ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์

เรื่อง

การศึกษาส่วนประกอบทางเคมีและสิ่งปลอมปนของข้าวโพด

Studies on Chemical Composition and some Adulterant in Corn.

โดย

นางสาวประเพียร ทองปาน

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา .....

(รศ. ศรีสกุลวรจันทรา)

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(ผศ.ดร.รณชัย สิทธิไกรพงษ์)

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์

วัน 30 **เดือน** พ.ค. **ปี** 42

ฝพ.
ป 33ย 11
2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15986

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาส่วนประกอบทางเคมีและสิ่งปลอมปนของข้าวโพด

Studies on Chemical Composition and some Adulterant in Corn.

T100696

โดย

นางสาวประเพียร ทองปาน

เสนอ

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

เจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพ ฯ

พ.ศ. 2542

ปพ.
ป3321ก
2542

เลขหมู่.....T100696
เลขทะเบียน.....
วัน.เดือน.ปี.....23 JUN2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ
เรื่อง

การศึกษาส่วนประกอบทางเคมีและสิ่งปลอมปนของข้าวโพด

Studies on Chemical Composition and some Adulterant in Corn.

การศึกษาส่วนประกอบทางเคมีและสิ่งปลอมปนของข้าวโพด โดยเก็บตัวอย่างจาก 15 แหล่ง จัดเป็น 15 ตัวอย่างตามแหล่งที่มา เพื่อศึกษาถึงส่วนประกอบทางเคมีและสิ่งปลอมปนของข้าวโพด และค่าความผันแปรของคุณค่าทางโภชนะของข้าวโพดในประเทศไทย ผลการวิเคราะห์แสดงเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานดังนี้คือ

ข้าวโพดมีความชื้น 9.94 $\pm$ 1.40 เปอร์เซ็นต์, โปรตีน 8.02 $\pm$ 0.82 เปอร์เซ็นต์, ไขมัน 4.20 $\pm$ 0.91 เปอร์เซ็นต์, เยื่อใย 1.59 $\pm$ 0.52 เปอร์เซ็นต์, เถ้า 1.43 $\pm$ 0.44 เปอร์เซ็นต์, แคลเซียม 0.0717 $\pm$ 0.0477 เปอร์เซ็นต์, ฟอสฟอรัส 0.3074 $\pm$ 0.1089 เปอร์เซ็นต์,คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย 74.98 $\pm$ 1.18 เปอร์เซ็นต์ โดยมีข้าวโพดจำนวน 73.3 เปอร์เซ็นต์ (11ตัวอย่าง) ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกรมปศุสัตว์ (2538) เนื่องจากมีค่าโปรตีนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของกรมปศุสัตว์ทั้งหมดและมีเถ้าสูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน 27.3 เปอร์เซ็นต์ (3 ตัวอย่าง) ของตัวอย่างที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

ส่วนการศึกษาถึงสิ่งปลอมปนในข้าวโพดอาหารสัตว์ โดยใช้เทคนิคทางกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ ไม่พบสิ่งปลอมปน แต่พบสิ่งปะปนจำพวก ฝุ่นดิน และมอดเพียงเล็กน้อย และจากการทดสอบการลอยตัวพบว่ามีเปอร์เซ็นต์สารอนินทรีย์คือ ฝุ่นดิน ในปริมาณน้อยเพียง 0.32$\pm$ 0.13 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

การทำปัญหาพิเศษเรื่อง การศึกษาส่วนประกอบทางเคมีและสิ่งปลอมปนของข้าวโพด ในครั้งนี้มิอาจสำเร็จได้หากไม่ได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รศ. ศรีสกุล วรจันทรา อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ อาจารย์ จงกลณี วงศ์แก้ว อาจารย์ ณหทัย วิจิตโรทัย และอาจารย์ จรรยา ดงฤทธิ์ ในการให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็นและในการให้ความช่วยเหลืออย่างเต็มที่ด้านการปฏิบัติการทดลอง และอำนวยความสะดวกต่าง ๆ แก่ข้าพเจ้า ขอบคุณกำลังใจที่มีให้กันตลอดเวลาจากเพื่อน ๆ ที่ร่วมทำปัญหาพิเศษ

นอกจากนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณผู้เกี่ยวข้องทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมให้ปัญหาพิเศษของข้าพเจ้าสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

นางสาวประเพียร ทองปาน

19 เมษายน 2542

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญ

	หน้า
สารบาญ	(1)
สารบาญตาราง	(2)
สารบาญภาพ	(3)
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการ	13
ผลการศึกษาและวิจารณ์	30
สรุป	34
เอกสารอ้างอิง	35
ภาคผนวก	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.	องค์ประกอบทางโภชนะของข้าวโพด	4
2.	ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปริมาณที่ใช้ในประเทศ ปริมาณที่ส่งออก และนำเข้า	5
3.	ปริมาณการใช้ข้าวโพดอาหารสัตว์	5
4.	ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของข้าวโพด	32
5.	ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของข้าวโพดตามลำดับค่าสูงสุดของโปรตีนและเปอร์เซ็นต์สารอนินทรีย์	33

ตารางผนวกที่

1.	ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีโดยเรียงตามลำดับตัวอย่างข้าวโพด	38
2.	ผลวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของข้าวโพดโดยเรียงตามลำดับค่าสูงสุดของโปรตีน	39
3.	ปริมาณสารอนินทรีย์เป็นเปอร์เซ็นต์ที่พบในข้าวโพดโดยวิธีการละลายตัวในสารละลาย	40
4.	ลักษณะการปลอมปนที่พบในข้าวโพด	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.	การโม่เปียกและผลิตภัณฑ์ข้าวโพด	9
2.	ลักษณะทั่วไปของเมล็ดข้าวโพดจากกำลังขยายกล้องจุลทรรศน์ 6.7 เท่า	10
3.	ลักษณะทั่วไปของข้าวโพดป่นจากกำลังขยายกล้องจุลทรรศน์ 40 เท่า	10
4.	ลักษณะทั่วไปของแป้งแข็งจากกำลังขยายกล้องจุลทรรศน์ 40 เท่า	11
5.	ลักษณะทั่วไปของ Tip Cap และ Glume จากกำลังขยายกล้องจุลทรรศน์ 8 เท่า	11
6.	ลักษณะทั่วไปของซังข้าวโพดจากกำลังขยายกล้องจุลทรรศน์ 6.7 เท่า	12
7.	Standard Curve 1	25
8.	Standard Curve 2	25

ภาพผนวกที่

1.	ตู้ดูดความชื้น (Desicator)	42
2.	เครื่องบดตัวอย่างอาหาร (Ultra centrifugal mill)	42
3.	เครื่องชั่ง (Electronic Analytical Balance)	43
4.	เครื่องวิเคราะห์หาไขมัน	43
5.	เตาเผา	44
6.	เครื่องย่อย	44
7.	เครื่องกลั่น	45
8.	เครื่องมือวิเคราะห์หาเยื่อใย	45
9.	เครื่อง Spectrophotometry	46
10.	ตู้อบ	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาส่วนประกอบทางเคมีและสิ่งปลอมปนของข้าวโพด

Studies on Chemical Composition and some Adulterant in Corn.

คำนำ

ข้าวโพดเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีโภชนะที่สัตว์นำไปใช้ได้สูง จัดเป็นอาหารสัตว์ที่สำคัญและนิยมใช้มากในการประกอบสูตรอาหารสัตว์ในปัจจุบัน แต่เนื่องมาจากการพัฒนาที่สูงขึ้นของอุตสาหกรรมอาหารสัตว์และการผลิตสัตว์ของไทยนั้น ทำให้ข้าวโพดที่ผลิตได้ในประเทศไม่พอใช้ (บุญล้อม, 2541) จำเป็นต้องนำเข้าจากต่างประเทศปีละมาก ๆ และราคาค่อนข้างสูง ส่งผลให้เกษตรกรต้องซื้อข้าวโพดในราคาแพง ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงมุ่งเน้นให้เป็นการศึกษาถึงส่วนประกอบทางเคมีและสิ่งปลอมปน เพื่อช่วยประกอบการพิจารณาคุณภาพของข้าวโพดที่ดีในการเลือกนำไปใช้ประกอบสูตรอาหารสัตว์ให้ได้ประโยชน์อย่างเต็มที่ของเกษตรกร

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพและชนิดของสิ่งปลอมปนในข้าวโพด
2. เพื่อศึกษาคุณค่าและปริมาณโภชนะที่ประกอบอยู่ในข้าวโพดโดยวิเคราะห์หา ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า แคลเซียม ฟอสฟอรัส และ NFE
3. เพื่อสามารถตัดสินใจเลือกใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพ เพื่อใช้ในการประกอบสูตรอาหารสัตว์ได้อย่างเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

ลักษณะทั่วไปและคุณค่าทางโภชนะของข้าวโพดอาหารสัตว์

ข้าวโพดที่ปลูกเพื่อใช้เมล็ดเป็นอาหารสัตว์มีอยู่ 2 ชนิด คือ ข้าวโพดหัวบุ๋ม (Dent corn) และข้าวโพดหัวแข็ง (Flint corn) ซึ่งข้าวโพดทั้งสองชนิดนี้มีปริมาณส่วนประกอบทางเคมีต่างๆ คล้ายคลึงกัน แต่ข้าวโพดหัวบุ๋มมีแป้งอ่อนมากกว่าข้าวโพดหัวแข็ง และมีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าเล็กน้อย ข้าวโพดที่นิยมใช้เลี้ยงสัตว์ส่วนใหญ่เป็นข้าวโพดหัวแข็งซึ่งสะดวกในการกระเทาะเมล็ดและการบดมากกว่า กองควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ (2536) ได้รายงานว่าข้าวโพดที่ดีควรมีความสะอาด ไม่มีมอดกิน นอกจากนี้ข้าวโพดมักถูกปลอมปนด้วย ซังข้าวโพด แกลบ ทราย ทั้งนี้เพราะสิ่งเหล่านี้มีคุณค่าทางอาหารต่ำหรือไม่มีเลย บางครั้งอาจจะพบซากแมลง มีกลิ่นเปรี้ยว เหม็นอับ และที่สำคัญข้าวโพดนั้นจะต้องไม่ขึ้นหรือขึ้นรา

เมล็ดข้าวโพดจัดเป็นอาหารหลักหรืออาหารที่มีพลังงานที่มีคุณค่าทางอาหารสูงและมีความน่ากินมากกว่าเมล็ดธัญพืชชนิดอื่นๆ มีแป้งประกอบอยู่ประมาณร้อยละ 65 ข้าวโพดมีไขมันเฉลี่ยร้อยละ 3.5 มีเยื่อใยต่ำโดยเฉลี่ยร้อยละ 2 สัตว์สามารถย่อยได้สูง มีโภชนะที่สัตว์สามารถย่อยได้ทั้งหมดประมาณร้อยละ 80 ในสภาพปกติ เมื่อวัดในรูปพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้พบว่าเมล็ดข้าวโพด 1 กิโลกรัมให้พลังงานที่สุกรและไก่สามารถใช้ประโยชน์ได้ถึง 3,168 และ 3,366 กิโล-แคลอรีตามลำดับ (จารุรัตน์, 2528) นอกจากนั้นตามรายงานของศรีสกุล (2538) กล่าวว่าคุณค่าทางโภชนะของข้าวโพดยังประกอบไปด้วยสารสี Xanthophylls ซึ่งเป็นprovitamin A carotene และไวตามินบางชนิด ได้แก่ ไวตามิน B, D ในปริมาณต่ำ และมีไวตามิน E อยู่บ้างพอควร ซึ่งองค์ประกอบทางโภชนะของข้าวโพดได้แสดงไว้ในตารางที่ 1

การใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ข้าวโพด (Corn) จัดเป็นอาหารหลักที่สำคัญและนิยมใช้มากในการประกอบสูตรอาหารสัตว์ในปัจจุบัน ในอดีตประเทศไทยสามารถผลิตข้าวโพดได้มากจนเหลือส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศได้เป็นจำนวนมาก ถึงประมาณร้อยละ 80 ของผลผลิตทั้งหมดที่ได้ (จารุรัตน์, 2528) อีกร้อยละ 20 ใช้เลี้ยงสัตว์ภายในประเทศ แต่ในปัจจุบันจากรายงานของบุญล้อม (2541) กล่าวว่าอุตสาหกรรมอาหารสัตว์และการผลิตสัตว์ของไทยมีการพัฒนามากขึ้นตามลำดับ ปรากฏว่าไทยผลิตข้าวโพดได้ไม่พอใช้ (ตารางที่ 2) จึงต้องนำเข้าจากต่างประเทศปีละมาก ๆ และราคาค่อนข้างสูง ซึ่งสนับสนุนรายงานของศรีสกุล (2537) ซึ่งรายงานว่าผลผลิตข้าวโพดร้อยละ 70 ถูกส่งออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำหน่ายต่างประเทศ ทำให้ราคาของข้าวโพดที่จำหน่ายในประเทศมีราคาแพง ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสัตว์สูงขึ้น และจากรายงานของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2541) ทำให้เราทราบว่าในระยะ 10 ปีที่ผ่านมา (ปี 2531/32 – 2540/41) พื้นที่ปลูกและผลผลิตมีแนวโน้มลดลงร้อยละ 3.43 และ 0.58 ตามลำดับ แต่ผลผลิตต่อไร่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.95 เพราะเกษตรกรปลูกข้าวโพดพันธุ์ผสมกันมากขึ้น และเนื่องจากมีการผลิตสัตว์เพิ่มมากขึ้นปริมาณที่มีอยู่อย่างจำกัดของปลายข้าวและรำ จึงส่งผลให้มีแนวโน้มการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปริมาณที่สูงขึ้น เพื่อสนองความต้องการในการใช้เลี้ยงสัตว์ ดังแสดงในตารางที่ 3

ศรีสกุล (2537) ได้แนะนำไว้ว่า การใช้ข้าวโพดเป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ไม่เป็นที่นิยมสำหรับผู้ผลิตรายย่อยทั้งนี้เนื่องจากจะต้องลงทุนเรื่องเครื่องบด เพราะข้าวโพดป่นไม่สามารถหาซื้อได้จากตลาดทั่วไป และผู้เลี้ยงสัตว์มีความคุ้นเคยต่อการใช้รำละเอียดและปลายข้าวมากกว่า เพราะถ้าใช้ข้าวโพดทดแทนรำละเอียดก็ต้องมีการทำการเสริมไวตามินB_1 ให้สูงขึ้น เนื่องจากข้าวโพดมีไวตามินB_1 น้อยกว่ารำละเอียด ดังนั้นการใช้ข้าวโพดในอาหารสัตว์จึงมีข้อควรคำนึงดังต่อไปนี้

1. ควรซื้อข้าวโพดเป็นเมล็ด เพราะสามารถตรวจสอบคุณภาพและการปลอมปนได้ดีกว่าซื้อที่บดแล้ว

2. ข้าวโพดที่นำมาใช้ควรมีคุณภาพดีไม่มียาฆ่าแมลงปนเช่น DDT หรือการรมข้าวโพดด้วย funitantซึ่งควรระวังอย่างมากในสุกรเล็ก เพราะจะทำให้สุกรขี้ไหล เป็นขี้กลากและ Metabolism ผิดปกติ

3. การใช้ผสมอาหารสัตว์ควรบดให้กินใหม่ ๆ เสมอ เพราะไขมันเหม็นหืนง่าย เนื่องจากมีไขมันไม่อิ่มตัวอยู่มาก ไก่ไม่ชอบกิน และในอาหารสุกรเล็ก ควรทำการบด 2 ครั้ง เพื่อเป็นการบดซ้ำส่วนของแป้งแข็งซึ่งอยู่รอบนอกของเมล็ดทำให้บดไม่ค่อยออก สุกรกินแล้วย่อยได้ไม่หมด การบดทิ้งไว้นาน ๆ ก่อนจะนำไปให้สัตว์กิน มีผลให้เกิดราขึ้นได้มากกว่า ซึ่งทำให้เกิดสารพิษพวก aflatoxin ได้

4. ในอาหารไก่กระทง ลูกไก่และไก่ไข่ สามารถใช้ข้าวโพดแทนรำละเอียดได้ทั้งหมด แต่จำเป็นที่จะต้องปรับระดับโปรตีน และเสริมไวตามินบางตัวเช่น ไวตามินB_1 niacin, choline, pantothenic acid ในอาหาร เพราะในข้าวโพดมีระดับสารอาหารเหล่านี้น้อยกว่ารำละเอียด

5. ในอาหารไก่พ่อแม่พันธุ์ จะต้องจำกัดอาหารให้ถูกต้องเพื่อรักษาน้ำหนักตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ในโคระยะขุนสามารถใช้ทั้งเปลือกที่แห้งแล้วได้ดีเท่ากับข้าวโพดที่บด และอีกทั้งยังเป็นการป้องกัน rumun parakeratosis

7. ในโคนมนิยมใช้ร่วมกับธัญพืชที่ลักษณะฟ่าม เพราะมีพลังงานสูงและมีน้ำหนักมาก

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางโภชนะของข้าวโพด

	องค์ประกอบทางโภชนะ (เปอร์เซ็นต์)								
ที่มา	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	เถ้า	NFE	Ca	P	หมายเหตุ
1/	14.30	11.70	3.80	2.30	2.40	-	-	-	Corn,egyptian
2/	12.72	8.18	3.59	1.94	1.51	-	-	-	
	(0.62)	(0.43)	(0.47)	(0.23)	(0.94)	-	-	-	
3/	12.56	8.71	4.13	1.71	1.29	71.60	0.01	0.26	Corn grain
4/	-	8.50	3.80	2.00	1.10	-	0.03	0.27	
5/	9.12	9.19	3.46	1.45	1.57	74.91	0.31	0.23	
6/	10.40	8.00	4.00	4.50	2.50	70.70	-	-	Fresh matter
7/	-	8.90	4.40	5.00	2.80	78.90	-	-	Dry matter
8/	10.52	9.10	5.40	2.47	1.64	81.39	0.01	0.30	Dry matter
9/	10.31	8.10	4.00	1.79	1.44	74.35	0.1057	0.2266	
	(0.69)	(0.98)	(0.67)	(0.26)	(0.37)	(1.36)	(0.03)	(0.03)	

ที่มา : 1/ Feedstuffs (1994)

2/ กองควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ (2536) : ค่าในวงเล็บคือ SD จากจำนวนตัวอย่าง 31 ตัวอย่างยกเว้นไขมัน 26 ตัวอย่าง

3/ พูลศรี (2532)

4/ Muller et al. (1975)

5/ สุวิทย์ (2532)

6/, 7/ บุญล้อม (2541)

8/ กองควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ (2541)

9/ จีระพร (2538) : ค่าในวงเล็บคือ SD จากจำนวนตัวอย่าง 20 ตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปริมาณที่ใช้ในประเทศ ปริมาณที่ส่งออกและนำเข้า

ปี พ.ศ.	ผลผลิต (ล้านตัน)	ใช้ในประเทศ (ล้านตัน)	ส่งออก (ล้านตัน)	นำเข้า (พันตัน)
2534/35	3.79	2.54	1.25	1.16
2535/36	3.67	3.36	0.16	446.04
2536/37	3.33	3.11	0.22	10.60
2537/38	3.96	3.81	0.15	10.91
2538/39	4.16	4.33	0.11	280.82
2539/40	4.36	-	-	-
2540/41	3.84	-	-	-

ที่มา : บุญล้อม (2541)

ตารางที่ 3 ปริมาณการใช้ข้าวโพดอาหารสัตว์

ปี พ.ศ.	2535	2536	2537	2538	2539	2540
ข้าวโพด (หน่วย : ล้านตัน)	3.07	3.09	4.17	3.98	4.41	4.30

ที่มา : บุญล้อม (2541)

ปัญหา / ข้อจำกัดในการใช้ข้าวโพด

1. ประสิทธิภาพการผลิตต่ำ เนื่องจากพื้นที่ปลูกข้าวโพดบางแห่งมักจะประสบปัญหาฝนทิ้งช่วงและขาดน้ำ เกษตรกรบางส่วนปลูกในที่ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ ปัจจัยการผลิตมีราคาแพง และการขาดเครื่องจักรที่ใช้ในการเก็บเกี่ยว

2. ปัญหาเรื่องยาฆ่าแมลง ศรี สกุล (2537) รายงานว่า ถ้ามี DDT ตกค้างอยู่ 100 - 1500 ppm. จะมีผลให้การเจริญเติบโตช้า การเป็นหนุ่มเป็นสาวช้า การไข่ของไก่ช้าหรืออาจไม่ไข่เลย ถ้ามี Malathion หรือ Carbanyl ตกค้าง การเจริญเติบโต การไข่และเปอร์เซ็นต์ไข่มีเชื้อจะเป็นปกติ แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Malathion จะทำให้ไข่เชื้อตายในช่วงแรกมาก และไม่มีไข่ฟักออกเป็นตัวเลย ส่วน Carbanyl ทำให้อัตราการตายในช่วงหลัง และไข่ตายโคมสูง อัตราการฟักออกเป็นตัวต่ำ

3. คุณภาพต่ำเนื่องจากข้าวโพดมีความชื้นสูง (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2541) ก่อให้เกิดปัญหาสารพิษจากเชื้อราตามมา ซึ่งสารพิษจากเชื้อรานี้จัดเป็นสารที่กดระบบภูมิคุ้มกันในสัตว์ชนิดหนึ่ง อุทัย (2529)ได้รายงานว่า สารพิษอะฟลาทอกซิน ซึ่งเกิดจากเชื้อรา แอสเปอจิลัส เฟลวัส มีผลต่อสุกรและสัตว์ปีก สัตว์ที่ได้รับสารอะฟลาทอกซินจะแสดงอาการการเจริญเติบโตช้า และประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำลง หากได้รับในปริมาณที่มากเกินกว่า 0.3 ส่วนในล้านส่วน สัตว์จะตาย ผ่าซากดูจะพบว่า ตับมีขนาดขยายใหญ่ และมีจุดเนื้อตาย อวัยวะภายในทั่วไปมีสีเหลือง แม่สุกรอุ้มท้องอาจแท้งลูกและลูกตายในท้องได้ ลูกสุกรที่รับน้ำนมจากแม่สุกรที่กินอาหารที่มีอะฟลาทอกซิน จะมีอาการขี้ไหลและแคระแกรน ในไก่พบว่ามีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การไข่ลดลง ไข่มีขนาดเล็กและเปลือกนิ่ม และจากรายงานสรุปผลงานวิจัยประจำปี 2539-2540 (เยาวมาลย์และคณะ, 2541) พบว่าข้าวโพดมีอะฟลาทอกซินสูงมาก คือพบข้าวโพดที่มีอะฟลาทอกซินสูงถึง 80 เปอร์เซ็นต์ มีระดับที่พบเฉลี่ย 48-471 ppb โดยเฉพาะที่เก็บมาจากฟาร์มเกษตรกรในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน

ผลิตภัณฑ์ข้าวโพด

ข้าวโพดที่ปลูกในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นข้าวโพดที่ใช้เลี้ยงสัตว์ อุตสาหกรรมชนิดอื่นที่นำข้าวโพดมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้แก่ แป้ง สตาร์ช ไซรัป น้ำตาล เบียร์และวิสกี้ เป็นต้น

การโม่ข้าวโพดทำได้ 2 แบบคือ แบบโม่แห้ง (dry milling) และโม่เปียก (wet milling) โดยวิธีการโม่แห้งจะเป็นการบดส่วนต่างๆ รวมกันหรืออาจแยกคัพภะออกจากแป้งเพื่อจุดประสงค์ในการเก็บรักษาแป้งให้นานขึ้นหรือเพื่อแยกคัพภะนำไปสกัดน้ำมันข้าวโพด ส่วนวิธีการโม่เปียกมีจุดประสงค์ในการแยกส่วนประกอบทางเคมี คือ สตาร์ช โปรตีน และคัพภะของข้าวโพดเพื่อนำส่วนนั้นไปใช้อย่างเหมาะสม

การโม่ข้าวโพดแบบแห้งจัดเป็นลำดับขั้นตอนได้ดังนี้

1. การทำความสะอาด ทำให้ได้ข้าวโพดบริสุทธิ์ไม่มีสิ่งปะปนที่จะเป็นอันตรายต่อเครื่องจักรเช่น เศษหิน เหล็กและตะปู รวมทั้งสิ่งเจือปนที่เป็นภัยต่อสุขภาพร่างกายได้แก่ เศษมูลนกและแมลงเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การปรับสภาพความชื้น เพื่อให้แยกคัพภะออกจากเนื้อเมล็ดได้ เนื่องจากคัพภะจะดูดซึมน้ำได้มากกว่าเนื้อเมล็ดทำให้มีลักษณะต่างกันเมื่อผ่านเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยงอย่างเร็ว (entoleters) หรือลูกโม่กลิ้ง โดยจะเติมน้ำลงในข้าวโพดด้วยน้ำร้อนหรือน้ำเย็นหรือไอน้ำ เพื่อให้ข้าวโพดมีความชื้นเป็น 20-22เปอร์เซ็นต์ และพักไว้ให้ความชื้นสมดุล 1-2 ชั่วโมงหรือ 24 ชั่วโมง

3. การแยกคัพภะ เป็นการแยกคัพภะและเปลือกของข้าวโพดโดยใช้เครื่องระบบลูกกลิ้งโม่และร่อนแยกด้วยเครื่องแยกหรือแยกด้วยเครื่องแยกเฉพาะของข้าวโพด (bell derminator)

4. การทำให้แห้ง ส่วนที่ได้จากการแยกคัพภะและเปลือกออกไปแล้วนี้จะต้องทำให้แห้งจนมีความชื้น 15.0-15.5เปอร์เซ็นต์ ก่อนที่จะนำไปคัดขนาดและบดต่อไป

5. การคัดขนาด ด้วยการร่อนเพื่อแยกขนาดให้สม่ำเสมอ ส่งไปยังลูกกลิ้งบดคู่ต่าง ๆ ทำให้ประสิทธิภาพในการบด ดีขึ้น ได้แป้งขนาดที่ต้องการมาก

6. การโม่หรือบด ประกอบด้วยระบบลูกกลิ้งฟันเลื่อยเพื่อบดข้าวโพดที่ยังมีขนาดใหญ่ให้เล็กลงแล้วจึงผ่านไปยังเครื่องร่อนแยกขนาดและเข้าเครื่องเป่าแยกฝุ่นผง ส่วนที่ยังมีขนาดใหญ่จะผ่านไปยังลูกกลิ้งลดขนาดและโม่เป็นแป้ง

7. การบรรจุ แป้งข้าวโพดที่โม่ได้จากการโม่แบบแห้งนี้ จะมีความแห้งประมาณ 12-14 เปอร์เซ็นต์ ก่อนการบรรจุในภาชนะขนาดตามความต้องการ

ผลิตภัณฑ์ข้าวโพดที่ได้จากการโม่แบบแห้งนี้จะมีลักษณะและขนาดต่าง ๆ กันขึ้นอยู่กับการจัดระบบการโม่ข้าวโพดนั้นเช่น เม็ดข้าวโพดหยาบ (coarse grits) ปานกลาง (medium grits) และละเอียด (fine grits) แป้งข้าวโพด (corn flour) คัพภะ (germ) และเปลือกหรือรำ (homony feed) เป็นต้น ส่วนการโม่ข้าวโพดแบบเปียกจะได้ผลิตภัณฑ์จากข้าวโพดหลายลักษณะคือ สตาร์ช ไขมัน อาหารสัตว์ (ที่มีกลูเตนเป็นองค์ประกอบหลัก) ส่วนย่อยของสตาร์ช น้ำตาลกลูโคสทั้งแบบของเหลวเรียก ไซรัป และของแข็งเป็นเม็ดหรือเกล็ดน้ำตาล โดยมีขั้นตอนดังภาพที่ 1

ลักษณะทางกายภาพของข้าวโพด

จากรายงานของสมพงษ์ (2538) กล่าวว่าเมล็ดข้าวโพดมีลักษณะเฉพาะตัวซึ่งสังเกตได้ง่ายและไม่สับสนกับธัญพืชชนิดอื่น ข้าวโพดที่นิยมนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ คือ พันธุ์หัวบุ๋ม (Dent Corn) มีลักษณะคล้ายฟัน สีของเมล็ดมีตั้งแต่สีขาวจนถึงสีส้มแดง เมล็ดข้าวโพดประกอบด้วยเยื่อหุ้มเมล็ด (Bran Coat) ซึ่งเป็นสารพวกเซลลูโลส ถัดมาเป็นส่วนที่เก็บสะสมอาหาร (Endosperm) ซึ่งประกอบด้วยแป้งแข็ง (Hard Starch) อยู่บริเวณด้านข้างของเมล็ด และแป้งอ่อน (Soft Starch) อยู่ตรงกลาง และส่วนบนของเมล็ด ดังแสดงในภาพที่ 1 เมื่อทำการสังเกตเมล็ดข้าวโพดอบแห้งจะพบว่าส่วนบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดรูปร่างโค้งเว้าลงมา เนื่องจากแป้งทั้งสองชนิดนี้มีความสามารถในการหดตัวที่แตกต่างกันจึงทำให้เกิดรอยโค้งเว้า และยิ่งถ้าเมล็ดข้าวโพดมีปริมาณแป้งอ่อนมากเมล็ดจะยิ่งมีความโค้งเว้ามากขึ้น ลักษณะที่เห็นจากกล้องจุลทรรศน์ เมื่อนำเมล็ดข้าวโพดไปบดละเอียด ดังแสดงในภาพที่ 2 มีส่วนประกอบต่าง ๆ ปะปนกันอยู่มีขนาดอนุภาค รูปร่างไม่สม่ำเสมอกัน ดังนี้ คือ

1. Bran Coat หรือ Pericarp เป็นส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ด โดยอยู่ชั้นนอกสุด มีสีเหลืองอ่อนจนถึงสีขาวใส เป็นแผ่นบาง ๆ มีลายเส้นขนานเป็นทางยาวอย่างเป็นระเบียบ ผิวด้านนอกเป็นมันวาวและค่อนข้างใส (Semi – Transparent) มากกว่าผิวด้านใน ดังแสดงในภาพที่ 3 (1)

2. Aleurone Layer เป็นเนื้อเยื่อที่อยู่ถัดจากชั้น Bran coat ไม่มีสี จึงยากต่อการสังเกต และมักติดแน่นกับ Bran Coat

3. Endosperm เป็นส่วนที่ทำหน้าที่สะสมอาหาร ซึ่งมีอยู่ 2 ชนิด คือ

- แป้งอ่อน (Soft Starch) มีลักษณะเป็นผง สีขาวขุ่นจนถึงสีเหลืองอ่อน แตกออกจากกันได้ง่าย เมื่อนำมาบดมีการเกาะตัวกันอย่างหลวม ๆ หรือกระจายติดอยู่กับส่วนต่าง ๆ ของเมล็ดข้าวโพด ดังแสดงในภาพที่ 3 (3)

- แป้งแข็ง (Hard Starch) เป็นก้อนแข็งสีเหลือง ค่อนข้างโปร่งใส (Semi - Transparent) มีรูปร่างไม่แน่นอน แต่มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่าแป้งอ่อน ดังแสดงในภาพที่ 4

4. Embryo หรือ Germ เป็นส่วนของต้นอ่อนของข้าวโพด มีสีครีม และนิ่มเป็นมัน (Oily) ดังแสดงในภาพที่ 2 (4)

5. Tip Cap หรือ Pedical เป็นส่วนปลายของเมล็ดข้าวโพด อยู่ติดกับซังข้าวโพด รูปร่างเป็นสามเหลี่ยม มีรูพรุนคล้ายฟองน้ำ สีครีม ดังแสดงในภาพที่ 5 (1)

6. Glume คือส่วนของ lemma และ palea เป็นแผ่นบางใสกว่าเมื่อเทียบกับ Bran Coat มีสีขาวขุ่น สะท้อนแสงได้เล็กน้อย ที่ผิวมีลายเส้น Vein พาดผ่านแต่ไม่เป็นระเบียบเหมือน Bran Coat) ดังแสดงในภาพที่ 5 (2)

7. ซังข้าวโพด เป็นส่วนที่อยู่ติดกับ Tip Cap มีลักษณะผิวย่น เป็นมันและซ้อนพับกันเป็นรอยจีบ เนื้อฟาม เบา มีสีเหลืองคล้ายฟางข้าว ดังแสดงในภาพที่ 6

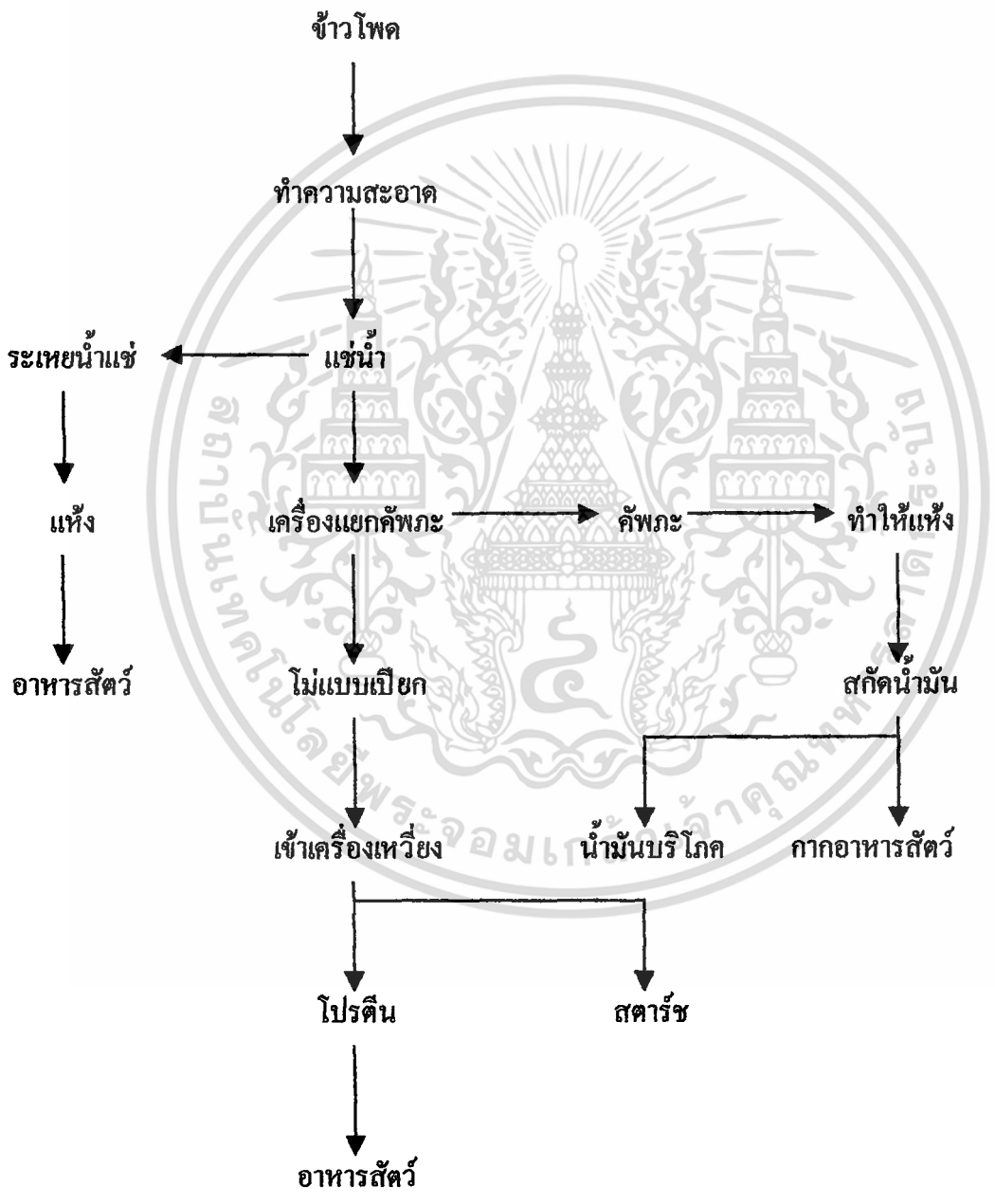
ลักษณะเด่นของเมล็ดข้าวโพด

- แป้งแข็ง เป็นก้อนสีเหลือง ค่อนข้างโปร่งใส สาเหตุที่ไม่สังเกตแป้งอ่อนเนื่องจาก เมล็ดธัญพืชชนิดอื่น จะประกอบด้วยแป้งอ่อนที่มีสีขาวขุ่นเช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Bran Coat เป็นแผ่นบาง ๆ ค่อนข้างโปร่งใส เป็นมันวาว มีลายเส้นขนาน เป็นทางยาวอย่างเป็นระเบียบ มีสีเหลืองอ่อนจนถึงสีขาวขุ่น อาจพบส่วนของ Bran Coat หลุดออกมาเป็นอิสระหรือบางครั้งพบส่วนของแป้งอ่อน และแป้งแข็งเกาะติดมาด้วย

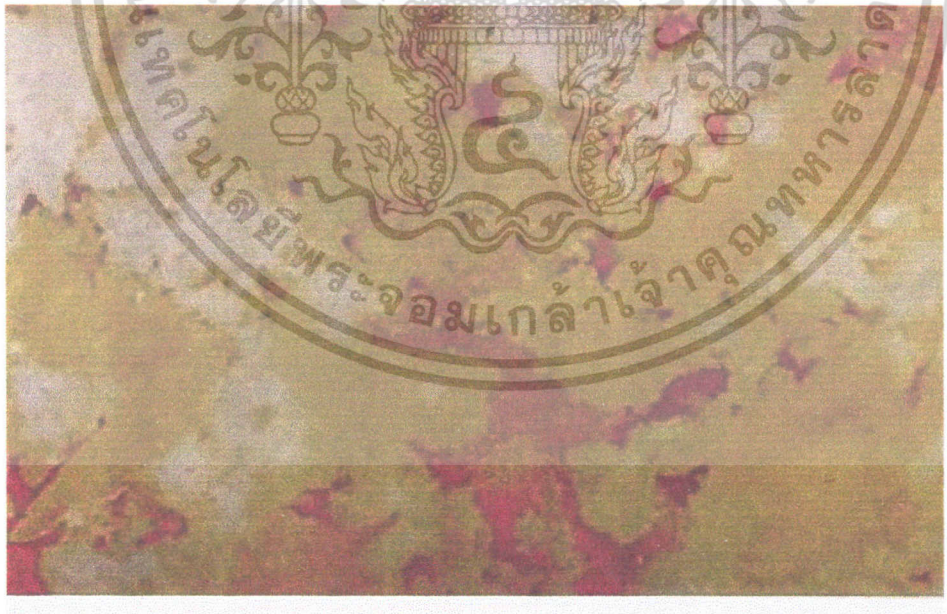
ภาพที่ 1 การโม่เปียกและผลิตภัณฑ์ข้าวโพด



ที่มา : คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร(2539)

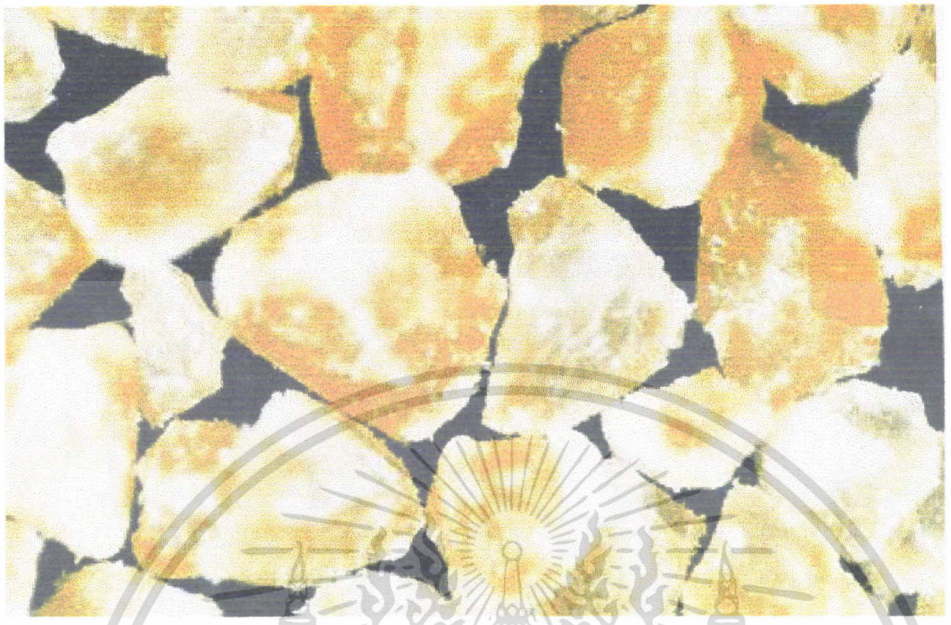
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2 ลักษณะทั่วไปของเมล็ดข้าวโพดจากกำลังขยายกล้องจุลทรรศน์ 6.7 เท่า แสดง 1. Bran Coat 2. แป้งแข็ง 3. แป้งอ่อน 4. Germ



ภาพที่ 3 ลักษณะทั่วไปของข้าวโพดป่น จากกำลังขยายกล้องจุลทรรศน์ 40 เท่า แสดง 1. Bran Coat 2. แป้งแข็ง 3. แป้งอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

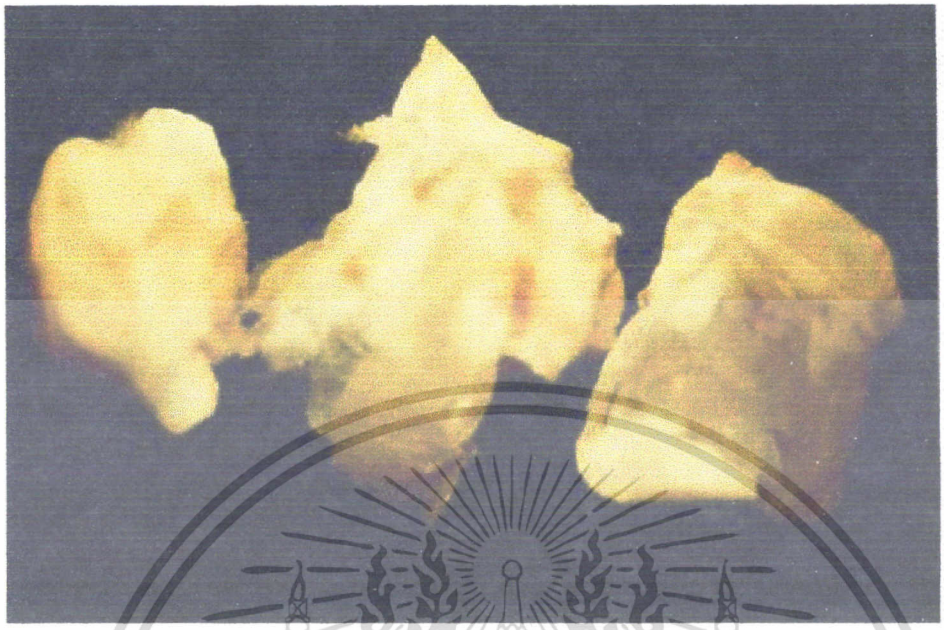


ภาพที่ 4 ลักษณะทั่วไปของแป้งแข็ง จากกำลังขยายกล้องจุลทรรศน์ 40 เท่า

ภาพที่ 5 ลักษณะทั่วไปของ Tip Cap และ Glume จากกำลังขยายกล้องจุลทรรศน์ 8 เท่า แสดง

1. Tip Cap 2. Glume

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6 ลักษณะทั่วไปของซังข้าวโพด จากกำลังขยายกล้องจุลทรรศน์ 6.7 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ความชื้น (Hot air oven)
2. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์เถ้า (Muffle Fernace)
3. อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์ไขมันแบบ Lab Congo Goldfish
4. อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์โปรตีนโดยใช้เครื่อง Gerhardt
5. อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์หาเยื่อใย
6. อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์ฟอสฟอรัสโดยใช้เครื่อง Spectrophotometry
7. เครื่องบดอาหารแบบใช้แรงเหวี่ยงจากศูนย์กลาง (Ultra centrifugal mill)
8. ขวดใส่ตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์
9. เครื่องชั่งวิเคราะห์ (Electronic Analytical Balance) แบบ Toploaders
10. โหลดูดความชื้น (Desiccater)
11. ตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์ คือ ข้าวโพด
12. สารเคมีต่าง ๆ เช่น Diethyl ether, Sulfuric acid, Sodium hydroxide, Catalyst mixture, Alcohol, acid เป็นต้น
13. กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ 10-40 เท่า (Stero Microscope)
14. อุปกรณ์ทำความสะอาดกล้อง เช่น กระดาษเช็ดเลนส์ (Lens paper) และแปรงทำความสะอาด (Syring brush)
15. ตะแกรงร่อนขนาดเส้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 นิ้ว พร้อมฐานรองรับอาหารที่ร่อนแล้ว ขนาดตะแกรง 10 20 30 และ 40 mesh
16. ขวดเก็บตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์
17. เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิค แบบวิเคราะห์ (Analytical)
18. กล้องถ่ายภาพจากกำลังขยายต่ำของกล้องจุลทรรศน์
19. ครกหินพร้อมสากบดตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์
20. อุปกรณ์ขนาดเล็ก เช่น ขวดใส่สารเคมี กระจกปิดแผ่นสไลด์ (Cover glasses) ช้อนตักสาร (Spatula) จานแก้ว (Petridishes) กระจกนาฬิกา (Watch glasses) กระดาษกรอง (Filter paper) คีมปลายแหลม (Forceps) บีกเกอร์ (Beaker) หลอดใส่สาร (Test tube)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21. สารเคมีต่าง ๆ เช่น กรดไฮโดรคลอริค (Hydrochoric acid) คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (Carbontetrachoride) น้ำกลั่น

วิธีการ

1. การเก็บตัวอย่างอาหารสัตว์

ทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 15 ตัวอย่าง จากแหล่งต่าง ๆ ทั่วประเทศ เช่นจากโรงงานอุตสาหกรรม ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ร้านค้า

1.1 วิธีการลดขนาดตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์ เมื่อเก็บตัวอย่างจากจุดต่าง ๆ ทั้งหมดมารวมกันแล้ว ต้องมีการลดตัวอย่างลงเพื่อสำหรับเก็บไว้ตรวจสอบหรือวิเคราะห์ เริ่มจากผสมคลุกเคล้าตัวอย่างให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยใช้เครื่องมือผสมหรือใช้ช้อนเกลี่ยวัตถุดิบในถาดกระดาษหรือแผ่นพลาสติกให้กระจายทั่วภาชนะและใช้ไม้บรรทัดปาดผิวหน้าให้เสมอกันจากนั้นใช้ช้อนหมุนทวนเข็มนาฬิกา แล้วสุ่มตัวอย่างอีกอย่างอีกครั้งโดยแบ่งให้เรียบเสมอกัน แบ่งตัวอย่างออกเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กัน แล้วเลือกเก็บสองส่วนที่อยู่ตรงข้าม เช่น ส่วนที่ 1 กับส่วนที่ 4 หรือส่วนที่ 2 กับส่วนที่ 3 ดังภาพ ทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนได้ตัวอย่างตามปริมาณที่ต้องการสำหรับการตรวจสอบโดยทั่วไปควรเก็บไว้ประมาณ 200 ถึง 500 กรัมเป็นอย่างน้อย

1	2
3	4

1.2 ภาชนะสำหรับเก็บตัวอย่าง ภาชนะที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์ใช้ขวดพลาสติกหรือขวดที่สะอาดและฝาปิดก็ควรเป็นพลาสติกไม่ควรใช้ฝาโลหะเพราะมักเป็นสนิมได้ง่าย

1.3 การปิดฉลากภาชนะที่ใส่ตัวอย่าง ฉลากที่ใช้ปิดควรใช้กระดาษหนาตัดเป็นแผ่นแล้วปิดไว้ด้านนอกของถุงหรือขวดตัวอย่างแต่ละขวดแล้วเขียนเลขที่ วันเดือนปี และรายละเอียดอื่นๆ ที่ต้องการ ในกรณีที่เป็นการตรวจสอบที่ต้องใช้ผลทางกฎหมาย หรือการตกลงราคา ควรมีการลงชื่อผู้เก็บตัวอย่างและพยานด้วย และต้องมีตัวอย่างเก็บไว้ 2 ตัว ส่วนหนึ่งส่งวิเคราะห์หรือตรวจสอบอีกส่วนหนึ่งเก็บไว้เป็นหลักฐาน หรือในกรณีที่ตัวอย่างสูญหายจะได้มีไว้ทดแทน นอกจากนี้ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บตัวอย่างควรมีการบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ วันเดือนปีที่เก็บ ลำดับที่หรือรหัสตัวอย่าง ชื่อวัตถุดิบ ชื่อผู้ขาย และสิ่งที่ต้องการตรวจสอบเป็นต้น

1.4 การเก็บรักษาตัวอย่าง การเก็บรักษาตัวอย่างสำหรับการตรวจสอบมีความสำคัญมาก หากเก็บไม่ถูกต้องจะทำให้ตัวอย่างเปลี่ยนสภาพไปจากเดิม อาจทำให้ผลการตรวจสอบคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงซึ่งจะมีผลไปถึงการตกลงราคา การเก็บรักษาตัวอย่างที่ถูกต้องคือเก็บไว้ให้แห้งและเย็น ดังนั้นการเก็บในห้องปรับอากาศหรือเก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส จึงทำให้สามารถเก็บตัวอย่างไว้ได้นานกว่าในอุณหภูมิห้องปกติ แต่ในกรณีที่ตัวอย่างเป็นวัตถุที่มีความชื้นสูง พืชหมักพืชสด หรือตัวอย่างที่เป็นของเหลว ต้องเก็บรักษาไว้ในช่องแช่แข็งของตู้เย็นโดยเร็วที่สุดหลังเก็บตัวอย่างเพราะตัวอย่างพวกนี้จะเสื่อมคุณภาพเร็วมากในอุณหภูมิปกติ ข้อควรระวังในการเก็บตัวอย่างคือ อย่าให้มีการปะปนของวัตถุดิบอื่นมาในตัวอย่างที่เก็บ และอย่าให้มีการแยกส่วนของตัวอย่างขณะที่สุ่มหรือลดขนาดตัวอย่าง

1.5 อายุการเก็บตัวอย่าง ตัวอย่างที่เก็บไว้ในที่แห้งและเย็นจะเก็บไว้ในได้นานประมาณ 6 เดือน แต่ถ้าจะให้ผลดีควรใช้ตัวอย่างที่เก็บไว้ไม่เกิน 4 เดือนสำหรับการวิเคราะห์หรือตรวจสอบคุณภาพ ส่วนตัวอย่างที่ตรวจสอบแล้วไม่ควรรีบนำไปทิ้ง ควรเก็บไว้อีกประมาณ 2 เดือนหากมีปัญหาเกิดขึ้นจะได้นำมาตรวจสอบเพื่อยืนยันผลได้อีก

2. การศึกษาคุณค่าทางอาหาร

นำตัวอย่างอาหารสัตว์ไปวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร โดยใช้วิธีการที่ดัดแปลงมาจากวิธีของ A.O.A.C. (Association of Official Agricultural Chemists, 1990) เรียกว่าการวิเคราะห์อาหารสัตว์แบบประมาณ (Proximate Analysis of Feed) (ศรีสกุล, 2537) โดยแต่ละตัวอย่างจะวิเคราะห์อย่างละ 2 ซ้ำ โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 6 อย่าง คือ

1. ความชื้น (Moisture)
2. โปรตีน (Crude protein)
3. ไขมัน (Ether extract)
4. เยื่อใย (Crude fiber)
5. เถ้า (Ash)
6. ไนโตรเจนฟรีเอ็กซแทรก (Nitrogen Free Extract หรือ NFE)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 การวิเคราะห์หาความชื้น (Mositure)

วิธีวิเคราะห์แบบ Drying methods

1. บดตัวอย่างอาหารสัตว์ที่ต้องการวิเคราะห์ให้มีขนาดประมาณ 20-30 เมส (mesh)

2. นำถ้วยอาหารสำหรับใส่ตัวอย่างวิเคราะห์หาความชื้น (weighing bottle) ที่ล้างสะอาดและเช็ดให้แห้งแล้วมาอบในตู้อบแห้ง (dry over) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง เอาออกใส่ในโถอบแห้ง (desiccator) ปล่อยให้เย็น นำมาชั่งจนได้น้ำหนักแน่นอน

3. ชั่งตัวอย่างอาหารสัตว์ประมาณ 2 กรัม ใส่ในถ้วย จดน้ำหนักแล้วนำเข้าอบในตู้อบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง

4. นำถ้วยที่มีตัวอย่างอาหารสัตว์ออกจากตู้อบแห้ง ใส่ในโถอบแห้งปล่อยให้เย็น แล้วชั่งน้ำหนัก น้ำหนักที่หายไปก็คือ ปริมาณความชื้น

การคำนวณ

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{(A-B) \times 100}{W}$$

A = น้ำหนักถ้วย + น้ำหนักตัวอย่างสัตว์ก่อนการอบ

B = น้ำหนักถ้วย + น้ำหนักตัวอย่างอาหารสัตว์หลังการอบ

W = น้ำหนักตัวอย่างอาหารสัตว์

2.2 การวิเคราะห์หาโปรตีน

วิธีวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Gerhardt (Kjeldatherm; Vapodest 2)

1. ชั่งตัวอย่างอาหารประมาณ 0.5 กรัมใส่ลงในหลอดย่อยขนาด 250 ml.

2. ใส่ลูกแก้ว 1 ลูก และ Catalyst mixture 5 กรัม

3. ใส่กรดซัลฟุริคเข้มข้น 20 ml. นำไปย่อยบนเตาย่อย (โดยครั้งแรกใช้ไฟอ่อน 250 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วจึงเร่งไฟให้มีความร้อนสูงขึ้นถึง 380-400 องศาเซลเซียส จนได้สารละลายในหลอดสีฟ้าใส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ปิดสวิทช์ไฟแล้วยกชุดหลอดย่อยวางไว้เหนือเตาย่อย แล้วทิ้งไว้ให้เย็น

5. เมื่อสารละลายเย็นตัวแล้วเติมน้ำกลั่น 40 ml. ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นนำไปใส่ในที่สำหรับกลั่น

6. นำ Boric 4เปอร์เซ็นต์ ที่เตรียมไว้ใส่ใน Erlenmeyer Flask 500 ml. ประมาณ 75 ml.

7. เติม Mix indicator 2-3 หยด นำไปวางต่อเข้ากับเครื่องกลั่น Vapodest 2 ให้ปลาย Condenser จุ่มสารละลาย Boric ในฟลาส

8. ดำเนินการกลั่น ดังขั้นตอนต่อไปนี้

8.1 เสียบปลั๊กเครื่องกลั่น Vapodest 2, เปิด Power Switch ไฟเขียวจะสว่างขึ้น

8.2 เปิดน้ำเพื่อให้ไหลหล่อ Conderser ไฟตำแหน่ง Cooling สีเหลืองจะติด

8.3 เลือกไอน้ำที่ใช้กลั่นโดยกดปุ่ม Stream ไปที่ตำแหน่ง high

8.4 กดปุ่ม add NaOH จะเป็นการเติมด่างในหลอดย่อย ที่ต้องการกลั่นเติมจนได้สารละลายเป็นสีน้ำเงินเข้ม (ดูแผงสเกลถึงขีดประมาณ 120-150 ml.)

8.5 ดูไฟตำแหน่ง Start ถ้าไฟติดแล้วให้กดปุ่ม Start เพื่อเริ่มทำการกลั่น จากนั้นไฟตำแหน่ง distillation สีเหลืองจะติด ให้ทำการกลั่นประมาณ 3 นาที โดยสังเกตที่สารละลายในฟลาสที่ใส่กรดบอริกไว้มีปริมาณเพิ่มขึ้น 175ml. หรือทดสอบด้วย litmus สีแดง ถ้าไม่เปลี่ยนสีแสดงว่าเก็บก๊าซหมดแล้ว

8.6 กดปุ่ม Stop เพื่อหยุดการกลั่น ลดฟลาสลง ชะปลายที่จุ่มอยู่ด้วยน้ำกลั่นทำ blank วิธีการเดียวกันที่กล่าวมาข้างต้น โดยไม่ต้องใส่ตัวอย่างอาหาร

การคำนวณ หาเปอร์เซ็นต์โปรตีนทั้งหมด โดยใช้สูตร

$$\% \text{ โปรตีนรวม (Crude Protein)} = \frac{1.4\,(V1-V2)\,N}{W} \times 6.25$$

ในเมื่อ N = ความเข้มข้นเป็น normal ของ H_2SO_4

W = น้ำหนักของตัวอย่างอาหาร

V1 = ml. ของ H_2SO_4 ที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่าง

V2 = ml. ของ H_2SO_4 ที่ใช้ไตเตรทกับ Blank

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

100696

2.3 การวิเคราะห์หาไขมันในอาหารสัตว์

วิธีการวิเคราะห์โดยการใช้เครื่องสกัดไขมันแบบ LABCONGO GOLDFISCH

1. นำบีกเกอร์ (beaker) สำหรับหาไขมันที่ล้างสะอาดและเช็ดให้แห้งแล้วมาอบในตู้อบ (drying oven) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง จากนั้นนำบีกเกอร์ออกจากตู้อบใส่ในโถอบแห้ง (desiccator) ปล่อยให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนัก

2. ชั่งตัวอย่างอาหารประมาณ 2 กรัม ห่อด้วยกระดาษกรองใส่ลงใน extraction thimble นำไปอบที่ 100 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 ชั่วโมง

3. ใส่ทิมเบิ้ลลงใน pyrex sample tube แล้วต่อเข้ากับโฮลดิ้ง คลิบ (holding clipe) ของเครื่องสกัด ไขมันแบบ LABCONGO GOLDFISCH

4. ใส่ Diethyl ether ลงในบีกเกอร์ ประมาณ 25-30 ml. แล้วนำมาต่อเข้ากับเครื่องให้เข้าที่ และเปิดน้ำเย็นให้ไหลผ่านคอนเดนเซอร์ (condencer) ตลอดเวลา

5. เปิดสวิทซ์ให้ความร้อน โดยใช้ความร้อนต่ำ (low) ใช้เวลาในการสกัด 4 - 6 ชั่วโมง สังเกตได้จากสารละลายที่ไหลออกจากทิมเบิ้ล ถ้าไม่มีสีแสดงว่าอีเทอร์สกัดไขมันหมดแล้ว

6. เมื่อสกัดเสร็จแล้วนำเอา pyrex sample tube ออก แล้วเอาหลอดรีเคลมมิ่ง (reclaiming tube) ใส่แทนที่ให้ความร้อน Diethyl ether จะกลั่นและถูกเก็บอยู่ในหลอดรีเคลมมิ่งส่วนไขมันจะอยู่ในบีกเกอร์

7. นำบีกเกอร์ที่มีไขมันไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องเซลเซียส นาน 30 นาที แล้วเอาออกใส่โถอบแห้ง ปล่อยให้เย็น ชั่งน้ำหนัก น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นภายหลังการสกัดตัวอย่างอาหารสัตว์ คือ น้ำหนักของไขมัน

การคำนวณ

$$\% \text{ ไขมัน (Crude Fat)} = \frac{(A-B) \times 100}{W}$$

A = น้ำหนักบีกเกอร์ + น้ำหนักไขมันหลังจากอบแห้ง

B = น้ำหนักบีกเกอร์

W = น้ำหนักตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การวิเคราะห์หาเยื่อใย (Crude Fiber)

วิธีวิเคราะห์

1. นำตัวอย่างอาหารภายหลังที่ได้วิเคราะห์หาไขมันเสร็จเรียบร้อยแล้ว มาชั่งประมาณ 2-3 กรัม แล้วถ่ายลงในบิกเกอร์ (beaker) สำหรับวิเคราะห์หาเยื่อใยขนาด 600 ml.

2. ถ้าอาหารที่วิเคราะห์มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงหรือละเอียดมาก ๆ ให้ใส่ prepared asbestos 1 กรัม แล้วเติมกรดกำมะถันเข้มข้น 1.25เปอร์เซ็นต์ ลงไป200 ml. ต้มจนเดือด ถ้าอาหารมีฟองมากหรือต้มแล้วกระโดดมากให้หยด amtifoam 1 หยด และ bumping chip 2-3 ชิ้นลงไปด้วย นำเข้าเครื่องย่อยหาเยื่อใยที่มี condenser เพื่อควบคุมความเข้มข้นให้คงที่เป็นเวลา 30 นาที ระหว่างที่ย่อยให้เขย่าบิกเกอร์เป็นระยะ ๆ เพื่อให้ส่วนของตัวอย่างอาหารสัตว์ที่ติดอยู่ข้างบิกเกอร์ลงไปอยู่ในสารละลาย

3. รีบนำสารละลายออกจากเครื่องย่อยแล้วกรองด้วยเครื่องกรอง หรือกรองด้วยผ้าลินินบน buchner funnel ที่ต่อกับ filtering flask โดยอาศัย suction pump ช่วยล้างตะกอนด้วยน้ำร้อน (90-100 องศาเซลเซียส) จนหมดกรด

4. ถ่ายตะกอนกลับคืนลงในบีกเกอร์ใบเดิม เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์ ลงไป 200 ml. และเอมิลแอลกอฮอล์ ประมาณ 2-3 หยด เพื่อป้องกันการเกิดฟองนำบีก-เกอร์ไปเข้าเครื่องย่อยนาน 30 นาที นับเวลาตั้งแต่สารละลายเริ่มเดือด ระหว่างที่ย่อยให้เขย่าบีกเกอร์เป็นระยะ ๆ เพื่อให้ส่วนของตัวอย่างอาหารสัตว์ลงไปอยู่ในสารละลาย

5. เมื่อย่อยตัวอย่างอาหารสัตว์ครบ 30 นาที นำบีกเกอร์ที่มีสารละลายออกจากเครื่องย่อย แล้วกรองด้วยผ้าลินินล้างด้วยน้ำร้อน (90-100 องศาเซลเซียส) จนหมดด่าง เสร็จแล้วล้างด้วยแอลกอฮอล์ประมาณ 20-25 ml.

6. ถ้าใช้ผ้าลินินกรองต้องถ่ายตะกอนออกจากผ้าใส่ลงใน crucible พยายามขูดตะกอนด้วยช้อนและ spatula จากผ้าให้หมดเท่าที่จะกระทำได้ ต้องทำอย่างระมัดระวังเพื่อไม่ให้ตะกอนหกหรือตกหล่นได้

7. นำตะกอนที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

8. นำออกมาทิ้งให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งให้ได้น้ำหนักคงที่

9. นำไปเผาเตาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วทิ้งให้เย็นใน disiccator แล้วชั่งให้ได้น้ำหนักคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

$$\% \text{ เยื่อใย (Crude Fiber)} = \frac{(A-B) \times 100}{W}$$

A = น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง + น้ำหนักตะกอนหลังการอบแห้ง

B = น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง + น้ำหนักเถ้าหลังการเผา

W = น้ำหนักตัวอย่าง

2.5 การวิเคราะห์เถ้าทั้งหมด

วิธีการวิเคราะห์

1. เผาถ้วยกระเบื้อง (Crucible) ที่สะอาดและแห้งในเตาเผา ที่อุณหภูมิ 550-600 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในเตาอบ แล้วชั่งเพื่อให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน

2. เติมตัวอย่างอาหารประมาณ 2 กรัม ลงในถ้วยกระเบื้อง ตัวอย่างนี้ส่วนใหญ่เป็นตัวอย่างแห้งที่ได้จากการวิเคราะห์หาความชื้น

3. เปิดพัดลมในตู้ดูดควันแล้วนำตัวอย่างในถ้วยกระเบื้องไปเผาในตู้ดูดควันโดยใช้ Hot plat ใช้ไฟอ่อนเผาจนกระทั่งหมดควัน แล้วจากนั้นจึงนำไปเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-4 ชั่วโมง เผาจนเถ้าเป็นสีขาวหรือสีเทาอ่อน

4. นำตัวอย่างที่เผาออกมาจากเตาเผาและปล่อยให้เย็นในตู้ดูดความชื้น จากนั้นทำการชั่งน้ำหนัก

2.6 การวิเคราะห์แคลเซี่ยม

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างอาหารโดยให้มีแคลเซียมอยู่อย่างน้อย 5 มิลลิกรัม (ประมาณ 3 กรัมของอาหาร) ลงในถ้วยกระเบื้อง นำไปเผาบน hot plate จนแห้ง

2. แล้วนำไปเผาต่อไปเตาเผา โดยค่อยเร่งอุณหภูมิให้สูงขึ้นถึง 550 องศาเซลเซียส ทำการเผาที่อุณหภูมิระดับนี้เป็นเวลานาน 3-4 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำออกจากเตาเผา ทิ้งไว้ให้เย็นและทำให้ชื้นด้วยกรดไนตริกโดยใช้แท่งแก้วค่อยๆหยดแค่พอชื้น ตั้งบน hot plate จนแห้ง

4. นำกลับไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส อีกเป็นเวลา 1 ½ ชั่วโมง ถ้าหากเถ้าที่ได้ยังไม่ขาวให้เติมกรดไนตริกอีก ทิ้งไว้ให้แห้ง แล้วเผาซ้ำอีกครั้งจนกระทั่งได้เถ้าสีขาว

5. เติมกรดเกลือ 50 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 10 ml. (เพื่อเปลี่ยน CaO ให้เป็น $CaCl_2$) ลงในเถ้าในถ้วยกระเบื้อง

6. นำไปตั้งบน hot plate ต้มเพื่อให้เถ้าละลายให้หมดใช้แท่งแก้วคน (ควรเปิดไฟอ่อน ๆ ขนาดเบอร์ 1-1.5)

7. ถ่ายสารละลายที่ได้ลงใน Volumetric Flask ขนาด 250 ml. ชะล้างเถ้าในถ้วยกระเบื้องด้วยน้ำกลั่น (redistilled water) แล้วเทใส่ให้ได้ปริมาตรครบ 250 ml.

8. ใช้ pipette ดูดสารละลายมา 50 ml. ใส่ลงใน beaker ขนาด 250 ml. แล้วหยด methyl red ลงไป 1-2 หยด (จะเป็นกรด มีสีส้มออกแดง) ทำให้เป็นกลางด้วยแอมโมเนียไฮดรอกไซด์อย่างเข้มข้น (ประมาณ 2-3 หยด) จนสารละลายมีสีเหลืองอ่อน ๆ ของ methyl red

9. เติมกรดเกลือ 6N ลงไปจำนวน 1.5 ml. ยูเรียจำนวน 5 กรัม และ ammonium oxalate 4 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 5 ml. ลงไปใน beaker (ถ้าหากมีตะกอนเกิดขึ้นควรใช้ตัวอย่างให้น้อยลง)

10. ปิด beaker ด้วยกระจกนาฬิกา นำไปต้มให้เดือดน้อย ๆ จนกระทั่งสารละลายใน beaker เปลี่ยนเป็นสีส้มหรือสีขาว แล้วยกลงทิ้งไว้ให้เย็น

11. กรองตะกอนด้วยกระดาษกรองเบอร์ 40 ล้างตะกอนด้วยแอมโมเนียเจือจางไปเรื่อยๆ จนหมด oxalate (ทดสอบ โดยหยด $CaCl_2$ในน้ำล้าง ถ้ายังเกิดตะกอนแสดงว่ายังล้าง oxalate ไม่หมด) ที่เหลือบนกระดาษกรองคือตะกอน Ca_2O_4 (calcium oxalate)

12. เอา beaker ใบเดิมที่ใช้ตกตะกอน ลองใต้กระดาษกรองเจาะกระดาษกรองให้เป็นรูล้างด้วยน้ำกลั่นจนหมดตะกอนแล้วเติมกรดกำมะถันเข้มข้น จำนวน 2.5 ml. แล้วนำไปอุ่นบน hot plate ที่ 85 องศาเซลเซียส (เพื่อเร่งปฏิกิริยา)

13. นำมาไตเตรทกับ potassium permanganate 0.05N จนสารละลายมีสีชมพูจาง ๆ ปรากฏอยู่ได้นานไม่ต่ำกว่า 30 วินาทีแสดงว่าถึงจุด end point (กระดาษกรองที่เก็บไว้ ใส่เมื่อเลยจุด end point)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

การคำนวณ เปอร์เซ็นต์แคลเซี่ยม

1 ml. ของ 0.05N $KmnO_4$ = 0.001 กรัมของแคลเซี่ยม

$$\% \text{ แคลเซี่ยม} = \frac{ml \times 0.001 \times 100 \times 5}{W}$$

ml. = จำนวนของ $KmnO_4$ ที่ไตเตรท

W = น้ำหนักของอาหารที่วิเคราะห์

หมายเหตุ ถ้าหากอาหารมี เปอร์เซ็นต์ Ca มากควรใช้ $(NH_4)\ C_2O_4$ sat.

2.7 การวิเคราะห์หาฟอสฟอรัส

วิธีการ วิเคราะห์โดยวิธี Spectrophotometry

1. การเตรียมตัวอย่างในการวิเคราะห์ ทำดังนี้

1.1 นำถ้วยกระเบื้องที่มีเถ้าที่ทราบน้ำหนักแล้วจากการวิเคราะห์หาเถ้าทั้งหมด มาถ่ายทั้งหมดในบีกเกอร์ ขนาด 250 ml. เติมสารละลายกรดเกลือเจือจาง10เปอร์เซ็นต์ ที่มี นน./นน.ถ. พ. 1.050 จำนวน 10 ml.

1.2 เติมน้ำกลั่นลงในบีกเกอร์ประมาณ 100 ml. เติมสารละลายกรดเกลือเข้มข้นลงไป 5 ml. โดยใช้กระบอกตวง (graduate or measuring cylinder)

1.3 นำไปต้มบนเตาไฟ (hot plate) ด้วยไฟอ่อน ๆ ระเหยน้ำให้เหลือประมาณ 50 ml. ซึ่งจะใช้เวลานานประมาณ 2-3 ชั่วโมง

1.4 กรองตะกอนเถ้าที่เหลือด้วยกระดาษกรองวอทแมนเบอร์ 42 ใส่ขวดวัดปริมาตร 250 ml. ใช้น้ำกลั่นร้อนล้างตะกอนจากบีกเกอร์ลงบนกระดาษกรอง โดยใช้แท่งแก้วคนช่วยในการไม่ให้ตะกอนเกาะติดที่ข้างบีกเกอร์

1.5 เติมน้ำกลั่นลงในขวดวัดปริมาตรจนได้ปริมาตร 250 ml. เก็บตัวอย่างน้ำไว้วิเคราะห์ฟอสฟอรัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เตรียมกราฟมาตรฐานฟอสฟอรัส (Standard curve for phosphorus)

ในการทดลองนี้ เขียนเส้นกราฟมาตรฐานของฟอสฟอรัส โดยให้ค่าของเปอร์เซ็นต์ Absorbance อยู่บนแกน X และความเข้มข้นของฟอสฟอรัสอยู่บนแกน Y ดังแสดงในภาพที่ 7 และ 8

Test tube number	Standard solution (ml.)	Molybdovanadate [1] Regent, (ml.)	น้ำกลั่น (ml.)
1,2	1	2	7
3,4	2	2	6
5,6	3	2	5
7,8	4	2	4
9,10	5	2	3
11,12	6	2	2
13,14	7	2	1
15,16	8	2	-
Blank	-	2	8

*การเตรียม Molybdovanadate reagent นั้นทำได้โดยละลาย 20 กรัม แอมโมเนียโมลิบเดท $(NH_4)_6 Mo_7O_4 4H_2O$ ในน้ำกลั่นร้อน 200 ml. (Solution A) ละลาย 1 กรัม แอมโมเนียมเมทตาวานาเดท (NH_3VO_3) ในน้ำกลั่นร้อน 125 ml. ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นเติม 225 ml. 70เปอร์เซ็นต์ กรดเปอร์คลอริด $(HCLO_4)$ (Solution B) ค่อย ๆ ริน Solution A ลงใน Solution B อย่างช้า ๆ พร้อมกับคนให้เข้ากันแล้วปรับให้มีปริมาตร 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น

3. เขย่าหลอดแก้วสารละลายตัวอย่างกับMolibdovanadateให้เข้ากันดี ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที เพื่อให้เกิดสีเหลืองรีบนำไปอ่านค่า เปอร์เซ็นต์Absorbance จากเครื่อง Spectrophotometer ที่ 400 nm. โดยใช้ Blank เป็นตัวเปรียบเทียบมาตรฐาน

4. ตัวอย่างอาหารถ้าฟอสฟอรัสสูงเกินไปหรือต่ำเกินไป เราก็สามารถปรับความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในตัวอย่างให้เหมาะสมได้ คือจะต้องอยู่ในช่วงของ Standard curve โดยทำให้เจือจางลงหรือเข้มข้นขึ้นก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ (ตัวอย่าง)

1. น้ำหนักของอาหารแห้งที่เป็นตัวอย่าง (ข้าวโพด) = 1.7910 กรัม

2. น้ำหนักนี้ถูกเผาจนเป็นเถ้าแล้วเจือจางจนมีปริมาณ 250 ml. ต่อมา 10 ml. ของสารละลายนี้ ถูกเจือจางจนมีปริมาตร 100 ml.

ฉะนั้น น้ำหนักของตัวอย่าง กรัม/ml. = $\frac{1.7910 \times 10}{250 \times 100}$ กรัม

3. ใช้สารละลายที่เจือจางนี้มา 2 ml. มาวิเคราะห์หาฟอสฟอรัส

ฉะนั้นในสารละลาย 2 ml. มีเนื้อสาร = $\frac{1.7910 \times 2}{250 \times 10}$ กรัม

4. จากเส้นกราฟมาตรฐานของฟอสฟอรัสอ่านค่าฟอสฟอรัสในตัวอย่างอาหารจากสารละลาย 2 ml. ได้ = 0.08 มิลลิกรัม

5. น้ำหนักของตัวอย่าง = $\frac{1.7910 \times 2 \times 1000}{2500}$ กรัม

= 1.433 มิลลิกรัม

เพราะฉะนั้นเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในตัวอย่างแห้ง

$= \frac{0.08 \times 100}{1.433}$

= 5.6 เปอร์เซ็นต์

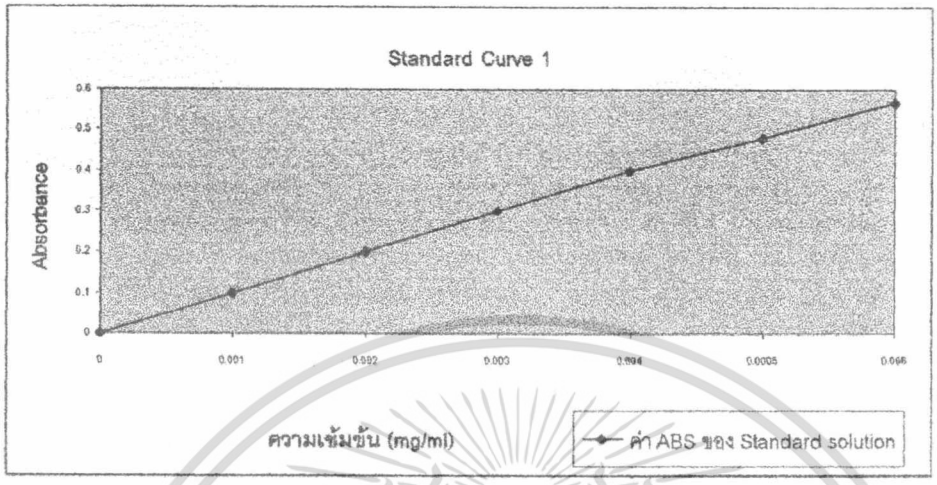
2.8 การหา Nitrogen-free extract (NFE)

การหา NFE หรือคาร์โบไฮเดรทที่ละลายได้นี้ มักไม่ใช้ในการวิเคราะห์ แต่จะหาได้โดยการคำนวน โดยเอาเปอร์เซ็นต์ของโภชนะอื่น ๆ ทั้งหมดคือ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้ามารวมกันแล้วหักออกจาก 100 ก็จะได้เปอร์เซ็นต์ของคาร์โบไฮเดรทที่มีอยู่ในตัวอย่างอาหาร

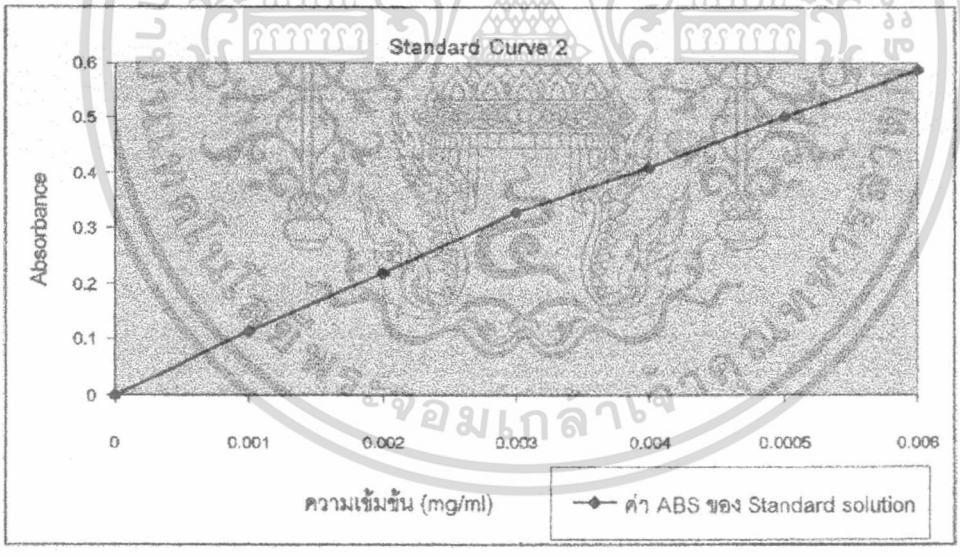
การคำนวณ

%NFE = 100 - (%ความชื้น + %โปรตีน + %ไขมัน +%เยื่อใย +%เถ้า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 7 Stand Curve 1



ภาพที่ 8 Standard Curve 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วิธีการศึกษาสิ่งปลอมปนของข้าวโพด

1. ศึกษาลักษณะต่าง ๆ และลักษณะเด่นของข้าวโพด เพื่อเป็นตัวอย่างในการเปรียบเทียบกับสิ่งปลอมปนของวัตถุดิบอาหารสัตว์ โดยเก็บตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่แน่ใจว่าบริสุทธิ์จากโรงงานผลิต ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ร้านค้า และหน่วยงานราชการ แล้วจึงนำมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ

2. การตรวจสอบคุณภาพและสิ่งปลอมปนของข้าวโพด โดยเก็บตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์จากโรงงานผลิต ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ร้านค้า 15 ตัวอย่าง นำมาส่องกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำร่วมกับเทคนิคทางเคมี

3. การวิเคราะห์คุณภาพของข้าวโพด โดยการส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ ควบคู่กับเทคนิคการลอยตัว (Flotation Technique) การทดสอบโดยการหยดสารเคมี (Chemical Spot Test)

วิธีการตรวจสอบวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์

การตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ

1. การใช้ประสาทสัมผัส

1.1 การใช้มือสัมผัส เพื่อตรวจดูความชื้น ลักษณะเนื้อวัตถุดิบอาหาร การจับตัวเป็นก้อน ความหนักเบาของวัตถุดิบอาหาร

1.2 การใช้สายตา พิจารณาดู รูปร่าง สี ขนาด ความเก่าใหม่ สิ่งเจือปน ความสกปรก การทำลายของแมลง เชื้อรา

1.3 การใช้จมูกดมกลิ่น พิจารณาความสดใหม่ของวัตถุดิบ มีกลิ่นเหม็นเน่า บูดเปรี้ยว ฉุน หืน อับ ซึ่งจะเกิดจากเชื้อรา การเก็บตัวอย่างไว้นาน หรืออาจเกิดจากสารเคมี

1.4 การใช้ลิ้นสัมผัส ชิมรสเพื่อตรวจสอบรสชาติ สามารถบอกความสุขดิบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วิธีการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ

2.1 นำตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่บดแล้ว นำมาร่อนด้วยตะแกรงซึ่งช่วยแยกตัวอย่างออกเป็นส่วนหยาบและส่วนละเอียด จากนั้นนำตัวอย่างแต่ละส่วนไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ต่อไป

2.2 ปรับกำลังขยายของกล้องไปที่กลังขยายต่ำสุด แล้วทำการปรับระยะห่างของท่อกล้องจุลทรรศน์ทั้ง 2 ข้างจนมองเห็นพื้นที่ฐานกล้องเป็นวงกลมเดียวกัน พร้อมกับปรับความคมชัดให้ดูเท่ากันทั้ง 2 ข้าง

2.3 นำตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เตรียมไว้ ประมาณ 2 กรัม ใส่ลงในจานแก้ว เกลี่ยตัวอย่างให้กระจายบาง ๆ ไปทั่วจานแก้ว แล้วนำไปวางที่ฐานกล้องปรับความชัดของภาพโดยหมุนเลื่อนระยะเลนส์วัตถุจนเห็นภาพได้ชัดเจน จากนั้นจึงเริ่มตรวจดูลักษณะของตัวอย่างโดยเริ่มจากมุมหนึ่งของจานแก้วดูไปจนทั่ว ถ้ายังมีตัวอย่างส่วนใดยังหนาเกินให้ใช้เข็มเขี่ยให้กระจายออก

2.4 ในขณะส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ถ้าพบวัตถุดิบที่สงสัย หรือไม่แน่ใจว่าเป็นชิ้นส่วนของวัตถุดิบอาหารสัตว์ ให้ใช้คีมปลายแหลมคีบแยกออกมาให้ชัดเจนบีบวัตถุนั้นเพื่อตรวจสอบความแข็ง ความอ่อน และทำการทอสอบด้วยสารเคมีเพื่อความแน่ใจในการตรวจสอบมากยิ่งขึ้น

2.5 ทำการปรับกำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ไปตามความเหมาะสมในขณะที่ส่องดูชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่เป็นลักษณะของตัวอย่างวัตถุดิบ หรือสิ่งเข้ามาปน ถ้าหากพบว่าสิ่งที่เข้ามาปนอยู่ในปริมาณมาก แสดงว่าเป็นสิ่งที่ใช้ปลอมปนในวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดนั้น แต่ถ้าพบบ้างไม่มากอาจจะเป็นสิ่งที่ปะปนเข้ามาได้โดยบังเอิญให้ถือว่า เป็นสิ่งปกติที่พบได้

2.6 สิ่งปลอมปนในวัตถุดิบอาหารสัตว์มักถูกบดให้ละเอียด เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้ผู้ซื้อวัตถุดิบอาหารสัตว์สังเกตได้ด้วยตาเปล่า ดังนั้นการพบสิ่งปลอมปนจึงมักพบในส่วนละเอียด

3. การใช้เทคนิคทางเคมีเข้าช่วยในการตรวจสอบ

ในกรณีที่ไม่แน่ใจว่าวัตถุดิบ หรือสิ่งปลอมปนที่เห็นจากกล้องจุลทรรศน์นั้นเป็นอะไร จำเป็นต้องอาศัยเทคนิคทางเคมีเข้าช่วย

3.1 เทคนิคการลอยตัวในสารละลาย (Flotation Techique) โดยอาศัยหลักการที่ว่าสารต่างชนิดมีความหนาแน่นไม่เท่ากัน สารที่หนาแน่นมากกว่าจะจมลงสู่ด้านล่าง ส่วนสารที่มีความหน่าแน่นต่ำกว่าจะลอยขึ้นบนเมื่ออยู่ในสารละลายที่มีความหนาแน่นมากกว่า วิธีการนี้นิยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้สารละลายคาร์บอนเตตระคลอไรด์ (Carbontetrachoride) เป็นตัวแยกสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ออกจากกัน เนื่องจากสารละลายชนิดนี้มีความหนาแน่นมากกว่าสารอินทรีย์ เช่น แป้ง เซลสัตว์ และมีความหนาแน่นน้อยกว่าสารอนินทรีย์ เช่น ดิน ทราย กระดูก เปลือกหอย หินฝุ่น ไดแคลเซียมฟอสเฟต นอกจากนั้นสารละลายที่ใช้ในการแยกนี้มีคุณสมบัติที่ระเหยได้ดี ทำให้ตัวอย่างที่แยกได้แห้งเร็วและสะดวกในการนำไปส่องกล้อง โดยชั่งตัวอย่างวัตถุดิบอาหารประมาณ 2 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลอง แล้วเทสารคาร์บอนเตตระคลอไรด์ลงในหลอดทดลองประมาณ 9/10 ของหลอดทดลอง เพื่อให้เกิดการแยกชั้นอย่างเด่นชัดเขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ประมาณ 1-2 นาที สังเกตการเปลี่ยนแปลงคือเกิดการแยกชั้นแล้ว ทำการกรองแยกทั้ง 2 ส่วนออกจากกันใส่กระดาษกรอง ปล่อยทิ้งไว้ให้สารคาร์บอนเตตระคลอไรด์ระเหยออกจากตัวอย่างวัตถุดิบจนหมด จากนั้นนำกระดาษกรองไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเข้าตู้ดูดความชื้นประมาณ 15 นาที หลังจากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ส่วนจมของสารอนินทรีย์ ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ส่วนจม} = \frac{\text{น้ำหนักส่วนจม} \times 100}{\text{น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้}}$$

3.2 การทดสอบโดยการหยดสารเคมี (Chemical Spot Test)ในการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ถ้าสงสัย หรือไม่แน่ใจว่าวัตถุดิบนั้นคืออะไรให้ใช้คีมปลายแหลม คีบวัตถุดิบนั้นออกมาวางบนจานแก้ว แล้วหยดกรดไฮโดรคลอริค เข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ ลงไปบนตัวอย่างที่สงสัย ถ้าเป็นสารพวกเปลือกหอย ปูนขาว หรือหินฝุ่น เมื่อหยดกรด จะเกิดฟองฟู่อย่างรวดเร็ว ถ้าเป็นทรายจะไม่เกิดปฏิกิริยา ถ้าเป็นเอ็นโดสเปิร์ม ของเมล็ดธัญพืชจะเกิดการพองตัว ถ้าเป็นไดแคลเซียม ก้างปลา กระดูกป่น เมื่อหยดกรดจะเกิดฟองฟู่แต่ไม่เร็วมากนักแล้วหยดแอมโมเนียโมลิปเดท จะได้ตะกอนสีเหลือง ส่วนถ้าเป็นพวกเกลือแกง (NaCl) ให้หยดซิลเวอร์ไนเตท ($AgNO_3$) 10 เปอร์เซ็นต์ จะได้ตะกอนสีขาวขุ่นคล้ายน้ำนมทันที และถ้าพบวัตถุที่สงสัยเป็น กีบ เขา หรือ เจลลาติน ให้หยดกรด อะซิติก ถ้าไม่มีปฏิกริยาใด ๆ แสดงว่าเป็นกีบ เขา ถ้าเกิดลักษณะอมน้ำเป็นวุ้นเหนียวใส มีเมือกพองออกมา แสดงว่าเป็นเจลลาติน

4. การบันทึกผลการวิเคราะห์

4.1 บันทึกเปอร์เซ็นต์ความชื้น โปรตีน เยื่อใย ไขมัน เถ้า ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก แคลเซี่ยมและฟอสฟอรัส ในแต่ละซ้ำ ซึ่งในการวิเคราะห์จะทำ 2 ซ้ำด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 นำผลการวิเคราะห์ในข้อ 4.1 มาหาค่าเฉลี่ยที่เหมาะสมของวัตถุดิบอาหารสัตว์

4.3 บันทึกลักษณะต่าง ๆ และลักษณะเด่นของวัตถุดิบอาหารสัตว์ พวก ข้าวโพด จากกล้องจุลทรรศน์

4.4 บันทึกชนิด และลักษณะสิ่งปลอมปน หรือสิ่งจำกัดคุณภาพให้ต่ำลง

4.5 บันทึกภาพของลักษณะวัตถุดิบอาหารสัตว์บริสุทธิ์ คือข้าวโพด รวมทั้งสิ่งปลอมปนจากกำลังขยายกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ

4.6 บันทึกผลที่ได้จากการใช้เทคนิคการลอยตัว และวิธีการทดสอบทางเคมีด้วยการหยดสารเคมี

4.7 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดจากตรวจสอบการปลอมปน

5. การรายงานผลการวิเคราะห์

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง คือ เปอร์เซ็นต์ ความชื้น โปรตีน เยื่อใย ไขมัน เถ้า ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก แคลเซียมและฟอสฟอรัส ในแต่ละซ้ำ ซึ่งในการวิเคราะห์จะทำ 2 ซ้ำ นำมาหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) เพื่อทำการวิเคราะห์ว่าคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่นำมาทดลองจากแหล่งต่าง ๆ มีความผันแปรมากน้อยเพียงใด รายงานถึงชนิดของสิ่งปลอมปน และจำนวนตัวอย่างที่มีสิ่งปลอมปนเป็นร้อยละของตัวอย่างทั้งหมด และเปอร์เซ็นต์ของสารอนินทรีย์ที่มีในวัตถุดิบ

6. สถานที่ทำการศึกษาและวิเคราะห์หาคุณค่าอาหาร

ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

7.ระยะเวลาในการศึกษาและวิเคราะห์

เริ่มตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2541ถึง เดือน 15 มีนาคม พ.ศ. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลทางโภชนะของข้าวโพดแสดงดังตารางที่ 4 ซึ่งวิเคราะห์จากตัวอย่างข้าวโพดทั้งหมด จำนวน 15 ตัวอย่างโดยเก็บจากโรงงานผลิตอาหารสัตว์ 46.67 เปอร์เซ็นต์ ร้านค้า 46.67 เปอร์เซ็นต์ และจากเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพด 6.67 เปอร์เซ็นต์ พบว่าข้าวโพดมีความชื้น 9.94 ± 1.40 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 7.94 – 13.04 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีน 8.02 ± 0.82 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 7.21 – 10.16เปอร์เซ็นต์ มีไขมัน 4.20 ± 0.91 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.57 – 5.45 เปอร์เซ็นต์ มีเยื่อใย 1.59 ± 0.52 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.75 – 2.30 เปอร์เซ็นต์ มีเถ้า 1.43 ± 0.44 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.04 – 2.32 เปอร์เซ็นต์ มีแคลเซียม 0.0717 ± 0.0477 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.0333 – 0.2165 เปอร์เซ็นต์ มีฟอสฟอรัส 0.3074 ± 0.1089 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.1218 – 0.5214 เปอร์เซ็นต์ และมีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย 74.98 ± 1.18 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 72.75 – 76.48 เปอร์เซ็นต์

จากผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของข้าวโพด พบว่าค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีน คาร์โบไฮเดรทย่อยง่าย (NFE) เถ้า ไขมัน และเยื่อใย มีค่าใกล้เคียงกับรายงานของกองควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ (2536), จีระพร (2538) และกองควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ (2541) ซึ่งได้รายงานส่วนประกอบทางเคมีของข้าวโพดในสภาพแห้งบางส่วน (Air - dry basis) มีความชื้น 10.52 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 8.14 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 4.83 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 2.21 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 1.47 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรทที่ย่อยง่าย (NFE) 72.83 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 0.01 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.27 เปอร์เซ็นต์ และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความชื้นมีค่าใกล้เคียงหรือต่ำกว่าเล็กน้อยกับรายงานของบุญล้อม (2541) กองควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ (2541) และจีระพร (2538) แต่มีค่าต่ำกว่ารายงานของ Feedstuffs (1994), กองควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ (2536) และพูลศรี (2532) ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของโปรตีน ไขมัน เยื่อใย NFE และเถ้า มีค่าใกล้เคียงกับรายงานของจีระพร (2538) แต่ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความชื้นมีค่าสูงกว่ารายงานของจีระพร (2538) และกองควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ (2536) แสดงให้เห็นว่าข้าวโพดในการทดลองครั้งนี้มีความผันแปรมากในด้านของความชื้น อาจเนื่องจากความแตกต่างในวิธีการทำให้แห้ง อย่างไรก็ดีค่าปริมาณความชื้นก็ยังมีแนวโน้มว่ามีปริมาณต่ำกว่ารายงานอื่น แสดงว่ากรรมวิธีในการผลิตมีมาตรฐานดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาถึงเกณฑ์มาตรฐานของกรมปศุสัตว์ (2538) ตามองค์ประกอบทางเคมีหลัก ซึ่งจะต้องมีโปรตีนไม่น้อยกว่า 8 เปอร์เซ็นต์ ไขมันไม่น้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยไม่น้อยกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ เถ้าไม่มากกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ และความชื้นไม่มากกว่า 13, 14.5 เปอร์เซ็นต์ในข้าวโพดป่นและเมล็ดข้าวโพดตามลำดับ พบว่ามีจำนวนตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานเพียง 4 ตัวอย่างหรือ 26.67เปอร์เซ็นต์ ของตัวอย่างทั้งหมด ส่วนอีก 11 ตัวอย่างหรือ 73.33เปอร์เซ็นต์ มีค่าไขมัน เยื่อใย และความชื้นได้เกณฑ์มาตรฐาน แต่มีค่าโปรตีนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กรมปศุสัตว์ได้กำหนดไว้ทั้งหมด และมีเถ้าสูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน 3 ตัวอย่าง หรือ 27.3 เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ดังนั้นในการเลือกใช้ข้าวโพดในการประกอบสูตรอาหารสัตว์ของเกษตรกร จึงควรพิจารณาอย่างยิ่งในเรื่องของ ระดับโปรตีน รองลงมาคือปริมาณเถ้า ซึ่งอาจมีผลให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนลดลงได้ นอกจากนี้การที่ระดับโปรตีนลดต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน อาจมีสาเหตุเนื่องจากสายพันธุ์ที่ใช้ปลูกในประเทศ ดังนั้นมาตรฐานในปัจจุบันที่ใช้อยู่ควรที่จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพความเป็นจริง หรือมีการแบ่งคุณภาพตามระดับโปรตีนด้วย

ผลการวิเคราะห์สารอนินทรีย์ในข้าวโพด

จากผลการวิเคราะห์สารอนินทรีย์ในข้าวโพดมีค่าประมาณ 0.32 ± 0.13 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าอยู่ในช่วง 0.14 – 0.62 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่าเป็นฝุ่นดิน และเมื่อเทียบกับค่าการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของโปรตีน พบว่าอาจจะมีส่วนในการทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนลดลง เนื่องจากข้าวโพดที่พบการปะปนของฝุ่นดินในระดับที่สูง มีแนวโน้มให้มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนต่ำเป็นจำนวน 2 ตัวอย่างหรือ 13.33 เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างทั้งหมด 15 ตัวอย่าง นอกจากนี้พบข้าวโพดที่มีการปะปนด้วยแมลงจำพวกมอด ซึ่งสาเหตุเกิดจากการเก็บรักษาไม่ดีเป็นจำนวนเพียง 1 ตัวอย่างหรือ 6.67 เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของข้าวโพด

ค่าของสถิติ	ความชื้น %	โปรตีน %	ไขมัน %	เยื่อใย %	ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก %	เถ้า %	ฟอสฟอรัส %	แคลเซียม %
ค่าเฉลี่ย	9.94	8.02	4.20	1.59	74.82	1.43	0.3074	0.0717
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.40	0.82	0.91	0.52	1.18	0.44	0.1089	0.0477
ค่าสูงสุด	13.04	10.16	5.45	2.30	76.48	2.32	0.5214	0.2165
ค่าต่ำสุด	7.94	7.21	2.57	0.75	72.75	1.04	0.1218	0.0333

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของข้าวโพดตามลำดับค่าสูงสุดของโปรตีนและเปอร์เซ็นต์ของสารอนินทรีย์

ตัวอย่าง	องค์ประกอบทางโภชนะ (%)								มาตรฐาน	สาร
ที่	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	ฟอสฟอรัส	เยื่อใย	แคลเซียม	เถ้า	NFE	กรมปศุสัตว์[1/]	อนินทรีย์ %
13	13.04	7.21	2.57	0.3181	0.86	0.0413	1.39	74.92	ต่ำ	0.35
6	9.97	7.34	5.24	0.4633	2.21	0.0750	1.33	73.92	ต่ำ	0.30
10	8.71	7.53	5.28	0.2606	1.59	0.0339	2.21[3/]	74.68	ต่ำ	0.47
4	11.72	7.54	4.73	0.3752	1.91	0.0833	1.35	72.75	ต่ำ	0.52
11	8.98	7.64	5.45	0.3067	0.94	0.0683	2.23[3/]	74.76	ต่ำ	0.29
12	10.00	7.67	4.32	0.3294	2.27	0.0667	2.32[3/]	73.41	ต่ำ	0.32
9	10.52	7.75	4.16	0.1809	1.91	0.0333	1.31	74.35	ต่ำ	0.33
5	9.27	7.78	3.96	0.5214	1.05	0.1249	1.46	76.48	ต่ำ	0.20
2	12.04	7.88	2.80	0.1665	2.30	0.0417	1.16	73.82	ต่ำ	0.17
3	9.75	7.89	3.70	0.4100	1.87	0.0500	1.04	75.75	ต่ำ	0.29
7	7.94	7.93	5.18	0.2393	1.80	0.0417	1.21	75.94	ต่ำ	0.31
1	8.72	8.01[2/]	4.03	0.3181	1.70	0.2165	1.11	76.43	ได้	0.14
8	8.79	8.30[2/]	4.63	0.1218	0.75	0.0333	1.05	76.48	ได้	0.24
15	9.75	9.64[2/]	3.12	0.3386	1.43	0.0831	1.24	74.82	ได้	0.62
14	9.94	10.16[2/]	3.78	0.2619	1.23	0.0829	1.08	73.81	ได้	0.27
ค่าเฉลี่ย	9.94	8.02	4.20	0.3074	1.59	0.0717	1.43	74.52	-	0.32
ค่า SD	1.40	0.82	0.91	0.1089	0.52	0.0477	0.44	1.18	-	0.13
ค่า max	13.04	10.16	5.45	0.5214	2.30	0.2165	2.32	76.48	-	0.62
ค่า min	7.94	7.21	2.57	0.1218	0.75	0.0333	1.04	72.75	-	0.14

1/ มีโปรตีนไม่น้อยกว่า 8 เปอร์เซ็นต์ ไขมันไม่น้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ กากไม่มากกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ เถ้าไม่มากกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ และความชื้นไม่มากกว่า 13, 14.5 เปอร์เซ็นต์ ในข้าวโพดป่น และเมล็ด

2/ ตัวอย่างที่มีโปรตีนได้มาตรฐานของกรมปศุสัตว์

3/ ตัวอย่างที่มีเถ้าสูงกว่ามาตรฐานของกรมปศุสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพข้าวโพดจำนวน 15 ตัวอย่าง ปรากฏว่า

1. ข้าวโพดมีความชื้น 9.94 ± 1.40 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 8.02 ± 0.82 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 5.45 ± 0.91 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.3074 ± 0.1089 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 1.59 ± 0.52 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 0.0717 ± 0.0477เปอร์เซ็นต์ เถ้า 1.43 ± 0.44 เปอร์เซ็นต์ และไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก 74.82 ± 1.18 เปอร์เซ็นต์ โดยพบว่าข้าวโพดจำนวนถึง 73.33 เปอร์เซ็นต์ (11 ตัวอย่าง) มีโภชนะไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกรมปศุสัตว์คือ โปรตีนและเถ้า

2. การศึกษาสิ่งปลอมปน พบว่าไม่มีการปลอมปน แต่มีสารอนินทรีย์ซึ่งเป็นฝุ่นดินปะปนมาเป็นปริมาณเฉลี่ย 0.32 ± 0.13 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก และมีมอดปะปนมาเพียง 6.67 เปอร์เซ็นต์ (1 ตัวอย่าง) เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. 2536. รายงานผลการปฏิบัติงาน ประจำปี 2536. กองควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์, กรุงเทพมหานคร. 108 น.

กรมปศุสัตว์. 2536. ผลการวิเคราะห์คุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์. กองควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์, กรุงเทพมหานคร. เอกสารโรเนียว.

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2538. ประกาศมาตรฐานวัตถุดิบ เรื่องกำหนดชื่อ ประเภท ชนิด หรือลักษณะวัตถุดิบอาหารสัตว์ คุณภาพหรือมาตรฐานอาหารสัตว์ (ฉบับที่ 8). กรุงเทพมหานคร. เอกสารโรเนียว

กรมปศุสัตว์. 2541. ผลการวิเคราะห์คุณภาพอาหารสัตว์. กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารสัตว์, กองอาหารสัตว์, กรุงเทพมหานคร. เอกสารโรเนียว

คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. 2539. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, บางเขน, กรุงเทพมหานคร. 338 น.

จารุรัตน์ เศรษฐภักดี. 2528. อาหารสัตว์เศรษฐกิจ. ภาควิชาสัตวศาสตร์, คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่, สงขลา. 264 น.

จีระพร สังขเวทัย. 2539. การศึกษาคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์บางประเภท. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร. 56 น.

พูลศรี ศุกระรุจิ. 2532. การวิเคราะห์อาหารสัตว์แบบประมาณ. เอกสารวิชาการเลขที่ 1301-18-32. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์, กรุงเทพมหานคร. 43.

เยาวมาลย์ ค้าเจริญ และคณะ. 2540. รายงานสรุปผลงานวิจัยประจำปี 2539-2540. วารสารธุรกิจอาหารสัตว์ 14 (56) : 39 - 48

ศรีสกุล วรจันทรา. 2537. เทคโนโลยีอาหารสัตว์. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร. 120 น.

ศรีสกุล วรจันทรา. 2538. คู่มือปฏิบัติการโภชนะศาสตร์สัตว์. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร. 72 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศรีสกุล วรจันทรา. 2540. ปฏิบัติการเทคโนโลยีอาหารสัตว์. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร. เอกสารโรเนียว. 79 น.

สมพงษ์ ลาภทวีสุขสกุล. 2538. การศึกษาคุณภาพและสิ่งปลอมปนของวัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิดด้วยกล้องจุลทรรศน์. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร. 72 น.

สุวิทย์ ธีรพันธุวัฒน์. 2532. การย่อยได้ของโปรตีน กรดอะมิโน และพลังงานในสัตว์ปีกของวัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิดที่ผลิตในเอเชีย. สุกรสาส์น. 16(62) : 5-14.

เศรษฐกิจเกษตร, สำนักงาน. 2542. เกษตร – พาณิชย์ร่วมแก้วิกฤตภาคเกษตร. วารสารธุรกิจอาหารสัตว์ 15(63) : 5 – 14.

อุทัย คันโธ. 2527. อาหารและการผลิตอาหารเลี้ยงสุกรและสัตว์ปีก. ภาควิชาสัตวบาล, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน, นครปฐม. 297 หน้า.

อุทัย คันโธ. 2529. อาหารและการผลิตอาหารเลี้ยงสุกรและสัตว์ปีก. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมการเลี้ยงสุกรแห่งชาติ. ภาควิชาสัตวบาล, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กำแพงแสน, นครปฐม. 297 น.

A.O.A.C. 1990. Officioal Method of Analysis. 15th ed., Ass. off Agri. Chem., Washington, D.C. 845 p.

Bath, d., Dunbar,j., King, j., Berry, S. and S. Olbrich. 1994. Byproducts and unusual feedstuffs. Feedstuffs. 20(66) : 32 - 39.

Muller, Z., K.C. Chou ans K.C. Nah. 1975. Cassava as a total substitute for cereals in livestock and poultry rations. Proceedings of the 1974. Tropical Products Institute Conference, 1 – 5 April, 85 – 95.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีโดยเรียงตามหมายเลขลำดับตัวอย่างข้าวโพด

ตัวอย่าง	%ความชื้น	%โปรตีน	%ไขมัน	% ฟอสฟอรัส	%เยื่อใย	%แคลเซียม	%เถ้า	%NFE
1	8.72	8.01	4.03	0.3181	1.70	0.2165	1.11	76.43
2	12.04	7.88	2.80	0.1665	2.30	0.0417	1.61	73.82
3	9.75	7.89	3.70	0.4100	1.87	0.0500	1.04	75.75
4	11.72	7.54	4.73	0.3752	1.91	0.0833	1.35	72.75
5	9.27	7.78	3.96	0.5214	1.05	0.1249	1.46	76.48
6	9.97	7.34	5.24	0.4633	2.21	0.0750	1.33	73.92
7	7.94	7.93	5.18	0.2393	1.80	0.0417	1.21	75.94
8	8.79	8.30	4.63	0.1218	0.75	0.0333	1.05	76.48
9	10.52	7.75	4.16	0.1809	1.91	0.0333	1.31	74.35
10	8.71	7.53	5.28	0.2606	1.59	0.0339	2.21	74.68
11	8.98	7.64	5.45	0.3067	0.94	0.0683	2.23	74.76
12	10.00	7.67	4.32	0.3294	2.27	0.0667	2.32	73.41
13	13.04	7.21	2.57	0.3181	0.86	0.0413	1.39	74.92
14	9.94	10.16	3.78	0.2619	1.23	0.0829	1.08	73.81
15	9.75	9.64	3.12	0.3386	1.43	0.0831	1.24	74.82
ค่าเฉลี่ย	9.94	8.02	4.20	0.3074	1.59	0.0717	1.43	74.82
ค่า SD	1.40	0.82	0.91	0.1089	0.52	0.0477	0.44	1.18
ค่า max	13.04	10.16	5.45	0.5214	2.30	0.2165	2.32	76.18
ค่า min	7.94	7.21	2.57	0.1218	0.75	0.0333	1.04	72.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของข้าวโพดโดยเรียงตามลำดับค่าสูงสุดของโปรตีน

ตัวอย่างที่	%ความชื้น	%โปรตีน	%ไขมัน	%ฟอสฟอรัส	%เยื่อใย	%แคลเซียม	%เถ้า	%NFE
13	13.04	7.21	2.57	0.3181	0.86	0.0413	1.39	74.92
6	9.97	7.34	5.24	0.4633	2.21	0.0750	1.33	73.92
10	8.71	7.53	5.28	0.2606	1.59	0.0339	2.21	74.68
4	11.72	7.54	4.73	0.3752	1.91	0.0833	1.35	72.75
11	8.98	7.64	5.45	0.3067	0.94	0.0683	2.23	74.76
12	10.00	7.67	4.32	0.3294	2.27	0.0667	2.32	73.41
9	10.52	7.75	4.16	0.1809	1.91	0.0333	1.31	74.35
5	9.27	7.78	3.96	0.5214	1.05	0.1249	1.46	76.48
2	12.04	7.88	2.80	0.1665	2.30	0.0417	1.16	73.82
3	9.75	7.89	3.70	0.4100	1.87	0.0500	1.04	75.75
7	7.94	7.93	5.18	0.2393	1.80	0.0417	1.21	75.94
1	8.72	8.01	4.03	0.3181	1.70	0.2165	1.11	76.43
8	8.79	8.30	4.63	0.1218	0.75	0.0333	1.05	76.48
15	9.75	9.64	3.12	0.3386	1.43	0.0831	1.24	74.82
14	9.94	10.16	3.78	0.2619	1.23	0.0829	1.08	73.81
ค่าเฉลี่ย	9.94	8.02	4.20	0.3074	1.59	0.0717	1.43	74.52
ค่า SD	1.40	0.82	0.91	0.1089	0.52	0.0477	0.44	1.18
ค่า max	13.04	10.16	5.45	0.5214	2.30	0.2165	2.32	76.48
ค่า min	7.94	7.21	2.57	0.1218	0.75	0.0333	1.04	72.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 ปริมาณสารอนินทรีย์เป็นเปอร์เซ็นต์ที่พบในข้าวโพด โดยวิธีการลอยตัวในสารละลาย

รหัสตัวอย่าง	% จม(สารอนินทรีย์)	%ลอย(สารอินทรีย์)
1	0.14	99.86
2	0.17	99.83
3	0.29	99.69
4	0.52	99.48
5	0.20	99.91
6	0.30	99.70
7	0.31	99.71
8	0.24	99.76
9	0.33	99.67
10	0.47	99.53
11	0.29	99.71
12	0.32	99.68
13	0.35	99.65
14	0.27	99.73
15	0.62	99.38
ค่าเฉลี่ย	0.32	99.68
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.13	0.13
ค่าสูงสุด	0.62	99.86
ค่าต่ำสุด	0.14	99.38

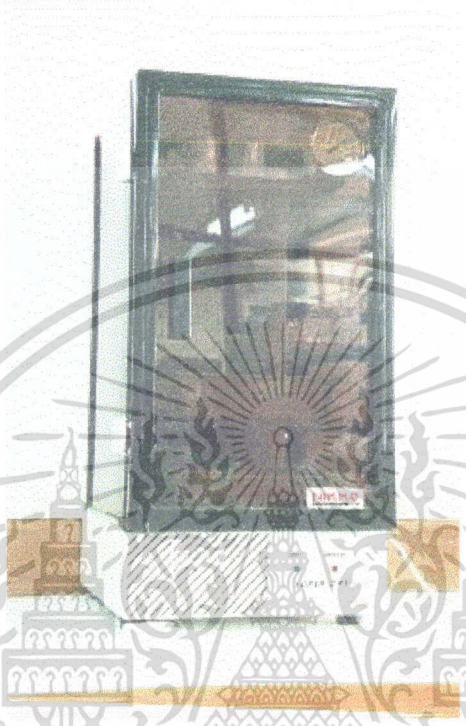
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 4 ลักษณะการปลอมปนที่พบในข้าวโพด

รหัสตัวอย่าง	ลักษณะการปลอมปน
1	มีซังและฝุ่นดินปกติ
2	มีซังและฝุ่นดินปกติ
3	มีซังและฝุ่นดินปกติ
4	มีซังปกติ แต่มีฝุ่นดินมากเล็กน้อย
5	มีซังและฝุ่นดินน้อย
6	มีซังและฝุ่นดินน้อย
7	มีซังและฝุ่นดินน้อย
8	มีซังและฝุ่นดินน้อย
9	มีซังและฝุ่นดินน้อย
10	มีซังปกติ แต่มีฝุ่นมากเล็กน้อย
11	มีซังและฝุ่นดินน้อย
12	มีซังปกติ แต่มีฝุ่นมากเล็กน้อย
13	มีซังปกติ แต่มีฝุ่นมากเล็กน้อย
14	มีซังและฝุ่นดินน้อย
15	มีซังปกติ แต่มีฝุ่นมากเล็กน้อย และมีซากมอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือห้องปฏิบัติการ

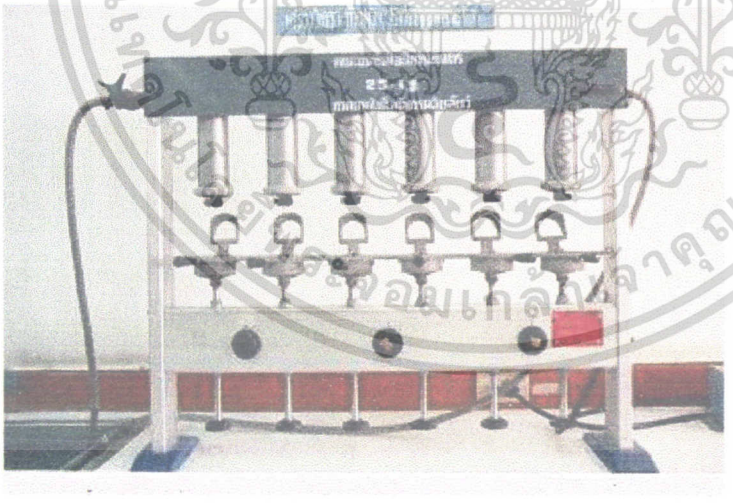


ภาพผนวกที่ 1 ตู้ดูดความชื้น (Desicator)

ภาพผนวกที่ 2 เครื่องบดตัวอย่างอาหาร(ultra centrifugal mill)

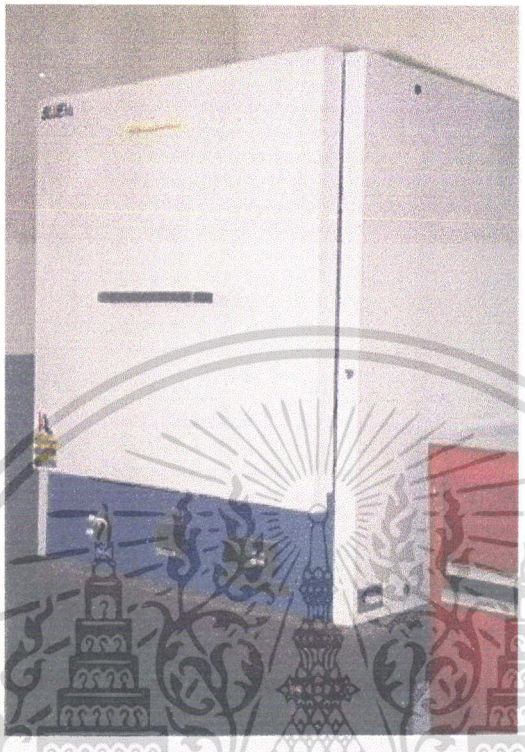
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพผนวกที่ 3 เครื่องชั่ง (Electronic Analytical Balance)

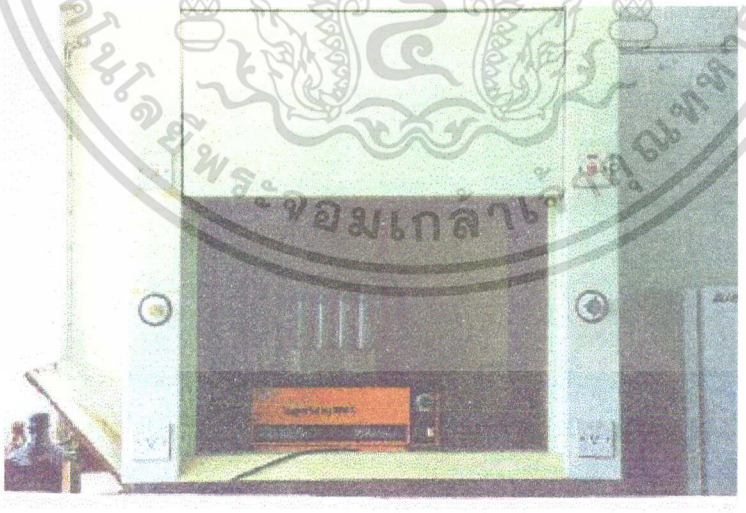


ภาพผนวกที่ 4 เครื่องวิเคราะห์หาไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

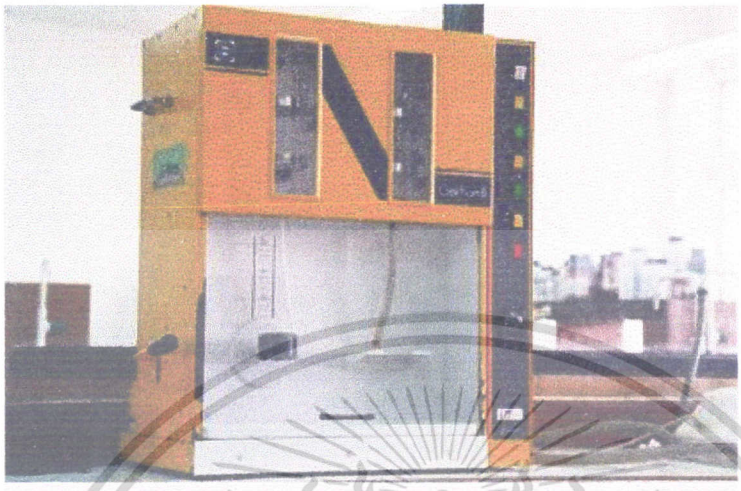


ภาพผนวกที่ 5 เตาเผา



ภาพผนวกที่ 6 เครื่องย่อย

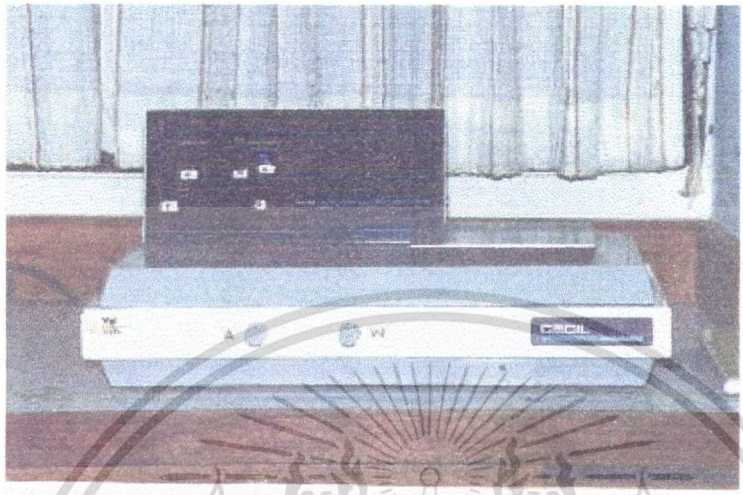
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 7 เครื่องกลั่น

ภาพผนวกที่ 8 เครื่องมือวิเคราะห์หาเยื่อใย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 9 เครื่อง Spectrophotometry

ภาพผนวกที่ 10 ตู้อบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้