้ำกลั่นที่ต้มร้อน มาฉีดลงในหลอดเพื่อไล่ตะกอน เมื่อทำการดูดน้ำในหลอดจนหมด หรือ มากที่สุด ให้ทำการปิด Valve ทำให้ครบทั้ง 6 หลอด
- หลังจากนั้นนำน้ำที่เหลือในหลอดเทใส่ใน Thimble
- หลังจากนั้นเช็ดหลอด,บริเวณฝาครอบ และ ฝาที่ปิด Thimble ด้วยสำลีที่เปียก Acetone หมาด ๆ เพื่อทำให้ คราบไขมันที่ติดอยู่จะได้หลุดออกหมด
- นำสำลีที่เช็ดตามบริเวณที่กล่าวมาแล้วไปใส่ใน Thimble แล้วทำการเปิด Valve ไล่น้ำให้ Thimble แห้ง
- นำยางออกจาก Stand แล้วนำ Thimble ไปอบโดยใช้ Microwave ซึ่งเลือก Step 1 Low level เป็นเวลา 60 นาที หรือ อบด้วย Hot air oven ข้ามคืนก็ได้

3. <u>การสกัดไขมันด้วยเครื่อง Auto Extraction Unit</u> ซึ่งเรียกกันว่า “Second Extraction”

- เมื่อทำการอบเสร็จแล้วให้นำ Thimble ไปเข้าเครื่อง Auto Extraction Unit อีกครั้ง
- เลือกใช้ Program 2 ซึ่งใช้เวลาในการสกัด 90 นาที ที่อุณหภูมิ 135 ^{o}C แล้วทำขั้นตอนต่าง ๆ เหมือน
- Pre–extraction หลังจากนั้นให้นำตัวอย่างใน Thimble มาทิ้ง แล้วนำ Thimble มาล้างทำความสะอาด และนำไปอบที่ 105 ^{o}C เป็นเวลา 1 ชั่วโมงด้วย Hot air oven เมื่อครบเวลาให้นำมาใส่ใน Dessicator เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นจึงนำมาใช้ได้

กรณีที่ 2 ถ้าตัวอย่างมีไขมันน้อยกว่า 10 % ซึ่งการวิเคราะห์จะแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ

1. <u>การสกัดด้วยกรดด้วยใช้เครื่อง Hydrolysing Unit</u>
2. <u>การสกัดไขมันด้วยเครื่อง Auto Extraction Unit</u>

ซึ่งมีรายละเอียดวิธีการวิเคราะห์เหมือนกับ กรณีที่ 1 เพียงแต่มี 2 ขั้นตอน โดยเริ่มจากการ Hydrolyse ก่อน

<u>การคำนวณหาปริมาณ (% ไขมัน)</u>

$$\% \text{ ไขมัน} = \frac{\text{น้ำหนักของถ้วยที่มีไขมัน - น้ำหนักของถ้วยที่ไม่มีไขมัน}}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง}} \times 100$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน

แบ่งตัวอย่างที่ต้องการหาปริมาณโปรตีนออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. ถ้าตัวอย่างมีโปรตีนมากชั่ง 0.5000 ± 0.0001 g. เช่น Poultry Meal, Meat & Bone Meal, Maize Gluten, Kibble
2. ถ้าตัวอย่างมีโปรตีนน้อยชั่ง 1.000 + 0.0001 g. เช่น Corn, Broken Rice

รายละเอียดวิธีการวิเคราะห์

- เปิด Digestor เพื่อรอให้อุณหภูมิถึง 420 °C
- ชั่งตัวอย่างใส่หลอด
- ใส่ Kjeltab ประมาณ 2 เม็ด
- ใส่ Conc. Sulfuric 10-15 ml. (ถ้าโปรตีนมากให้ใช้กรดมากขึ้น แต่ไม่เกิน 15 ml)
- ปิดฝายกใส่ Digestor ซึ่งมีอุณหภูมิ 420 °C
- ทำการเปิด Scrubble Unit ที่ Max. เป็นเวลา 5 นาที เมื่อครบเวลาทำการ Low อีกเป็นเวลา 55 นาที
- เมื่อครบเวลาให้ยกหลอดลงจาก Digestor ทิ้งไว้ 15 นาที และทำการปิด Scrumble ด้วย
- หลังจากนั้นนำหลอดที่ทำการย่อยโปรตีนเสร็จแล้วออก หลังจากนั้นนำฝาครอบมาล้างด้วยน้ำกลั่น
- หลังจากนั้นนำหลอดมาเข้าเครื่อง Kjeltech เพื่อทำการกลั่น และ Titration หาปริมาณโปรตีนต่อไป โดยการย่อยจะทำให้เกิดปฏิกิริยาดังต่อไปนี้

$$\text{Protein} + H_2SO_4 \xrightarrow[\text{Catalyst}]{\text{Salt } K_2SO_4} (NH_4)_2SO_4$$

- หลังจากนั้นจะนำมาทำการกลั่น และหาปริมาณไนโตรเจนโดยการไตเตรทชั่น แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณ โปรตีนโดยการคูณด้วย Conversion Factor ที่เหมาะสมซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของตัวอย่าง

$$\% \text{ Protein} = \%\text{Nitrogen} \times \text{Conversion Factor}$$

- ในการไตเตรทนั้นจะใช้ HCL เป็นตัว Titrant (ใส่ใน Buret) และใช้ Indecator คือ Boric acid

<u>การคำนวณหาปริมาณโปรตีน (%โปรตีน)</u>

$$\% \text{ Nitrogen} = \frac{(T-B) \times N \times 14.007}{\text{Weight of Sample in mg}} \times 100\ \%$$

$$\% \text{ Protein} = \%\text{Nitrogen} \times \text{Conversion Factor}$$

T = Titration volume for sample (ml)

B = Titration volume for blank (ml)

N = Normality of Acid' to 4 place of decimal

F = Conversion Factor for Nitogen to Protein e.g. 6.25, 5.71, 6.38 depending on sample

3. วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น

1. อบถ้วยอะลูมิเนียม โดยใช้ตู้อบไฟฟ้า (Electric oven) ที่อุณหภูมิ 105 °C นาน 1 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในตู้ดูดความชื้น 30 นาที
2. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 2 กรัม (ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ) ใส่ลงในถ้วยซึ่งทราบน้ำหนักแล้ว ใช้คีมคีบเคาะถ้วยให้ตัวอย่างกระจายสม่ำเสมอ
3. อบถ้วยตัวอย่างในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 °C นาน 8 ชั่วโมง
4. นำออกจากตู้อบใส่ในตู้ดูดความชื้น 30 นาที ชั่งน้ำหนัก
5. คำนวณหา % ความชื้นจากสูตร

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{\text{ผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3

"การศึกษาการสอบเทียบเครื่อง Near Infrared ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางอาหาร"

"Study of Calibration of Near Infrared Instrumentation for Food Analysis"

บทนำ

วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณอนุภาคต่าง ๆ ในอาหาร หรือ Food Analysis เริ่มต้นขึ้นประมาณ 100 ปีที่ผ่านมาโดย นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน 2 ท่าน คือ Henneberg และ Stomahman โดยได้วิเคราะห์ว่าในอาหารสัตว์มีองค์ประกอบหลักอะไรบ้างอย่างคร่าว ๆ ซึ่งเรียกวิธีการนี้ว่า "Proximate Analysis of Food" ในปัจจุบันการวิเคราะห์องค์ประกอบใน อาหารได้พัฒนาขึ้นมาก โดยนักวิทยาศาสตร์ได้คิดค้นวิธีการต่าง ๆ ซึ่งมีประสิทธิภาพ, แม่นยำ และ รวดเร็ว หนึ่งในวิธีการที่ยอมรับในการวิเคราะห์องค์ประกอบในอาหารนั้นก็ คือ "Near Infrared Spectroscopy" ซึ่งเป็นวิธีการที่ทันสมัย และ ได้รับ ผลการวิเคราะห์ที่รวดเร็วมาก แต่วิธีการดังกล่าวนั้นจะต้องมีการ Calibration หรือ สอบเทียบก่อน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

"การศึกษาการสอบเทียบเครื่อง Near Infrared ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางอาหาร"

"Study of Calibration of Near Infrared Instrumentation for Food Analysis"

โดย จารุนันท์ รัศมีโรจน์ วันที่ 12 ธันวาคม 2543

Inframatic 8620 เป็นเครื่องมืออัตโนมัติ ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณอนุภาคในตัวอย่างอาหารได้อย่างรวดเร็ว โดยใช้หลักการทำงานของ Near Infrared Spectroscopy ซึ่งก่อนการใช้งานต้องทำการสอบเทียบก่อน โดยมีขั้นตอนดังนี้ คือ Collect Data, List Data และ Data Analysis Regression(All sample, All filters), Auto Filter Search, Regression (Selected Filters), และ Transfer Data เพื่อสร้าง Calibration Curve ไว้เป็นมาตรฐานเพื่อใช้หาค่าของ Unknown Samples จากผลการทดลองได้ทำการสร้าง Calibration curve ของวัตถุดิบ และ ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้ดังรายการต่อไปนี้ คือ ข้าวโพด (Corn) และ Bone Biscuit และได้ทำการทดสอบ Standard curve ที่มีอยู่เดิม ซึ่งได้จากการถ่ายโอนข้อมูลจากเครื่อง NIR ของ Unit อื่น (Effem, Australia) ว่าสามารถที่จะใช้กับวัตถุดิบ และ ผลิตภัณฑ์ในประเทศไทยได้หรือไม่ ปรากฏว่ามีข้อมูลที่สามารถใช้แทน กันได้ดังต่อไปนี้ คือ เปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวโพด, เปอร์เซ็นต์โปรตีนของเนื้อและกระดูกป่น (Meat & Bone Meal) และ เปอร์เซ็นต์ความชื้นของสัตว์ปีกป่น(Poultry Meal)

ปัจจุบันสามารถใช้เครื่อง Inframatic 8620 กับรายการดังต่อไปนี้ คือ Whiskas, Kibble of Pedigree, Bone Biscuit และ ข้าวโพด สำหรับวัตถุดิบ และ ผลิตภัณฑ์ที่ยังดำเนินการโดยเครื่อง Inframatic 8620 ไม่ได้ยังคงทำ การเก็บตัวอย่างเพิ่ม เพื่อมาเก็บรวบรวมข้อมูลให้มากขึ้น และดำเนินการสอบเทียบต่อไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

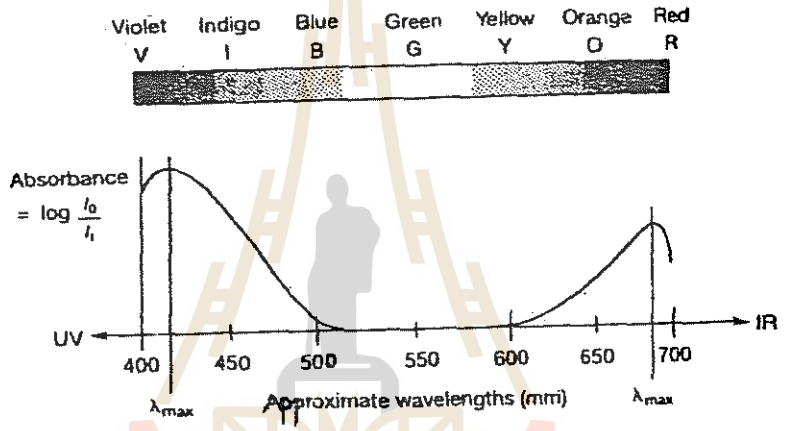
บทที่ 3 "การศึกษาการสอบเทียบเครื่อง Near Infrared ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางอาหาร"

3.1วัตถุประสงค์

1. เพื่อทำการทดสอบ Standard curve ที่มีอยู่เดิม ซึ่งได้จากการถ่ายโอนข้อมูลจากเครื่อง NIR ของ Unit อื่น (Effem, Australia) ว่าสามารถที่จะใช้กับวัตถุดิบ และ ผลิตภัณฑ์ในประเทศไทยได้หรือไม่
2. เพื่อทำการสอบเทียบ (Calibration) เครื่อง Inframatic 8620

3.2 ความหมาย และ ความสำคัญของ Near Infrared (NIR)

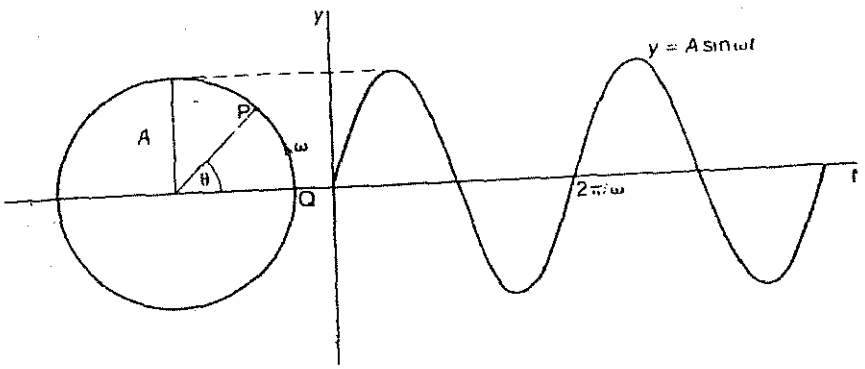
แสง คือ พลังงานชนิดหนึ่งซึ่งอยู่ในรูปของคลื่น ที่มีหลายความถี่ และ ความยาวคลื่น เช่น แสงที่ตาคนเรามองเห็น (Visible Light) ที่มีความยาวคลื่น 400-700 nm และ แสงที่ตาคนเรามองไม่เห็น เช่น Ultra violet มีความยาวคลื่นน้อยกว่า 400 nm และ Infrared มีความยาวคลื่น 700-5,000 nm



รูปที่ 9 แสดงช่วงความยาวคลื่นโดยประมาณ ที่ดูดกลืนคลื่นแสงสีต่าง ๆไว้

ที่มา: James,1994

Near Infrared (NIR) เป็นพลังงานแสงซึ่งอยู่ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic wave)มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 700 – 2,500 nm และมีลักษณะการเคลื่อนที่แบบ Simple Harmonic Wave (เคลื่อนที่แบบซ้ำไปซ้ำมา)



รูปที่ 10 แสดงลักษณะการเคลื่อนที่ของ Near Infrared

ที่มา: Fearn and Hindle, 1993

NIR มีช่วงคลื่นที่ตอบสนองกับ อนุภาคในองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์อาหาร จึงสามารถใช้ในการวิเคราะห์หา ปริมาณโปรตีน, ไขมัน, ความชื้น, เซลลูโลส, ไฟเบอร์ , สตาร์ช , แอลกอฮอล์ก , ยูเรีย และ แลคโตส ในอาหารได้ โดยการตรวจ ลักษณะการสะท้อนแสง (Reflectance) ของอนุภาคต่าง ๆ ในอาหาร ซึ่งแต่ละอนุภาคในอาหาร จะมีความจำเพาะเจาะจง กับ Near Infrared ที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ

เช่น โปรตีน (Protein) จะตอบสนองกับ Near Infrared (NIR) ที่มีความยาวคลื่น 2180 nm

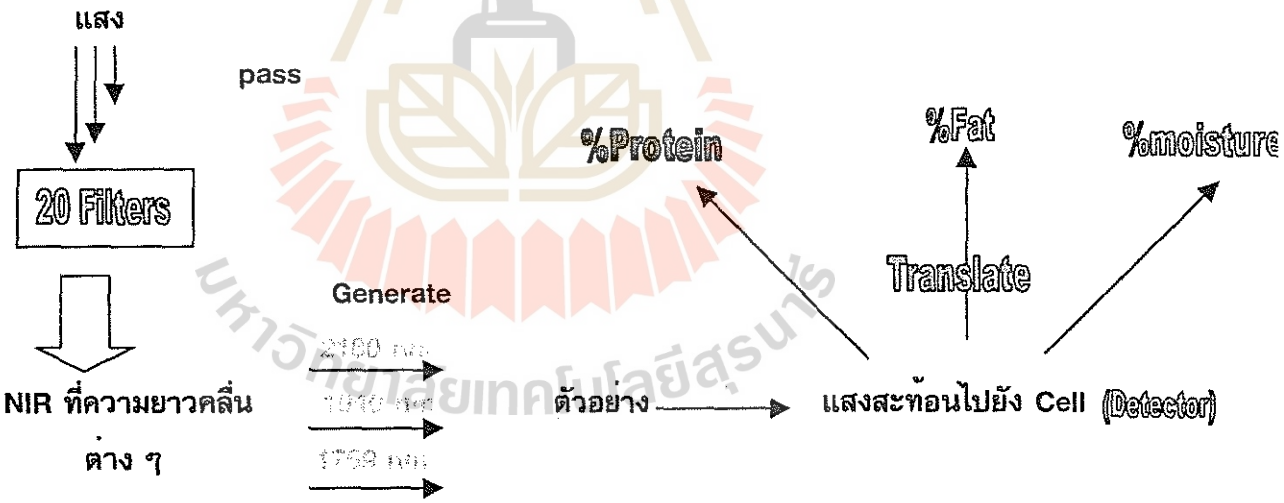
ไขมัน (Fat) จะตอบสนองกับ Near Infrared (NIR) ที่มีความยาวคลื่น 1759 nm

ความชื้น (Moisture) จะตอบสนองกับ Near Infrared (NIR) ที่มีความยาวคลื่น 1940 nm

ดังนั้นจึงมีความพยายามที่จะนำคุณสมบัติของ Near Infrared มาใช้ในการวิเคราะห์หา ปริมาณโปรตีน, ไขมัน และ ความชื้น ในตัวอย่างอาหาร โดยในโครงงานนี้ใช้เครื่อง Inframatic 8620 ในการวิเคราะห์

<u>หลักการทำงานของเครื่อง Inframatic 8620</u>

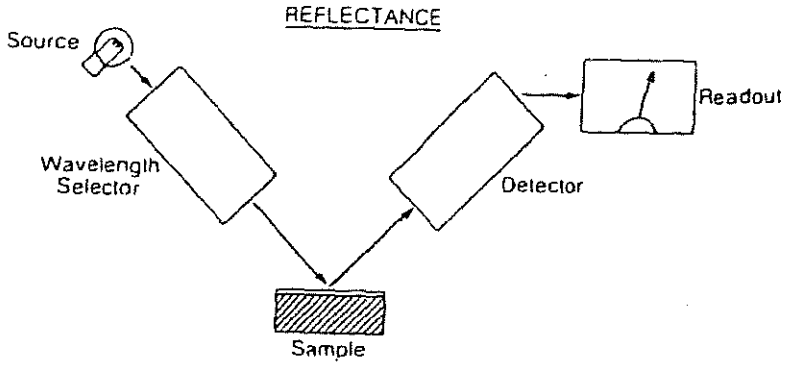
Inframatic 8620 เป็นเครื่องมืออัตโนมัติที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณอนุภาคในตัวอย่างอาหาร ได้อย่างรวดเร็ว โดยใช้หลักการทำงานของ Near Infrared Spectroscopy ดังนี้



แสงจากแหล่งกำเนิดแสง (หลอดไฟ) ส่องผ่านไปที่ Filters จำนวน 20 filters เพื่อกำเนิด NIR ที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ ที่ต้องการ ซึ่งอยู่ในช่วง Near Infrared หลังจากนั้นแสงที่มีความยาวคลื่นต่างๆ จะผ่านไปยังตัวอย่างอาหาร แล้วตัวอย่างอาหารจะสะท้อนแสงไปยังเซลล์วัดแสง หลังจากนั้น เครื่อง Inframatic 8620 จะทำการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนคลื่นแสง ซึ่งได้มาจากการนำค่า การ สะท้อนแสง(Reflectance) มาคำนวณตาม Beer 's Law

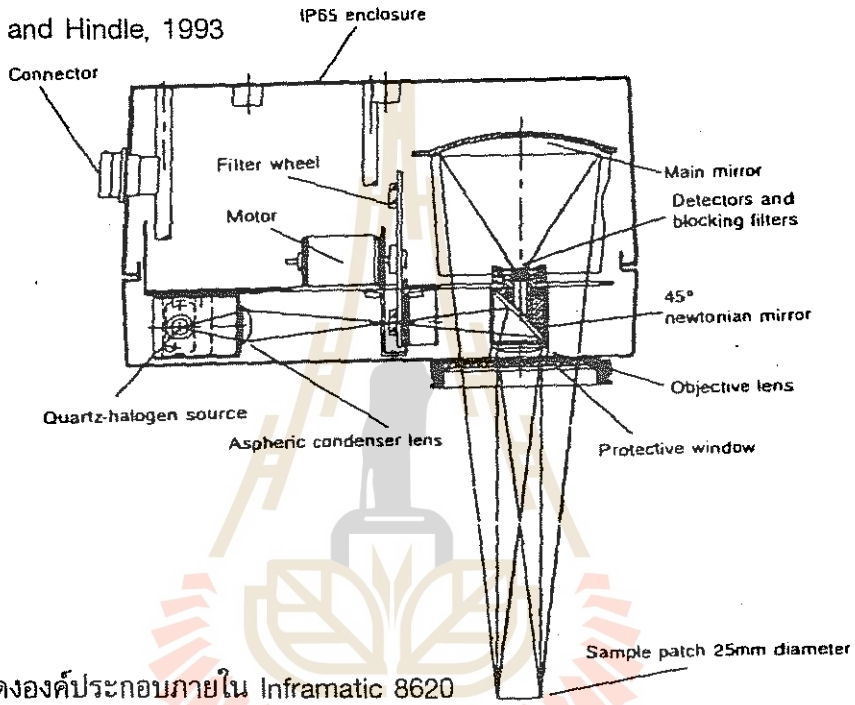
$$\text{Absorbance} = \log(1/\text{Reflectance})$$

แล้วนำมาพลอทกับ %โปรตีน, %ไขมัน และ %ความชื้น



รูปที่ 11 แสดง Instrumentation For Near Infrared Spectroscopy

ที่มา: Fearn and Hindle, 1993



รูปที่ 12 แสดงองค์ประกอบภายใน Inframatic 8620

ที่มา: Fearn and Hindle,1993

3.3 การสอบเทียบ (Calibration)

ก่อนการใช้เครื่อง Inframatic 8620 จะต้องมีการสอบเทียบก่อน หรือ ทำ Calibration ก่อน

ความหมาย

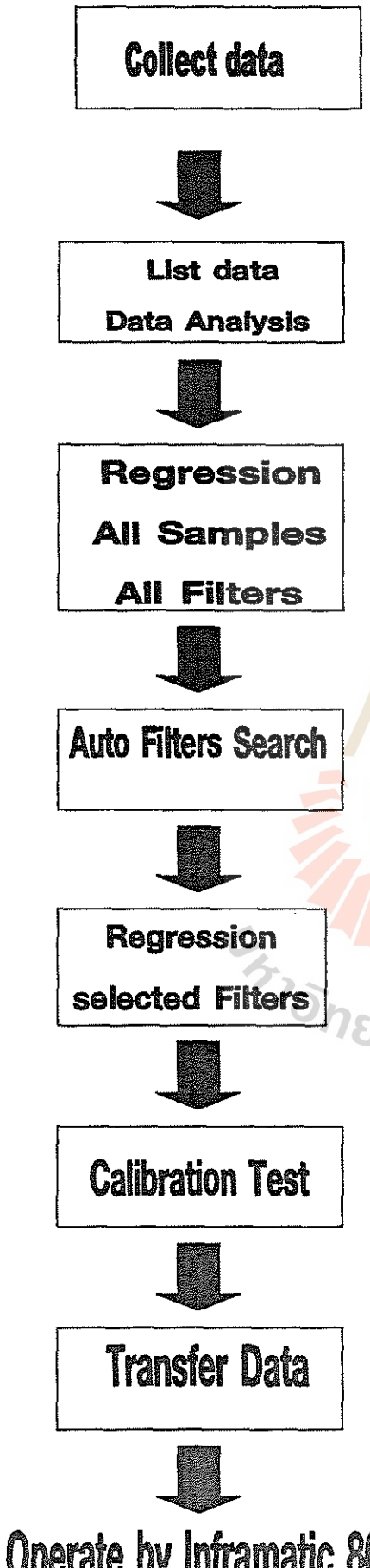
การสอบเทียบ (Calibration) คือ การสร้างความสัมพันธ์ของค่าที่เกิดจากการวัดโดยเครื่องมือ และ ค่าที่ได้จากการวัดจากวิธีการมาตรฐาน เพื่อนำตัวอย่างที่ไม่ทราบค่ามาเปรียบเทียบ แล้วสามารถหาค่าของตัวอย่างอาหาร ที่ไม่ทราบค่าได้(Unknown Samples)

หลักการของการสอบเทียบเครื่อง NIR

1. เตรียมตัวอย่างที่ใช้ในการสอบเทียบ (Make Calibration Samples)
2. การวิเคราะห์ค่าของตัวอย่างที่ใช้ในการสอบเทียบ หรือ Calibration Sample ต้องทำการตรวจวัด หรือ วิเคราะห์จากวิธีการที่เป็นมาตรฐาน เช่น อ้างอิงจาก AOAC
3. นำตัวอย่างที่ใช้ในการสอบเทียบ หรือ Calibration Sample มาป้อนข้อมูลลงใน Inframatic 8620 เพื่อสร้างเป็น Standard Curve
4. ทำการทดสอบ Standard Curve โดยใช้ Regression Program เพื่อคำนวณหาค่าคงที่ในการสอบเทียบ (Calibration constants) และ ถ่ายโอนไปเก็บไว้ใน Inframatic 8620

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขั้นตอนในการสอบเทียบ (Flow Chart of Calibration)



เก็บ และ สะสมข้อมูลจาก Calibration Samples

ตรวจสอบว่าข้อมูลที่เก็บ และ จะนำมาประมวลผล ว่าถูกต้อง หรือไม่ และวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบต่างๆ เช่น Histogram, Correlation, Spectrum plot เป็นต้น

เลือก filters โดยใช้ตัวอย่างทั้งหมด และ ทุก Filters เพื่อสามารถเห็นภาพรวมได้ว่า ข้อมูลใดมีความแตกต่างมากกว่าข้อมูลอื่น หรือ Difference มาก เพื่อจะได้ลบออก (Delete Record)

เลือก Filters ที่เหมาะสมและสามารถตอบสนองกับตัวอย่างและ % Nutrientsที่ต้องการวิเคราะห์ดีที่สุด จำนวนของ Filters ไม่ควรมากเกินไป

วิเคราะห์ผลว่า Filters ที่เลือกใช้มีความเหมาะสมเพียงใด โดยใช้ Regression Program ซึ่งจะแสดงค่าทางสถิติต่าง ๆ เช่น R^2, Correlation, Standard Error , และ F-test

ตรวจสอบว่า กราฟมาตรฐานควรจะมีการปรับ Slope หรือ C_0

การย้ายกราฟ calibration standard curve จากเครื่อง C_0 Computer มาลงยัง Inframatic 8620

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

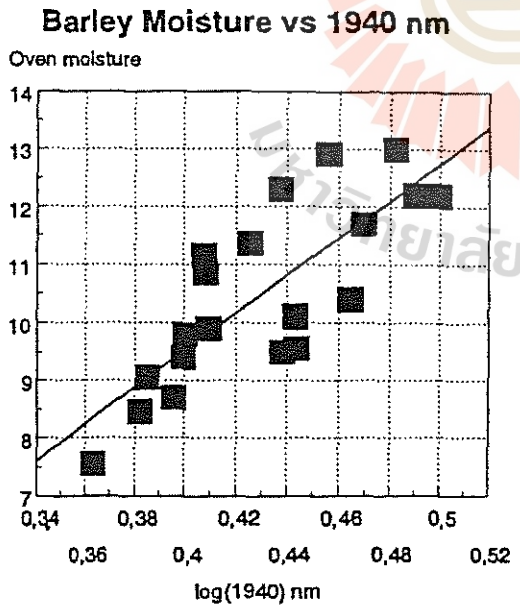
การสร้างกราฟมาตราฐานที่ใช้ในการสอบเทียบ

นำตัวอย่างที่รู้ค่า จากการวัดโดยวิธีมาตราฐาน มาป้อนผลข้อมูล wet chemical lab ซึ่งได้แก่ %โปรตีน, %ไขมัน และ %ความชื้น ใส่ในเครื่อง Inframatic 8620 เพื่อหาค่าการดูดกลืนคลื่นแสง หลังจากนั้นนำข้อมูลทั้งสอง มาสร้างความสัมพันธ์เป็นกราฟมาตราฐาน แสดงจากตัวอย่างดังต่อไปนี้

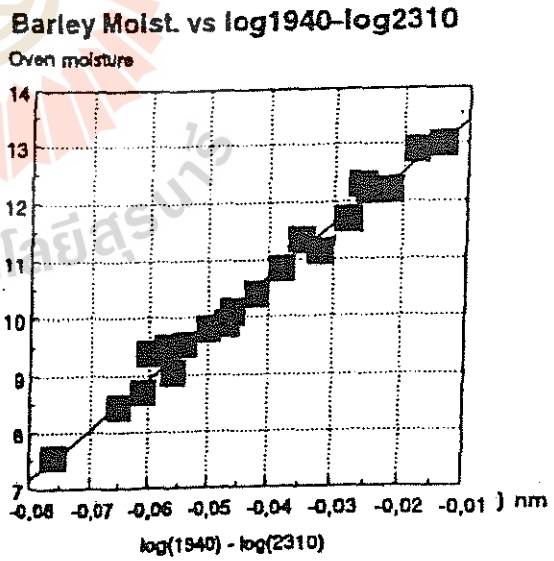
ตัวอย่าง Barley (ข้าวบาร์เลย์) 20 Samples

ตารางที่ 4 แสดงความชื้นโดยวิธีการวิเคราะห์จาก AOAC และ ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ 1940 nm ของข้าวบาร์เลย์

Moisture (%) AOAC method	Absorbance at 1940 nm	Moisture (%) AOAC method	Absorbance at 1940 nm
7.55	0.36342	10.4	0.46437
8.45	0.38214	10.85	0.40843
8.70	0.39585	11.15	0.40790
9.05	0.38507	11.35	0.42551
9.40	0.39972	11.70	0.46944
9.50	0.43819	12.20	0.49005
9.55	0.44372	12.20	0.49994
9.80	0.40061	12.30	0.43765
9.90	0.40973	12.90	0.45592
10.10	0.44301	13.00	0.48210

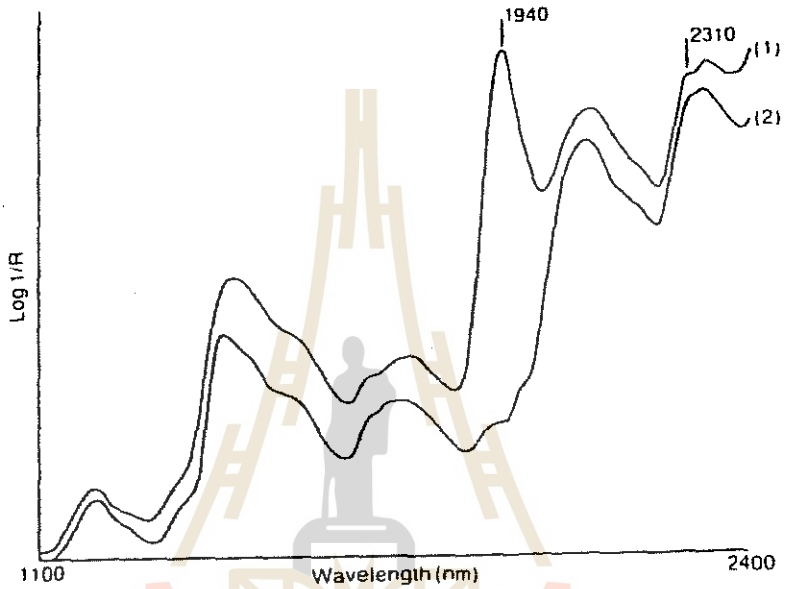


รูปที่ 13 แสดงกราฟความชื้นของ Barley กับ log(1940) nm



รูปที่ 14 แสดงกราฟความชื้นของ Barley กับ log(1940) - log(2310) nm

เมื่อสร้างกราฟมาตราฐานระหว่างค่าการดูดกลืนคลื่นแสง กับ %Nutrients ที่ความยาวคลื่น 1940 nm พบว่า ความสัมพันธ์ที่ปรากฏไม่ชัดเจนเนื่องจากขนาดของอนุภาคที่แตกต่างกันมีอิทธิพลเหนือลักษณะการสะท้อนแสง แต่ปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขได้โดยการใช้ Delta optical data (ΔOD) โดยการพลอทกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้น และ ค่าความแตกต่าง ΔOD(1940-2310) = L(1940) –L(2310) ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง และสามารถลดผลกระทบจากขนาดของอนุภาคที่แตกต่างกันได้ โดยแสดงดังรูปที่ 14



รูปที่ 15 กราฟแสดงความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนคลื่นแสงสูงที่สุด(λmax) และ ช่วง Delta optical data
ที่มา: Fearn and Hindle,1993

จากกราฟรูปที่ 14 จะได้ Calibration Equation $y = mx + C_0$

$$\text{Moisture} = 88.8\ (\Delta OD) + 14.3$$

$$\text{Moisture} = 88.8\ [\text{Log}(1940) - \text{Log}(2310)] + 14.3$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การใช้ Standard Calibration Curve

นำตัวอย่างที่ไม่ทราบค่า %Moisture มาวัดด้วยเครื่อง Inframatic 8620 เครื่องจะทำการอ่านเป็นค่า Reflectance ก่อน แล้วจึงคำนวณเป็นค่า Absorbance หลังจากนั้นจึงนำมาพลอทหาค่า %Moisture อย่างรวดเร็ว

ตัวอย่าง การทำงานของ Inframatic 8620 เช่น

Absorbance from Inframatic 8620 ที่ 1940 nm = 0.49005 A

Absorbance from Inframatic 8620 ที่ 2310 nm = 0.51216 A

$$\text{Moisture} = 88.8\ (\Delta OD) + 14.3$$

$$\text{Moisture} = 88.8\ [\text{Log}(1940) - \text{Log}(2310)] + 14.3$$

แทนค่า $\text{Moisture} = 88.8\ [0.49005 - 0.51216] + 14.3 = \underline{\mathbf{12.3}}\ \%$

$\therefore$ ตัวอย่างที่นำมาทดสอบมีความชื้น **12.3** %

ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า ความแม่นยำของ Inframatic 8620 จึงขึ้นอยู่กับ ความแม่นยำของผล Lab เนื่องมาจากในการ สอบเทียบ หรือ Calibration นั้นข้อมูลที่ใช้เป็น Calibration Samples มาจากการทดลองใน Lab ซึ่งอ้างอิงจากวิธีการวิเคราะห์ที่ได้มาตราฐาน

<u>การสอบเทียบเครื่อง Inframatic 8620</u>

การใช้ Program NIR

- เข้าโปรแกรม MS DOS
- พิมพ์ cd.. หรือ cd\ เพื่อเข้าสู่ Directory C:>
- หลังจากนั้นพิมพ์ NIR
- เลือก QUIT หลังจากนั้น หน้าจอจะขึ้น Main Menu ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

```
Inframatic Program Menu

Date: 02.02.1993   Time: 11:00:00

1 = Service programs
2 = Analysis
3 = Calibration programs
4 = End

Please select
```

- เลือก 3 เพื่อเข้าสู่การสอบเทียบ หรือ **Calibration Program**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Collect Data

- หลังจากเลือก 3 เพื่อเข้าสู่การสอบเทียบ หรือ Calibration Program แล้วหน้าจอจะปรากฏรายการต่าง ๆ 12 รายการ ดังนี้

```
Inframatic Calibration Programs Menu

1 = Return to main menu
2 = Collect data
3 = Data directory
4 = List data
5 = Data analysis
6 = Regression
7 = Auto filter search
8 = Calibration test
9 = Change data
10= Combine datasets
11= Sample selection
12= Transfer data
```

- เลือก 2 เพื่อเข้าสู่ Collect Data Program หลังจากนั้นหน้าจอจะปรากฏดังนี้

```
Inframatic Collect Data

1 = New file          2 = Add data
    Directory No.         File No.

    Filters

1 = Inframatic        2 = Manual inputs
```

- เลือก 1 New file หมายถึง ต้องการที่จะสร้างแฟ้มใหม่ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลใหม่
- Directory พิมพ์ 1
- File ตอบ y (yes)
- Filters พิมพ์ all หมายถึงเลือกทุก Filters
- เลือก 1 Inframatic เพื่อให้เครื่องทำการวัดให้ (* Manual input จะถูกใช้ในการเติมค่าต่าง ๆเองจาก Key bord ของเครื่อง Inframatic 8620)
- หลังจากนั้นหน้าจอจะปรากฏตามรูปด้านล่าง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
Inframatic Collect Data

Name:
Product:
No of parameters:
Name of Parameter 1:
...
Comment:
```

- Name ใส่ชื่อผลิตภัณฑ์ที่เราต้องการจะวิเคราะห์ เช่น Broken Rice , Whisgas หรือ Chappi
- No. of Parameters ให้ใส่จำนวนของปัจจัยที่ต้องทำการสอบเทียบ เช่น ต้องการวิเคราะห์หาความชื้น และโปรตีน ของผลิตภัณฑ์ ดังนั้น No. of Parameters จึงพิมพ์ 2
- Name of parameter ให้ใส่ชื่อของปัจจัยแต่ละตัวที่ต้องการจะวิเคราะห์ เช่น

  Name of parameter 1 : Protein

  2 : Moisture

- Comment จะใส่ หรือ ไม่ใส่ก็ได้ อาจจะใส่ชนิดของ grinder หรือ การเตรียมตัวอย่าง

หลังจากนั้นโปรแกรมจะถาม Sample ID คืออะไร และ ให้ใส่ค่าอ้างอิงจากแล็ปเปียก ดังนี้

Sample ID = _ _ _ _ _ _ _ _

Lab Protein = _ _ _ _ _ _ _ _

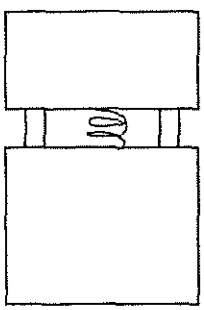
Lab Fat = _ _ _ _ _ _ _ _

Lab Moisture = _ _ _ _ _ _ _ _ OK (y/n)

Check sample packing ! Press (Enter) to continue

Working Please wait...

- หลังจากนั้นนำตัวอย่างที่จะวิเคราะห์คนด้วยช้อนที่สะอาดเพื่อผสมตัวอย่างให้เข้ากัน ตักตัวอย่างประมาณ 10-15 กรัมใส่ตัวอย่างลงไปในช่องใส่ ตัวอย่าง (sample compartment) หรือ ใส่จนล้น
- กดตัวอย่างด้วยที่กดตัวอย่าง (Sample compressor) อย่างระมัดระวัง โดยกดให้สปริงหดลง แล้วทำให้ 2 ส่วนของที่กดตัวอย่างสัมผัสกันหรือติดกัน ไม่ต้องกดแรงมาก
- กดปุ่ม enter ที่แป้น Key bord เครื่อง Inframatic 8620 จะทำการอ่านค่าต่าง ๆ ออกมาดังตัวอย่างต่อไปนี้



รูปที่16 Sample Compressor

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
Inframatic Collect Data
Barley  Record 2      Seq 1
Sample id.= BL 1

LAB Moisture = 9.3
LAB Prot d.b = 9.95

Log 1  = 0.45337     54    Log 11 = 0.37892     97
Log 2  = 0.45484     45    Log 12 = 0.34477    145
Log 3  = 0.45404     51    Log 13 = 0.40055    132
Log 4  = 0.43520     63    Log 14 = 0.22446    109
Log 5  = 0.35793     81    Log 15 = 0.23516    102
Log 6  = 0.36166    100    Log 16 = 0.23483     96
Log 7  = 0.37149     96    Log 17 = 0.22749     97
Log 8  = 0.37439     91    Log 18 = 0.22797     99
Log 9  = 0.40151     81    Log 19 = 0.20475     90
Log 10= 0.41502      63    Log 20 = 0.25527    113

1= Next sample, 2 =Duplicate, 3= Average, 4= Repeat,
5= End
```

- ถ้าต้องการเก็บข้อมูลตัวอย่างใหม่ ให้เลือก 1 = Next
- ถ้าต้องการเก็บข้อมูลตัวอย่างที่ทำไปแล้วซ้ำให้เลือก 2 = Duplication
- ถ้าต้องการเฉลี่ยข้อมูลที่ได้ทำการเก็บมาแล้วให้เลือก 3 = Average.
- ถ้าต้องการเก็บข้อมูลซ้ำ โดยจะลบข้อมูลที่เก็บครั้งก่อนออก ใช้ในกรณีที่มีการกรอกข้อมูลผิด หรือกรณีความผิดพลาดอื่นให้เลือก 4 = Repeat
- ถ้าต้องการออกจาก Collect Data Program หรือ ทำการ Collect Data เสร็จแล้ว หรือเมื่อต้องการกลับเข้าสู่ Inframatic Calibration Program Menu ให้เลือก 5 = End

List Data

Data Analysis

1. List Data

- เมื่อกลับมาอยู่ที่ Inframatic Calibration Program Menu
- เลือก 4 เพื่อเข้าสู่ List Data Program หน้าจอจะปรากฏรายละเอียดดังนี้

```
Inframatic List Data 1/1 BARLEY

All records                (Y/N)
List labs                  (Y/N)
List logs                  (Y/N)
Repack Differences         (Y/N)
```

- โปรแกรมจะถามว่าต้องการตรวจสอบข้อมูลทั้งหมดหรือไม่ (All Record) ถ้าต้องการเลือก y ถ้าไม่ต้องการเลือก n

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- โปรแกรมจะถามว่าต้องการดูข้อมูลแล็ปหรือไม่ (List Lab) ถ้าต้องการเลือก y ถ้าไม่ต้องการเลือก nโปรแกรมจะถามว่าต้องการดูค่า Absorbance หรือไม่(List Log) ถ้าต้องการเลือก y ถ้าไม่ต้องการ เลือก n
- โปรแกรมจะถามว่าต้องการ Repack หรือ ใส่ตัวอย่างในที่ใส่ตัวอย่าง (Sample compartment) ในเครื่อง Inframatic 8620 หรือไม่ (Repack Difference) ถ้าต้องการเลือก y ถ้าไม่ต้องการเลือก n ถ้าพบว่ามีข้อมูลที่ผิด ให้บันทึกหมายเลขของข้อมูลนั้นไว้ แล้วใช้ Change Data Program แก้ไขให้ถูกต้อง
- ถ้าตอบ y ที่ List Lab จะมีลักษณะหน้าจอเหมือนดังด้านล่างนี้

```
Inframatic List Data 1/1 BARLEY

Name: BARLEY,   Records: 102    Filters 20
Parameters: Moisture  Prot d.b.
Date : 07.01.93

R     1:ID = BL 1  Moisture 9.3     Prot d.b = 9.95
R     2:ID = BL 1  Moisture 9.3     Prot d.b = 9.95
R     3:ID = BL 2  Moisture 10.95   Prot d.b = 10.35
R     4:ID = BL 2  Moisture 10.95   Prot d.b = 10.35
R     5:ID = BL 4  Moisture 10.1    Prot d.b = 9.9
R     6:ID = BL 4  Moisture 10.1    Prot d.b = 9.9
R     7:ID = BL 5  Moisture 8.65    Prot d.b = 10.85
R     8:ID = BL 5  Moisture 8.65    Prot d.b = 10.85
...
```

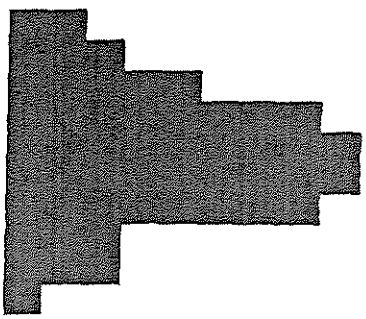
2. Data Analysis

- เมื่อกลับเข้ามาอยู่ที่ Inframatic Calibration Program Menu
- เลือก 5 เข้าสู่ Data Analysis หน้าจอจะปรากฏรายละเอียดดังนี้

```
Inframatic Data Analysis 1/1 BARLEY

1 = Histograms
2 = Graphic data presentation
3 = Correlations
4 = Spectrum Plot
5 = End

Please select
```

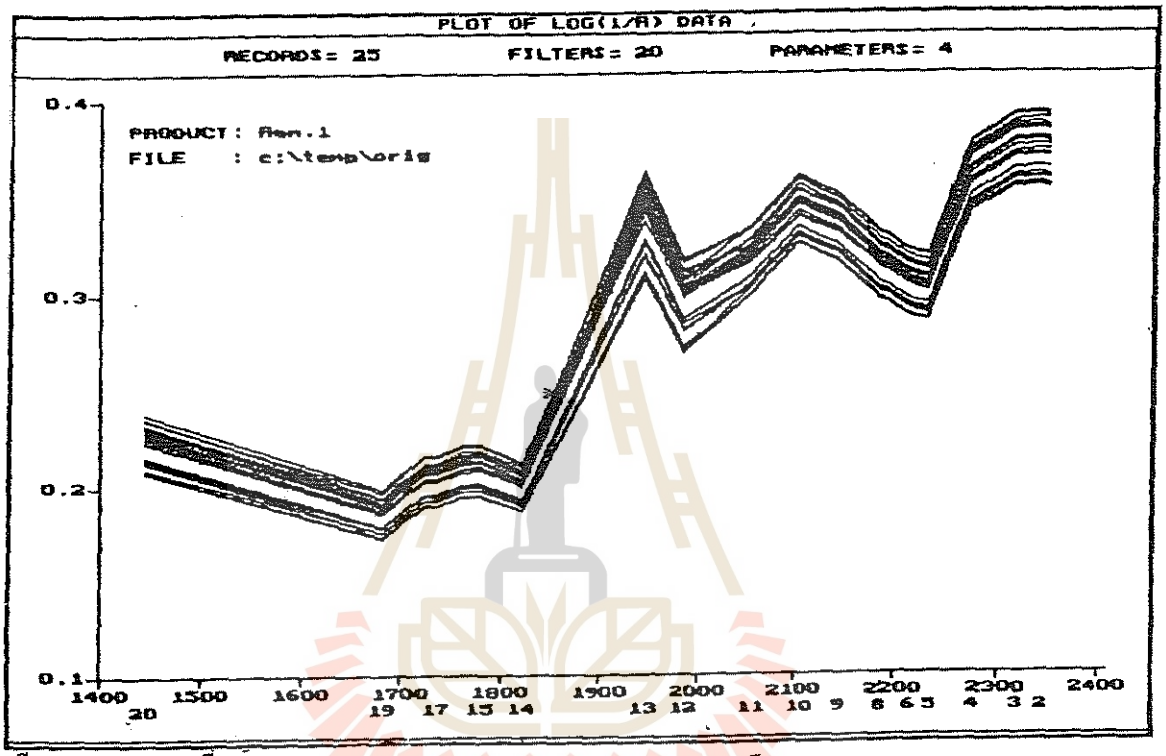
- เลือก 1 = Histogram ถ้าต้องการดูการกระจายของข้อมูลว่า มีค่า Absorbance หรือ Log(1/R) ใดที่มีความแตกต่างจากข้อมูลอื่นหรือไม่ ถ้ามีจะเป็นการบ่งชี้ว่าตัวอย่างมีโครงสร้างที่แตกต่าง หรืออาจเกิดความผิดพลาดในการวิเคราะห์ ควรตัดข้อมูลที่ทำให้ Histogram ไม่เป็น Normal Distribution ออก โดยใช้ Change Data Program ซึ่ง Histogram จะมีลักษณะดังนี้

```
Inframatic Data Analysis 1/1 BARLEY
Moisture
Min = 7.55 Max= 13.0 Ave= 10.14 Med= 10.27 M.D= 5.45 N=102
 1:  7.82    4    3.9%
 2:  8.36    6    5.9%
 3:  8.91   10    9.8%
 4:  9.45   16   15.7%
 5: 10.00   18   17.6%
 6: 10.55   18   17.6%
 7: 11.09   16   15.7%
 8: 11.64    6    5.9%
 9: 12.18    6    5.9%
10: 12.72    2    2.0%
```



- เลือก 2 = Graphic Data Presentation ถ้าต้องการดูว่า log – values (Absorbance) ของตัวอย่างที่วิเคราะห์เป็นอย่างไร และมีความสัมพันธ์ หรือ แตกต่างจาก Log – Average หรือ ค่า Absorbance เฉลี่ยหรือไม่
- เลือก 3 = Correlation ถ้าต้องการดูว่าค่า Correlation ของข้อมูลเป็นเท่าไหร่ หากค่า Correlation สูง ควรระวังในการเลือก Wave length
- เลือก 4 = Spectrum plot เป็นการพลอทเพื่อแสดงข้อมูลดั้งเดิมของตัวอย่าง ซึ่งมีลักษณะดังนี้

Original barley data. The wavelength scale and the filter numbers are shown



- เลือก 5 = End เมื่อต้องการออกจาก Data Analysis Program หรือ เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลเสร็จแล้ว หรือ เมื่อต้องการกลับเข้าสู่ Inframatic Calibration Program Menu

Regression

- เมื่อกลับเข้ามาอยู่ที่ Inframatic Calibration Program Menu
- เลือก 6 เพื่อเข้าสู่ Regression
- โปรแกรมจะให้ถามว่า Same file หรือไม่ ตอบ y
- โปรแกรมจะให้เลือกว่า Directory อะไร ตอบ 1
- โปรแกรมจะถามว่า File number อะไร ดูจากที่ได้ Collect Data ไว้ว่าต้องการวิเคราะห์ตัวอย่างอะไร หลังจากนั้นหน้าจอจะปรากฏรายละเอียดดังนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
Inframatic Regression

Name 1/1 BARLEY

0= MLR,   1= PLS.

Select parameter

 1 = Moisture
 2 = Prot d.b
 ...
Select Filters

Delete records (N/Y)
```

- เลือก 0 เพื่อเข้าสู่ Multiple Linear Regression
- เลือกปัจจัยที่ต้องการจะวิเคราะห์ Select parameters เช่น เลือก 1 = Moisture
- เลือก Filters (Select Filters) ในครั้งแรกให้พิมพ์ all
- Delete Record เลือก n เนื่องจากยังไม่ทราบว่าข้อมูลใดที่มีค่า Difference สูง และต้องทำการลบออก หลังจากนั้นหน้าจอจะปรากฏลักษณะดังนี้

```
Inframatic Regression
Name: 1/1 Barley Moisture
Rec:      102 - 0
Range:    7.55 - 13.0 (5.45)
S.E.E:    0.258
Corr:     0.981      r^2 : 0.9624
F-test:   105

C 0 =  17.94
C 1 = 705.34        T 1 = 1.71
C 2 =-759.92        T 2 =-1.64
.
C 13= 255.20        T 13= 2.03
.
C 19= 473.36        T 19= 2.16
C 20=-148.96        T 20=-1.52

Sum = 4.57          Index = 6
```

- Rec หมายถึง จำนวนข้อมูลทั้งหมดลบด้วยข้อมูลที่ต้องการจะตัดออก เช่น 102- 0 คือ มีจำนวนข้อมูลอยู่ทั้งหมด 102 ข้อมูล แต่ไม่มีข้อมูลที่ต้องตัดออก
- Range หมายถึง ช่วงของข้อมูลตั้งแต่ต่ำสุด จนถึงสูงสุด (และค่าเฉลี่ย) เช่น 7.55 – 13.0 (5.45)
- S.E.E (Standard Error) หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน ซึ่งควรจะมีค่าน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้
- Corr. (Correlation) เป็นค่าทางสถิติที่บ่งบอกความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล ซึ่งมีควรมีค่าใกล้เคียง 1 มากที่สุด
- r^2 คือ รากที่สองของความเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแตกต่างของผลการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งควรมีค่าใกล้เคียง 1 มากที่สุด
- F – test เป็นค่าทางสถิติที่เปรียบเทียบข้อมูล 2 ชุด ซึ่งควรมีค่ามากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ (ควรมีค่ามากกว่า 100)
- $C_0 – C_{20}$ เป็นค่าจุดตัดแกน y ของกราฟ เมื่อกด Enter ต่อจะปรากฏหน้าจอดังต่อไปนี้

```
1 = Differences,  2 = Plot,  3 = Continue, 4 = End
```

- เลือก 1 = Differences ถ้าต้องการพิจารณาว่ามีข้อมูลใดบ้างที่มีความแตกต่าง และ ควรตัดทิ้ง โดยทำการจดหมายเลขของข้อมูลที่ต้องการตัดทิ้งไว้
- เลือก 2 = Plot ถ้าต้องการดูกราฟข้อมูลว่ามี Slope, Co, เส้นกราฟ และ การกระจายตัวเป็นอย่างไร
- เลือก 3 = Continue ถ้าต้องการจะทำ Regression Program อีกครั้ง
- เลือก 4 = End เมื่อต้องการออกจาก Regression Program หรือ เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลเสร็จแล้ว หรือ เมื่อต้องการกลับเข้าสู่ Inframatic Calibration Program Menu

กรณีที่ เลือก 1 = Difference จะปรากฏหน้าจอให้เติมข้อมูลบ้างอย่างดังนี้

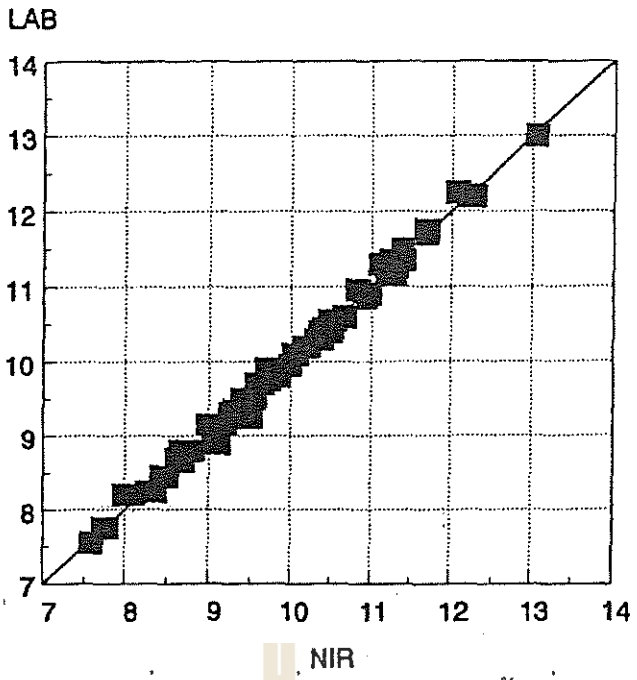
```
Decimal places
Sorted data                    (N/Y)
Average repeat records         (N/Y)
Only diffs >1.5*see            (N/Y)

On printer                     (N/Y)
Save as file                   (N/Y)
```

- เมื่อเติมข้อมูลต่าง ๆ แล้ว กด Enter จะปรากฏหน้าจอดังนี้

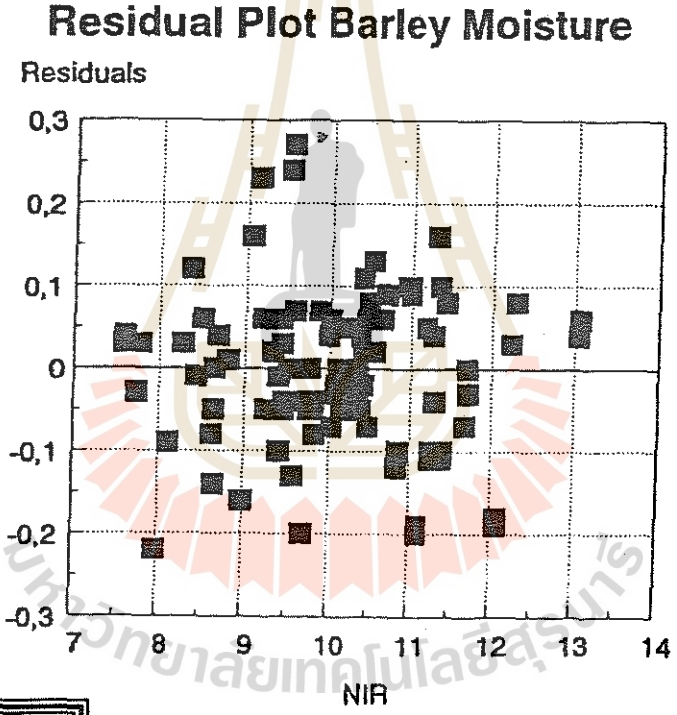
```
Inframatic Regression
Name 1/1 BARLEY Moisture

Rec       Id        LAB       NIR   Diff      Mah
...
81        GD2       12.1      10.7  -1.4      2   *
82        GD2       12.1      10.8  -1.3      4   *
...
```

- ถ้าข้อมูลที่มีความแตกต่างมากจะขึ้นเป็นตัวอักษรสีแดง และ มีเครื่องหมายดอกจัน (*) ซึ่งหมายความว่า ควรตัดข้อมูลเหล่านั้นออก เพราะมีความแตกต่างจากข้อมูลอื่นมากเกินไป

กรณีที่เลือก 2 = plot จะปรากฏหน้าจอลักษณะดังนี้



- หรือ อาจเลือกให้ Program พลอทค่าความแตกต่าง(Difference) กับ ค่าผล NIR ซึ่งจะได้ลักษณะกราฟดังนี้



Auto Filters Search

- เมื่อกลับเข้ามาอยู่ที่ Inframatic Calibration Program Menu
- เลือก 7 เพื่อเข้าสู่ Auto Filters Search
- โปรแกรมจะให้ถามว่า Same file หรือไม่ ตอบ y
- โปรแกรมจะให้เลือกว่า Directory อะไร ตอบ 1
- โปรแกรมจะถามว่า File number อะไร ดูจากที่ได้ Correct Data ไว้ว่าต้องการวิเคราะห์ตัวอย่างอะไรหลังจากนั้นหน้าจอจะปรากฏรายละเอียดดังนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
Inframatic Auto-filter search

Select parameter
 1 = Moisture
 2 = Prot d.b
 . . .
All combinations of 3, 4 etc. filters

Force in filters  (N/Y)
Force out filters (N/Y)

Estimated time approx.
OK (Y/N)

With printer      (Y/N)
Delete records    (N/Y)
```

- เลือกปัจจัยที่ต้องการจะวิเคราะห์ Select parameters เช่น เลือก 1 = Moisture
- All combination of 3,4 etc. filters เลือกจำนวน filters เช่น พิมพ์ 4 หมายถึงเลือก 4 filters
- Delete Records เลือก y เพื่อลบข้อมูลที่มีค่า Difference สูง ซึ่งจดไว้จากการใช้ Regression Program ก่อนหน้านี้ หลังจากนั้นหน้าจอจะปรากฏดังนี้

```
Inframatic Auto-filter search

Name : 1/1 Barley
Par  : Moisture
Deleted: 81 82
Date  Time

No. Filters  C 0        constants                    F     Corr  SEE

 1: 1  2  3   5.5  1347.6     2.3 -1339.2    128.7  .895  0.533*
 7: 1  2  9  29.1  3883.5 -4482.4   643.9    189.9  .925  0.454*
 8: 1  2 10  25.4  5279.5 -5679.1   419.6    193.0  .926  0.451*

 ...
```

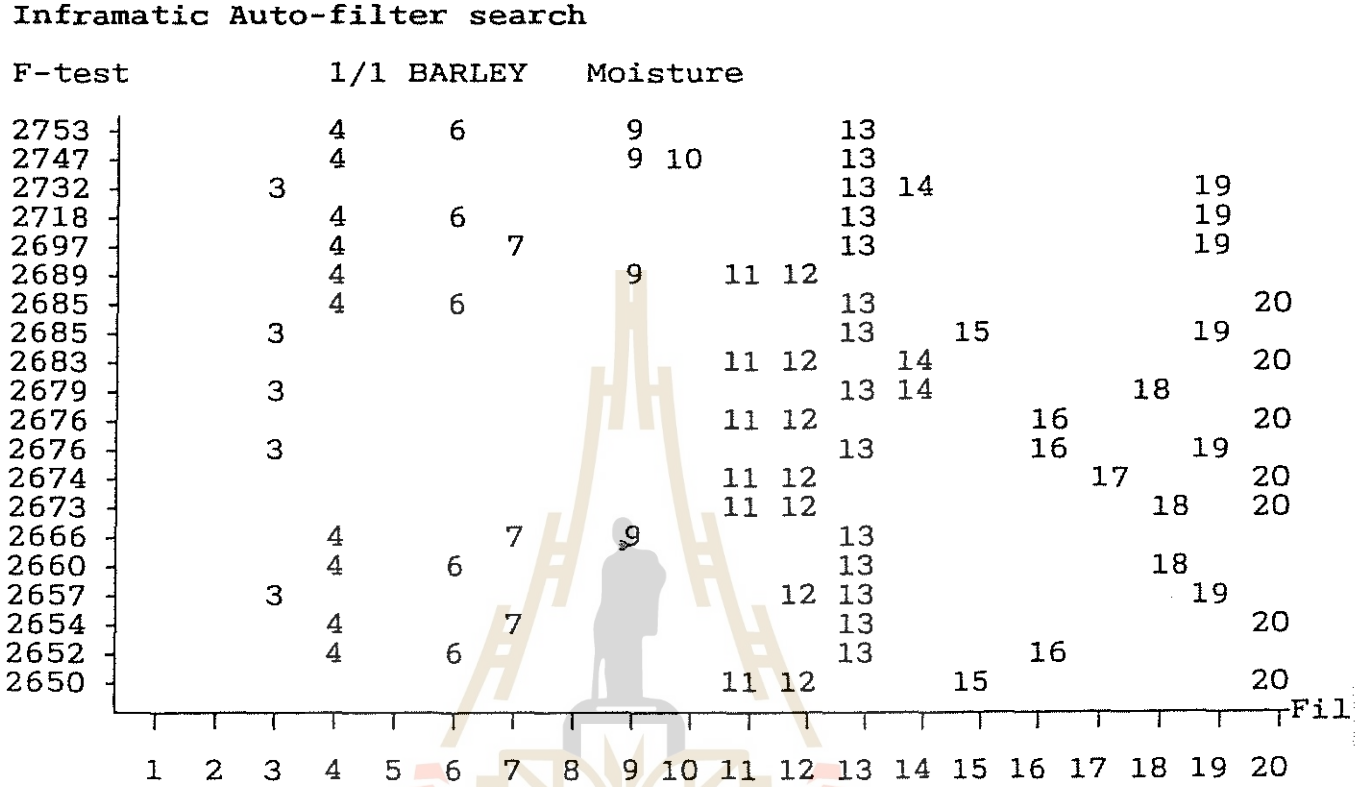
- โปรแกรมจะแสดงค่า 20 รายการที่ดีที่สุด โดยจะแสดงค่าต่างๆ ทางสถิติ ดังนี้ คือ Filters number, C_0 , Constant , F – test, Correlation และ ค่า Starndard Error (S.E.E) ดังแสดงในรูปด้านล่างนี้

```
Inframatic Auto-filter search

Name : 1/1 Barley
Par  : Moisture

Date  Time

No. Filters      C 0       constants                      F      Corr  SEE
 1: 4  6  9 13   16.0   -230.9   117.5    50.4    77.5  2752.5 .996  0.1
 2: 4  9 10 13   14.4   -159.5   253.1  -167.2    80.3  2747.0 .996  0.1
 3: 3 13 14 19   14.6    -98.9    85.5   -92.6   127.9  2731.9 .996  0.1
 4: 4  6 13 19   15.4   -162.7    74.4    80.8    26.7  2717.6 .996  0.1
 5: 4  7 13 19   15.5   -172.2    83.9    80.1    26.9  2697.3 .996  0.1
 6: 4  9 11 12   15.0   -120.7    86.6   -81.3   124.5  2689.3 .996  0.1
 7: 4  6 13 20   15.7   -181.7   102.7    77.4    18.0  2684.6 .996  0.1
 8: 3 13 15 19   14.5    -99.7    84.1   -60.6   100.9  2684.5 .996  0.1
 9:11 12 14 20   13.4   -154.0   129.3   -45.6    78.2  2683.2 .996  0.1
10: 3 13 14 18   15.9   -119.2    88.3   -63.6   115.7  2678.6 .996  0.1
. . .
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- เมื่อกด Enter ต่อจะปรากฏหน้าจอลักษณะดังนี้

กรณีที่ต้องการเลือก Filters ด้วยตนเอง หากพบว่า Filters ที่เครื่องเลือกไม่ใช่ Filters ที่เหมาะสมต่อ Parameters

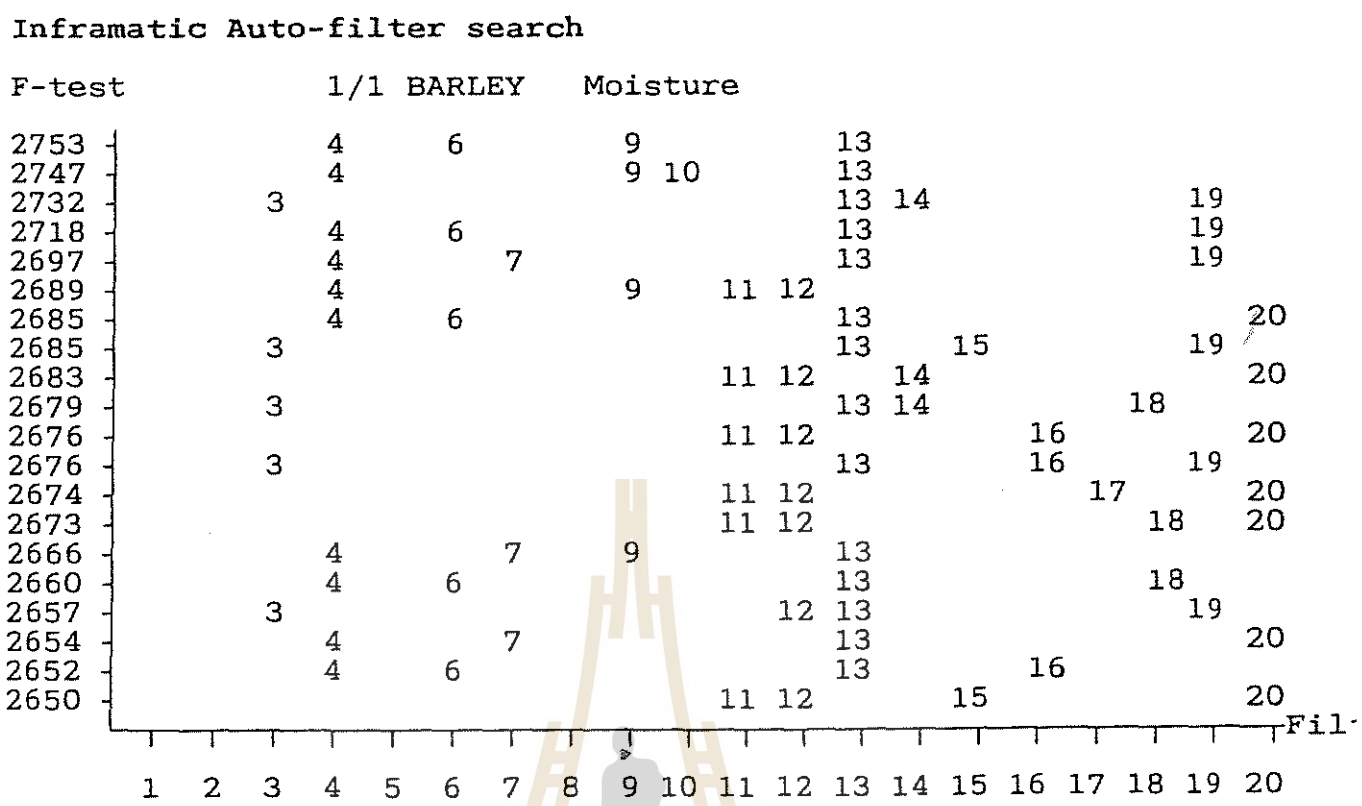


- จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง F- test กับ 20 Filters ให้เลือก Filters ที่มีจำนวนความถี่สูงสุด และตอบสนองกับตัวอย่างที่ต้องการจะวัดด้วยซึ่งจะแสดงตามตารางดังต่อไปนี้

Inframatic Wavelengths (nm) and Specific Responses.

Filter	Wave-length	Response	Filter	Wave-length	Response
1	2345	Cellulose,fat	11	2050	Protein
2*	2336	Cellulose, fibre	12	1982	Urea, water
3*	2310	Fat,fibre	13*	1940	Water
4	2270	Alcohol, fat	14	1818	Lactose,cellulose
5*	2230	Reference	15	1778	Fibre, starch
6	2208	Urea,lactose	16**	1759	Fat
7	2190	Protein	17**	1734	Protein
8*	2180	Protein	18	1722	Cellulose, starch
9	2139	Starch, protein	19*	1680	Reference
10*	2100	Starch	20	1445	Water

- ตัวอย่างในการเลือก Filters ของตัวอย่างข้าวบาร์เลย์ ซึ่งปัจจัยที่ต้องการวัดคือ ความชื้น



- บางครั้งควรเลือก Filters เอง เนื่องจาก ถ้าเครื่อง Computer เลือกให้จะเลือก Filters ที่มีความถี่สูงสุด และ Correlation สูงซึ่งจะไม่ตอบสนองกับตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ ดังนั้นควรจะเลือกเอง ซึ่งสามารถเลือก Filters ที่ตอบสนองกับสารอาหาร และ มีความถี่สูงสุด การเลือก Filters ไม่ควรเลือกจำนวนมากเกินไป
- ตัวอย่างในการเลือก Filters จำนวน 4 Filters จากรูปด้านบน
  ควรเลือก Filter ที่ 12 เพราะมีจำนวนความถี่สูงสุด และ ตอบสนองกับ Water
  ควรเลือก Filter ที่ 13 เพราะมีจำนวนความถี่สูง และ ตอบสนองกับ Water
  ควรเลือก Filter ที่ 19 เพราะไม่มี Filter ใดที่ตอบสนองกับ Water แล้ว ดังนั้นจึงเลือก Filter reference ซึ่งจะไม่จำเพาะเจาะจงว่าจะตอบสนองกับสารอาหารใด
  ควรเลือก Filter ที่ 20 เพราะมีจำนวนความถี่สูง และ ตอบสนองกับ Water
  - เลือก Filters จนกว่าจะได้ ควรเลือกให้ได้ค่า Correlation สูง และ Standard error น้อย ถ้าเลือก Filter แล้วค่า Correlation ยังต่ำอยู่ และ ค่า Standard error ยังสูงอยู่ ให้ทำการตัดข้อมูลที่มีค่า Difference โดยใช้ Regression program เมื่อได้ Filter ที่เหมาะสมที่สุดแล้ว (Best Filters) ให้จดหมายเลขของ Filters (Filter number) ไว้ หลังจากนั้นออกจากโปรแกรม Auto Filter Search

Regression
Selected filters

- เมื่อกลับเข้าสู่ Inframatic Calibration Program Menu ให้เลือก 6 เพื่อเข้าสู่ Regression Program อีกครั้ง
- ทำเหมือนกับการเข้าสู่ Regression Program ครั้งแรก แต่ในขั้นตอนการเลือก Filters (Select Filters) ให้ตอบ Filters ที่ทำการเลือกแล้วว่าดีที่สุด (Best Filters)
- ในขั้นตอน Delete Records อาจจะตัดข้อมูลบางตัวที่มีค่า Difference สูง และกระจายตัวออกจากกลุ่มไป
- เมื่อดูค่าทางสถิติต่าง ๆ คือ Correlation, F-test, Standard error และ r^2 แล้วทำการพิจารณาดังนี้

  ค่า Correlation ที่ควรเลือก ควรมีค่าใกล้เคียง 1 มากที่สุด

  ค่า r^2 ที่ควรเลือก ควรมีค่าใกล้เคียง 1 มากที่สุด

  ค่า Standard error ที่ควรเลือก ควรมีค่าน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

  ค่า F – test ที่ควรเลือก ควรมีค่าสูงที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้
- หลังจากนั้นทำการ Save as file และออกจาก Regression Program

Calibration test

- เมื่อกลับเข้ามาสู่ Inframatic Calibration Program menu ให้เลือก 8 = Calibration Test จะปรากฏหน้าจอดังนี้

```
1 = Logs    2 = Manual input
```

กรณีที่ 1 เลือก 1 = Log หมายถึงจะใช้ข้อมูลจาก Collect Data Program

- หลังจากนั้นโปรแกรมจะถามว่าจะเลือก Directory อะไร และ File number อะไร เลือก Parameter ที่จะทดสอบ เลือกได้ 1 Parameter ต่อการทดสอบ 1 ครั้ง

หลังจากนั้นหน้าจอจะปรากฏดังนี้

```
Use constants on file (N/Y)

C1=
C2=
.
.
.
Slope
```

- **Use constants on file** ตอบ y ถ้าต้องการใช้ Calibration constants ซึ่งเก็บไว้ใน Regression Program และ ตอบ n ถ้าจะใช้ constants ที่ไม่ได้อยู่ใน File

- หลังจากนั้นโปรแกรม จะถามว่า Slope มีค่าเท่าใด ตอบ 1
- **List only with known C_0** ให้ตอบ y ถ้ามีผลที่คำนวณค่า C_0 ที่ถูกต้องแล้ว โดยใช้ Regression และ Auto filters search และ ตอบ n ถ้าไม่มีผล C_0 ที่ถูกต้อง หลังจากนั้นจะปรากฏหน้าจอดังนี้

```
Enter password (0 = Return)

Analysis report directory number ?
```

- **Enter password** ให้พิมพ์ **IM** แล้วกด enter
- โปรแกรมจะถามว่าต้องการวิเคราะห์ Directory หมายเลขอะไร (Analysis Directory number) หลังจากนั้นจะปรากฏหน้าจอดังนี้

```
Inframatic    Calibration Test

Name. 1/2 Barley  Moisture

Rec.   :    50
Range  :    7.85 - 12.90    (5.05)
Corr. =      0.994
F-test=     3983
-----------------------------------------

Bias & slope corrected
C 0 =       15.99          Slope= 0.999
S.E.P.=      0.138      T(slope)= 0.04
-----------------------------------------

Only bias corrected
C 0 =       15.99          Slope= 1.000
R.M.S.D.=    0.138      T(bias)= 0.84
-----------------------------------------

Not corrected
C 0 =       16.01          Slope= 1.000
R.S.D.=    0.139
-----------------------------------------
Press <ENTER> to continue
```

- โปรแกรมจะทำการแสดงค่าต่าง ๆ ทางสถิติ เช่น Rec (จำนวนข้อมูล) , Range (ช่วงค่าของข้อมูลที่ต่ำสุด และ สูงสุด),Correlation ซึ่งควรมีค่าใกล้เคียง 1 มากที่สุด และ F- test ซึ่งควรมีค่ามากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้
- โปรแกรมจะแสดงค่าจุดตัดแกน y (Co) และ **ค่า Slope โดยมีทั้งหมด 3 ทางเลือก ดังนี้**
- ทางเลือกที่ 1 ปรับ Bias [ค่าจุดตัดแกน y (Co)] และ Slope **(Bias & Slope corrected)**
- ทางเลือกที่ 2 ปรับ Bias [ค่าจุดตัดแกน y (Co)] อย่างเดียว ให้ Slope = 1 **(Only Bias Corrected)**
- ทางเลือกที่ 3 ไม่ปรับทั้ง Bias [ค่าจุดตัดแกน y (Co)] และ Slope (ความชัน) **(Not Corrected)**

- **วิธีการในการเลือกปรับ Bias และ Slope**

1.ดูค่า T(slope) และ T(bias) ถ้าค่าไม่เกิน 2.5 ให้ใช้ค่าเดิมได้ คือ ทางเลือกที่ 3 ไม่ปรับทั้ง Bias และ Slope

2.ดูค่า T(slope) ถ้าได้ค่าเกิน 2.5 ให้ทำการปรับทั้ง Bias และ Slope คือ ทางเลือกที่ 1

3.ดูค่า T (Bias) ถ้าได้ค่าเกิน 2.5 ให้ทำการปรับ Bias อย่างเดียว คือ ทางเลือกที่ 2

กรณีที่ 2 เลือก 2 = manual inputs คือการใส่ค่าผล Wet Chemical Lab และ ค่า NIR เองจาก Key board และเมื่อทำกาใส่ข้อมูลเสร็จแล้วให้ทำเครื่องหมาย + + + ซึ่งขั้นตอนการทำและ วิธีการแปลผลจะเหมือนกับกรณีที่ 1 เลือก 1 = log ซึ่งจะปรากฏหน้าจอลักษณะดังนี้

```
Inframatic     Calibration Test

Enter data:    ( +++ as last value )

Rec     1   :   LAB = 10        NIR = 10.2
Rec     1   :   LAB = 10        NIR = 10.1
Rec     1   :   LAB = 11        NIR = 10.8
Rec     1   :   LAB = 11        NIR = 10.9
.
.
Rec    21   :   LAB = +++

                          Change data (N/Y)
                   Record number <A> = add
```

Transfer constants

- เลือก 1 เพื่อออกจาก Inframatic Calibration Program Menu และ กลับเข้าสู่ Main Menu ซึ่งมีลักษณะดังนี้

```
Inframatic Program Menu

Date: 02.02.1993   Time: 11:00:00

1 = Service programs
2 = Analysis
3 = Calibration programs
4 = End

Please select
```

- เลือก 1 เพื่อเข้าสู่ Service Program หลังจากนั้นจะปรากฏหน้าจอดังนี้

```
Inframatic Service Programs

1 = Change date, change time
2 = System parameters
3 = List / Change constants
4 = Recover file directory
5 = Format new diskette
6 = Create directories
7 = Backup data to diskette
8 = Transfer data from diskette
9 = Return to main menu
```

- เลือก 3 เพื่อเข้าสู่ List Change constant ซึ่งจะปรากฏลักษณะหน้าจอดังนี้

```
Inframatic List / Change constants

1 = List constants
2 = Change constants
3 = New constants
4 = Transfer constants
5 = End (Exit)
```

- เลือก 4 เพื่อเข้าสู่ Transfer constants หลังจากนั้นจะปรากฏหน้าจอดังนี้

```
Inframatic List / Change constants

1 = Change C 0 and slope only
2 = Change constants
3 = Change name
4 = Delete
5 = End (Exit)
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- กรณีที่ 1 ถ้าต้องการจะย้ายค่า Calibration constants จาก Computer ไปยังเครื่อง Inframatic 8620 ให้ทำตามรายละเอียดดังนี้
    - เลือก 1 = transmit
    - เลือก 1 = RS-233
    - เลือก 1 = Inframatic
- หลังจากนั้นหน้าจอจะปรากฏดังนี้

```
Inframatic Transfer constants

1 = Transmit,      2 = Receive    ?
1 = RS-232,        2 = Disk file  ?
1 = Inframatic,    2 = Computer   ?
```

- โปรแกรมสามารถจะเลือกได้ว่าจะส่งข้อมูลทั้งหมด หรือ เลือกส่งบางข้อมูลก็ได้ เมื่อตัดสินใจแล้วให้กด enter หลังจากนั้นจะปรากฏหน้าจอดังนี้

```
Inframatic Transfer constants

Available products:

1 = Barley
. . .

To select data press <ENTER> to continue  ?
```

- โปรแกรมจะถามให้ตรวจสอบว่า Computer ได้ทำการเชื่อมต่อกับเครื่อง Inframatic 8620 แล้วหรือยัง โดยตรวจสอบที่ Port computer ว่าเชื่อมกันแล้วหรือยัง เมื่อทำการเชื่อมกันแล้วให้กด enter
- เมื่อกด enter ข้อมูลจาก Computer จะทำการย้ายไปสู่เครื่อง Inframatic 8620

```
Inframatic Transfer constants

Check that the Inframatic is connected ! (4800 baud)

To start transfer Press <ENTER> to cont.  (<E> -end)
```

- กรณีที่ 2 ถ้าต้องการย้ายค่า Calibration constants จาก Inframatic 8620 ไปยัง Computer ให้ทำตามรายละเอียดดังนี้
    - เลือก 2 = Receive
    - เลือก 1 = RS-233
    - เลือก 1 = Inframatic
- หลังจากนั้นโปรแกรมจะถามว่า Directory number อะไร ที่ต้องการย้ายจาก Inframatic 8620 ไปยัง Computer เมื่อตัดสินใจแล้วให้กด Enter หลังจากนั้นจะปรากฏลักษณะหน้าจอดังนี้

```
Inframatic Transfer constants
Available products:
1 = Barley
. . .
To select data press <ENTER> to continue  ?
```

- ถ้าเลือก 1 = Add จะเป็นการย้ายข้อมูลใหม่ลงไป ซึ่งจะไปเพิ่มจำนวนรายการของผลิตภัณฑ์
- ถ้าเลือก 2 = Select จะทำให้จำนวนรายการของผลิตภัณฑ์เท่าเดิม แต่จะเข้าไปแทนที่ผลิตภัณฑ์เดิม
- โปรแกรมจะถามให้ตรวจสอบว่า Computer ได้ทำการเชื่อมต่อกับเครื่อง Inframatic 8620 แล้วหรือยัง โดยตรวจสอบที่ Port computer ว่าเชื่อมกันแล้วหรือยัง เมื่อทำการเชื่อมกันแล้วให้กด enter

```
Inframatic Transfer constants
Check that the Inframatic is connected ! (4800 baud)
To start transfer Press <ENTER> to cont.  (<E> -end)
```

- หลังจากนั้นโปรแกรมจะให้เลือกว่า Inframatic Product Number อะไรที่ต้องการส่งไปยังเครื่อง Computer

```
Inframatic Transfer constants
Im >>     Receive product number (ALL)  ?
```

Operation by Inframatic 8620

การใช้เครื่อง Inframatic 8620

1. วิธีการเตรียมตัวอย่าง

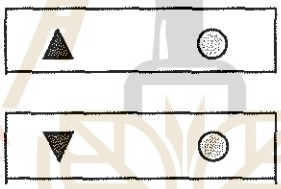
- ทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อเป็นตัวแทนของตัวอย่างทั้งหมด โดยตัวอย่างที่นำมาวัดด้วย Inframatic 8620 จะต้องมีลักษณะ

เป็นเนื้อเดียวกัน โดยทำการบดตัวอย่างด้วยเครื่อง Restch mill ซึ่งใช้ตะแกรงที่มีขนาดช่อง 0.75 mm บดเท่านั้น เนื่องจากเครื่อง Inframatic 8620 มีความจำเพาะเจาะจงกับขนาดของอนุภาคมาก ควรบดทุกตัวอย่าง แม้ว่าตัวอย่างนั้นค่อนข้างจะละเอียดอยู่แล้ว เช่น Poultry Meal, Maize Gluten หรือ Meat & Bone Meal

- ถ้าตัวอย่างเป็น Kibble in process ต้องเป็น Kibble ที่ Cooler เท่านั้น เนื่องจากผ่านการ Coat แล้ว

2 . วิธีการใช้เครื่อง Inframatic 8620 วิเคราะห์ตัวอย่าง

- กดปุ่มสีเขียวหลังเครื่อง หมุนกุญแจให้อยู่ในแนวนอน เพื่อเริ่มการทำงาน
- เลือกผลิตภัณฑ์ที่ต้องการวิเคราะห์โดยกด หรือ สัมผัสเบาบริเวณวงกลม เลือกขึ้นหรือลงตามเครื่องหมายลูกศร ซึ่งมีลักษณะดังนี้



ให้เครื่องหมาย * อยู่ที่ตัวอย่างที่เราต้องการวิเคราะห์

- คนตัวอย่างด้วยช้อนที่สะอาดเพื่อผสมตัวอย่างให้เข้ากัน ตักตัวอย่างประมาณ 10-15 กรัมใส่ตัวอย่างลงไปในช่องใส่ ตัวอย่าง (sample compartment) หรือ ใส่จนล้น
- กดตัวอย่างด้วยที่กดตัวอย่าง (Sample compressor) อย่างระมัดระวัง โดยกดให้สปริงหดลงแล้วทำให้ 2 ส่วนของที่

กดตัวอย่างสัมผัสกันหรือติดกัน ไม่ต้องกดแรงมาก

- กดปุ่ม Start เพื่อให้เครื่องทำการวิเคราะห์
- เมื่อการวิเคราะห์เสร็จ จะแสดงผลออกมาที่หน้าจอ หรือ พริ้นท์ออกมาได้ผลจะยังคงแสดงอยู่บนหน้าจอ จนกระทั่งทำการวิเคราะห์ตัวอย่างใหม่ หรือ เมื่อปิดเครื่อง

3. การทำความสะอาด

- เปิดที่ใส่ตัวอย่าง (Sample compartment) แล้วใช้แปรงขนอ่อนปัดทำความสะอาดกระจกและบริเวณหน้าต่างที่ใส่ตัวอย่าง (Sample window)
- ถ้ามีคราบไขมัน หรือ น้ำมัน หลงเหลืออยู่ให้ใช้ผ้าเนื้อนุ่มจุ่ม Alcohol มาเช็ดบริเวณกระจก หรือบริเวณที่ใส่ตัวอย่าง

ให้ทั่ว หรือ ให้กระดาษเช็ดเลนส์เช็ดทำความสะอาดกระจกอีกครั้ง

- สำหรับตัวอย่าง เช่น ข้าวบาร์เลย์, ข้าวสาลี หรือ แป้งต่าง ๆ
  การทำความสะอาดด้วยแปรงขนอ่อนก็เพียงพอแล้ว
- การทำความสะอาด ควรระวังไม่ให้กระจกเกิดรอย โดยห้ามใช้สารทำความสะอาด
  ห้ามมีรอยนิ้วมือ หรือ ห้ามให้กระดาษชนิดหยาบเช็ด

<u>ปัจจัยที่ทำให้ผลการวัดโดยเครื่อง Inframatic 8620 ผิดพลาด</u>

1. ไม่ได้บดตัวอย่างด้วยเครื่อง Restch Mill เนื่องจากเนื่องจากเครื่อง Inframatic 8620 มีความจำเพาะเจาะจงกับขนาด ของอนุภาคมาก ควรบดทุกตัวอย่าง แม้ว่าตัวอย่างนั้นค่อนข้างจะละเอียดอยู่แล้ว เช่น Poultry Meal, Maize Gluten หรือ Meat & Bone Meal เป็นต้น
2. ไม่ได้ mix ตัวอย่างก่อนวัด
3. ตัวอย่างร้อนเกินไป เนื่องจาก เครื่อง Inframatic 8620 sensitive ต่อความร้อน
4. ใช้ตัวอย่างแตกต่างจากที่กำหนดไว้ในโปรแกรม
5. กระจกของเครื่องไม่สะอาด

<u>การดูแลรักษาเครื่อง Inframatic 8620</u>

1. เครื่อง Inframatic 8620 sensitive ต่อความร้อน ดังนั้นห้ามนำตัวอย่างที่ร้อนมาวัด
2. กระจกของเครื่องต้องทำความสะอาดทุกครั้งที่มีการทดสอบตัวอย่างใหม่ หากสกปรกจะทำให้แสงส่องผ่านได้ไม่ดีทำให้ตัวอย่างรับแสงได้ไม่หมด
3. กระจกของเครื่องเป็น Crystal ดังนั้น ห้ามใช้สารทำความสะอาดใด ๆ และ ห้ามใช้กระดาษอย่างหยาบเช็ดถู หรือระวังไม่ให้มีรอยนิ้วมือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.4งานที่ได้รับมอบหมาย

1.ทำการทดสอบ Standard Curve ที่ได้จากการส่งถ่ายกราฟมาตรฐานจาก unit อื่น (Effem, Australia) ว่ามีความเหมาะสมที่จะใช้กับวัตถุดิบ และ ผลิตภัณฑ์ในประเทศไทย ได้หรือไม่

- ขั้นตอนแรก เก็บรวมรวบข้อมูลของวัตถุดิบ ซึ่งจะแยกเป็น 2 ประเภท คือ ข้อมูลผลการวิเคราะห์ % Protein, %Fat และ %Moistureจาก Lab และ ข้อมูลผลการวิเคราะห์ % Protein, % Fat และ % Moisture จาก NIR นำข้อมูลดังกล่าวมาคำนวณค่าทางสถิติว่า ข้อมูลทั้งสองชุดนี้สามารถใช้แทนกันได้หรือไม่ หรือ มีความไม่แตกต่าง กันทางสถิติหรือไม่
- ขั้นตอนที่ 2 นำมาคำนวณค่าทางสถิติ โดยใช้ T-test ที่ระดับความมั่นใจ 95 % และ 99% โดยตั้งสมมติฐานดังนี้

  1. ให้ H_0 ; $\mu = 0$ คือ ข้อมูลผลการวิเคราะห์ % Protein , % Fat และ % Moisture จาก NIR ซึ่งได้จากการส่งถ่ายกราฟมาตรฐานจาก unit อื่น (Effem, Australia) สามารถใช้แทนข้อมูลผลการวิเคราะห์ % Protein , % Fat และ % Moisture จากการวิเคราะห์โดยวิธีการมาตรฐาน (อ้างอิงตาม AOAC) ได้ หรือ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

  2. ให้ H_A; $\mu = 0$ คือ ข้อมูลผลการวิเคราะห์ % Protein , % Fat และ % Moisture จาก NIR ซึ่งได้จากการส่งถ่ายกราฟมาตรฐานจาก unit อื่น (Effem, Australia) ไม่สามารถใช้แทนข้อมูลผลการวิเคราะห์ % Protein , % Fat และ % Moisture จากการวิเคราะห์โดยวิธีการมาตรฐาน (อ้างอิงตาม AOAC) ได้ หรือ มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4. ทำการสรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ หากพบว่าค่าที่อ่านได้จาก Standard curve มีความแตกต่างทางสถิติจากค่าที่ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธีการมาตรฐาน ให้ยกเลิก Standard curve ที่ถ่ายโอนมาจาก Australia และทำการสร้าง Standard Curve ใหม่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Type of Raw material: Poultry meal

Data : Protein (%)

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
NIR	66.60	65.40	64.30	65.20	65.40	66.00	65.80	65.80	66.00	65.30	65.00	66.10	65.10	65.00
Wet lab	66.66	64.22	64.11	65.34	67.32	66.89	67.44	65.33	67.71	66.06	66.93	66.08	66.03	66.23

$H_o : \mu = 0$

$H_A : \mu \neq 0$

Find $\bar{D}$

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
X_1-X_2	-0.06	1.18	0.19	-0.14	-1.22	-0.84	-1.64	0.47	-1.71	-0.76	-1.93	-0.02	-0.93	-1.23

$Di = X_1 - X_2$

$$\bar{D} = \frac{\sum(X1-X2)}{n} = \frac{-8..69}{14} = -0.62$$

$$S^2D = \sum \frac{(Di - \bar{D})^2}{(n-1)} = \frac{[(-0.06)-(-0.62)]^2 + [1.18-(-0.62)]^2 + ...}{(14-1)}$$

$$S^2D = \frac{12..0427}{13} = 0.926$$

$$t_{cal} = \frac{\bar{D}}{S_D} = \frac{-0.62}{(0.9263^{1/2}/14)}$$

$t_{cal} = -2.413^*$

Degree of Freedom (df) = n-1 = 14-1 = 13

From Table $t_{0.05}\ df_{(13)} = 2.160$

$t_{0.01}\ df_{(13)} = 3.012$

$t_{cal} > t_{table}$ .We accept H_A so we can summarize it. % Protein from NIR is different with %Protein from wet lab which is statistical significant.

P.S. * = Significant ** = Highly significant

Conclusion Reject % Protein of Poultry meal

Type of Raw material: Poultry Meal

Data : Fat (%)

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
NIR	12.60	14.00	14.70	15.00	14.70	15.00	13.90	14.90	14.00	14.90	15.60	14.10	14.80	14.80
Wet lab	12.76	13.05	13.27	13.86	13.80	13.08	13.23	14.17	12.78	14.58	14.71	13.99	13.81	13.09

$H_o : \mu = 0$

$H_A : \mu \neq 0$

Find $\bar{D}$

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
X_1-X_2	-0.16	0.95	1.43	1.14	0.9	1.92	0.67	0.73	1.22	0.32	0.89	0.11	0.99	1.71

$$Di = X_1 - X_2$$

$$\bar{D} = \frac{\sum(X1-X2)}{n} = \frac{12.82}{14} = 0.92$$

$$S^2D = \frac{\sum (Di - \bar{D})^2}{(n-1)} = \frac{\{[(-0.16)-(0.92)]^2 + [0.95-(0.92)]^2 + ...\}}{(14-1)}$$

$$S^2D = \frac{4.310}{13} = 0.332$$

$$t_{cal} = \frac{\bar{D}}{S_D} = \frac{0.92}{(0.332^{1/2}/14)}$$

$$t_{cal} = 5.950^{**}$$

Degree of Freedom (df) = n-1 = 14-1 = 13

From Table $t_{0.05}\ df_{(13)} = 2.160$

$t_{0.01}\ df_{(13)} = 3.012$

$t_{cal} > t_{table}$ .We accept H_A so we can summarize it. % Fat from NIR is different with %Fat from wet lab which is highly statistical significant.

P.S. * = Significant ** = Highly significant

Conclusion Reject % Fat of Poultry meal

Type of Raw material: Poultry Meal

Data : Moisture (%)

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
NIR	4.80	3.70	5.00	5.00	4.60	4.40	5.30	3.60	4.20	4.60	4.20	2.50	4.70	5.20
Wet lab	4.49	3.65	5.72	5.78	4.87	3.92	4.79	3.97	4.12	4.24	4.87	2.81	4.49	5.43

$H_o : \mu = 0$

$H_A : \mu \neq 0$

Find $\bar{D}$

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
X_1-X_2	0.31	0.05	-0.72	-0.78	-0.27	0.48	0.51	-0.37	0.08	0.36	-0.67	-0.31	0.21	-0.23

$$Di = X_1 - X_2$$

$$\bar{D} = \frac{\sum(X1-X2)}{n} = \frac{-1.35}{14} = -0.096$$

$$S^2D = \sum \frac{(Di - \bar{D})^2}{(n-1)} = \frac{\{[(0.31)-(-0.096)]^2 + [0.05-(-0.096)]^2 + ...\}}{(14-1)}$$

$$S^2D = \frac{2.5732}{13} = 0.198$$

$$t_{cal} = \bar{D} / S_D = \frac{-0.096}{(0.198^{1/2}/14)}$$

$$t_{cal} = -0.8111$$

Degree of Freedom (df) = n-1 = 14-1 = 13

From Table $t_{0.05}\ df_{(13)} = 2.160$

$t_{0.01}\ df_{(13)} = 3.012$

$t_{cal} < t_{table}$ .We accept H_0 so we can summarize it. % Moisture from NIR is not different with % Moisture from wet lab.

Conclusion Accept % Moisture of Poultry meal

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Type of Raw material: Meat & Bone

Data : Protein (%)

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
NIR	50.50	51.30	51.40	52.20	52.60	51.40	52.30	51.30	52.60	51.90	51.70	51.90	51.20
Wet lab	50.87	51.26	52.09	51.49	53.10	51.16	51.51	51.73	52.37	51.47	52.00	50.44	51.28

$$H_o : \mu = 0$$

$$H_A : \mu \neq 0$$

Find $\bar{D}$

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
X_1-X_2	-0.37	0.04	-0.69	0.71	-0.30	0.24	0.79	-0.43	0.23	0.43	-0.30	1.46	-0.08

$$Di = X_1 - X_2$$

$$D = \frac{\sum(X1-X2)}{n} = \frac{1.73}{13} = 0.133$$

$$S^2D = \sum \frac{(Di - \bar{D})^2}{(n-1)} = \frac{[(-0.37)-(0.133)]^2 + [0.04-(0.133]^2 + \ldots}{(13-1)}$$

$$S^2D = \frac{4.310}{12} = 0.359$$

$$t_{cal} = \frac{\bar{D}}{S_D} = \frac{0.133}{(0.359^{1/2}/13)}$$

$$t_{cal} = 0.80$$

Degree of Freedom (df) = n-1 = 13-1 = 12

From Table $t_{0.05}\ df_{(12)} = 2.179$

$t_{0.01}\ df_{(12)} = 3.055$

$t_{cal} < t_{table}$ .We accept H_0 so we can summarize it. % Protein from NIR is not different with %Protein from wet lab.

Conclusion Accepted % Protein of Meat & Bone Meal

Type of Raw material: Meat & Bone

Data : Fat (%)

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
NIR	9.60	10.40	10.30	9.80	9.80	9.50	10.20	9.50	10.00	9.60	9.50	10.50	9.70
Wet lab	8.29	9.36	10.21	8.19	8.92	8.59	9.82	9.93	8.65	7.90	8.79	8.61	9.27

$H_o : \mu = 0$

$H_A : \mu \neq 0$

Find $\bar{D}$

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
X_1-X_2	1.31	1.04	0.09	1.61	0.88	0.91	0.38	-0.43	1.35	1.70	1.11	1.89	0.43

$$Di = X_1 - X_2$$

$$D = \frac{\sum(X1-X2)}{n} = \frac{12.27}{13} = 0.94$$

$$S^2D = \sum \frac{(Di - \bar{D})^2}{(n-1)} = \frac{\{[1.31-(0.94)]^2 + [1.04-(0.94)]^2 + \ldots\}}{(13-1)}$$

$$S^2D = \frac{2.5732}{13} = 0.198$$

$$t_{cal} = \bar{D} / S_D = \frac{0.94}{(0.4943^{1/2}/14)}$$

$$t_{cal} = 5.0226^{**}$$

Degree of Freedom (df) = n-1 = 13-1 = 12

From Table $t_{0.05}\ df_{(13)} = 2.179$

$t_{0.01}\ df_{(13)} = 3.055$

$t_{cal} > t_{table}$ .We accept H_A so we can summarize it. %Fat from NIR is different with %Fat from wet lab.

P.S. * = Significant ** = Highly significant

Conclusion Accept % Fat of Meat & Bone

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Type of Raw material: Meat & Bone

Data : Moisture (%)

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
NIR	5.70	5.10	5.60	5.50	5.20	5.80	5.60	5.60	5.40	5.50	5.50	5.50	6.00
Wet lab	3.54	4.20	5.43	4.12	4.77	4.70	5.46	4.29	4.43	4.35	4.89	4.43	5.94

$H_o : \mu = 0$

$H_A : \mu \neq 0$

Find $\bar{D}$

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
X_1-X_2	2.16	0.90	0.17	1.38	0.43	1.10	0.14	1.31	0.97	1.15	0.61	1.07	0.06

$$Di = X_1 - X_2$$

$$\bar{D} = \frac{\sum(X1-X2)}{n} = \frac{11.45}{13} = 0.881$$

$$S^2D = \frac{\sum (Di - \bar{D})^2}{(n-1)} = \frac{\{[2.16-(0.881)]^2 + [0.9-(0.881)]^2 + \ldots\}}{(13-1)}$$

$$S^2D = \frac{4.239}{12} = 0.353$$

$$t_{cal} = \bar{D} / S_D = \frac{0.881}{(0.353^{1/2}/13)}$$

$t_{cal} = 5.3435^{**}$

Degree of Freedom (df) = n-1 = 13-1 = 12

From Table $t_{0.05}\ df_{(12)} = 2.179$

$t_{0.01}\ df_{(12)} = 3.055$

$t_{cal} > t_{table}$ .We accept H_A so we can summarize it. % Moisture from NIR is different with % Moisture from wet lab which is highly statistical significant.

P.S. * = Significant ** = Highly significant

Conclusion Reject % Moisture of Meat & Bone.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Type of Raw material: Corn

Data : Protein (%)

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
NIR	8.10	7.2	8.60	7.90	8.30	8.20	7.00	7.80	8.00
Wet lab	6.67	6.89	6.95	7.23	6.97	7.16	6.80	6.96	7.43

$H_o : \mu = 0$

$H_A : \mu \neq 0$

Find $\bar{D}$

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
X_1-X_2	1.43	0.31	1.65	0.67	1.33	1.04	0.20	0.84	0.57

$$Di = X_1 - X_2$$

$$\bar{D} = \frac{\sum(X1-X2)}{n} = \frac{8.04}{9} = 0.893$$

$$S^2D = \frac{\sum (Di - \bar{D})^2}{(n-1)} = \frac{[[1.43-(0.893)]^2 + [0.31-(0.893)]^2 + \ldots]}{(9-1)}$$

$$S^2D = \frac{2.0494}{8} = 0.2562$$

$$t_{cal} = \bar{D} / S_D = \frac{0.893}{(0.256^{1/2}/9)}$$

$$t_{cal} = 5.2948^{**}$$

Degree of Freedom (df) = n-1 = 9-1 = 8

From Table $t_{0.05}\ df_{(8)} = 2.306$

$t_{0.01}\ df_{(8)} = 3.355$

$t_{cal} > t_{table}$ .We accept H_A so we can summarize it. % Protien from NIR is different with % Protein from wet lab which is highly statistical significant.

P.S. * = Significant ** = Highly significant

Conclusion Reject % Protein of Corn.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Type of Raw material: Corn

Data : Moisture (%)

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
NIR	11.90	11.00	11.30	10.70	11.20	10.60	11.10	11.40	10.60
Wet lab	11.66	10.62	11.10	10.75	11.11	10.30	10.83	11.98	10.38

$$H_o : \mu = 0$$

$$H_A : \mu \neq 0$$

Find $\bar{D}$

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
X1-X2	0.24	0.38	0.2	-0.05	0.09	0.30	0.27	-0.58	0.22

$$Di = X_1 - X_2$$

$$D = \frac{\Sigma(X1-X2)}{n} = \frac{1.07}{9} = 0.119$$

$$S^2D = \frac{\Sigma (Di - \bar{D})^2}{(n-1)} = \frac{\{[0.24-(0.119)]^2 + [0.38-(0.119)]^2 + ...\}}{(9-1)}$$

$$S^2D = \frac{0.7322}{8} = 0.0915$$

$$t_{cal} = \bar{D} / S_D = \frac{0.119}{(0.0915^{1/2}/9)}$$

$$t_{cal} = 1.178$$

Degree of Freedom (df) = n-1 = 9-1 = 8

From Table $t_{0.05}\ df_{(8)} = 2.306$

$t_{0.01}\ df_{(8)} = 3.355$

$t_{cal} < t_{table}$ .We accept H_o so we can summarize it. % Moisture from NIR is not different with % Moisture from wet lab.

Conclusion Accept % Moisture of Corn.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Type of Raw material: Maize Gluten

Data : Protein (%)

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NIR	63.70	62.50	62.90	62.40	61.30	63.40	64.60	62.30	62.40	63.00
Wet lab	63.08	61.87	61.59	63.37	61.16	62.98	63.60	61.42	61.80	63.00

$H_o : \mu = 0$

$H_A : \mu \neq 0$

Find $\bar{D}$

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X_1-X_2	0.62	0.63	1.31	-0.97	0.14	0.42	1.00	0.88	0.60	0.00

$Di = X_1 - X_2$

$$\bar{D} = \frac{\sum(X1-X2)}{n} = \frac{4.63}{10} = 0.463$$

$$S^2D = \sum \frac{(Di - \bar{D})^2}{(n-1)} = \frac{\{[0.62-(0.463)]^2 + [0.63-(-0.463)]^2 + \ldots\}}{(10-1)}$$

$$S^2D = \frac{3.6250}{9} = 0.4028$$

$$t_{cal} = \bar{D} / S_D = \frac{0.463}{(0.4028^{1/2}/10)}$$

$t_{cal} = -2.3070^*$

Degree of Freedom (df) = n-1 = 10-1 = 9

From Table $t_{0.05}\ df_{(9)} = 2.262$

$t_{0.01}\ df_{(9)} = 3.250$

$t_{cal} > t_{table}$ .We accept H_A so we can summarize it. % Protien from NIR is different with %Protien from wet lab which is statistical significant.

P.S. * = Significant ** = Highly significant

Conclusion Reject % Protein of Maize Gluten

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Type of Raw material: Maize Gluten

Data : Moisture (%)

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NIR	8.10	7.70	8.70	5.50	7.40	7.80	5.10	7.70	8.00	6.80
Wet lab	8.19	7.78	8.70	6.45	8.28	7.73	5.54	8.23	7.70	7.39

$H_o : \mu = 0$

$H_A : \mu \neq 0$

Find $\bar{D}$

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X_1-X_2	-0.09	-0.08	0.00	-0.95	-0.88	0.07	-0.44	-0.53	0.30	-0.59

$Di = X_1 - X_2$

$$\bar{D} = \frac{\sum(X1-X2)}{n} = \frac{-3.19}{10} = -0.319$$

$$S^2D = \sum \frac{(Di - \bar{D})^2}{(n-1)} = \frac{\{[(-0.09)-(-0.319)]^2 + [(-0.08)-(-0.319)]^2 + \ldots\}}{(10-1)}$$

$$S^2D = \frac{1.59}{9} = 0.1768$$

$$t_{cal} = \bar{D} / S_D = \frac{-0.319}{(0.1768^{1/2}/10)}$$

$t_{cal} = -2.3990^*$

Degree of Freedom (df) = n-1 = 10-1 = 9

From Table $t_{0.05}\ df_{(9)} = 2.262$

$t_{0.01}\ df_{(9)} = 3.250$

$t_{cal} > t_{table}$ .We accept H_A so we can summarize it. % Moisture from NIR is different with % Moisture from wet lab which is statistical significant.

P.S. * = Significant ** = Highly significant

Conclusion Reject % Moisture of Maize Gluten

จากผลการวิเคราะห์ T- test พบว่า วัตถุดิบที่สามารถยอมรับให้ใช้ Standard Curve ที่ได้จากการส่ง ถ่ายกราฟมาตรฐานจาก unit อื่น (Effem, Australia) Lab มี 3 รายการดังต่อไปนี้

1. % Moisture ของ Corn
2. % Moisture ของ Poultry Meal
3. % Protein ของ Meat & Bone Meal

ทำให้สามารถสรุปได้ว่า Standard Curve ที่ได้จากการส่ง ถ่ายกราฟมาตรฐานจาก unit อื่น (Effem, Australia) นั้นต้องทำการปรับค่า Bias (จุดตัดแกน y) และ ค่าความชัน (Slope) ใหม่ จึงจะสามารถใช้กับวัตถุดิบ และ ผลิตภัณฑ์ในประเทศไทย

2. ทำการสร้าง Standard Curve ของวัตถุดิบ และ ผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ

โครงงานนี้ในขั้นตอนแรกได้ทำการสอบเทียบวัตถุดิบ และ ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ดังนี้

Raw material	Product
Poultry Meal	Bone Biscuit
Meat & Bone	Chappi
Maize Gluten	Ped Puppy (Regular & India)
Corn	Puppy Bone
Broken Rice	Kitekat (Bonito, Chicken)
-	Ped C & V
-	Pure Performance

โดยได้ดำเนินการตามขั้นตอนของการสอบเทียบ หรือ Calibration ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว คือ Collect Data, List Data & Data Analysis, Regression(All sample, All filters), Auto Filter Search, Regression(Selected Filters), และ Transfer Data สำหรับการ Transfer Data นั้นจะเลือกเฉพาะข้อมูลที่มีกราฟ Standard Curve ที่เหมาะสมเท่านั้น จากการสอบเทียบดังกล่าวทำให้สามารถสร้าง Standard Curve สำหรับวัตถุดิบ และ ผลิตภัณฑ์ได้ ดังนี้ คือ ข้าวโพด และ Bone Biscuit ส่วนวัตถุดิบ และ ผลิตภัณฑ์ที่ยังสร้าง Standard Curve ที่เหมาะสมไม่ได้ ให้ทำการเก็บสะสมข้อมูลต่อไป โดยเก็บตัวอย่างมาเพิ่ม และ ป้อนข้อมูลลงใน Collect Data Program เพื่อทำให้ Inframatic 8620 ได้รู้จักค่าของตัวอย่างกว้างมากขึ้น และ หลากหลายมากขึ้น

3.5 สรุป และ วิจารณ์

จากการทำการสอบเทียบเครื่อง Inframatic 8620 พบว่าการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนคลื่นแสง (Absorbance) กับ % Protein, % Fat และ % Moisture ของวัตถุดิบ และผลิตภัณฑ์ หรือ Standard Curve ที่ได้จากการส่งถ่ายกราฟมาตรฐานจาก unit อื่น (Effem,Australia) ซึ่งเป็นการใส่ค่า C_0 ที่มีอยู่แล้ว และ Slope ลงไปในเครื่อง (Manual Input) เมื่อมาทำการตรวจสอบทางสถิติโดยใช้ T- test ผลปรากฏว่า ตัวอย่างที่สามารถยอมรับให้ใช้ค่า LAB และ NIR แทนกันได้ เนื่องจากความแตกต่างระหว่างผล LAB และ NIR ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ คือ เปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวโพด , เปอร์เซ็นต์ความชื้นของสัตว์ ปีกป่น (Poultry Meal) และ เปอร์เซ็นต์โปรตีนของเนื้อและ กระดูกป่น (Meat & Bone Meal) ส่วนการสร้าง Standard Curve โดยการ Collect Data และทำไปตามขั้นตอนของการสอบเทียบ นั้นพบว่าได้ตัวอย่างที่สามารถยอมรับได้ทางสถิติ คือ เปอร์เซ็นต์ความชื้นของ Maize Gluten ทำให้ สามารถเปรียบเทียบได้ว่า Standard Curveที่ได้จากการส่งถ่ายกราฟมาตรฐานจาก unit อื่น (Effem,Australia) มีความเหมาะสม และ เป็นมาตรฐานที่สามารถใช้ได้ในบางตัวอย่างดังที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่การสร้าง Standard Curve ตามขั้นตอนในการสอบเทียบ คือ Collect Data, List Data & Data Analysis, Regression(All sample, All filters), Auto Filter Search, Regression (Selected Filters),และTransfer Data ไม่ค่อยประสบความสำเร็จสันนิษฐานว่าเนื่องจาก ข้อมูลที่นำมาสร้าง Standard Curve (Calibration Samples) อาจจะมีช่วงข้อมูลอยู่ในช่วงไม่กว้าง คือ มีข้อมูลของ Calibration Samples มีค่าเกาะกลุ่มอยู่ในช่วงค่าต่ำสุด เมื่อนำตัวอย่างที่มีค่าอยู่ในช่วง Target หรือ ช่วงค่าสูงสุดมาวัด (Maximum of Data) จะทำให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้จาก NIR มีค่าคลาดเคลื่อนจากผลการวิเคราะห์จาก LAB คือ ได้ค่า NIR ต่ำกว่าผล LAB และ ถ้าตัวอย่างที่ใช้สอบเทียบ(Calibration Samples) มีค่าเกาะกลุ่ม อยู่ในช่วงค่าสูงสุด เมื่อนำตัวอย่างที่มีค่าอยู่ในช่วง Target หรือ ช่วงต่ำสุดมาวัด (Minimum of Data) จะทำให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้จาก NIR มีค่าคลาดเคลื่อนจากผลการวิเคราะห์จาก LAB คือ ได้ค่า NIR สูงกว่าผล LAB ดังนั้นในการเก็บตัวอย่างเพื่อมาทำการสอบเทียบ (Calibration Sample) อาจจะทำการกำหนดช่วงสูงสุด และ ต่ำสุดของ Calibration Samplesไว้ก่อนและ ถ้าผลการวิเคราะห์จาก Lab อยู่ในช่วงที่เกินจากนี้ ไม่ควรจะนำมา Collect Data หรือ นำมาทำ Calibration Sample

ปัจจุบันตัวอย่างที่ได้ทำการสอบเทียบ และ สามารถใช้วิเคราะห์โดยเครื่อง Inframatic 8620 มีรายการดังต่อไปนี้

1. ข้าวโพด หรือ Corn ใช้เฉพาะ % Moisture อย่างเดียว
   เนื่องจากเป็นปัจจัยที่มีความเสี่ยงสูงมากที่สุด
   (Critical Point)ต่อคุณภาพของวัตถุดิบ เช่น อายุการเก็บ, การเน่าเสีย
2. Bone Biscuit ใช้วิเคราะห์ % Protein, % Fat และ % Moisture
3. Ped Kibble* ใช้วิเคราะห์ % Protein, % Fat และ % Moisture

(* Ped Kibble หมายถึง ผลิตภัณฑ์ Pedigreeที่ทำสำเร็จรูปแล้ว และ Chunk, Pea, Small Bone, Carrot and Pasta)

4. Whiskas ใช้วิเคราะห์ % Protein, % Fat และ % Moisture
(สามารถใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารอาหารของ Kitekat Japan ด้วย
เนื่องจากมีสูตรในการผลิตเหมือนกัน (Same Recipe)

3.6 ข้อแนะนำ

1. ควรทำการทวนสอบ (Verification) Standard Curve ที่มีอยู่แล้ว โดยการหาค่า Difference Average ระหว่างผลการวิเคราะห์จาก Lab และ NIR เพื่อสามารถหาค่า C_0 ใหม่ที่เหมาะสม อีกทั้งยังสะดวก, รวดเร็วกว่าการเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์ใหม่ และ ประหยัดค่าสารเคมีในการวิเคราะห์โดยแล็ปเปียก โดยอาจทำการทวนสอบปีละ 1 ครั้ง

การหาค่า Difference Average ระหว่าง NIR และ Lab

จาก NIR SOFTWARE MANUAL หน้า 17-19 ได้กล่าวถึงวิธีการปรับ Calibration Curve ที่มีอยู่แล้ว โดยการหาค่าDifference Average ระหว่าง NIR และ Lab แล้วนำมาลบกับค่าจุดตัดแกน y หรือ C_0 ของ Calibration Curve ที่มีอยู่แล้ว เพื่อเป็นการหาค่าค่าจุดตัดแกน y หรือ C_0 ใหม่ที่เหมาะสม ซึ่งค่า Difference Averageได้มาจากตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5 แสดงการหาค่า C_0 จากกราฟ Calibration Curve ที่มีอยู่แล้ว

Parameter of Raw material	Difference Average	C_0 of existed Calibration Curve	New C_0 (C_0 old + Diff ave.)
% Moisture of Corn	+0.119	13.99	14.109
% Moisture of Poultry Meal	-0.096	5.927	5.831
% Moisture of Maize Gluten	-0.319	10.30	9.981
% Protein of Meat & Bone Meal	+0.186	44.196	44.382

2.ผลิตภัณฑ์ (Kibble) และ วัตถุดิบที่นำมาวัดโดยใช้เครื่อง Inframatic 8620 เป็นพวก Dried Food product และ Dried Food Powder แต่ก็มีไขมันอยู่สูงในบางประเภท ดังนั้นคราบไขมันที่เกาะติด อยู่ที่กระจก ของเครื่อง Inframatic 8620 อาจทำให้ผลการวัดผิดพลาดได้ เนื่องจากแสงส่องผ่าน ได้ไม่ดี ทำให้ตัวอย่างรับแสงได้ไม่หมด ดังนั้นควรจะมีการทำความสะอาดกระจกโดยอาจจะใช้น้ำยา เช็ดเลนส์ หรือ ใช้ผ้าเนื้อนุ่มจุ่มแอลกอฮอล์กหมาด ๆ มาเช็ดก็ได้

3. สำหรับ Kibble ที่มีสูตร หรือ Recipe เดียวกัน ควรจะให้ทำการวัดที่รายการเดียวกันได้ แล้วควรติดป้ายบอก Operator ด้วยว่า รายการนี้สามารถใช้วัดผลิตภัณฑ์อะไรได้บ้าง และ ปัจจัย (Parameters) ใดได้บ้าง เช่น

Raw Material & Product List (รายการ)	**Parameters (ปัจจัยที่ตรวจวัดได้)**	**Kibble and Product**
Whiskas	% Protein, Fat, Moisture	Kitekat Japan (Bonito, Chicken)
Corn	% Moisture	-

4. สำหรับวัตถุดิบบางตัว ควรเลือกวัดปัจจัยที่พิจารณาแล้วว่ามีความเสี่ยงต่อคุณภาพของวัตถุดิบ และมีความเสี่ยงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น สำหรับวัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีน อาจเลือกวัดปัจจัยที่สำคัญ คือ โปรตีน และ อาจจะพิจารณาปัจจัยที่เสี่ยงต่อการเน่าเสีย และ อายุการเก็บ เช่น ความชื้น เป็นต้น ตัวอย่างของวัตถุดิบได้แก่ Maize Gluten การเลือกวัดเฉพาะ Critical Point จะช่วยให้ประหยัดเวลา และ ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการวิเคราะห์ในแล็ปลงได้มาก

5. ทำการคัดเลือกตัวอย่างที่ใช้ในการสอบเทียบให้มีการกระจายของข้อมูลอยู่ในช่วงค่าต่ำสุด ถึงค่าสูงสุด (Minimum – Maximum) Calibration Sample เพื่อจะได้ Standard curve ที่มีความสัมพันธ์ที่ดีขึ้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

การศึกษากราฟ Moisture Sorption Isotherm ของผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ
(Study of Moisture Sorption Isotherm for type of products)

โดย น.ส.กฤติยา เหมบุตร วันที่ 12 ธันวาคม 2543

Water Activity เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการควบคุมการเสียของอาหาร ในขณะที่อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปัจจัยอื่น ๆ มีผลกระทบต่อความเร็วในการเจริญของจุลินทรีย์ในอาหาร Water Activity เป็นปัจจัยชี้ระดับปริมาณน้ำต่ำสุดที่มีอยู่เพื่อการเจริญของจุลินทรีย์ ค่าWater Activity ของผลิตภัณฑ์สามารถวัดได้จากค่าความชื้นสัมพัทธ์สมดุลของอากาศ ที่ปล่อยให้สมดุลกับผลิตภัณฑ์ ความสัมพันธ์ระหว่าง Water Activity กับความชื้นที่อุณหภูมิที่กำหนด เรียกว่า Moisture Sorption Isotherm ซึ่งสร้างได้จากการทำการทดลองเท่านั้น จากการศึกษา Moisture Sorption Isotherm ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ Pedigree Puppy, Pedigree Beef, Pedigree Chicken & Vegetable (India), Bone Biscuit และ Whiskas Ocean Fish พบว่า ค่า R^2 อยู่ระหว่าง 0.8421-0.9506 โดยค่า R^2 ของ Whiskas Ocean Fish มีค่าสูงที่สุด (R^2 = 0.9506) ในขณะที่ Bone Biscuit มีค่าต่ำที่สุด (R^2 = 0.8421) แสดงว่าค่าความชื้นและค่า Water Activity (a_w) มีความสัมพันธ์กันอย่างมาก โดยเป็นไปในทางเดียวกัน คือ เมื่อค่า Water Activity (a_w) เพิ่มขึ้น ความชื้นจะเพิ่มขึ้นแต่เป็นการเพิ่มแบบไม่เป็นเส้นตรง กราฟที่ได้จากการศึกษาสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับอ้างอิงต่อไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4

การศึกษากราฟ Moisture Sorption Isotherm ของผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ

(Study of Moisture Sorption Isotherm for type of products)

4.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและ Water Activity (a_w) ของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด โดยพลอทกราฟ Moisture Sorption Isotherm
2. เพื่อนำกราฟ Moisture Sorption Isotherm มาใช้เป็นข้อมูลสำหรับอ้างอิง

4.2 บทนำ

โดยปกติอาจแบ่งลักษณะการรวมตัวของน้ำ (Binding) ด้วยคุณสมบัติทางเทอโมไดนามิกส์ ได้ 4 แบบ คือ

1. **Chemically bound water** คือน้ำที่ยึดกับสารถูกละลาย (Solute) ด้วย ionic bond และหลุดออกจากกันได้ด้วยความร้อน พลังงานในการรวมตัว (Binding energy) เท่ากับ 84-420 kj/mol.
2. **Adsorptionally bound water** คือ น้ำที่ยึดระหว่างผิวภายนอกและผิวภายในของอนุภาค คอลลอยด์ด้วยแรงของ charge ความชื้นชั้นแรกเป็นหนึ่งโมเลกุล เรียกว่า Monomolecular layer หรือความชื้นที่ยึดด้วยชั้นของโมเลกุลเดียว (Moisture of monomolecular adsorption) ด้วยชั้นแรกนี้จะทำให้เกิดชั้นที่ 2 และ ชั้นที่ 3 หรือเกิด Polymolecular adsorption layers ด้วยพลังงานยึดเท่ากับ 21-63 kj/mol.
3. **Capillary bound water** เป็นน้ำในช่องว่างขนาดใหญ่และขนาดเล็กของผลิตภัณฑ์น้ำส่วนนี้จัดเป็น Free water ยกเว้นน้ำที่เรียงตัวเป็นชั้นบาง ๆ บนผิวของผนังช่องว่าง (Capillary walls)
4. **Osmotically retained moisture media** ที่กระจายของสารละลายในเซลล์ มีการเคลื่อนที่ผ่าน Semipermeable membranes ของพืช หรือเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ เป็นน้ำที่มี Binding energy ต่ำเพียง 2.1 kj/mol.

Water Activity (a_w) เป็นปัจจัยที่สำคัญมากต่ออายุการเก็บของอาหาร ในขณะที่อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปัจจัยอื่น ๆ มีผลกระทบต่อความเร็วในการเจริญของจุลินทรีย์ในอาหาร Water Activity จะเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการควบคุมการเสียของอาหาร ตัวอย่างเช่น แบคทีเรียเกือบทุกชนิดไม่สามารถเติบโตได้ที่ Water Activity ต่ำกว่า 0.91 ในขณะที่ราส่วนมากหยุดการเจริญเติบโตเมื่อ Water Activity ต่ำกว่า 0.80 แต่ราบางชนิด (Xerophillic molds) สามารถเจริญเมื่อ Water Activity เท่ากับ 0.65 เราสามารถประเมินได้จากการวัดค่า Water Activity ว่าจุลินทรีย์ชนิดใดเป็นหรือไม่เป็นสาเหตุที่ทำให้อาหารเสีย Water Activity เป็นปัจจัยชี้ระดับปริมาณน้ำต่ำสุดที่มีอยู่เพื่อการเจริญของจุลินทรีย์ นอกจากนั้น Water Activity ยังมีผลกระทบต่อการทำงานของเอ็นไซม์และวิตามินในอาหาร ซึ่งเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสี รสและกลิ่นของอาหารอย่างชัดเจน

เราสามารถตรวจวัดค่า Water Activity โดยใช้เครื่องวัดค่า Water Activity ซึ่งจะวัดปริมาณน้ำอิสระ (Free Water) ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ กระบวนการรักษาอาหารหลายกระบวนการมีจุดมุ่งหมายที่จะป้องกันการเสียของอาหาร โดยการลดปริมาณน้ำที่มีสำหรับจุลินทรีย์ การลดปริมาณน้ำอิสระจะลดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ไม่ต้องการให้เกิดในระหว่างการเก็บรักษาด้วย

วิธีวัดค่า Water Activity

ค่า Water Activity ของผลิตภัณฑ์สามารถวัดได้จากค่าความชื้นสัมพัทธ์สมดุลของอากาศที่ปล่อยให้สมดุลกับผลิตภัณฑ์ ดังนั้นผลิตภัณฑ์จะต้องถูกวางไว้ในระบบปิดเพื่อให้เกิดความสมดุลได้ จุดที่เกิดความสมดุล คือ จุดที่ Water Activity ของตัวอย่างมีค่าเท่ากับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศนั่นเอง นอกจากการวัดค่า Water Activity โดยการวัดความชื้นสัมพัทธ์สมดุลแล้วยังมีเครื่องมือวัดค่า Water Activity โดยตรงเพื่อความสะดวกในการใช้งานด้วย

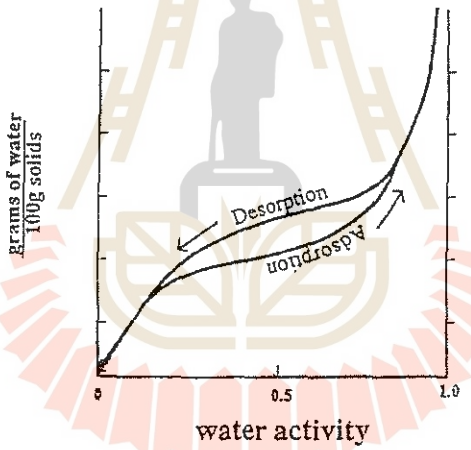
การวัดค่า Water Activity โดยเครื่องมือที่ใช้วิธี Chilled-Mirror dew point ซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับเป็นมาตรฐานระหว่างประเทศ AOAC จะสามารถวัดค่าได้โดยใช้เวลาประมาณ 5 นาที ในขณะที่เครื่องมือที่ใช้ Electronic Capacitive Sensor จะใช้เวลาประมาณ 30-90 นาที เพื่อเข้าสู่สภาวะสมดุลของความชื้นสัมพัทธ์ สำหรับการใช้งานบางอย่างการอ่านผลได้รวดเร็วจะทำให้ผู้ผลิตอาหารสามารถกำกับ และควบคุมค่า Water Activity ได้ ณ จุดที่ทำการผลิตทำให้สามารถปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตให้เหมาะสมได้ในระหว่างที่ทำการผลิต เครื่องมือในระบบ Chilled Mirror สามารถอ่านค่า Water Activity ได้กว้างกว่าระบบ Electronic Capacitive Sensor คือจะวัดค่าได้ในช่วงตั้งแต่ 0.030 ถึง 1.000

เครื่องวัดค่า Water Activity จะใช้ Chilled Mirror Sensor ในการวัดจุดน้ำค้าง (Dew-point) โดยมีพัดลมในตัวเครื่องจะช่วยให้มีการไหลเวียนของอากาศภายในช่องตรวจสอบ(Sensing Chamber) เพื่อให้ถึงจุดสมดุลเร็วขึ้น ในขณะตรวจสอบเทอร์โมมิเตอร์ระบบอินฟราเรดในตัวเครื่องก็จะวัดค่าอุณหภูมิของตัวอย่างที่กำลังตรวจสอบไปพร้อม ๆ กัน จากนั้นเครื่องจะแสดงค่า Water Activity ที่คำนวณได้พร้อมอุณหภูมิของตัวอย่าง

เครื่องวัด Water Activity ในระบบ Electronic Capacitive Sensorจะใช้โพลีเมอร์ซึ่งสามารถดูดซับความชื้นได้ ร่วมกับแผงวงจรไฟฟ้าแปลงเป็นสัญญาณที่มีความสัมพันธ์กับค่าความชื้นสัมพัทธ์สมดุลเป็นตัวตรวจสอบค่า Water Activity เมื่อถึงจุดสมดุลตัวตรวจสอบนี้ก็จะวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์รอบ ๆ บริเวณนั้นทันที ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ณ จุดสมดุลจะมีค่าเท่ากับค่า Water Activityของตัวอย่างเมื่ออุณหภูมิของตัวอย่างกับอุณหภูมิของตัวตรวจสอบเท่ากันเท่านั้น ดังนั้นเครื่องวัดในระบบนี้จึงต้องใช้เวลา 30-90 นาที เพื่อเข้าสู่สมดุลของอุณหภูมิและไอน้ำ ความแม่นยำของการวัดในวิธีนี้ขึ้นกับความถูกต้องของการควบคุมอุณหภูมิ

Water Activity และความชื้น

ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและ Water Activity เป็นเรื่องซับซ้อน ค่า Water Activity มักจะเพิ่มขึ้น เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นแต่เป็นการเพิ่มแบบไม่เป็นเส้นตรง ความสัมพันธ์ระหว่าง Water Activity กับความชื้นที่อุณหภูมิที่กำหนดเรียกว่า Moisture Sorption Isotherm กราฟความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้สร้างได้จากการทำการทดลองเท่านั้น Moisture Sorption Isotherm สำหรับอาหารแทบทุกชนิดจะมีรูปร่างแบบ Sigmoidal ดังรูปที่ 10 แต่อาหารที่มีปริมาณน้ำตาลมากหรือมีโมเลกุลที่ละลายได้น้อยจะได้กราฟ Isotherm รูปคล้ายตัว J กราฟ Moisture Sorption Isotherm จากการทดลองซึ่งเริ่มต้นจากผลิตภัณฑ์ที่แห้ง แล้วเพิ่มความชื้นมากขึ้นเรื่อย ๆ (Adsorption) ไม่จำเป็นต้องเหมือนกับกราฟ Isotherm จากการทดลองผลิตภัณฑ์เดียวกันในสภาพชื้นแล้วลดความชื้นลงเรื่อย ๆ (Desorption)



รูปที่ 17 Moisture Sorption Isotherm
ที่มา : วารสารจารพา, 2543

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลของ Water Activity ต่อปฏิกิริยาเคมีในอาหาร

อาหารมักจะมีโปรตีนและคาร์โบไฮเดรทซึ่งมีแนวโน้มที่จะเกิดปฏิกิริยา Millard Reaction ซึ่งทำให้เกิดสีน้ำตาลที่ไม่เป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากเอ็นไซม์ การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจาก Millard Reaction มีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อค่า Water Activity สูงขึ้น โดยจะเกิดได้สูงสุดที่ช่วง Water Activity 0.6 ถึง 0.7 แต่ในผลิตภัณฑ์บางชนิด เมื่อเพิ่มค่า Water Activity ก็จะขัดขวางการเกิด Millard Reaction ได้ ดังนั้น การตรวจวัดและควบคุมค่า Water Activity ในผลิตภัณฑ์จึงเป็นวิธีที่ดีในการควบคุมปัญหาการเกิดสีน้ำตาลจาก Millard Reaction Water Activity มีผลกระทบต่อความคงตัวในด้านคุณสมบัติตามธรรมชาติของโปรตีนและเอ็นไซม์อย่างชัดเจน เอ็นไซม์และโปรตีนเกือบทุกชนิดต้องรักษาสภาพตามธรรมชาติไว้เพื่อให้สามารถทำหน้าที่ได้ตามปกติ ดังนั้นการรักษาระดับของ Water Activity เพื่อป้องกันและการเปลี่ยนแปลงสภาพของสารเหล่านี้จึงมีความสำคัญต่อคุณภาพของอาหารอย่างมาก ปฏิกิริยาจากเอ็นไซม์ส่วนมากจะช้าลงที่ระดับ Water Activity 0.8 อย่างไรก็ตาม ปฏิกิริยาเหล่านี้บางปฏิกิริยาก็สามารถเกิดได้แม้ที่ระดับ Water Activity ต่ำมาก ๆ การเสียประเภทนี้จะมีผลให้เกิดกลิ่นและรสที่รุนแรงจนผู้บริโภคไม่ยอมรับ โดยทั่วไปการเสียเนื่องจากปฏิกิริยาของเอ็นไซม์มักไม่เกิดกับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการใช้อุณหภูมิในการผลิต

ผลของ Water Activity ต่อการเสียของอาหาร

เนื่องจาก ยีสต์ รา และแบคทีเรียจำเป็นต้องใช้น้ำอิสระในการเจริญเติบโต การผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีค่า Water Activity ต่ำกว่า 0.6 จะช่วยควบคุมการเสียเนื่องจากจุลินทรีย์เหล่านี้ได้ วิธีที่ง่ายที่สุดในการลด Water Activity ในอาหารคือการกำจัดน้ำในอาหาร เช่น การทำให้สุก การอบ การทำให้แห้ง หรือกระบวนการที่ใช้อุณหภูมิสูง

4.3 การทดลองหา Moisture Sorption Isotherm

การทดลองนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1. Adsorption เพื่อหาความชื้นและ Water Activity (a_w) ในช่วงที่สูงขึ้น โดยเทตัวอย่างแต่ละชนิดลงในตะแกรง (ซึ่งวางอยู่บนรถเข็น) ให้มีความหนาประมาณ 2 เซนติเมตร นำรถเข็นไปวางไว้ที่บริเวณ Packing area เพื่อให้ตัวอย่างดูดความชื้น ติดตั้ง Data logger เพื่อตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นในแต่ละวัน ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างไปตรวจวัดความชื้นและ Water Activity (a_w) ทุกวัน
2. Dehydration ทำการอบตัวอย่างเพื่อหาความชื้นและ Water Activity (a_w) ในช่วงที่ต่ำลง โดยเทตัวอย่างใส่ถาดอะลูมิเนียมแล้วนำไปอบในตู้อบไฟฟ้า (Electric oven) ที่อุณหภูมิ 80 $^{\circ}$C โดยใช้เวลาประมาณ 2-3 ชั่วโมง สุ่มเก็บตัวอย่างไปตรวจวัดความชื้นและWater Activity (a_w) ทุก ๆ 20 นาที

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลองมี 5 ชนิด ได้แก่ Pedigree Puppy, Pedigree Beef, Pedigree Chicken & Vegetable (India), Bone Biscuit และ Whiskas Ocean Fish

วิธีการวิเคราะห์ Water Activity (a_w)

การเตรียมตัวอย่าง

1. บดตัวอย่างประมาณ 10 กรัม โดยใช้เครื่องบดละเอียด
2. บรรจุตัวอย่างลงใน Plastic container ให้มีระดับครึ่งหนึ่งของภาชนะบรรจุ แล้วปิดฝา

การวัดค่า Water Activity (a_w)

1. เปิดเครื่อง a_w Analyzer อุ่นเครื่องประมาณ 1 ชั่วโมง หรือรอจนกระทั่งอุณหภูมิได้ 25.0 $^{\circ}$C
2. ทำการ Calibrate เครื่อง โดยใช้ Humidity standard ซึ่งประกอบด้วยสารละลายเกลืออิ่มตัว โดยทำการ Calibrate ค่า Water Activity (a_w) ในช่วงที่ต้องการตรวจวัด
   เช่น ใช้ Humidity standard 0.53, 0.75 สำหรับ Pedigree และ Whiskas
   Humidity standard 0.33, 0.53 สำหรับ Bone Biscuit
   Humidity standard 0.11, 0.33, 0.53, 0.75 สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบ
3. หลังจาก Calibrate เสร็จ นำตัวอย่างที่เตรียมไว้ไปวัดค่า Water Activity (a_w) ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ
4. บันทึกผล

วิธีการวิเคราะห์ความชื้น

1. อบถ้วยอะลูมิเนียม โดยใช้ตู้อบไฟฟ้า (Electric oven) ที่อุณหภูมิ 105 $^{\circ}$C นาน 1 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในตู้ดูดความชื้น 30 นาที
2. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 2 กรัม (ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ) ใส่ลงในถ้วยซึ่งทราบน้ำหนักแล้ว ใช้คีมคีบเคาะถ้วยให้ตัวอย่างกระจายสม่ำเสมอ
3. อบถ้วยตัวอย่างในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 $^{\circ}$C นาน 8 ชั่วโมง
4. นำออกจากตู้อบใส่ในตู้ดูดความชื้น 30 นาที ชั่งน้ำหนัก
5. คำนวณหา % ความชื้นจากสูตร

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{\text{ผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

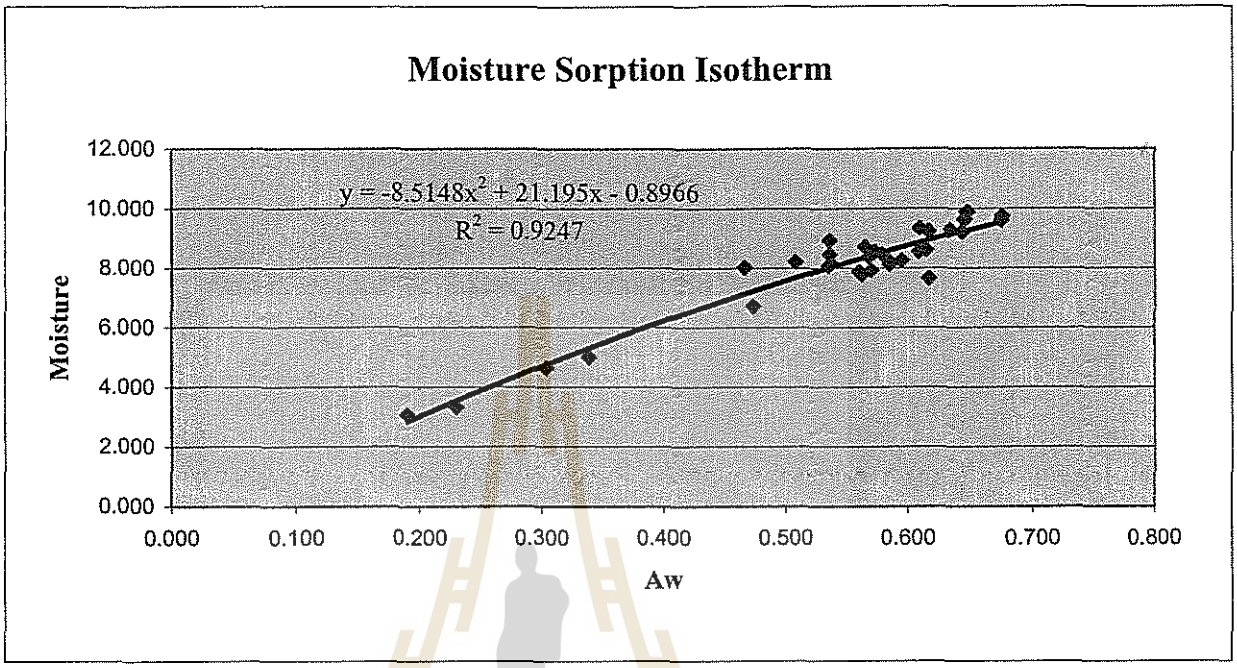
นำค่าความชื้นและ Water Activity (a_w) ที่ได้มาพลอทกราฟ Moisture Sorption Isotherm, หาสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นและ Water Activity (a_w) หาค่า R^2 (Coefficient of determination)

ผลการศึกษา

ตารางที่ 6 ค่า a_w และ Moisture ของ Pedigree Puppy เรียงตามค่า a_w จากน้อยไปหามาก

aw	Moisture
0.190	3.063
0.230	3.312
0.304	4.639
0.339	5.006
0.466	8.023
0.473	6.711
0.508	8.210
0.535	8.072
0.536	8.930
0.536	8.449
0.537	8.155
0.560	7.877
0.562	7.771
0.565	8.716
0.568	8.374
0.570	7.923
0.572	8.528
0.573	8.550
0.579	8.460
0.585	8.218
0.585	8.119
0.595	8.256
0.609	8.537
0.610	9.327
0.615	8.616
0.617	7.652
0.617	9.228
0.635	9.277
0.644	9.212
0.646	9.630
0.648	9.878
0.675	9.596
0.676	9.745

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



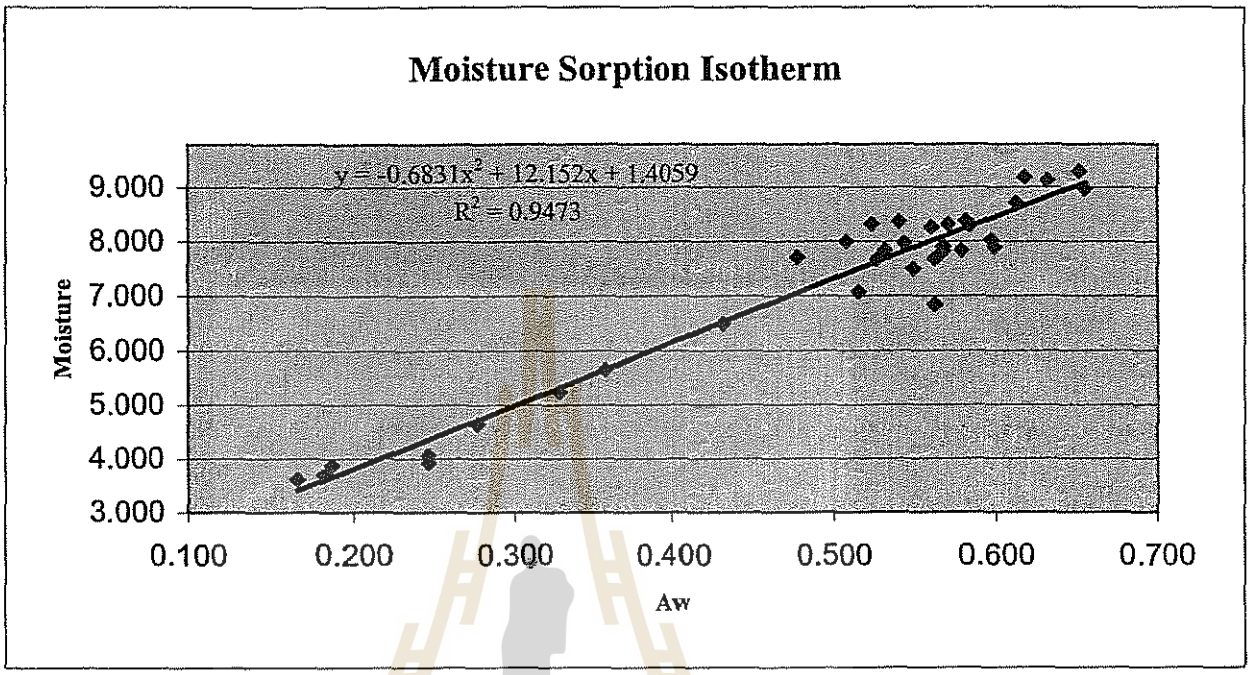
รูปที่ 18 Moisture Sorption Isotherm ของ Pedigree Puppy

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 7 ค่า a_w และ Moisture ของ Pedigree Beef เรียงตามค่า a_w จากน้อยไปหามาก

aw	Moisture
0.166	3.608
0.182	3.680
0.187	3.868
0.246	3.916
0.246	4.063
0.277	4.639
0.328	5.240
0.357	5.649
0.431	6.481
0.477	7.703
0.508	8.001
0.516	7.067
0.524	8.315
0.527	7.659
0.532	7.832
0.541	8.360
0.544	7.962
0.550	7.491
0.561	8.257
0.563	7.681
0.563	6.831
0.568	7.907
0.568	7.821
0.571	8.314
0.579	7.826
0.582	8.370
0.584	8.298
0.597	8.017
0.599	7.888
0.613	8.709
0.618	9.185
0.632	9.124
0.652	9.288
0.656	8.964

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



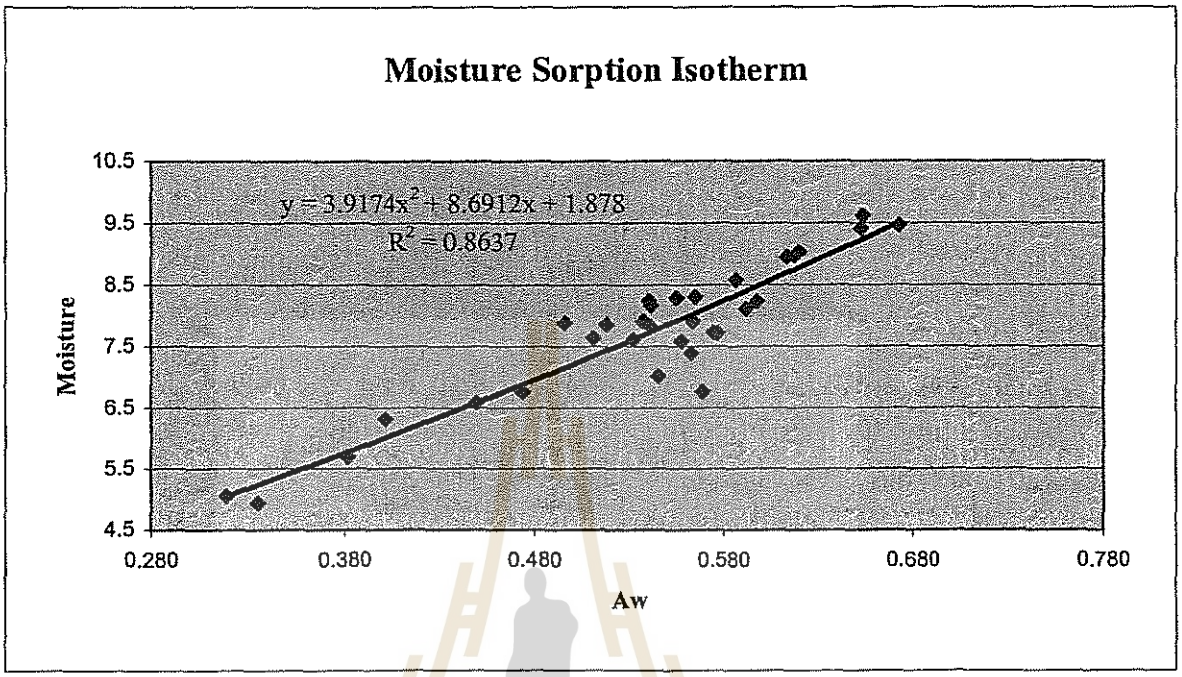
รูปที่ 19 Moisture Sorption Isotherm ของ Pedigree Beef

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 8 ค่า a_w และ Moisture ของ Pedigree Chicken & Vegetable (India) เรียงตามค่า a_w จากน้อยไปหามาก

aw	Moisture
0.319	5.051
0.335	4.933
0.382	5.687
0.402	6.310
0.450	6.584
0.474	6.753
0.496	7.881
0.511	7.632
0.518	7.851
0.532	7.609
0.537	7.904
0.540	8.240
0.541	7.823
0.541	8.164
0.545	7.012
0.555	8.285
0.558	7.581
0.563	7.381
0.564	7.899
0.565	8.303
0.569	6.759
0.575	7.724
0.577	7.714
0.587	8.581
0.592	8.108
0.598	8.232
0.614	8.945
0.618	8.980
0.620	9.028
0.653	9.407
0.654	9.617
0.673	9.458

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



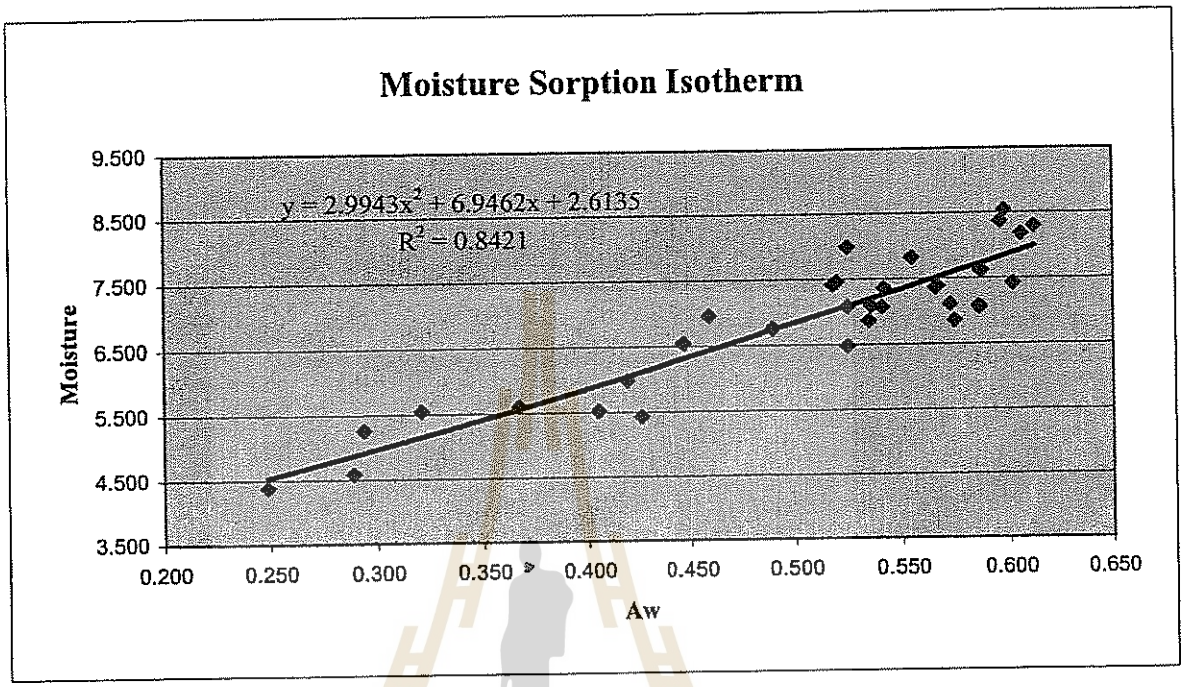
รูปที่ 20 Moisture Sorption Isotherm ของ Pedigree Chicken & Vegetable (India)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 9 ค่า a_w และ Moisture ของ Bone Biscuit เรียงตามค่า a_w จากน้อยไปหามาก

aw	Moisture
0.249	4.375
0.289	4.580
0.294	5.258
0.321	5.545
0.367	5.606
0.405	5.521
0.419	5.988
0.426	5.426
0.447	6.542
0.459	6.950
0.490	6.751
0.518	7.411
0.520	7.453
0.525	7.074
0.525	7.989
0.525	6.477
0.535	6.858
0.536	7.081
0.541	7.062
0.542	7.351
0.555	7.821
0.566	7.353
0.567	7.381
0.573	7.098
0.575	6.851
0.586	7.060
0.587	7.610
0.596	8.364
0.598	8.542
0.602	7.416
0.606	8.174
0.612	8.291

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



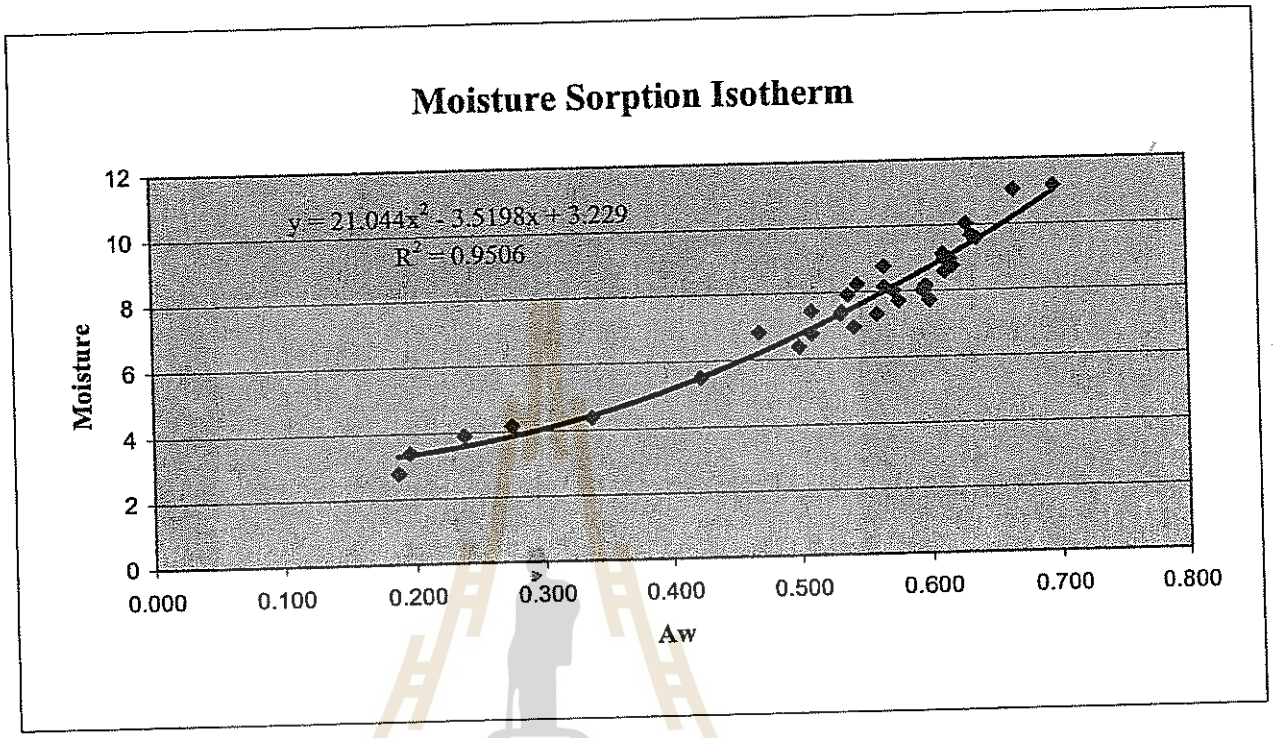
รูปที่ 21 Moisture Sorption Isotherm ของ Bone Biscuit

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 10 ค่า a_w และ Moisture ของ Whiskas Ocean Fish เรียงตามค่า a_w จากน้อยไปหามาก

a_w	Moisture
0.187	2.776
0.196	3.387
0.238	3.887
0.275	4.159
0.337	4.366
0.423	5.492
0.469	6.811
0.500	6.366
0.510	6.745
0.510	7.432
0.533	7.329
0.534	7.399
0.539	7.916
0.543	6.926
0.546	8.236
0.561	7.302
0.567	8.141
0.567	8.774
0.574	8.025
0.578	7.696
0.596	8.009
0.598	8.151
0.601	7.713
0.612	9.126
0.613	8.979
0.613	8.580
0.617	8.953
0.619	8.749
0.630	10.027
0.634	9.668
0.637	9.588
0.666	11.037
0.697	11.144

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 22 Moisture Sorption Isotherm ของ Whiskas Ocean Fish

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.5 สรุปและวิเคราะห์ผลการศึกษา

จากกราฟ Moisture Sorption Isotherm พบว่า ค่าความชื้นและ Water Activity (a_w) มีความสัมพันธ์ในทางเดียวกัน คือ เมื่อค่า Water Activity (a_w) เพิ่มขึ้น ความชื้นจะเพิ่มขึ้น แต่เป็นการเพิ่มแบบไม่เป็นเส้นตรง เมื่อพิจารณาค่า R^2 พบว่า ค่า R^2 อยู่ระหว่าง 0.8421-0.9506 โดย ค่า R^2 ของ Whiskas Ocean Fish มีค่าสูงที่สุด (R^2 = 0.9506) ในขณะที่ Bone Biscuit มีค่าต่ำที่สุด (R^2 = 0.8421) ซึ่งค่า R^2 หมายถึงอัตราส่วนของความแปรปรวนอันเนื่องมาจากอิทธิพลของตัวแปรอิสระ (x) แสดงว่าค่าความชื้นและค่า Water Activity (a_w) มีความสัมพันธ์กันอย่างมาก โดยเป็นไปในทางเดียวกัน

เมื่อพิจารณาข้อมูลที่ได้จากการศึกษา พบว่า ค่า Water Activity (a_w) มีค่าใกล้เคียงกัน ในขณะที่ค่าความชื้นแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องมาจากน้ำในอาหารประกอบด้วย Free water และ Bound water ซึ่งวัด Free water ได้ในรูปของค่า Water Activity (a_w) ดังนั้นเมื่อค่า Water Activity (a_w) มีค่าใกล้เคียงกัน ความชื้นจะต่างกัน เนื่องจาก Bound water บางส่วนในอาหาร เช่น Chemically bound water และ Osmotically retained moisture media ระเหยออกมาในระหว่างการอบตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ความชื้น นอกจากนี้ค่าความชื้นที่ได้อาจมีความคลาดเคลื่อนเนื่องมาจากผู้ทำการตรวจวัด เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ และวิธีการสุ่มตัวอย่าง เป็นต้น

การนำกราฟ Moisture Sorption Isotherm ไปใช้สำหรับอ้างอิงเพื่อการบรรจุผลิตภัณฑ์ จึงควรพิจารณาทั้งค่าความชื้นและค่า Water Activity (a_w) ควบคู่กันไป จากข้อมูลที่ศึกษา ถ้าจะพิจารณาปรับ Specification ของความชื้นให้สูงขึ้น ควรทำการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมให้มากกว่านี้ แล้วทำ Spaning of data (หาระยะกว้างของข้อมูล) เพราะถ้าข้อมูลมีระยะกว้างมาก การปรับค่าความชื้นให้สูงขึ้น จะส่งผลให้ค่า Water Activity (a_w) ที่วัดได้มีความผิดพลาดสูง ซึ่งอาจเกินช่วงที่กำหนดไว้ ทำให้มีความเสี่ยงต่อการเจริญของเชื้อราได้

4.6 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาความสัมพันธ์ของความชื้นและ Water Activity (a_w) ควรทำการเก็บข้อมูลเป็นจำนวนมาก เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของข้อมูล นอกจากนี้ควรกำหนดพื้นที่ในการจัดวางตัวอย่างให้อยู่ในบริเวณเดียวกันตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา สำหรับการทำ Dehydration ควรใช้อุณหภูมิในการอบประมาณ 40-45 $^{\circ}$C หรือใช้อุณหภูมิ 25 $^{\circ}$C โดยควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อให้ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์มีความใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สรุปผลการปฏิบัติงาน

การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาใน บริษัท เอฟเฟ็ม ฟู้ดส์ (ประเทศไทย) จำกัด ในแผนกวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ในส่วนของห้องปฏิบัติการนั้น ส่งผลให้เกิดประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ดังนี้

<u>ด้านสังคม</u>

- ได้รู้จักบุคลากรในแผนกต่าง ๆ มากขึ้น
- เข้าใจถึงลักษณะการทำงานจริงและการนำเอาความรู้ที่เรียน มาประยุกต์ใช้ในการทำงาน

<u>ด้านทฤษฎี</u>

- ได้ทราบถึงหลักการและวิธีการใช้เครื่อง Near Infrared (NIR)
- ได้ทราบถึงขั้นตอนและสภาวะที่ต้องควบคุมในการผลิตอาหารสัตว์
- ได้ทราบถึงวิธีการตรวจรับวัตถุดิบและข้อกำหนดในการตรวจรับวัตถุดิบ
- ได้ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมในเรื่องความสำคัญของ Water Activity ที่มีผลต่ออาหาร
- ได้ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

<u>ด้านปฏิบัติ</u>

- ได้เรียนรู้และใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่นอกเหนือจากการเรียนในมหาวิทยาลัย
- ได้เรียนรู้เกี่ยวกับการสอบเทียบเครื่อง Near Infrared (NIR)
- ได้เรียนรู้และปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ ทั้งทางด้านเคมีและจุลินทรีย์
- ได้เรียนรู้และฝึกปฏิบัติงานในส่วนต่าง ๆ ของฝ่ายผลิต

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บรรณานุกรม

กนกอร อินทราพิเชฐ. 2542. **เอกสารประกอบการสอนวิชา Food Analysis Laboratory.** สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

จิรวัฒน์ ยงสวัสดิกุล. 2541. **เอกสารประกอบการสอนวิชา Food Chemistry.** สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ. 2540. **สถิติเพื่อการวิจัยและวางแผนการทดลอง.** สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. พิมพ์ครั้งที่ 8.

รัตนันท์ พรรณารุโณทัย. 2543. **บทบาทของ Water Activity (a_w) ต่อผลิตภัณฑ์อาหาร.** วารสารจาร์พา. ปีที่ 7. ฉบับที่ 56 : 57-61 น.

Fearn and Hindle. **Practical NIR spectroscopy with applications in food and beverage analysis.** Longman. New York.

James, C.S. 1994. **Analytical chemistry of foods.** Chapman & Hall. London.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Type of products: Pedigree Puppy (Regular)
Adsorption: Packing date 20/10/00 Mfg. Date of disc 8/10/00, bone 19/10/00

Date	Rep.	a_w	moisture
31/10/00 (day 0)	1	0.633	9.209
	2	0.636	9.350
	3	0.637	9.272
	Ave.	0.635	9.277
Date	Rep.	a_w	moisture
1/11/00 (day 1)	1	0.535	8.931
	2	0.536	8.950
	3	0.536	8.909
	Ave.	0.536	8.930
Date	Rep.	a_w	moisture
2/11/00 (day 2)	1	0.466	7.862
	2	0.466	8.137
	3	0.465	8.070
	Ave.	0.466	8.023
Date	Rep.	a_w	moisture
3/11/00 (day 3)	1	0.536	8.175
	2	0.537	8.175
	3	0.537	8.116
	Ave.	0.537	8.155
Date	Rep.	a_w	moisture
4/11/00 (day 4)	1	0.571	8.521
	2	0.572	8.509
	3	0.572	8.554
	Ave.	0.572	8.528
Date	Rep.	a_w	moisture
6/11/00 (day 6)	1	0.534	7.958
	2	0.534	8.042
	3	0.536	8.216
	Ave.	0.535	8.072
Date	Rep.	a_w	moisture
7/11/00 (day 7)	1	0.567	8.583
	2	0.568	8.175
	3	0.569	8.363
	Ave.	0.568	8.374

Date	Rep.	a_w	moisture
8/11/00 (day 8)	1	0.573	8.537
	2	0.575	8.504
	3	0.572	8.609
	Ave.	0.573	8.550
Date	Rep.	a_w	moisture
9/11/00 (day 9)	1	0.579	8.579
	2	0.579	8.392
	3	0.579	8.408
	Ave.	0.579	8.460
Date	Rep.	a_w	moisture
10/11/00 (day 10)	1	0.608	8.442
	2	0.609	8.596
	3	0.610	8.574
	Ave.	0.609	8.537
Date	Rep.	a_w	moisture
13/11/00 (day 13)	1	0.615	7.715
	2	0.615	7.765
	3	0.620	7.476
	Ave.	0.617	7.652
Date	Rep.	a_w	moisture
14/11/00 (day 14)	1	0.585	8.134
	2	0.585	8.159
	3	0.586	8.362
	Ave.	0.585	8.218
Date	Rep.	a_w	moisture
15/11/00 (day 15)	1	0.592	8.358
	2	0.594	8.267
	3	0.599	8.142
	Ave.	0.595	8.256
Date	Rep.	a_w	moisture
16/11/00 (day 16)	1	0.570	7.930
	2	0.570	7.750
	3	0.569	8.088
	Ave.	0.570	7.923

Date	Rep.	a_w	moisture
17/11/00 (day 17)	1	0.586	8.058
	2	0.585	8.134
	3	0.585	8.166
	Ave.	0.585	8.119
Date	Rep.	a_w	moisture
20/11/00 (day 20)	1	0.609	9.363
	2	0.610	9.273
	3	0.611	9.345
	Ave.	0.610	9.327
Date	Rep.	a_w	moisture
21/11/00 (day 21)	1	0.536	8.763
	2	0.536	8.321
	3	0.536	8.262
	Ave.	0.536	8.449
Date	Rep.	a_w	moisture
22/11/00 (day 22)	1	0.508	7.888
	2	0.509	8.375
	3	0.508	8.367
	Ave.	0.508	8.210
Date	Rep.	a_w	moisture
23/11/00 (day 23)	1	0.566	8.521
	2	0.564	8.778
	3	0.564	8.850
	Ave.	0.565	8.716
Date	Rep.	a_w	moisture
24/11/00 (day 24)	1	0.562	7.608
	2	0.563	7.784
	3	0.562	7.922
	Ave.	0.562	7.771
Date	Rep.	a_w	moisture
27/11/00 (day 27)	1	0.673	9.780
	2	0.675	9.481
	3	0.676	9.526
	Ave.	0.675	9.596

Date	Rep.	a_w	moisture
28/11/00 (day 28)	1	0.646	9.690
	2	0.645	9.545
	3	0.646	9.655
	Ave.	0.646	9.630
Date	Rep.	a_w	moisture
29/11/00 (day 29)	1	0.647	9.905
	2	0.646	9.955
	3	0.651	9.774
	Ave.	0.648	9.878
Date	Rep.	a_w	moisture
30/11/00 (day 30)	1	0.614	9.281
	2	0.617	9.236
	3	0.620	9.168
	Ave.	0.617	9.228
Date	Rep.	a_w	moisture
1/11/00 (day 31)	1	0.615	8.637
	2	0.615	8.728
	3	0.614	8.483
	Ave.	0.615	8.616

Dehydration: Packing date 29/09/00

Times	Rep.	a_w	moisture
0 min.	1	0.675	9.795
	2	0.675	10.010
	3	0.677	9.431
	Ave.	0.676	9.745
Times	Rep.	a_w	moisture
10 min.	1	0.640	9.417
	2	0.645	8.941
	3	0.647	9.277
	Ave.	0.644	9.212
Times	Rep.	a_w	moisture
30 min.	1	0.559	7.746
	2	0.561	7.846
	3	0.561	8.038
	Ave.	0.560	7.877

Times	Rep.	a_w	moisture
50 min.	1	0.474	6.557
	2	0.472	6.590
	3	0.474	6.986
	Ave.	0.473	6.711
Times	Rep.	a_w	moisture
70 min.	1	0.338	4.900
	2	0.339	5.205
	3	0.340	4.912
	Ave.	0.339	5.006
Times	Rep.	a_w	moisture
90 min.	1	0.302	4.343
	2	0.305	4.885
	3	0.306	4.688
	Ave.	0.304	4.639
Times	Rep.	a_w	moisture
110 min.	1	0.228	3.402
	2	0.229	3.343
	3	0.233	3.192
	Ave.	0.230	3.312
Times	Rep.	a_w	moisture
130 min.	1	0.191	2.997
	2	0.187	3.136
	3	0.193	3.056
	Ave.	0.190	3.063

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Type of products: Pedigree Puppy (Regular)
Adsorption: Packing date 20/10/00 Mfg. Date of disc 8/10/00, bone 19/10/00
Dehydration: Packing date 29/09/00

Times	a_w	Moisture	Temp.(°C)	%RH
Adsorption 0 day	0.635	9.277	.	.
1 day	0.536	8.930	26.95	64.18
2 day	0.466	8.023	25.71	53.13
3 day	0.537	8.155	22.94	58.13
4 day	0.572	8.528	21.26	58.32
6 day	0.535	8.072	22.05	55.85
7 day	0.568	8.374	23.43	57.11
8 day	0.573	8.550	21.56	56.05
9 day	0.579	8.460	24.70	61.24
10 day	0.609	8.537	24.55	60.29
13 day	0.617	7.652	26.54	62.09
14 day	0.585	8.218	26.07	61.52
15 day	0.595	8.256	27.69	62.98
16 day	0.570	7.923	28.33	60.09
17 day	0.585	8.119	28.20	58.95
20 day	0.610	9.327	27.74	65.12
21 day	0.536	8.449	26.67	59.79
22 day	0.508	8.210	24.40	55.81
23 day	0.565	8.716	24.18	57.76
24 day	0.562	7.771	27.18	56.34
27 day	0.675	9.596	26.90	70.93
28 day	0.646	9.630	27.40	65.80
29 day	0.648	9.878	26.89	63.30
30 day	0.617	9.228	26.84	65.29
31 day	0.615	8.616	27.06	60.95
Dehydration 0 min.	0.676	9.745		
10 min.	0.644	9.212		
30 min.	0.560	7.877		
50 min.	0.473	6.711		
70 min.	0.339	5.006		
90 min.	0.304	4.639		
110 min.	0.230	3.312		
130 min.	0.190	3.063		

Type of products: Pedigree Beef
Adsorption: Packing date 29/10/00

Date	Rep.	a_w	moisture
31/10/00 (day 0)	1	0.549	7.970
	2	0.543	8.082
	3	0.541	7.835
	Ave.	0.544	7.962
Date	Rep.	a_w	moisture
1/11/00 (day 1)	1	0.522	8.288
	2	0.526	8.358
	3	0.524	8.300
	Ave.	0.524	8.315
Date	Rep.	a_w	moisture
2/11/00 (day 2)	1	0.480	7.708
	2	0.476	7.758
	3	0.475	7.642
	Ave.	0.477	7.703
Date	Rep.	a_w	moisture
3/11/00 (day 3)	1	0.528	7.746
	2	0.526	7.762
	3	0.526	7.469
	Ave.	0.527	7.659
Date	Rep.	a_w	moisture
4/11/00 (day 4)	1	0.584	8.450
	2	0.583	8.080
	3	0.585	8.363
	Ave.	0.584	8.298
Date	Rep.	a_w	moisture
6/11/00 (day 6)	1	0.531	7.830
	2	0.531	7.835
	3	0.533	7.830
	Ave.	0.532	7.832
Date	Rep.	a_w	moisture
7/11/00 (day 7)	1	0.560	8.379
	2	0.560	8.180
	3	0.562	8.212
	Ave.	0.561	8.257

Date	Rep.	a_w	moisture
8/11/00 (day 8)	1	0.561	7.746
	2	0.564	7.688
	3	0.564	7.608
	Ave.	0.563	7.681
Date	Rep.	a_w	moisture
9/11/00 (day 9)	1	0.568	7.746
	2	0.566	7.980
	3	0.569	7.996
	Ave.	0.568	7.907
Date	Rep.	a_w	moisture
10/11/00 (day 10)	1	0.598	8.046
	2	0.598	7.876
	3	0.596	8.130
	Ave.	0.597	8.017
Date	Rep.	a_w	moisture
13/11/00 (day 13)	1	0.596	7.861
	2	0.598	7.950
	3	0.603	7.853
	Ave.	0.599	7.888
Date	Rep.	a_w	moisture
14/11/00 (day 14)	1	0.567	7.846
	2	0.568	7.784
	3	0.569	7.834
	Ave.	0.568	7.821
Date	Rep.	a_w	moisture
15/11/00 (day 15)	1	0.583	8.371
	2	0.580	8.184
	3	0.583	8.554
	Ave.	0.582	8.370
Date	Rep.	a_w	moisture
16/11/00 (day 16)	1	0.560	7.018
	2	0.565	6.543
	3	0.564	6.933
	Ave.	0.563	6.831

Date	Rep.	a_w	moisture
17/11/00 (day 17)	1	0.579	7.677
	2	0.579	7.784
	3	0.579	8.016
	Ave.	0.579	7.826
Date	Rep.	a_w	moisture
20/11/00 (day 20)	1	0.612	8.837
	2	0.613	8.637
	3	0.613	8.654
	Ave.	0.613	8.709
Date	Rep.	a_w	moisture
21/11/00 (day 21)	1	0.541	8.517
	2	0.541	8.200
	3	0.541	8.363
	Ave.	0.541	8.360
Date	Rep.	a_w	moisture
22/11/00 (day 22)	1	0.509	7.984
	2	0.508	8.120
	3	0.507	7.900
	Ave.	0.508	8.001
Date	Rep.	a_w	moisture
23/11/00 (day 23)	1	0.570	8.529
	2	0.571	8.379
	3	0.571	8.034
	Ave.	0.571	8.314
Date	Rep.	a_w	moisture
24/11/00 (day 24)	1	0.551	7.446
	2	0.549	7.428
	3	0.551	7.600
	Ave.	0.550	7.491
Date	Rep.	a_w	moisture
27/11/00 (day 27)	1	0.655	8.891
	2	0.656	8.700
	3	0.656	9.300
	Ave.	0.656	8.964

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Date	Rep.	a_w	moisture
28/11/00 (day 28)	1	0.651	9.455
	2	0.653	9.259
	3	0.653	9.150
	Ave.	0.652	9.288
Date	Rep.	a_w	moisture
29/11/00 (day 29)	1	0.631	9.068
	2	0.632	8.991
	3	0.633	9.314
	Ave.	0.632	9.124
Date	Rep.	a_w	moisture
30/11/00 (day 30)	1	0.620	9.268
	2	0.616	9.141
	3	0.618	9.145
	Ave.	0.618	9.185

Dehydration: Packing date 06/06/00

Times	Rep.	a_w	moisture
0 min.	1	0.517	7.025
	2	0.516	7.182
	3	0.515	6.993
	Ave.	0.516	7.067
Times	Rep.	a_w	moisture
10 min.	1	0.432	6.363
	2	0.432	6.574
	3	0.430	6.507
	Ave.	0.431	6.481
Times	Rep.	a_w	moisture
20 min.	1	0.359	5.647
	2	0.355	5.592
	3	0.357	5.709
	Ave.	0.357	5.649
Times	Rep.	a_w	moisture
30 min.	1	0.328	5.292
	2	0.327	5.037
	3	0.329	5.392
	Ave.	0.328	5.240

Times	Rep.	a_w	moisture
50 min.	1	0.281	4.838
	2	0.276	4.684
	3	0.274	4.396
	Ave.	0.277	4.639
Times	Rep.	a_w	moisture
70 min.	1	0.247	4.040
	2	0.244	4.050
	3	0.248	4.100
	Ave.	0.246	4.063
Times	Rep.	a_w	moisture
90 min.	1	0.244	4.000
	2	0.246	3.802
	3	0.247	3.946
	Ave.	0.246	3.916
Times	Rep.	a_w	moisture
110 min.	1	0.187	3.906
	2	0.184	3.856
	3	0.190	3.842
	Ave.	0.187	3.868
Times	Rep.	a_w	moisture
130 min.	1	0.182	3.741
	2	0.180	3.598
	3	0.184	3.702
	Ave.	0.182	3.680
Times	Rep.	a_w	moisture
150 min.	1	0.166	3.687
	2	0.167	3.546
	3	0.164	3.591
	Ave.	0.166	3.608

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Type of products: Pedigree Beef
Adsorption: Packing date 29/10/00
Dehydration: Packing date 06/06/00

Times	a_w	Moisture	Temp.(°C)	%RH
Adsorption 0 day	0.544	7.962	.	.
1 day	0.524	8.315	26.95	64.18
2 day	0.477	7.703	25.71	53.13
3 day	0.527	7.659	22.94	58.13
4 day	0.584	8.298	21.26	58.32
6 day	0.532	7.832	22.05	55.85
7 day	0.561	8.257	23.43	57.11
8 day	0.563	7.681	21.56	56.05
9 day	0.568	7.907	24.70	61.24
10 day	0.597	8.017	24.55	60.29
13 day	0.599	7.888	26.54	62.09
14 day	0.568	7.821	26.07	61.52
15 day	0.582	8.370	27.69	62.98
16 day	0.563	6.831	28.33	60.09
17 day	0.579	7.826	28.20	58.95
20 day	0.613	8.709	27.74	65.12
21 day	0.541	8.360	26.67	59.79
22 day	0.508	8.001	24.40	55.81
23 day	0.571	8.314	24.18	57.76
24 day	0.550	7.491	27.18	56.34
27 day	0.656	8.964	26.90	70.93
28 day	0.652	9.288	27.40	65.80
29 day	0.632	9.124	26.89	63.30
30 day	0.618	9.185	26.84	65.29
Dehydration 0 min.	0.516	7.067	27.06	60.95
10 min.	0.431	6.481		
20 min.	0.357	5.649		
30 min.	0.328	5.240		
50 min.	0.277	4.639		
70 min.	0.246	4.063		
90 min.	0.246	3.916		
110 min.	0.187	3.868		
130 min.	0.182	3.680		
150 min.	0.166	3.608		

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Type of products: Pedigree Chicken & Vegetable (India)
Adsorption: Packing date 7/10/00 Mfg. Date of disc 8/10/00, bone 19/10/00

Date	Rep.	a_w	moisture
31/10/00 (day 0)	1	0.612	8.881
	2	0.614	9.073
	3	0.615	8.882
	Ave.	0.614	8.945
Date	Rep.	a_w	moisture
1/11/00 (day 1)	1	0.555	8.275
	2	0.555	8.238
	3	0.556	8.342
	Ave.	0.555	8.285
Date	Rep.	a_w	moisture
2/11/00 (day 2)	1	0.494	7.924
	2	0.497	7.946
	3	0.496	7.773
	Ave.	0.496	7.881
Date	Rep.	a_w	moisture
3/11/00 (day 3)	1	0.517	7.922
	2	0.517	7.834
	3	0.519	7.796
	Ave.	0.518	7.851
Date	Rep.	a_w	moisture
4/11/00 (day 4)	1	0.564	7.788
	2	0.564	7.830
	3	0.563	8.080
	Ave.	0.564	7.899
Date	Rep.	a_w	moisture
6/11/00 (day 6)	1	0.538	7.988
	2	0.537	7.865
	3	0.536	7.858
	Ave.	0.537	7.904
Date	Rep.	a_w	moisture
7/11/00 (day 7)	1	0.539	8.162
	2	0.541	8.221
	3	0.541	8.337
	Ave.	0.540	8.240

Date	Rep.	a_w	moisture
8/11/00 (day 8)	1	0.541	7.830
	2	0.541	7.888
	3	0.541	7.750
	Ave.	0.541	7.823
Date	Rep.	a_w	moisture
9/11/00 (day 9)	1	0.547	7.032
	2	0.543	7.057
	3	0.545	6.947
	Ave.	0.545	7.012
Date	Rep.	a_w	moisture
10/11/00 (day 10)	1	0.577	7.784
	2	0.576	7.581
	3	0.577	7.777
	Ave.	0.577	7.714
Date	Rep.	a_w	moisture
13/11/00 (day 13)	1	0.592	8.088
	2	0.592	8.000
	3	0.592	8.237
	Ave.	0.592	8.108
Date	Rep.	a_w	moisture
14/11/00 (day 14)	1	0.569	6.640
	2	0.569	6.687
	3	0.569	6.950
	Ave.	0.569	6.759
Date	Rep.	a_w	moisture
15/11/00 (day 15)	1	0.587	8.737
	2	0.587	8.520
	3	0.588	8.487
	Ave.	0.587	8.581
Date	Rep.	a_w	moisture
16/11/00 (day 16)	1	0.564	7.396
	2	0.564	7.304
	3	0.561	7.443
	Ave.	0.563	7.381

Date	Rep.	a_w	moisture
17/11/00 (day 17)	1	0.575	7.746
	2	0.575	7.635
	3	0.574	7.792
	Ave.	0.575	7.724
Date	Rep.	a_w	moisture
20/11/00 (day 20)	1	0.617	8.982
	2	0.618	8.963
	3	0.619	8.996
	Ave.	0.618	8.980
Date	Rep.	a_w	moisture
21/11/00 (day 21)	1	0.541	8.225
	2	0.541	8.242
	3	0.541	8.024
	Ave.	0.541	8.164
Date	Rep.	a_w	moisture
22/11/00 (day 22)	1	0.513	7.296
	2	0.511	7.823
	3	0.510	7.777
	Ave.	0.511	7.632
Date	Rep.	a_w	moisture
23/11/00 (day 23)	1	0.565	8.487
	2	0.566	8.246
	3	0.565	8.175
	Ave.	0.565	8.303
Date	Rep.	a_w	moisture
24/11/00 (day 24)	1	0.558	7.650
	2	0.559	7.592
	3	0.558	7.500
	Ave.	0.558	7.581
Date	Rep.	a_w	moisture
27/11/00 (day 27)	1	0.671	9.259
	2	0.674	9.469
	3	0.674	9.645
	Ave.	0.673	9.458

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Date	Rep.	a_w	moisture
28/11/00 (day 28)	1	0.652	9.626
	2	0.653	9.564
	3	0.656	9.660
	Ave.	0.654	9.617
Date	Rep.	a_w	moisture
29/11/00 (day 29)	1	0.651	9.590
	2	0.653	9.576
	3	0.655	9.055
	Ave.	0.653	9.407
Date	Rep.	a_w	moisture
30/11/00 (day 30)	1	0.619	9.082
	2	0.621	9.005
	3	0.619	8.996
	Ave.	0.620	9.028

Dehydration: Packing date 06/10/00

Times	Rep.	a_w	moisture
0 min.	1	0.596	8.337
	2	0.598	8.104
	3	0.599	8.254
	Ave.	0.598	8.232
Times	Rep.	a_w	moisture
10 min.	1	0.529	7.700
	2	0.533	7.596
	3	0.533	7.531
	Ave.	0.532	7.609
Times	Rep.	a_w	moisture
30 min.	1	0.475	6.717
	2	0.474	6.723
	3	0.473	6.820
	Ave.	0.474	6.753
Times	Rep.	a_w	moisture
50 min.	1	0.451	6.680
	2	0.448	6.553
	3	0.450	6.520
	Ave.	0.450	6.584

Times	Rep.	a_w	moisture
70 min.	1	0.403	6.347
	2	0.401	6.250
	3	0.402	6.334
	Ave.	0.402	6.310
Times	Rep.	a_w	moisture
90 min.	1	0.381	5.661
	2	0.381	5.608
	3	0.383	5.791
	Ave.	0.382	5.687
Times	Rep.	a_w	moisture
110 min.	1	0.337	4.802
	2	0.333	5.000
	3	0.334	4.998
	Ave.	0.335	4.933
Times	Rep.	a_w	moisture
130 min.	1	0.319	5.080
	2	0.319	5.037
	3	0.320	5.035
	Ave.	0.319	5.051

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Type of products: Pedigree Chicken & Vegetable (India)
Adsorption: Packing date 7/10/00 Mfg. Date of disc 8/10/00, bone 19/10/00
Dehydration: Packing date 06/10/00

Times	a_w	Moisture	Temp.(°C)	%RH
Adsorption 0 day	0.614	8.945	.	.
1 day	0.555	8.285	26.95	64.18
2 day	0.496	7.881	25.71	53.13
3 day	0.518	7.851	22.94	58.13
4 day	0.564	7.899	21.26	58.32
6 day	0.537	7.904	22.05	55.85
7 day	0.540	8.240	23.43	57.11
8 day	0.541	7.823	21.56	56.05
9 day	0.545	7.012	24.70	61.24
10 day	0.577	7.714	24.55	60.29
13 day	0.592	8.108	26.54	62.09
14 day	0.569	6.759	26.07	61.52
15 day	0.587	8.581	27.69	62.98
16 day	0.563	7.381	28.33	60.09
17 day	0.575	7.724	28.20	58.95
20 day	0.618	8.980	27.74	65.12
21 day	0.541	8.164	26.67	59.79
22 day	0.511	7.632	24.40	55.81
23 day	0.565	8.303	24.18	57.76
24 day	0.558	7.581	27.18	56.34
27 day	0.673	9.458	26.90	70.93
28 day	0.654	9.617	27.40	65.80
29 day	0.653	9.407	26.89	63.30
30 day	0.620	9.028	26.84	65.29
Dehydration 0 min.	0.598	8.232	27.06	60.95
10 min.	0.532	7.609		
30 min.	0.474	6.753		
50 min.	0.450	6.584		
70 min.	0.402	6.310		
90 min.	0.382	5.687		
110 min.	0.335	4.933		
130 min.	0.319	5.051		

Type of products: Bone Biscuit
Adsorption: Packing date 30/10/00

Date	Rep.	a_w	moisture
31/10/00 (day 0)	1	0.417	6.009
	2	0.420	5.956
	3	0.421	6.000
	Ave.	0.419	5.988
Date	Rep.	a_w	moisture
1/11/00 (day 1)	1	0.458	6.940
	2	0.461	6.903
	3	0.459	7.007
	Ave.	0.459	6.950
Date	Rep.	a_w	moisture
2/11/00 (day 2)	1	0.450	6.620
	2	0.447	6.487
	3	0.444	6.520
	Ave.	0.447	6.542
Date	Rep.	a_w	moisture
3/11/00 (day 3)	1	0.488	6.600
	2	0.491	6.816
	3	0.490	6.836
	Ave.	0.490	6.751
Date	Rep.	a_w	moisture
4/11/00 (day 4)	1	0.525	7.175
	2	0.525	7.046
	3	0.525	7.000
	Ave.	0.525	7.074
Date	Rep.	a_w	moisture
6/11/00 (day 6)	1	0.519	7.470
	2	0.519	7.500
	3	0.521	7.389
	Ave.	0.520	7.453
Date	Rep.	a_w	moisture
7/11/00 (day 7)	1	0.541	7.285
	2	0.541	7.204
	3	0.542	6.697
	Ave.	0.541	7.062

Date	Rep.	a_w	moisture
8/11/00 (day 8)	1	0.543	7.365
	2	0.541	7.296
	3	0.541	7.393
	Ave.	0.542	7.351
Date	Rep.	a_w	moisture
9/11/00 (day 9)	1	0.537	7.154
	2	0.534	7.061
	3	0.536	7.028
	Ave.	0.536	7.081
Date	Rep.	a_w	moisture
10/11/00 (day 10)	1	0.567	7.454
	2	0.567	7.339
	3	0.566	7.350
	Ave.	0.567	7.381
Date	Rep.	a_w	moisture
13/11/00 (day 13)	1	0.589	6.866
	2	0.585	7.125
	3	0.584	7.189
	Ave.	0.586	7.060
Date	Rep.	a_w	moisture
14/11/00 (day 14)	1	0.575	7.082
	2	0.573	7.129
	3	0.571	7.082
	Ave.	0.573	7.098
Date	Rep.	a_w	moisture
15/11/00 (day 15)	1	0.578	7.046
	2	0.573	6.360
	3	0.574	7.146
	Ave.	0.575	6.851
Date	Rep.	a_w	moisture
16/11/00 (day 16)	1	0.539	6.886
	2	0.536	6.857
	3	0.530	6.830
	Ave.	0.535	6.858

Date	Rep.	a_w	moisture
17/11/00 (day 17)	1	0.564	7.354
	2	0.569	7.321
	3	0.566	7.385
	Ave.	0.566	7.353
Date	Rep.	a_w	moisture
20/11/00 (day 20)	1	0.595	8.317
	2	0.595	8.396
	3	0.597	8.379
	Ave.	0.596	8.364
Date	Rep.	a_w	moisture
21/11/00 (day 21)	1	0.525	7.838
	2	0.527	8.034
	3	0.523	8.096
	Ave.	0.525	7.989
Date	Rep.	a_w	moisture
22/11/00 (day 22)	1	0.517	7.378
	2	0.516	7.443
	3	0.520	7.411
	Ave.	0.518	7.411
Date	Rep.	a_w	moisture
23/11/00 (day 23)	1	0.559	7.738
	2	0.556	7.838
	3	0.550	7.888
	Ave.	0.555	7.821
Date	Rep.	a_w	moisture
24/11/00 (day 24)	1	0.527	6.494
	2	0.523	6.450
	3	0.526	6.487
	Ave.	0.525	6.477
Date	Rep.	a_w	moisture
27/11/00 (day 27)	1	0.604	7.293
	2	0.600	7.493
	3	0.603	7.461
	Ave.	0.602	7.416

Date	Rep.	a_w	moisture
28/11/00 (day 28)	1	0.611	8.216
	2	0.614	8.312
	3	0.610	8.346
	Ave.	0.612	8.291
Date	Rep.	a_w	moisture
29/11/00 (day 29)	1	0.602	8.175
	2	0.607	8.208
	3	0.608	8.138
	Ave.	0.606	8.174
Date	Rep.	a_w	moisture
30/11/00 (day 30)	1	0.593	8.609
	2	0.600	8.504
	3	0.600	8.513
	Ave.	0.598	8.542
Date	Rep.	a_w	moisture
1/11/00 (day 31)	1	0.586	7.635
	2	0.587	7.738
	3	0.589	7.457
	Ave.	0.587	7.610

Dehydration: Packing date 03/11/00

Times	Rep.	a_w	moisture
0 min.	1	0.428	5.553
	2	0.425	5.464
	3	0.425	5.261
	Ave.	0.426	5.426
Times	Rep.	a_w	moisture
20 min.	1	0.407	5.709
	2	0.403	5.347
	3	0.405	5.506
	Ave.	0.405	5.521
Times	Rep.	a_w	moisture
60 min.	1	0.366	5.633
	2	0.367	5.544
	3	0.367	5.642
	Ave.	0.367	5.606

Times	Rep.	a_w	moisture
100 min.	1	0.322	5.484
	2	0.320	5.647
	3	0.321	5.503
	Ave.	0.321	5.545
Times	Rep.	a_w	moisture
120 min.	1	0.294	5.250
	2	0.296	5.240
	3	0.292	5.284
	Ave.	0.294	5.258
Times	Rep.	a_w	moisture
140 min.	1	0.288	4.402
	2	0.289	4.600
	3	0.290	4.738
	Ave.	0.289	4.580
Times	Rep.	a_w	moisture
160 min.	1	0.249	4.584
	2	0.248	4.248
	3	0.251	4.294
	Ave.	0.249	4.375

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Type of products: Bone Biscuit
Adsorption: Packing date 30/10/00
Dehydration: Packing date 03/11/00

Times	a_w	Moisture	Temp.(°C)	%RH
Adsorption 0 day	0.419	5.988	.	.
1 day	0.459	6.950	26.95	64.18
2 day	0.447	6.542	25.71	53.13
3 day	0.490	6.751	22.94	58.13
4 day	0.525	7.074	21.26	58.32
6 day	0.520	7.453	22.05	55.85
7 day	0.541	7.062	23.43	57.11
8 day	0.542	7.351	21.56	56.05
9 day	0.536	7.081	24.70	61.24
10 day	0.567	7.381	24.55	60.29
13 day	0.586	7.060	26.54	62.09
14 day	0.573	7.098	26.07	61.52
15 day	0.575	6.851	27.69	62.98
16 day	0.535	6.858	28.33	60.09
17 day	0.566	7.353	28.20	58.95
20 day	0.596	8.364	27.74	65.12
21 day	0.525	7.989	26.67	59.79
22 day	0.518	7.411	24.40	55.81
23 day	0.555	7.821	24.18	57.76
24 day	0.525	6.477	27.18	56.34
27 day	0.602	7.416	26.90	70.93
28 day	0.612	8.291	27.40	65.80
29 day	0.606	8.174	26.89	63.30
30 day	0.598	8.542	26.84	65.29
31 day	0.587	7.610	27.06	60.95
Dehydration 0 min.	0.426	5.426		
20 min.	0.405	5.521		
60 min.	0.367	5.606		
100 min.	0.321	5.545		
120 min.	0.294	5.258		
140 min.	0.289	4.580		
160 min.	0.249	4.375		

Type of products: Whiskas Ocean Fish
Adsorption: Packing date 01/04/00

Date	Rep.	a_w	moisture
31/10/00 (day 0)	1	0.511	6.869
	2	0.510	6.590
	3	0.508	6.776
	Ave.	0.510	6.745
Date	Rep.	a_w	moisture
1/11/00 (day 1)	1	0.539	7.966
	2	0.539	7.982
	3	0.540	7.800
	Ave.	0.539	7.916
Date	Rep.	a_w	moisture
2/11/00 (day 2)	1	0.469	6.776
	2	0.468	6.663
	3	0.469	6.993
	Ave.	0.469	6.811
Date	Rep.	a_w	moisture
3/11/00 (day 3)	1	0.534	7.389
	2	0.534	7.365
	3	0.534	7.443
	Ave.	0.534	7.399
Date	Rep.	a_w	moisture
4/11/00 (day 4)	1	0.612	8.937
	2	0.614	8.959
	3	0.614	9.041
	Ave.	0.613	8.979
Date	Rep.	a_w	moisture
6/11/00 (day 6)	1	0.532	7.107
	2	0.533	7.457
	3	0.533	7.422
	Ave.	0.533	7.329
Date	Rep.	a_w	moisture
7/11/00 (day 7)	1	0.568	8.112
	2	0.567	8.126
	3	0.566	8.184
	Ave.	0.567	8.141

Date	Rep.	a_w	moisture
8/11/00 (day 8)	1	0.574	8.076
	2	0.573	7.954
	3	0.574	8.046
	Ave.	0.574	8.025
Date	Rep.	a_w	moisture
9/11/00 (day 9)	1	0.597	8.192
	2	0.599	8.238
	3	0.597	8.022
	Ave.	0.598	8.151
Date	Rep.	a_w	moisture
10/11/00 (day 10)	1	0.619	8.719
	2	0.619	8.828
	3	0.620	8.700
	Ave.	0.619	8.749
Date	Rep.	a_w	moisture
13/11/00 (day 13)	1	0.614	8.504
	2	0.610	8.670
	3	0.614	8.566
	Ave.	0.613	8.580
Date	Rep.	a_w	moisture
14/11/00 (day 14)	1	0.600	7.800
	2	0.602	7.842
	3	0.600	7.496
	Ave.	0.601	7.713
Date	Rep.	a_w	moisture
15/11/00 (day 15)	1	0.610	9.218
	2	0.612	9.027
	3	0.614	9.132
	Ave.	0.612	9.126
Date	Rep.	a_w	moisture
16/11/00 (day 16)	1	0.579	7.542
	2	0.579	7.869
	3	0.577	7.677
	Ave.	0.578	7.696

Date	Rep.	a_w	moisture
17/11/00 (day 17)	1	0.597	8.221
	2	0.596	7.964
	3	0.596	7.842
	Ave.	0.596	8.009
Date	Rep.	a_w	moisture
20/11/00 (day 20)	1	0.637	9.521
	2	0.637	9.616
	3	0.637	9.626
	Ave.	0.637	9.588
Date	Rep.	a_w	moisture
21/11/00 (day 21)	1	0.545	8.442
	2	0.547	8.242
	3	0.547	8.024
	Ave.	0.546	8.236
Date	Rep.	a_w	moisture
22/11/00 (day 22)	1	0.511	7.489
	2	0.509	7.243
	3	0.509	7.565
	Ave.	0.510	7.432
Date	Rep.	a_w	moisture
23/11/00 (day 23)	1	0.568	8.700
	2	0.567	8.800
	3	0.567	8.822
	Ave.	0.567	8.774
Date	Rep.	a_w	moisture
24/11/00 (day 24)	1	0.561	7.246
	2	0.560	7.300
	3	0.562	7.361
	Ave.	0.561	7.302
Date	Rep.	a_w	moisture
27/11/00 (day 27)	1	0.695	11.133
	2	0.697	11.106
	3	0.699	11.194
	Ave.	0.697	11.144

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Date	Rep.	a_w	moisture
28/11/00 (day 28)	1	0.666	10.984
	2	0.667	11.122
	3	0.666	11.006
	Ave.	0.666	11.037
Date	Rep.	a_w	moisture
29/11/00 (day 29)	1	0.627	10.120
	2	0.630	10.075
	3	0.632	9.885
	Ave.	0.630	10.027
Date	Rep.	a_w	moisture
30/11/00 (day 30)	1	0.633	9.636
	2	0.633	9.705
	3	0.637	9.664
	Ave.	0.634	9.668
Date	Rep.	a_w	moisture
1/11/00 (day 31)	1	0.617	8.982
	2	0.616	9.027
	3	0.617	8.850
	Ave.	0.617	8.953

Dehydration: Packing date 30/01/00

Times	Rep.	a_w	moisture
0 min.	1	0.541	7.021
	2	0.545	6.650
	3	0.544	7.107
	Ave.	0.543	6.926
Times	Rep.	a_w	moisture
10 min.	1	0.499	6.375
	2	0.502	6.247
	3	0.499	6.477
	Ave.	0.500	6.366
Times	Rep.	a_w	moisture
30 min.	1	0.425	5.542
	2	0.421	5.378
	3	0.422	5.556
	Ave.	0.423	5.492

Times	Rep.	a_w	moisture
50 min.	1	0.337	4.092
	2	0.339	4.514
	3	0.334	4.493
	Ave.	0.337	4.366
Times	Rep.	a_w	moisture
70 min.	1	0.275	4.434
	2	0.277	3.842
	3	0.274	4.202
	Ave.	0.275	4.159
Times	Rep.	a_w	moisture
90 min.	1	0.237	4.100
	2	0.238	3.698
	3	0.240	3.862
	Ave.	0.238	3.887
Times	Rep.	a_w	moisture
110 min.	1	0.198	3.497
	2	0.194	3.255
	3	0.196	3.409
	Ave.	0.196	3.387
Times	Rep.	a_w	moisture
130 min.	1	0.187	3.290
	2	0.186	2.689
	3	0.187	2.348
	Ave.	0.187	2.776

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Type of products: Whiskas Ocean Fish
Adsorption: Packing date 01/04/00
Dehydration: Packing date 30/01/00

Times	a_w	Moisture	Temp.(°C)	%RH
Adsorption 0 day	0.510	6.745	.	.
1 day	0.539	7.916	26.95	64.18
2 day	0.469	6.811	25.71	53.13
3 day	0.534	7.399	22.94	58.13
4 day	0.613	8.979	21.26	58.32
6 day	0.533	7.329	22.05	55.85
7 day	0.567	8.141	23.43	57.11
8 day	0.574	8.025	21.56	56.05
9 day	0.598	8.151	24.70	61.24
10 day	0.619	8.749	24.55	60.29
13 day	0.613	8.580	26.54	62.09
14 day	0.601	7.713	26.07	61.52
15 day	0.612	9.126	27.69	62.98
16 day	0.578	7.696	28.33	60.09
17 day	0.596	8.009	28.20	58.95
20 day	0.637	9.588	27.74	65.12
21 day	0.546	8.236	26.67	59.79
22 day	0.510	7.432	24.40	55.81
23 day	0.567	8.774	24.18	57.76
24 day	0.561	7.302	27.18	56.34
27 day	0.697	11.144	26.90	70.93
28 day	0.666	11.037	27.40	65.80
29 day	0.630	10.027	26.89	63.30
30 day	0.634	9.668	26.84	65.29
31 day	0.617	8.953	27.06	60.95
Dehydration 0 min.	0.543	6.926		
10 min.	0.500	6.366		
30 min.	0.423	5.492		
50 min.	0.337	4.366		
70 min.	0.275	4.159		
90 min.	0.238	3.887		
110 min.	0.196	3.387		
130 min.	0.187	2.776		