ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี
ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์

เรื่อง

การศึกษาส่วนประกอบทางเคมีและสิ่งปลอมปนของปลายข้าว
Studies on Chemical Composition and
some Adulterant in Broken Rice

โดย

นาย ชัยวัฒน์ สุภัควรกุล

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย
อาจารย์ที่ปรึกษา .....
(รศ. ศรีสกุลวรจันทรา)

ภาควิชารับรองแล้ว
.....
(ผศ.ดร.รณชัย สิทธิไกรพงษ์)
หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์
วัน...30.....เดือน...พ.ค.... ปี...42...

15978
14 ก.ค. 2542
ฝพ.
ช 432 ก
2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15978

หนังหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาส่วนประกอบทางเคมีและสิ่งปลอมปนของปลายข้าว

Studies on Chemical Composition and some Adulterant in Broken Rice

T100638

โดย

นายชัยวัฒน์ สุภัควรกุล

ปพ.
ชA32ก
2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....100638
วัน,เดือน,ปี.....10 JUN 2009

เสนอ

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพ ฯ

พ.ศ. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาส่วนประกอบทางเคมีและสิ่งปลอมปนของปลายข้าว

Studies on Chemical Composition and some Adulterant in Broken Rice.

การศึกษาส่วนประกอบทางเคมีและสิ่งปลอมปนของปลายข้าว โดยการเก็บตัวอย่างปลายข้าวจากแหล่งต่าง ๆ 15 แหล่ง อาทิเช่น ร้านค้าปลีกย่อย โรงงานอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ เป็นต้น จัดเป็น 15 ตัวอย่างตามแหล่งที่มา เพื่อศึกษาถึงส่วนประกอบทางเคมีและสิ่งปลอมปนของปลายข้าว โดยการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางโภชนะของปลายข้าวโดยวิธี Proximate analysis เพื่อให้เกษตรกรสามารถนำไปใช้ประกอบสูตรอาหารได้ และหาค่าความผันแปรของคุณค่าทางโภชนะของปลายข้าวในประเทศไทย ผลการวิเคราะห์แสดงเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานดังนี้คือ

ปลายข้าว มีความชื้น 11.28 ± 0.74%, โปรตีน 7.66 ± 0.85%, ไขมัน 1.27 ± 0.98%, เยื่อใย 0.31 ± 0.41%, เถ้า 0.49 ± 0.21%, แคลเซียม 0.0621 ± 0.0311%, ฟอสฟอรัส 0.1518 ± 0.0738%, คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย 79.00 ± 1.68%

นอกจากนี้ยังได้ทำการตรวจสอบสิ่งปลอมปนของปลายข้าวด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ เพื่อตรวจหาสิ่งปลอมปนที่อาจมีมากับปลายข้าวได้ ผลปรากฏว่าไม่พบสิ่งปลอมปนแต่พบสิ่งปะปน ได้แก่ เมล็ดวัชพืชหรือแมลงจำพวกมอด เป็นจำนวน 26.7% ของตัวอย่างทั้งหมด ส่วนผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการลอยตัว สารอนินทรีย์พวกฝุ่นดินหรือทรายปะปนจำนวนน้อย มีค่าเฉลี่ย 0.54 ± 0.41 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ในการทำปัญหาพิเศษเรื่อง การศึกษาส่วนประกอบทางเคมีและสิ่งปลอมปนของปลายข้าว ครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ อาจารย์ศรีสกุล วรจันทรา อาจารย์ที่ปรึกษาทั้ง 2 ท่านคือ อาจารย์นหทัย วิจิตรโทัย อาจารย์จรรยา คงฤทธิ์ ที่ช่วยเหลือและให้คำแนะนำปรึกษาต่าง ๆ ข้าพเจ้าต้องขอขอบคุณครอบครัวสุภัควรกุลที่ให้กำลังใจตลอดมา และเพื่อนร่วมกลุ่มที่ช่วยกันวิเคราะห์ผลและหาข้อมูล นอกจากนี้ ข้าพเจ้าต้องขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้ห้องปฏิบัติการทางโภชนศาสตร์สัตว์ รวมทั้งอุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ เพื่อใช้ในงานศึกษาครั้งนี้จนเสร็จสมบูรณ์ไปได้ด้วยดี

ชัยวัฒน์ สุภัควรกุล

31 พฤษภาคม 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญ

	หน้า
สารบาญ	(1)
สารบาญตาราง	(2)
สารบาญภาพ	(3)
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	12
ผลการศึกษาและวิจารณ์	29
สรุป	37
เอกสารอ้างอิง	38
ภาคผนวก	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญตาราง

ตารางที่ หน้า

1. องค์ประกอบทางโภชนะของปลายข้าว 8
2. ปริมาณกรดอะมิโนในปลายข้าว 8
3. ปริมาณไวตามินในปลายข้าว 9
4. ผลการวิเคราะห์คุณภาพปลายข้าว 30
5. ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของปลายข้าวตามลำดับค่าสูงสุดของโปรตีนและเปอร์เซ็นต์สารอนินทรีย์ 31

ตารางภาคผนวกที่

1. ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีโดยเรียงตามลำดับตัวอย่างปลายข้าว 40
2. ผลวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของปลายข้าวโดยเรียงตามลำดับค่าสูงสุดของโปรตีน 41
3. ปริมาณสารอนินทรีย์เป็นเปอร์เซ็นต์ที่พบในปลายข้าวโดยวิธีการลอยตัวในสารละลาย 42
4. ลักษณะการปลอมปนที่พบในปลายข้าว 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1. แผนผังผลผลิตต่าง ๆ ที่ได้จากการสีข้าว 4
2. ตัวอย่างข้าวและปลายข้าวบางชนิด 6
3. Standard Curve1 23
4. Standard Curve2 23
5. ปลายข้าวที่มีส่วนของข้าวดีปะปนมา 32
6. ลักษณะของปลายข้าวที่ถูกแมลงทำลาย 33
7. ส่วนของปลายข้าวที่มีเมล็ดธัญพืชปะปน 33
8. ส่วนของปลายข้าวที่มีมอดอาศัยอยู่ 34
9. ลักษณะปลายข้าว C3 34
10. ลักษณะของปลายข้าวเจ้า 35
11. ส่วนของปลายข้าวเจ้าชนิด C3 ที่มีปลายข้าวเหนียวปะปน 35

ภาพผนวกที่

1. ตู้ดูดความชื้น (Desicator) 44
2. เครื่องบดตัวอย่างอาหาร(Ultra centrifugal mill) 44
3. เครื่องชั่ง(Electronic Analytical Balance) 45
4. เครื่องวิเคราะห์หาไขมัน 45
5. เตาเผา 46
6. เครื่องย่อย 46
7. เครื่องกลั่น 47
8. เครื่องมือวิเคราะห์หาเยื่อใย 47
9. เครื่องSpectrophotometry 48
10. ตู้อบ 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาส่วนประกอบทางเคมีและสิ่งปลอมปนของปลายข้าว

Studies on Chemical Composition and some Adulterant in Broken Rice.

คำนำ

ปลายข้าวเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในการเลี้ยงสัตว์มาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากว่าปลายข้าวสามารถใช้ทดแทนข้าวโพดซึ่งบางครั้งอาจจะมีราคาสูงเกินไปทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงตามไปด้วย และปลายข้าวยังสามารถใช้เลี้ยงสุกรขุนระยะสุดท้ายก่อนส่งตลาด ประมาณ 10 วัน โดยใช้ปลายข้าวทั้งหมดไม่ให้อาหารอย่างอื่นซึ่งจะช่วยลดต้นทุนในการเลี้ยงได้มาก และประเทศไทยยังเป็นแหล่งผลิตที่สำคัญทางด้านผลผลิตของข้าวดังนั้นปลายข้าวจึงมีราคาที่ไม่สูงมากนักพอที่เกษตรกรจะสามารถนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ได้ แต่ปลายข้าวที่ผลิตได้นั้นมีอยู่ด้วยกันหลาย ๆ แหล่ง และจากทุกภาคของประเทศซึ่งคุณค่าทางโภชนะของปลายข้าวแต่ละแหล่งก็มีค่าที่ไม่เท่ากัน ดังนั้นในการประกอบสูตรอาหารสัตว์จะต้องใช้ผลวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารในการคำนวณ เพื่อให้ได้อาหารที่มีคุณค่าทางโภชนะเพียงพอ และตรงกับความต้องการของสัตว์แต่ละชนิด จึงจะต้องมีการศึกษาถึงคุณภาพของปลายข้าวที่มาจากแหล่งต่าง ๆ ซึ่งในงานทดลองครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาถึงส่วนประกอบทางเคมี และสิ่งปลอมปน เพื่อตรวจสอบคุณภาพของปลายข้าวจากแหล่งต่าง ๆ และทำการหาค่าทางโภชนะให้แก่เกษตรกรด้วย ทำให้สามารถนำไปคำนวณสูตรอาหารได้อย่างแม่นยำเที่ยงตรง และนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลเดิมว่ามีค่าเปลี่ยนแปลงมากน้อยเพียงใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิเคราะห์หาคุณค่าทางอาหารของปลายข้าวจากแหล่งต่าง ๆ ในประเทศไทย โดยการวิเคราะห์หาโปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้า แคลเซียม ฟอสฟอรัส และNFE
2. เพื่อศึกษา และตรวจสอบสิ่งปลอมปนของปลายข้าว
3. เพื่อศึกษาลักษณะต่าง ๆ และคุณสมบัติของปลายข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

ปลายข้าวเป็นผลิตผลพลอยได้จากข้าว ในระหว่างการขัดเมล็ดข้าวนั้นจะมีส่วนที่หักหรือหลุดออกมาซึ่งอาจเป็นจมูกข้าว (germ) และบางส่วนของเมล็ดข้าวที่เป็นแป้งที่แตกออกมาเป็นชิ้นเล็ก ๆ มักมีส่วนของจมูกข้าวมากโดยทั่วไปปลายข้าวจะแบ่งออกเป็น 2 ระดับคือ A1 หมายถึงข้าวหักหรือปลายข้าว(broken rice) เป็นข้าวหักซึ่งคนบริโภคได้และใช้ทำอาหารอื่น ๆ เช่น ข้าวต้ม, ก๋วยเตี๋ยว เป็นปลายข้าวขนาดใหญ่มักมีราคาค่อนข้างแพง อีกระดับคือ C3 (rice milling) ซึ่งหมายถึง ปลายข้าวขนาดเล็กที่เรียกปลายหยิบ ราคาจะถูกมักใช้เป็นอาหารสัตว์ จะประกอบด้วยจมูกข้าวเป็นส่วนใหญ่ จะมีโปรตีนสูงกว่า A1 มีแกลบปะปนอยู่บ้าง

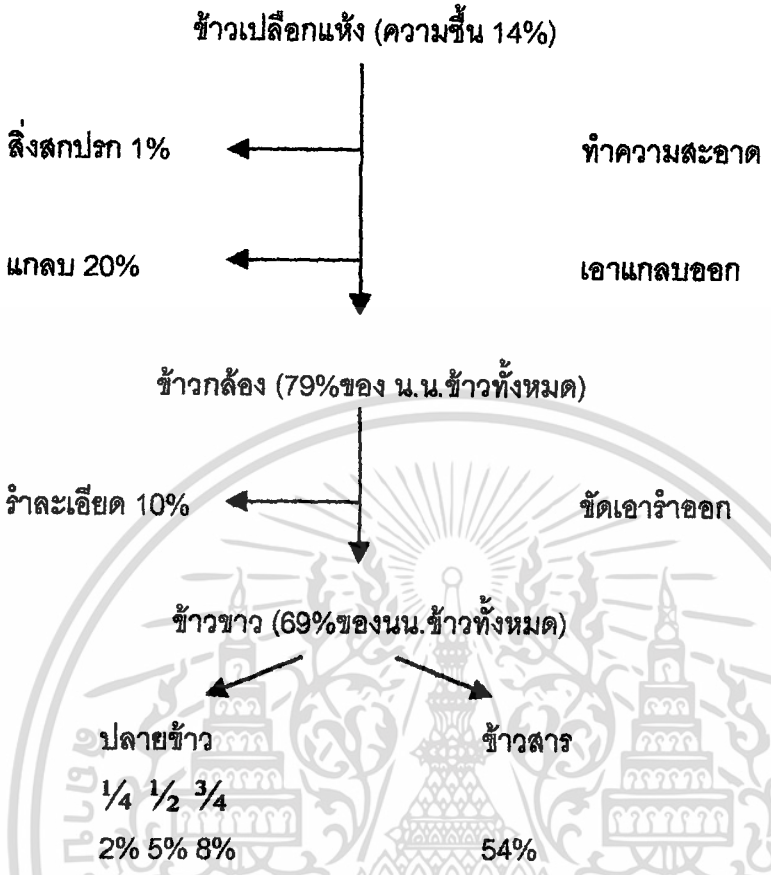
ปลายข้าวเป็นวัตถุดิบหลักในการผสมอาหารสัตว์โดยเฉพาะในสุกรและสัตว์ปีก ซึ่งปลายข้าวจัดเป็นธัญพืชที่อยู่ในวงศ์กรามินี (Gramineae) เช่นเดียวกับพืชตระกูลหญ้าแต่มักปลูกเพื่อเอาเมล็ดมาเป็นอาหารสำหรับคนและสัตว์ เพราะเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญ เนื่องจากในเนื้อเมล็ดมีแป้งเป็นส่วนประกอบหลักประมาณ 2 ใน 3 ของน้ำหนักเมล็ดแห้ง และเป็นแป้งที่สัตว์สามารถย่อยได้สูงถึงประมาณร้อยละ 95 (จารุรัตน์, 2528) แต่มีโปรตีนค่อนข้างต่ำราวร้อยละ 8-12 เท่านั้น อีกทั้งยังเป็นโปรตีนคุณภาพต่ำ มีปริมาณกรดอะมิโนไลซีน เมทไธโอนีน ทริปโตเฟน และทรีโอนีน ซึ่งเป็นกรดอะมิโนชนิดจำเป็นต้องมีในอาหารไม่เพียงพอแก่ความต้องการของสุกรและสัตว์ปีก (อุทัย, 2529) ส่วนไขมันจะมีตั้งแต่ต่ำกว่าร้อยละ 1 จนมากกว่าร้อยละ 6 ส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นไขมันไม่อิ่มตัวพวกไลโนเลอิก และโอเลอิกซึ่งเป็นประโยชน์ต่อสัตว์เพราะกรดไลโนเลอิกเป็นกรดไขมันที่จำเป็น แต่ถ้าสัตว์กินมากเกินความจำเป็นจะทำให้สัตว์มีไขมันเหลว

ผลผลิตต่าง ๆที่ได้จากการสีข้าว

อุทัย (2529) รายงานว่า ผลผลิตต่าง ๆที่ได้จากการสีข้าวเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญที่ใช้ในการเลี้ยงสัตว์ต่าง ๆ ของประเทศไทย โดยเฉพาะสัตว์กระเพาะเดี่ยว คุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ได้จากข้าวจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับว่ามาจากส่วนใดของเมล็ดข้าว ซึ่งผลผลิตต่าง ๆ ที่ได้จากการสีข้าวได้แสดงไว้ดังภาพที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ภาพที่ 1</u> แสดงผลผลิตต่าง ๆ ที่ได้จากการสีข้าว



ที่มา : อุทัย (2529)

ข้าวเปลือกแห้ง (Ground paddy rice)

ในบางฤดูหรือบางขณะ เช่นในระยะหลังการเก็บเกี่ยวใหม่ ๆ ข้าวเปลือกมักจะมีราคาถูก เราสามารถนำข้าวเปลือกมาบดให้ละเอียดแล้วใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ แต่ข้าวเปลือกบดมีแกลบซึ่งไม่มีคุณค่าทางอาหารต่อสุกรและสัตว์ปีกเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วยถึง 20 % ข้าวเปลือกบด 1 กก. จึงมีคุณค่าทางอาหารต่ำกว่าปลายข้าวหรือข้าวโพดอยู่ถึง 20-25 % นอกจากนี้ยังต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการบดอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวกล้อง (Brown rice)

ข้าวเปลือกหากนำมาสีกะเทาะเอาแกลบออก (ซึ่งมีน้ำหนักประมาณ 20% ของน้ำหนักข้าวเปลือก) จะได้ข้าวกล้อง เมื่อบดให้ละเอียดแล้วใช้ผสมสูตรในอาหารสัตว์ทดแทนปลายข้าวในอัตรา 1:1 ได้เลย ข้าวกล้องบดมีคุณค่าทางอาหารใกล้เคียงกับปลายข้าวและข้าวโพด แต่ดีกว่าข้าวเปลือกบดมากเพราะมีเยื่อใยต่ำ (ไม่มีแกลบปน) สามารถผสมในสูตรอาหารลูกสุกรหรือลูกไก่เล็กได้เป็นอย่างดีและไม่มีข้อจำกัดในการใช้ด้วย

รำละเอียด (Rice bran)

เป็นวัตถุดิบอาหารที่เป็นผลพลอยได้จากการสีข้าว เช่นเดียวกับปลายข้าว แต่รำละเอียดมีไขมันเป็นส่วนประกอบในระดับค่อนข้างสูงมาก (ประมาณ 12 - 13%) และเป็นไขมันที่หืนได้ง่ายในสภาพอากาศร้อน และความชื้นในอากาศสูง รำข้าวใหม่มักมีความชื้นสูงและมีเชื้อราขึ้น นอกจากนี้ยังเกิดการหืนได้ง่าย รำข้าวเก่า (ได้จากข้าวเปลือกที่เก็บไว้ข้ามฤดู) จะมีความชื้นค่อนข้างต่ำสามารถเก็บไว้ได้นานกว่า และเหมาะสมที่จะใช้เป็นอาหารสัตว์ รำข้าวนาปรัง นอกจากที่มีความชื้นสูงแล้วมักจะมียาฆ่าแมลงปะปนมาในระดับสูงด้วย ซึ่งสามารถทำอันตรายต่อสัตว์เลี้ยงได้ รำสกัดน้ำมัน ได้จากการนำเอารำละเอียดไปสกัดเอาไขมันออก โดยวิธีการทางเคมี กากรำหรือรำสกัดน้ำมันจึงมีไขมันน้อยมากและสามารถเก็บไว้ได้นาน อีกทั้งไม่มีปัญหาเรื่องยาฆ่าแมลงอีกด้วย รำสกัดนำมันสามารถใช้ทดแทนรำละเอียดได้เป็นอย่างดี แต่ต้องระวังเรื่องระดับพลังงานของอาหารผสมให้มาก เพราะรำสกัดน้ำมันมีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ต่ำกว่ารำละเอียด

ข้าวขาว (White rice)

อัมมารและวิโรจน์ (2533) รายงานว่า เมื่อนำข้าวเปลือกมากระเทาะเอาเปลือกออกและผ่านการขัดสีแล้วจะได้ผลผลิตออกมาคือข้าวขาว ซึ่งขาวจะแบ่งออกเป็นข้าวเจ้ากับข้าวเหนียว ข้าวเจ้าก่อนหุงจะมีเมล็ดใส เมื่อหุงสุกแล้วเมล็ดจะขุ่น ส่วนข้าวเหนียวก่อนหุงเมล็ดจะมีลักษณะค่อนข้างทึบ แต่เมื่อหุงสุกแล้วเมล็ดจะใสกว่าข้าวเจ้า ความแตกต่างของข้าวเจ้ากับข้าวเหนียว เกิดจากมีส่วนประกอบของแป้งต่างกัน ข้าวเจ้าจะมีสัดส่วนของอมิโลส (amylose) ในแป้ง 14-35 % ที่เหลือเป็นอมิโลเพคติน (amylopectin) ส่วนข้าวเหนียวนั้นแป้งมักจะเป็นอมิโลเพคตินทั้งหมดหรือเกือบทั้งหมด และในการจำแนกข้าวตามลักษณะทางกายภาพอาจพิจารณาจากความยาวของเมล็ด ซึ่งแบ่งออกเป็น ข้าวเมล็ดสั้น (ความยาวเมล็ดไม่เกิน 5.50 มม.), ข้าวเมล็ดยาวปานกลาง (ความยาวเมล็ด 5.51-6.60 มม.), ข้าวเมล็ดยาว (ความยาวเมล็ด 6.61-7.50 มม.), และข้าว

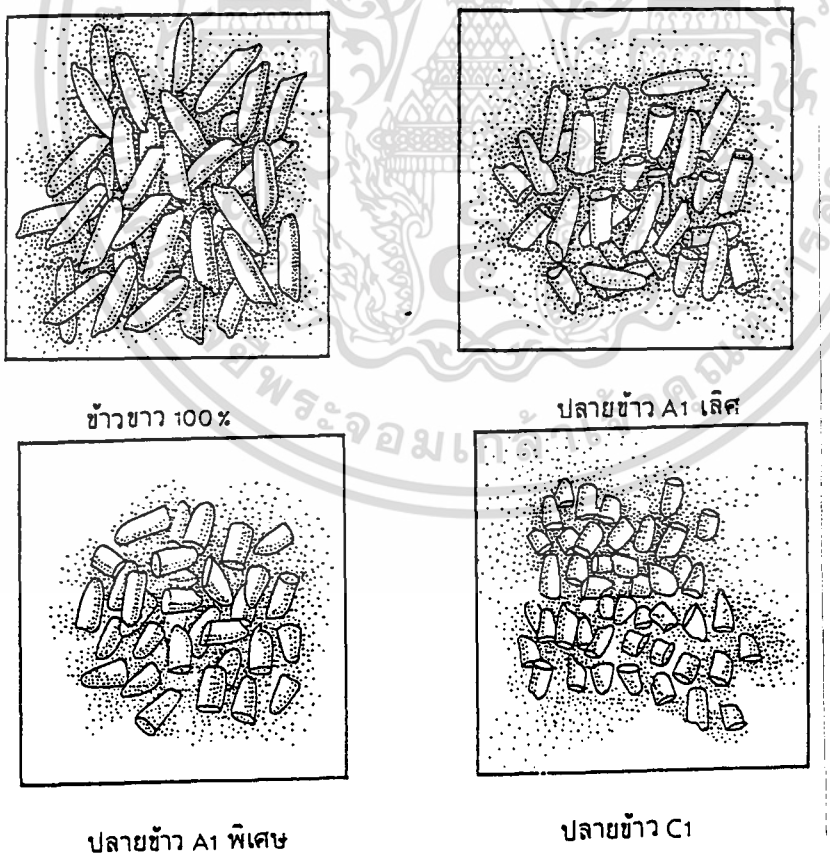
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดยาวมาก (ความยาวมากกว่า 7.50 มม.) หรืออาจจะจำแนกข้าวตามความขาวของเมล็ดข้าว (โดยใช้ระดับ 0 –100 ถ้า 100 แสดงว่าเป็นเมล็ดข้าวที่มีความขาวมากที่สุด)

ปลายข้าว (Broken rice)

ปลายข้าวเป็นผลพลอยได้จากการสีข้าวประกอบด้วยคัพภะ และเศษเมล็ดข้าวที่แตกหัก(จารุรัตน์, 2528) ซึ่งกระทรวงพาณิชย์ได้กำหนดมาตรฐานของปลายข้าวชนิดต่าง ๆ ออกเป็นชนิดA1เลิศ, ชนิดA1พิเศษ, ชนิดธรรมดา, ชนิดB1, ชนิดC1, และชนิดC3 ในที่นี้ได้แสดงลักษณะของข้าวและปลายข้าวบางชนิดไว้ในภาพที่ 2 สำหรับปลายข้าวชนิด A1 เป็นปลายข้าวเมล็ดใหญ่ นิยมนำมาทำข้าวต้มหรือเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ใช้บริโภคในคน นอกนั้นจะเป็นปลายข้าวที่มีเมล็ดขนาดเล็ก ซึ่งนิยมนำมาใช้ในการเลี้ยงสัตว์เพราะประกอบด้วยคัพภะเป็นส่วนใหญ่ทำให้มีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าชนิด A1 นอกจากนั้นยังมีราคาถูกและสะดวกในการนำมาใช้เลี้ยงมากกว่า เพราะไม่จำเป็นต้องบดก่อน

ภาพที่ 2 ตัวอย่างข้าวและปลายข้าวบางชนิด



ที่มา : อัมมารและวิโรจน์, (2533)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์ของปลายข้าว

ปลายข้าว เป็นวัตถุดิบส่วนผสมในอาหารสัตว์ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสัตว์เลี้ยง สามารถใช้แทนข้าวโพดได้ 100 เปอร์เซ็นต์ เพราะมีโปรตีนที่ใกล้เคียงกัน และปลายข้าวให้พลังงานน้อยกว่าข้าวโพดเล็กน้อย แต่ปลายข้าวมีกรดอะมิโนไลซีนมากกว่าข้าวโพด และปลายข้าวไม่ค่อยมีปัญหาเรื่องพิษของเชื้อราเหมือนข้าวโพด นอกจากนี้ปลายข้าวมีแคโรทีนและไวตามินบีรวมต่ำ และขาดสารที่ให้สีในไก่ไข่และผิวหนังของไก่กระทง ดังนั้นการใช้ปลายขาวเป็นอาหารสัตว์จึงต้องพิจารณาเสริมไวตามินเอและบีรวมให้เพียงพอกับความต้องการของสัตว์ สำหรับสัตว์ปีกในอาหารควรเสริมใบกระถินหรือสารให้สี เพื่อทำให้สีของไข่แดงและผิวของไก่กระทงไม่ซีดจาง (จารุรัตน์, 2528)

คุณค่าทางโภชนะของปลายข้าว

ศรีสกุล (2537) รายงานว่า

1. ปลายข้าวเป็นแหล่งพลังงานที่ดีอย่างหนึ่ง ซึ่งให้พลังงานพอ ๆ กับข้าวโพด คือ 3400 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัมในสัตว์ปีก
2. ปลายข้าวมีโปรตีนใกล้เคียงกับข้าวโพด (8.5%) แต่มีกรดอะมิโนค่อนข้างสมดุลย์กว่าข้าวโพด และมีไลซีนสูงกว่าเล็กน้อย
3. ปลายข้าวมีไวตามิน โคลีน (choline) สูงกว่าข้าวโพด
4. ปลายข้าวมีเยื่อใยค่อนข้างต่ำประมาณ 2%
5. ปลายข้าวมีไขมันประมาณ 1.2%

คุณค่าทางโภชนะของปลายข้าว แสดงไว้ในตารางที่ 1, 2 และ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบทางโภชนะของปลายข้าว

ที่มา	องค์ประกอบทางเคมี									
	ความชื้น (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	เยื่อใย (%)	เถ้า (%)	NFE (%)	Ca (%)	P (%)	DM (%)	GE (Mcal/kg)
1/	12.08	8.86	2.44	0.33	6.37	75.32	17.18*	194.48*	-	-
2/	-	7.50	1.10	7.00	5.00	79.40	0.32	0.34	98.60	-
3/	11.00	8.50	1.20	2.00	-	-	0.04	0.16	-	-
4/	-	7.36	1.19	0.48	0.86	70.11	0.07	0.20	88.41	4.19
5/	-	6.56	2.59	10.16	6.47	74.22	-	-	88.71	4.10

หมายเหตุ : 5/ ข้าวเปลือกบด

* มก./100

ที่มา : 1/ เอกสารโครงการฝึกอบรมเกษตรกรดูร้อน (2526)

2/ จรัญ (2526) ในสภาพ Dry matter

3/ ศรีสกุล (2537)

4/,5/ กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ (2541) ในสภาพ Dry matter

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณกรดอะมิโนในปลายข้าว

กรดอะมิโน	เปอร์เซ็นต์
เมทไธโอนิน	0.14
ซีสติน	0.08
ไลซีน	0.24
ทริพโตแฟน	0.12
ทรีโอนิน	0.27
ไอโซลูซีน	0.33
ฮิสติดีน	0.16
แวลีน	0.46
ลูซีน	0.50
อาจินีน	0.59
ฟีนนิลอะลานีน	0.34
ไกลซีน	0.59

ที่มา : ศรีสกุล (2537)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณไวตามินในปลายข้าว

ไวตามิน	ปลายข้าว
เอ (IU/กรัม)	-
อี (มก./กก.)	13.5
ไธอามีน (มก./กก.)	2.8
ไรโบเฟลวิน (มก./กก.)	1.1
กรดแพนโตธินิค (มก./กก.)	11.0
ไบโอติน (มค.ก./กก.)	80
โพลิค (มค.ก./กก.)	400
โคลีน (มค.ก./กก.)	1014
บี12 (มค.ก./กก.)	-
ไนอาซีน (มก./กก.)	30.3

ที่มา : ศรีสกุล (2537)

กรรมวิธีในการผลิตปลายข้าว

จารุรัตน์ (2528) รายงานว่า ปลายข้าถ้าแบ่งตามกรรมวิธีในการทำ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ ปลายข้าวสาร และปลายข้าวนึ่งโดยที่ปลายข้าวสารมีทั้งปลายข้าวจ้าว และปลายข้าวเหนียว ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกัน แต่ถ้าให้ลูกไก่เล็กกินปลายข้าวเหนียวมาก ๆ จะทำให้มีมูลติดกัน แม้ว่าจะมีการเจริญเติบโตปกติก็ตาม ส่วนปลายข้าวนึ่งนั้นคุณค่าทางโภชนาการจะดีหรือไม่นั้นขึ้นกับการทำซึ่งมีอยู่ 2 วิธี คือ วิธีแรกนำข้าวเปลือกมาแช่น้ำจนมีความชื้นประมาณ 35% ซึ่งใช้เวลาประมาณ 1-3 วัน แล้วนำไปต้มในน้ำเดือด 30-35 นาที หรือต้มภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วประมาณ 10-20 นาที จากนั้นนำมาทำให้แห้งจนมีความชื้นประมาณ 13-14% แล้วนำไปสีเช่นเดียวกับการสีข้าวเปลือก วิธีที่ 2 คล้ายกับวิธีแรก เพียงแต่แช่ข้าวเปลือกในน้ำอุ่นซึ่งใช้เวลาเพียง 3-4 ชั่วโมงเท่านั้น โดยวิธีนี้ข้าวนึ่งที่ได้จะไม่มีกลิ่นเหม็นเปรี้ยวเหมือนกับการทำโดยวิธีแรก และสามารถนำมาผสมอาหารได้ในปริมาณเท่ากับการใช้ปลายข้าวธรรมดา แต่ข้าวนึ่งที่ทำโดยการแช่น้ำค้างคืนไม่ควรใช้เกินกว่า 30% ของสูตรอาหาร ไม่เช่นนั้นจะทำให้สัตว์ท้องเสีย และไม่อยากกินอาหารโดยเฉพาะอย่างยิ่งสุกร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบสิ่งปลอมปนของปลายข้าวด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ

ปลายข้าวเป็นผลิตภัณฑ์ของข้าวที่ได้มาจากการสีข้าวเปลือก และสามารถนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ได้มากมาย และนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะในสุกรและสัตว์ปีก ซึ่งในบางครั้งปลายข้าวอาจจะมีราคาสูงกว่าปกติโดยเฉพาะในฤดูการทำนา (อุทัย, 2529) ทำให้บางครั้งอาจจะมีสิ่งปลอมปนในปลายข้าว เช่น แกลบ, แมลงจำพวกมอด, หินและกรวดเล็ก ๆ ดังนั้นในการตรวจสอบสิ่งปลอมปนของปลายข้าวสามารถกระทำได้อย่างง่าย ๆ เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของปลายข้าวสามารถสังเกตเห็นได้ง่าย

ลักษณะและส่วนประกอบของข้าวเปลือก

ในการที่จะสังเกตสิ่งปลอมปนในปลายข้าวควรที่จะรู้ลักษณะทางกายภาพของปลายข้าวและส่วนประกอบต่าง ๆ ให้ชัดเจน เนื่องจากบางครั้งสิ่งปลอมปนของปลายข้าวอาจเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเอง ศรีสกุล (2540) รายงานว่า ผลของข้าวเปลือก 1 ผลก็คือ 1 เมล็ด มีส่วนประกอบเป็นชนิด caryopsis คือ เมล็ดติดแน่นอยู่กับเพอริคาร์พ และมีส่วนประกอบดังนี้

1. **เปลือก (hull)**

เป็นส่วนที่หุ้มผลข้าวเปลือกอยู่อย่างหลวม ๆ ประกอบด้วยเล็มมาและพาเลีย เมื่อสีออกจากเมล็ดข้าวแล้วเรียกว่าแกลบ

2. **เพอริคาร์พ**

เป็นส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ด ซึ่งจะติดแน่นกับชั้นเทสต้า และอลูโรนเลเยอร์จนแยกออกจากกันไม่ได้

3. **เทสต้า**

เป็นชั้นที่ถัดมาจากชั้นของเพอริคาร์พ และห่อหุ้มชั้นของอลูโรนเลเยอร์อยู่ ข้าวบางพันธุ์อาจมีเทสต้าเป็นสีแดง หรือสีชมพู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. **อลูโรนเลเยอร์**

เป็นชั้นบาง ๆห่อหุ้มเอนโดสเปอร์มอยู่

5. **เมล็ดข้าว (endosperm)**

เป็นที่สะสมแป้ง ซึ่งมีสีขาวและแข็งเป็นมัน มีลักษณะโปร่งแสงไปจนทึบแสง

6. **คัพภะ**

เป็นส่วนต้นอ่อนของผลข้าว มีลักษณะเป็นสีขาวขุ่น หรือสีครีม บางครั้งเรียกว่าจมูกข้าว ซึ่งจะอยู่บริเวณส่วนหัวของเมล็ดข้าวสาร

ลักษณะและส่วนประกอบของปลายข้าวเมื่อดูด้วยตาเปล่าและมองภายใต้กล้องจุลทรรศน์

สิ่งปลอมปนที่อาจจะปนมากับปลายข้าวนั้น โดยทั่ว ๆ ไปสามารถตรวจดูได้อย่างง่าย ๆ ด้วยตาเปล่าถ้าทราบลักษณะต่าง ๆ ของปลายข้าว โดยศรีสกุล (2540) รายงานว่า ปลายข้าวเป็นส่วนเล็ก ๆ ของเมล็ดข้าวที่แยกออกจากข้าวดี เป็นแป้งขาว เป็นมัน ที่ผิวนอกจะโปร่งแสงไปจนถึงทึบแสงในเนื้อข้าวที่อยู่ลึกลงไป เป็นแท่งรูปทรงกระบอกยาว มีเส้นขนานจากหัวไปท้าย เนื้อแข็งไม่แตกหักง่าย ปลายข้าวเจ้ามีสีค่อนข้างใส ส่วนปลายข้าวเหนียวมีสีขาวขุ่นหรือขาวทึบแสง ส่วนปลายข้าวนึ่งมีสีเหลือง และใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ความชื้น (Hot air oven)
2. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์เถ้า(Muffle Fernace)
3. อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์ไขมันแบบLab congco goldfish
4. อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์โปรตีนโดยใช้เครื่องGerhardt
5. อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์เยื่อใย
6. อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์ฟอสฟอรัสโดยใช้เครื่องSpectrophotometry
7. เครื่องบดอาหารแบบใช้แรงเหวี่ยงจากศูนย์กลาง(Ultra centrifugal mill)
8. เครื่องชั่งวิเคราะห์(Electronic Analytical Balance) แบบ Toploaders
9. โหลดูดความชื้น (Desicater)
10. สารเคมีต่าง ๆ เช่น Diethyl ether, Sulfuric acid, Sodium hydroxide, Alcohol, Catalyst mixture, acid เป็นต้น
11. กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ 10-40 เท่า (Sterio Microscope)
12. อุปกรณ์ทำความสะอาดกล้อง เช่น กระดาษเช็ดเลนส์ (Lens paper) และแปรงทำความสะอาด (Syring brush)
13. ตะแกรงร่อนขนาดเส้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 นิ้ว พร้อมฐานรองรับอาหารที่ร่อนแล้ว ขนาดตะแกรง 10, 20, 30 และ 40 mesh
14. ตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์ คือ ปลายข้าว
15. ขวดเก็บตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์
16. เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิค แบบวิเคราะห์(Analytical)
17. กล้องถ่ายภาพจากกำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์
18. ครกหินพร้อมสากบดตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์
19. อุปกรณ์ขนาดเล็ก เช่น ขวดใส่สารเคมี กระจกปิดแผ่นสไลด์ (Cover glasses) ช้อนตักสาร (Spatula) จานแก้ว (Petridishes) กระจกนาฬิกา (Watch glasses) กระดาษกรอง (Filter paper) คีมปลายแหลม (Forceps) บีกเกอร์ (Beaker) หลอดใส่สาร (Test tube)
20. สารเคมีต่าง ๆ เช่น กรดไฮโดรคลอริค (Hydrochloric acid) คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (Carbontetrachloride) น้ำกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

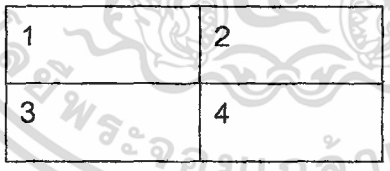
วิธีการ

1. การเก็บตัวอย่างอาหารสัตว์

ทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 15 ตัวอย่าง จากแหล่งต่าง ๆ ทั่วประเทศ เช่นจากโรงงานอุตสาหกรรม ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ร้านค้า

1.1 วิธีการลดขนาดตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์

เมื่อเก็บตัวอย่างจากจุดต่าง ๆ ทั้งหมดมารวมกันแล้ว ต้องมีการลดตัวอย่างลงเพื่อสำหรับเก็บไว้ตรวจสอบหรือวิเคราะห์ เริ่มจากผสมคลุกเคล้าตัวอย่างให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยใช้เครื่องมือผสมหรือใช้ช้อนเกลี่ยวัตถุดิบในถาดกระดาษหรือแผ่นพลาสติกให้กระจายทั่วภาชนะและใช้ไม้บรรทัดปาดผิวหน้าให้เสมอกันจากนั้นใช้ช้อนหมุนทวนเข็มนาฬิกา แล้วสุ่มตัวอย่างอีกครั้งโดยแบ่งให้เรียบเสมอกัน แบ่งตัวอย่างออกเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กัน แล้วเลือกเก็บสองส่วนที่อยู่ตรงข้าม เช่น ส่วนที่ 1 กับ ส่วนที่ 4 หรือส่วนที่2 กับส่วนที่ 3 ดังภาพ ทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จน ได้ตัวอย่างตามปริมาณที่ต้องการสำหรับการตรวจสอบโดยทั่วไปควรเก็บไว้ประมาณ200 ถึง 500 กรัมเป็นอย่างน้อย



1.2 ภาชนะสำหรับเก็บตัวอย่าง

ภาชนะที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์ใช้ขวดพลาสติกหรือขวดที่สะอาดและฝาปิดก็ควรเป็นพลาสติกไม่ควรใช้ฝาโลหะเพราะมักเป็นสนิมได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 การปิดฉลากภาชนะที่ใส่ตัวอย่าง

ฉลากที่ใช้ปิดควรใช้กระดาษหนาตัดเป็นแผ่นแล้วปิดไว้ด้านนอกของถุงหรือขวดตัวอย่างแต่ละขวดแล้วเขียนเลขที่ วันเดือนปี และรายละเอียดอื่นๆ ที่ต้องการ ในกรณีที่เป็นการตรวจสอบที่ต้องใช้ผลทางกฎหมาย หรือการตกลงราคา ควรมีการลงชื่อผู้เก็บตัวอย่างและพยานด้วย และต้องมีตัวอย่างเก็บไว้ 2 ส่วน ส่วนหนึ่งส่งวิเคราะห์หรือตรวจสอบ อีกส่วนหนึ่งเก็บไว้เป็นหลักฐาน หรือในกรณีที่ตัวอย่างสูญหายจะได้มีไว้ทดแทน นอกจากนี้ในการเก็บตัวอย่างควรมีการบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ วันเดือน ปีที่เก็บ ลำดับที่หรือรหัสตัวอย่าง ชื่อวัตถุดิบ ชื่อผู้ขาย และสิ่งที่ต้องการตรวจสอบเป็นต้น

1.4 การเก็บรักษาตัวอย่าง

การเก็บรักษาตัวอย่างสำหรับการตรวจสอบมีความสำคัญมาก หากเก็บไม่ถูกต้องจะทำให้ตัวอย่างเปลี่ยนสภาพไปจากเดิม อาจทำให้ผลการตรวจสอบคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงซึ่งจะมีผลไปถึงการตกลงราคาและการเก็บในห้องปรับอากาศหรือเก็บรักษาตัวอย่างที่ถูกต้องคือเก็บไว้ให้แห้งและเย็น ดังนั้นการเก็บในห้องปรับอากาศหรือเก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส จึงทำให้สามารถเก็บตัวอย่างไว้ได้นานกว่าในอุณหภูมิห้องปกติ แต่ในกรณีที่ตัวอย่างเป็นวัตถุที่มีความชื้นสูง พืชหมักพืชสด หรือตัวอย่างที่เป็นของเหลว ต้องเก็บรักษาไว้ช่องแช่แข็งของตู้เย็นโดยเร็วที่สุดหลังเก็บตัวอย่างเพราะตัวอย่างพวกนี้จะเสื่อมคุณภาพเร็วมากในอุณหภูมิปกติ ข้อควรระวัง ในการเก็บตัวอย่างอย่าให้มีการปะปนของวัตถุดิบอื่นมาในตัวอย่างที่เก็บ และอย่าให้มีการแยกส่วนของตัวอย่างขณะที่สุ่มหรือลดขนาดตัวอย่าง

1.5 อายุการเก็บตัวอย่าง

ตัวอย่างที่เก็บไว้ในที่แห้งและเย็นจะเก็บไว้ได้นานประมาณ 6 เดือน แต่ถ้าจะให้ผลดีควรใช้ตัวอย่างที่เก็บ ไว้ไม่เกิน 4 เดือนสำหรับการวิเคราะห์หรือตรวจสอบคุณภาพ ส่วนตัวอย่างที่ตรวจสอบแล้วไม่ควรรีบนำไปทิ้ง ควรเก็บไว้อีกประมาณ 2 เดือนหากมีปัญหาเกิดขึ้นจะได้นำมาตรวจสอบเพื่อยืนยันผลได้อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การศึกษาคุณค่าทางอาหาร

นำตัวอย่างอาหารสัตว์ไปวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารโดยใช้วิธีการที่ดัดแปลงมาจากวิธีของ A.O.A.C. (Association of Official Agricultural Chemists) เรียกว่าการวิเคราะห์อาหารสัตว์แบบประมาณ (Proximate Analysis of Feed) (A.O.A.C., 1990) 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)

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A = น้ำหนักถ้วย + น้ำหนักตัวอย่างสัตว์ก่อนการอบ

B = น้ำหนักถ้วย + น้ำหนักตัวอย่างอาหารสัตว์หลังการอบ

W = น้ำหนักตัวอย่างอาหารสัตว์

2.2 การวิเคราะห์หาโปรตีน

วิธีวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Gerhardt (Kjeldatherm; Vapodest 2)

1. ชั่งตัวอย่างอาหารประมาณ 0.5 กรัมใส่ลงในหลอดย่อยขนาด 250ml.
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)
4. ปิดสวิตซ์ไฟแล้วยกชุดหลอดย่อยวางไว้เหนือเตาย่อย ทิ้งไว้ให้เย็นนำไปใส่ในที่สำหรับกลั่น
5. เมื่อสารละลายเย็นตัวแล้ว เติมกลั่น 40 ml. ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำไปใส่ในที่สำหรับกลั่น
6. นำ Boric 4% 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 เสียบปลั๊กเครื่องกลั่นVapodest 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 (ดูแผงสเกลถึงขีดประมาณ120 - 150 ml.)

8.5 ดูไฟตำแหน่ง Start ถ้าไฟติดแล้วให้กดปุ่ม Start เมื่อเริ่มทำการกลั่น ไฟตำแหน่ง distillation สีเหลืองจะติด ให้ทำการกลั่นประมาณ 3 นาที โดยดูให้สารละลายในฟลาสที่ใส่กรดบอริกไว้มีปริมาณเพิ่มขึ้น175ml. หรือทดสอบด้วย litmus สีแดง ถ้าไม่เปลี่ยนสีแสดงว่าเก็บก๊าซหมดแล้ว

8.6 กดปุ่ม Stop เพื่อหยุดการกลั่น ลดฟลาสลง ชะปลายที่จุ่มอยู่ด้วยน้ำกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำblank วิธีการเดียวกันกับที่กล่าวมาข้างต้น โดยไม่ต้องใส่ตัวอย่างอาหาร

การคำนวณ หาเปอร์เซ็นต์โปรตีนทั้งหมด โดยใช้สูตร

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

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

2.3 การวิเคราะห์หาปริมาณไขมันในอาหารสัตว์

วิธีการวิเคราะห์โดยการใช้เรื่องสกัดไขมันแบบLABCONGO 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 ไขมันแบบโกลฟิสซ์

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

5. เปิดสวิตช์ให้ความร้อน โดยใช้ความร้อนต่ำ (low) ใช้เวลาในหารสกัด 4-6 ชั่วโมง สังเกตได้จากสารละลายที่ไหลออกจากทิมเบิ้ล ถ้าไม่มีสีแสดงว่าอีเทอร์สกัดไขมันหมดแล้ว

6. เมื่อสกัดเสร็จแล้ว นำเอา pyrex sample tube ออก แล้วเอาหลอดรีเคลมมิ่ง (reclaiming tube) ใส่แทนที่ ให้ความร้อน Diethyl ether จะถูกกลั่นและเก็บอยู่ในหลอดรีเคลมมิ่ง ส่วนไขมันจะอยู่ในบีกเกอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

100638

7. นำบีกเกอร์ที่มีไขมันไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที แล้วเอาออกใส่โถอบแห้ง ปล่อยให้เย็น ชั่งน้ำหนัก น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นภายหลังการสกัดตัวอย่างอาหารสัตว์คือ น้ำหนักของไขมัน

การคำนวณ

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

A = น้ำหนักบีกเกอร์ + น้ำหนักไขมันหลังจากอบแห้ง

B = น้ำหนักบีกเกอร์

W = น้ำหนักตัวอย่าง

2.4 การวิเคราะห์หาเยื่อใย (crude fiber)

วิธีวิเคราะห์

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

2. ถ้าอาหารที่วิเคราะห์มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงหรือละเอียดมาก ๆ ให้ใส่ prepared asbestos 1 กรัม แล้วเติมกรดกำมะถันเข้มข้น 1.25% 200 ml. ต้มจนเดือด ถ้าอาหารมีฟองมากหรือต้มแล้วกระโดดมากให้หยด antifoam 1 หยด และ bumping chip 2-3 ชิ้นลงไปด้วย นำเข้าเครื่องย่อยหาเยื่อใยที่มี condenser เพื่อควบคุมความเข้มข้นให้คงที่เป็นเวลา 30 นาที ระหว่างที่ย่อยให้เขย่าบิกเกอร์เป็นระยะ ๆ เพื่อให้ส่วนของตัวอย่างอาหารสัตว์ที่ติดอยู่ข้างบิกเกอร์ลงไปอยู่ในสารละลาย

3. รีบนำสารละลายออกจากเครื่องย่อย แล้วกรองด้วยเครื่องกรอง หรือผ้าลินินบน buchner funnel ที่ต่อกับ filtering flask โดยอาศัย suction pump ช่วยล้างตะกอนด้วยน้ำร้อน (90-100 องศาเซลเซียส) จนหมดกรด

4. ถ่ายตะกอนกลับคืนลงในบีกเกอร์ใบเดิม เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1.25 % ลงไป 200 ml. และเอมิลแอลกอฮอล์ ประมาณ 2-3 หยด เพื่อป้องกันการเกิดฟอง นำบีกเกอร์ไปเข้าเครื่องย่อยนาน 30 นาที นับเวลาตั้งแต่สารละลายเริ่มเดือด ระหว่างที่ย่อยให้บีกเกอร์ลงไปอยู่ในสารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เมื่อย่อยตัวอย่างอาหารสัตว์ ครบ 30 นาที นำบีกเกอร์ที่มีสารละลายออกจากเครื่องย่อยแล้วกรองด้วยผ้าลินิน ล้างด้วยน้ำร้อน (90-100 องศาเซลเซียส) จนหมดด่าง เสร็จแล้วล้างด้วยแอลกอฮอล์ประมาณ 20-25 ml.

6. ถ้าใช้ผ้าลินินกรองต้องถ่ายตะกอนออกจากผ้าใส่ลงใน crucible พยายามขูดตะกอนด้วยช้อน และ spatula จากผ้าให้หมดเท่าที่จะกระทำได้ ต้องทำอย่างระมัดระวังเพื่อไม่ให้ตะกอนหกหรือตกหล่นได้

7. นำตะกอนที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

8. นำออกมาทิ้งให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งให้ได้น้ำหนักคงที่

9. นำไปเผาเตาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วทิ้งให้เย็นใน disiccator แล้วชั่งให้ได้น้ำหนักคงที่

การคำนวณ

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

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 plate ใช้ไฟอ่อนเผาจนกระทั่งหมดควัน แล้วจึงนำไปเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-4 ชั่วโมง เผาจนเถ้าเป็นสีขาวหรือสีเทาอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำตัวอย่างที่ไปเผาออกมาจากเตาเผาและปล่อยให้เย็นในตู้ดูดความชื้น จากนั้นทำการชั่งน้ำหนัก

2.6 การวิเคราะห์แคลเซียม

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างอาหารโดยให้มีแคลเซียมอยู่อย่างน้อย 5 มิลลิกรัม (ประมาณ 3 กรัม ของอาหาร) ลงใน crucible นำไปเผาบน hot plate จนแห้ง

2. แล้วนำไปเผาต่อไปเตาเผา โดยค่อยเร่งอุณหภูมิให้สูงขึ้นถึง 550 องศาเซลเซียส ทำการเผาที่อุณหภูมิระดับนี้เป็นเวลานาน 3-4 ชั่วโมง

3. นำออกจากเตาเผา ทิ้งไว้ให้เย็นและทำให้ชื้นด้วยกรดไนตริกโดยใช้แท่งแก้วค่อยๆหยดแค่พอชื้น ตั้งบน hot plate จนแห้ง

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

5. เติมกรดเกลือ 50 % จำนวน 10 ml. (เพื่อเปลี่ยน CaO ให้เป็น $CaCl_2$) ลงในเถ้าใน crucible

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

7. ถ่ายสารละลายที่ได้ลงใน Volumeyric Flask ขนาด 250 ml ชะล้างเถ้าใน crucible ด้วยน้ำกลั่น (redistilled water) แล้วเทใส่ให้ได้ปริมาตรครบ 250ml

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 ยูเรีย จำนวน 5 กรัม และ ammonium oxalate 4 % จำนวน 5 ml ลงไปใน beaker (ถ้าหากมีตะกอนเกิดขึ้นควรใช้ตัวอย่างให้น้อยลง)

10. ปิด beaker ด้วยกระจกนาฬิกา นำไปต้มให้เดือดน้อย ๆ จนกระทั่งสารละลายใน beaker เปลี่ยนเป็นสีส้มหรือสีขาว แล้วยกลงทิ้งไว้ให้เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

13. นำมาไตเตรทกับ potassium permanganate 0.05N จนสารละลายมีสีชมพูจางปรากฏอยู่ได้นานไม่ต่ำกว่า 30 วินาทีแสดงว่าถึงจุด end point (กระดาษกรองที่เก็บไว้ ไว้ใส่เมื่อเลยจุด end point)

การคำนวณ เปอร์เซ็นต์แคลเซียม

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

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

ml. = จำนวนของ $KmnO_4$ ที่ไตเตรท

W = น้ำหนักของอาหารที่วิเคราะห์

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

2.7 การวิเคราะห์หาฟอสฟอรัส

วิธีวิเคราะห์แบบ Spectrometry

1. การเตรียมตัวอย่างในการวิเคราะห์

1.1 นำถ้วยกระเบื้องที่มีเถ้าที่ทราบน้ำหนักแล้วจากการวิเคราะห์หาเถ้าทั้งหมดมาถ่ายทั้งหมดในบีกเกอร์ (beaker) ขนาด 250 ml. เติมสารละลายกรดเกลือเจือจาง 10 % (นน./นน.ถ.พ. 1.050) 10 ml.

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

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

1.4 กรองตะกอนเถ้าที่เหลือด้วยกระดาษกรองวอทแมนเบอร์ 42 ใส่ขวดวัดปริมาตร 250 ml. ใช้น้ำกลั่นร้อนล้างตะกอนจากบีกเกอร์ลงบนกระดาษกรอง โดยใช้แท่งแก้วคนช่วยในการไม่ให้ตะกอนที่ติดข้างบีกเกอร์

1.5 เติมน้ำกลั่นลงในขวดวัดปริมาตรจนได้ปริมาตร250 ml. เก็บตัวอย่างน้ำไว้วิเคราะห์ฟอสฟอรัส

2 เตรียมกราฟมาตรฐานฟอสฟอรัส (Standard curve for phosphorus)

Test tube number	Standard sol[n]. ml.	Molybdovanadate [1] Reagent, 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

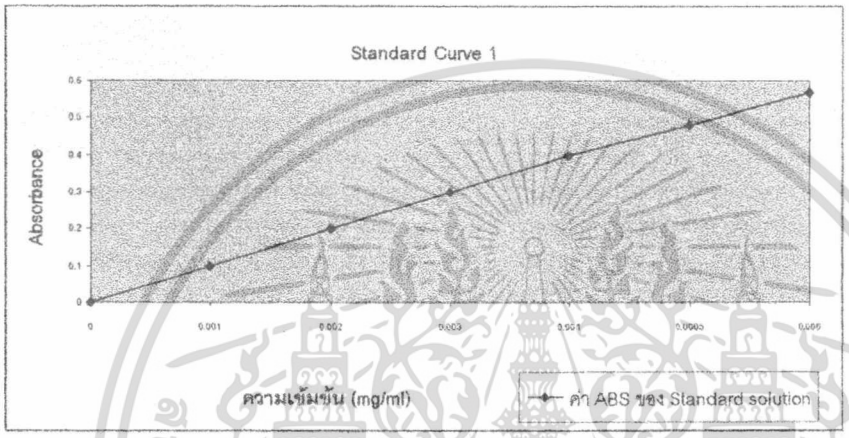
*การเตรียม Molybdovanadate reagent นั้นทำได้โดยละลาย 20 กรัม แอมโมเนียมโมลิบเดท $(NH_4)_6 Mo_7O_4 4H_2O$ ในน้ำกลั่นร้อน 200 ml. (Solution A) ละลาย 1 กรัม แอมโมเนียมเมทตาวานาเดท (NH_3VO_3) ในน้ำกลั่นร้อน 125 ml. ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นเติม 225 ml. 70% กรดเปอร์คลอริค ($HCLO_4$) (Solution B) ค่อย ๆ รินSolution A ลงใน Solution B อย่างช้า ๆ พร้อมกับคนให้เข้ากัน แล้วปรับให้มีปริมาตร 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น

ในการทดลองนี้เขียนเส้นกราฟมาตรฐานของฟอสฟอรัสโดยให้ค่าของ %Absorbance อยู่บนแกน X และความเข้มข้นของฟอสฟอรัสอยู่บนแกน Y ดังแสดงในภาพที่ 3 และ 4

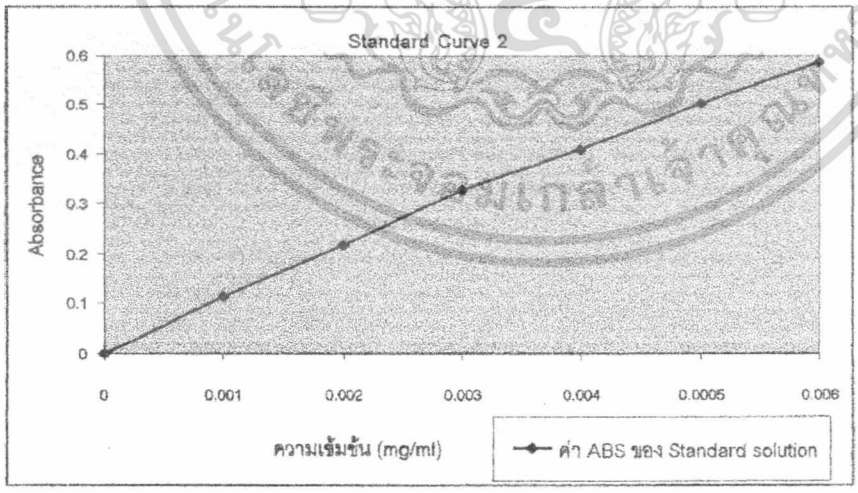
3 เขย่าหลอดแก้วสารละลายตัวอย่างกับMolibdovanadateให้เข้ากันดี ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที เพื่อให้เกิดสีเหลืองรีบนำไปอ่านค่า%Absorbance จากเครื่อง Spectrophotometer ที่ 400 nm. โดยใช้ Blank เป็นตัวเปรียบเทียบมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ตัวอย่างอาหารถ้าฟอสฟอรัสสูงเกินไปหรือต่ำเกินไป (จะต้องอยู่ในช่วงของ Standard curve) เราก็สามารถปรับความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในตัวอย่างให้เหมาะสมได้ โดยทำให้เจือจางลงหรือเข้มข้นขึ้นก็ได้



ภาพที่ 3 Standard Curve 1



ภาพที่ 4 Standard Curve 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ (ตัวอย่าง)

1. น้ำหนักของอาหารแห้งที่เป็นตัวอย่าง (ปลายข้าว) = 1.7910 กรัม

2. น้ำหนักนี้ถูกเผาจนเป็นเถ้าแล้วเจือจางจนมีปริมาณ 250 ml. ต่อมา 10 ml. ของสารละลายนี้ ถูกเจือจางจนมีปริมาตร100 ml.

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

4. ใช้สารละลายที่เจือจางนี้มา 2 ml. มาวิเคราะห์หาฟอสฟอรัส

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

5. จากเส้นกราฟมาตรฐานของฟอสฟอรัสอ่านค่าฟอสฟอรัสในตัวอย่างอาหารจากสารละลาย 2 ml. ได้ = 0.08 มิลลิกรัม

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

= 1.433 มิลลิกรัม

7. เพราะฉะนั้นเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในตัวอย่างแห้ง

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

= 5.6%

2.8 การหา Nitrogen-free extract (NFE)

การหา NFE หรือคาร์โบไฮเดรตเดรทที่ละลายได้นี้ มักไม่ใช้ในการวิเคราะห์ แต่จะหาได้โดยการคำนวณ โดยเอาเปอร์เซ็นต์ของโภชนะอื่น ๆ ทั้งหมดคือ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า มารวมกันแล้วหักออกจาก 100 ก็จะได้เปอร์เซ็นต์ของคาร์โบไฮเดรตเดรทที่มีอยู่ในตัวอย่างอาหาร

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการศึกษาสิ่งปลอมปนของปลายข้าว

1. ศึกษาลักษณะต่าง ๆ และลักษณะเด่นของปลายข้าว เพื่อเป็นตัวอย่างในการเปรียบเทียบ กับสิ่งปลอมปนของวัตถุดิบอาหารสัตว์ โดยเก็บตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่แน่ใจว่าบริสุทธิ์จากโรงงานผลิต ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ร้านค้า และหน่วยงานราชการ แล้วจึงนำมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ

2. การตรวจสอบคุณภาพและสิ่งปลอมปนของปลายข้าว โดยเก็บตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์จากโรงงานผลิต ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ร้านค้า 15 ตัวอย่าง นำมาส่องกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำร่วมกับเทคนิคทางเคมี

3. การวิเคราะห์คุณภาพของปลายข้าว โดยการส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำควบคู่กับเทคนิคการลอยตัว (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 การทำลายของแมลงและเชื้อรา

1.3 การใช้จมูกดมกลิ่น ดูความสดใหม่ของวัตถุดิบ มีกลิ่นเหม็นเน่า บูดเปรี้ยว อุน หืน อับ ซึ่งจะเกิดจากเชื้อรา การเก็บตัวอย่างไว้นาน หรืออาจเกิดจากสารเคมี

1.4 การใช้ลิ้นสัมผัส ชิมรสเพื่อตรวจสอบรสชาติ สามารถบอกความสุขดิบได้

2.วิธีการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ

2.1 นำตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่บดแล้ว นำมาร่อนด้วยตะแกรงซึ่งช่วยแยกตัวอย่างออกเป็นส่วนหยาบ และส่วนละเอียด จากนั้นนำตัวอย่างแต่ละส่วนไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ปรับกำลังขยายของกล้องไปที่กำลังขยายต่ำสุด แล้วทำการปรับระยะห่างของท่อกล้องจุลทรรศน์ทั้ง 2 จนมองเห็นพื้นที่ฐานกล้องเป็นวงกลมเดียวกัน พร้อมกับปรับความคมชัดให้ดูเท่ากันทั้ง 2 ข้าง

2.3 นำตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เตรียมไว้ ประมาณ 2 กรัม ใส่ลงในจานแก้วเกลี่ยตัวอย่างให้กระจายบาง ๆ ไปทั่วจานแก้ว แล้วนำไปวางที่ฐานกล้องปรับความชัดของภาพโดยหมุนเลื่อนระยะเลนส์วัตถุจนเห็นภาพได้ชัดเจน จากนั้นจึงเริ่มตรวจดูลักษณะของตัวอย่างโดยเริ่มมุมหนึ่งของจานแก้วดูไปจนทั่ว 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 Technique) โดยอาศัยหลักการที่ว่า สารต่างชนิดมีความหนาแน่นไม่เท่ากัน สารที่หนาแน่นมากกว่าจะจมลงในสารละลายที่มีความหนาแน่นต่ำ ส่วนสารที่มีความหน่าแน่นต่ำกว่าจะลอยขึ้นบนเมื่ออยู่ในสารละลายที่มีความหนาแน่นมากกว่า วิธีการนี้นิยมใช้สารละลายคาร์บอนเตตระคลอไรด์ (Carbontetrachloride) เป็นตัวแยกสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ออกจากกัน เนื่องจากสารละลายชนิดนี้มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำและสารอินทรีย์ เช่น แป้ง เซลสัตว์ มีความหนาแน่นน้อยกว่าสารอนินทรีย์ เช่น ดิน ทราย กระดูก เปลือกหอย หินฝุ่น ไดแคลเซียมฟอสเฟต และสารละลายที่ใช้ในการแยกนี้มีคุณสมบัติที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระเหยได้ดี ทำให้ตัวอย่างที่แยกได้แห้งเร็วและสะดวกในการนำไปส่องกล้อง โดยชั่งตัวอย่างวัตถุดิบอาหารประมาณ 2 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลอง แล้วเทสารคาร์บอนเตตระคลอไรด์ลงในหลอดทดลองประมาณ 9/10 ของหลอดทดลอง เพื่อให้เกิดการแยกชั้นอย่างเด่นชัดเขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ประมาณ 1-2 นาที สังเกตการเปลี่ยนแปลงคือเกิดการแยกชั้นแล้ว ทำการกรองแยกทั้ง 2 ส่วนออกจากกันใส่กระดาษกรอง ปล่อยทิ้งไว้ให้สารคาร์บอนเตตระคลอไรด์ระเหยออกจากตัวอย่างวัตถุดิบจนหมด จากนั้นนำกระดาษกรองไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเข้าตู้ดูดความชื้นประมาณ 15 นาที หลังจากนั้นไปชั่งน้ำหนักทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์จมซึ่งคือสารอนินทรีย์ ดังสูตร

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

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

4. การบันทึกผลการวิเคราะห์

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

4.2 นำผลการวิเคราะห์ในข้อ 4.1 มาหาค่าเฉลี่ยที่เหมาะสมของวัตถุดิบอาหารสัตว์

4.3 บันทึกลักษณะทั่วไปต่าง ๆ และลักษณะเด่นของวัตถุดิบอาหารสัตว์ จากกล้องจุลทรรศน์

4.4 บันทึกชนิด และลักษณะสิ่งปลอมปน หรือสิ่งจำกัดคุณภาพให้ต่ำลง

4.5 บันทึกภาพของลักษณะวัตถุดิบอาหารสัตว์บริสุทธิ์ รวมทั้งสิ่งปลอมปนจากกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 บันทึกผลที่ได้จากการใช้เทคนิคการลอยตัว วิธีการทดสอบทางเคมีด้วยการหยดสารเคมี

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 รายงานถึงชนิดของสิ่งปลอมปนและจำนวนตัวอย่างที่มีสิ่งปลอมปนเป็นร้อยละของตัวอย่างทั้งหมดและเปอร์เซนต์ของสารอนินทรีย์ที่มีในวัตถุดิบ

6. สถานที่ทำการศึกษาและวิเคราะห์หาคุณค่าอาหาร

ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

7.ระยะเวลาในการศึกษาและวิเคราะห์

เริ่มตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2541ถึง31 มีนาคม พ.ศ. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของปลายข้าว จำนวน 15 ตัวอย่าง โดยเก็บจากโรงงานผลิตอาหารสัตว์ ประมาณ 33.33 % ร้านค้า ประมาณ 66.66 % ของตัวอย่างทั้งหมด ปรากฏผลดังแสดงในตารางที่ 4 คือ

ปลายข้าวมีค่าความชื้น 11.28 ± 0.74 % โดยมีค่าอยู่ในช่วง 9.94 – 12.72 %, โปรตีน 7.66 ± 0.85 % โดยมีค่าอยู่ในช่วง 6.28 – 9.41 %, ไขมัน 1.27 ± 0.98 % โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.24 –3.47 %, เยื่อใย 0.31 ± 0.41 % โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.04 – 1.63 %, เถ้า 0.49 ± 0.21 % โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.22 – 1.08 %, แคลเซียม 0.0621 ± 0.0311 % โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.0167 – 0.1150 %, ฟอสฟอรัส 0.1518 ± 0.0738 % โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.0210 – 0.2673 %, คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย 79.00 ± 1.68 % โดยมีค่าอยู่ในช่วง 76.08 – 82.67 %

จากผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของปลายข้าว ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนมีค่าใกล้เคียงกับ จรัญ (2526) ซึ่งได้รายงานว่าปลายข้าวในสภาพแห้งบางส่วน (Air-Dry basis) มีค่าส่วนประกอบทางเคมีของปลายข้าวดังนี้ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนมีค่า 7.39, ไขมัน 1.08, เยื่อใย 6.90, เถ้า 4.93, ความชื้น 1.4, แคลเซียม 0.3155, ฟอสฟอรัส 0.3352 และคาร์โบไฮเดรทย่อยง่าย 78.92 แต่มีค่าน้อยกว่ามากเมื่อเทียบกับรายงานของ เอกสารโครงการฝึกอบรมเกษตรกรฤดูร้อน (2526) และศรีสกุล (2537) ส่วนค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความชื้น และฟอสฟอรัสมีค่าใกล้เคียงกับ ศรีสกุล (2537)และกองควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์(2541) ซึ่งได้รายงานว่าปลายข้าวในสภาพแห้งบางส่วน (Air-Dry basis) มีค่าส่วนประกอบทางเคมีของปลายข้าวดังนี้ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนมีค่า 6.51, ไขมัน 1.05, เยื่อใย 0.42, เถ้า 0.76, ความชื้น 11.59, แคลเซียม 0.06, ฟอสฟอรัส 0.18 และคาร์โบไฮเดรทย่อยง่าย 79.61 แต่ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความชื้นมีค่าน้อยกว่ามากเมื่อเทียบกับรายงานของ เอกสารโครงการฝึกอบรมเกษตรกรฤดูร้อน (2526) ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไขมันมีค่าใกล้เคียงกับ ศรีสกุล (2537), จรัญ (2526) และ กองควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ (2541) ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เยื่อใยมีค่าใกล้เคียงกับ เอกสารโครงการฝึกอบรมเกษตรกรฤดูร้อน (2526) ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์แคลเซียมมีค่าใกล้เคียงกับ กองควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ (2541) แต่ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เถ้ามีค่าต่ำกว่า เอกสารโครงการฝึกอบรมเกษตรกรฤดูร้อน (2526), กองควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ (2541), ศรีสกุล (2537) และจรัญ (2526) อาจเนื่องมาจากตัวอย่างปลายข้าวส่วนมาก ประมาณ 66.66% ได้มาจากร้านค้า ซึ่งสิ่งปลอมปน เช่น แกลบ ได้ถูกคัดแยกออกไปแล้วทำให้มีเถ้าน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ผลวิเคราะห์คุณภาพปลายข้าว[1/]

ค่าของสถิติ	ความชื้น (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	เยื่อใย %	เถ้า (%)	NFE (%)	แคลเซียม (%)	ฟอสฟอรัส (%)
ค่าเฉลี่ย	11.28	7.66	1.27	0.31	0.49	79.00	0.0621	0.1518
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.74	0.85	0.98	0.41	0.21	1.68	0.0311	0.0738
ค่าสูงสุด	12.72	9.41	3.47	1.63	1.08	82.67	0.1150	0.2673
ค่าต่ำสุด	9.94	6.28	0.24	0.04	0.22	76.08	0.0167	0.0210

[1/] จำนวนปลายข้าวที่ใช้ศึกษาทั้งหมด 15 ตัวอย่าง

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของปลายข้าวตามลำดับค่าสูงสุดของโปรตีนและเปอร์เซ็นต์ของสารอนินทรีย์

รหัสตัวอย่าง	ความชื้น (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	ฟอสฟอรัส (%)	เยื่อใย (%)	แคลเซี่ยม (%)	เถ้า (%)	NFE (%)	สารอนินทรีย์
1003	9.94	6.28	0.46	0.1562	0.22	0.1082	0.43	82.67	0.39
1015	12.72	6.32	0.94	0.2274	0.08	0.1150	0.65	79.29	0.98
1007	12.23	6.94	0.90	0.1477	1.63	0.0666	0.48	77.82	0.10
1005	11.09	7.08	1.13	0.1539	0.12	0.1000	0.45	80.12	0.65
1008	11.96	7.25	1.76	0.1096	0.27	0.0333	0.47	78.29	0.21
1004	11.46	7.41	1.82	0.1618	0.05	0.0667	0.49	78.76	0.18
1010	10.94	7.51	0.72	0.2619	0.71	0.0500	0.25	79.86	0.04
1014	10.91	7.65	0.24	0.0536	0.09	0.0333	0.22	80.89	1.00
1009	11.58	7.67	2.59	0.2673	0.40	0.0167	1.08	76.68	0.33
1013	10.74	8.03	0.44	0.0210	0.04	0.0333	0.28	80.47	1.09
1011	11.72	8.10	0.55	0.0384	0.43	0.0500	0.40	78.80	1.13
1006	11.72	8.16	3.47	0.1692	0.06	0.0832	0.51	76.08	0.26
1001	10.19	8.22	2.68	0.1368	0.38	0.0500	0.66	77.87	0.23
1012	10.85	8.80	0.52	0.1695	0.05	0.0333	0.33	79.45	1.15
1002	11.06	9.41	0.78	0.2030	0.18	0.0916	0.60	77.97	0.35
ค่าเฉลี่ย	11.28	7.66	1.27	0.1518	0.31	0.0621	0.49	79.00	0.54
ค่า SD	0.74	0.85	0.98	0.0738	0.41	0.0311	0.21	1.68	0.41
ค่า max	12.72	9.41	3.47	0.2673	1.63	0.1150	1.08	82.67	1.15
ค่า min	9.94	6.28	0.24	0.0210	0.04	0.0167	0.22	76.08	0.04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ

1. **ลักษณะทางกายภาพโดยทั่วไป และลักษณะเด่นของปลายข้าว**

ปลายข้าวเป็นส่วนที่แยกออกจากเมล็ดข้าว ลักษณะเป็นเมล็ดเล็ก ๆ เรียกว่าปลายหยิบ หรือชนิด C3 และบางครั้งมีขนาดใหญ่ที่เรียกว่าปลายข้าวชนิด A1เป็นแท่งรูปทรงกระบอก ที่ผิวนอกจะโปร่งแสงไปจนทึบแสง เป็นมัน เนื้อแข็งไม่แตกหักง่าย ปลายข้าวเจ้าจะมีสีค่อนข้างใส ปลายข้าวเหนียวจะมีสีขาวขุ่นหรือขาวทึบแสง ส่วนปลายข้าวนึ่งมีสีเหลืองน้ำตาลและใส

2. **การศึกษาลักษณะสิ่งปลอมปน**

ลักษณะของเมล็ดธัญพืช ในบางครั้งปลายข้าวจะพบเมล็ดธัญพืชต่าง ๆ เช่น เมล็ดถั่วหรือเมล็ดหญ้า ปะปนมา ซึ่งอาจพบเห็นทั้งเมล็ดหรือพบเพียงบางส่วน เช่น เปลือกหรือเนื้อเมล็ด ดังภาพที่ 7 และลักษณะของซากแมลง ถ้าเป็นซากมอดจะเห็นตัวมอดสีน้ำตาล หรือสีดำ บางครั้งอาจพบส่วนของขาและหัวหลุดออกจากกัน พบประมาณ 26 เปอร์เซ็นต์จากตัวอย่างทั้งหมด 15 ตัว อย่างบางตัวก็ยังมีชีวิตอยู่ ดังภาพที่ 8 นอกจากนี้ปลายข้าวยังมีฝุ่น ที่อาจปะปนมาจากขั้นตอนการผลิตหรือการเก็บรักษา อยู่บ้างเล็กน้อย

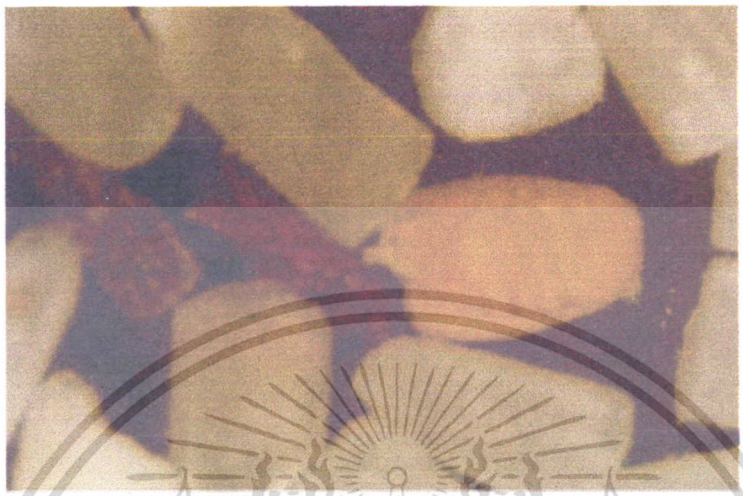
ภาพที่ 5 แสดงปลายข้าวที่มีส่วนของเมล็ดข้าวดีปะปนมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 6 แสดงลักษณะของปลายข้าวที่ถูกแมลงทำลาย

ภาพที่ 7 แสดงส่วนของปลายข้าวที่มีเมล็ดธัญพืชปะปน

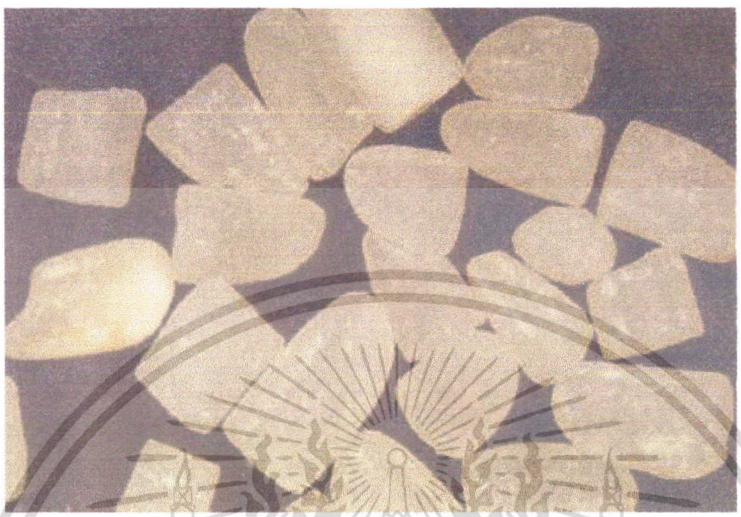
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 8 แสดงส่วนของปลายข้าวที่มีมอดอาศัยอยู่

ภาพที่ 9 แสดงลักษณะของปลายข้าว C3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 10 แสดงลักษณะของปลายข้าวเจ้า

ภาพที่ 11 แสดงส่วนของปลายข้าวเจ้าชนิด C3 ที่มี
ปลายข้าวเหนียวปะปน 1. ปลายข้าวเหนียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์สารอนินทรีย์ในปลายข้าว

จากผลการวิเคราะห์สารอนินทรีย์ในปลายข้าวมีค่าประมาณ 0.54 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.41 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อนำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์แล้วพบว่าเป็นฝุ่นดิน ซึ่งเมื่อปะปนมาจะไปรวมกับเถ้าทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนลดลง นอกจากนี้ยังพบปลายข้าวที่มีการปะปนของแมลงจำพวกมอดซึ่งมีโปรตีนในปริมาณมากเมื่อไปทำปฏิกริยากับสารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ทำให้โปรตีนเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

1.ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของปลายข้าวจำนวน 15 ตัวอย่าง ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

ปลายข้าว มีความชื้น 11.28 ± 0.74 เปอร์เซ็นต์, โปรตีน 7.66 ± 0.85 เปอร์เซ็นต์, ไขมัน 1.27 ± 0.98 เปอร์เซ็นต์, เยื่อใย 0.31 ± 0.41 เปอร์เซ็นต์, เถ้า 0.49 ± 0.21 เปอร์เซ็นต์, แคลเซียม 0.0621 ± 0.0311 เปอร์เซ็นต์, ฟอสฟอรัส 0.1518 ± 0.0738 เปอร์เซ็นต์, คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ 79.00 ± 1.68 เปอร์เซ็นต์

2.ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ

ไม่พบสิ่งปลอมปน แต่อาจมีสิ่งปะปนมาเป็นสารอินทรีย์ที่พบในปลายข้าว พบแมลงจำพวกมอด ประมาณ 4 ตัวอย่างคิดเป็น 26.7 % และเมล็ดวัชพืชชนิดต่าง ๆ เช่น เมล็ดถั่ว, เมล็ดหญ้าแต่อยู่ในอัตราส่วนที่น้อยมาก ส่วนสารที่เป็นอนินทรีย์ อาจมี ฝุ่นดิน และทรายปะปนมาบ้างแต่ก็อยู่ในอัตราส่วนที่น้อยมาก มีค่าเฉลี่ย 0.54 ± 0.41 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

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

จรัญ จันทลักขณา. 2526. การพัฒนาปศุสัตว์เพื่อชนบท. มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์ กรุงเทพมหานคร. 335 น.

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

ศรีสกุลวรจันทรา. 2537. เทคโนโลยีอาหารสัตว์. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร. 120 น.

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

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

อัมมาร สยามวาลา และ วิโรจน์ ณ ระนอง. 2533. ประมวลความรู้เรื่องข้าว. สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย, กรุงเทพมหานคร. 850 น.

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

เอกสารโครงการฝึกอบรมเกษตรกรฤดูร้อน. 2526. การใช้อาหารสัตว์. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. เอกสารโรเนียว

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีโดยเรียงตามหมายเลขลำดับตัวอย่างปลายข้าว

ตัวอย่าง	ความชื้น	%โปรตีน	%ไขมัน	% ฟอสฟอรัส	%เยื่อใย	%แคลเซี่ยม	%เถ้า	NFE
1	10.19	8.22	2.68	0.1368	0.38	0.0500	0.66	77.87
2	11.06	9.41	0.78	0.2030	0.18	0.0916	0.60	77.97
3	9.94	6.28	0.46	0.1562	0.22	0.1082	0.43	82.67
4	11.46	7.41	1.82	0.1618	0.05	0.0667	0.49	78.76
5	11.09	7.08	1.13	0.1539	0.12	0.1000	0.45	80.12
6	11.72	8.16	3.47	0.1692	0.06	0.0832	0.51	76.08
7	12.23	6.94	0.90	0.1477	1.63	0.0666	0.48	77.82
8	11.96	7.25	1.76	0.1096	0.27	0.0333	0.47	78.29
9	11.58	7.67	2.59	0.2673	0.40	0.0167	1.08	76.68
10	10.94	7.51	0.72	0.2619	0.71	0.0500	0.25	79.86
11	11.72	8.10	0.55	0.0384	0.43	0.0500	0.40	78.80
12	10.85	8.80	0.52	0.1695	0.05	0.0333	0.33	79.45
13	10.74	8.03	0.44	0.0210	0.04	0.0333	0.28	80.47
14	10.91	7.65	0.24	0.0536	0.09	0.0333	0.22	80.89
15	12.72	6.32	0.94	0.2274	0.08	0.1150	0.65	79.29
ค่าเฉลี่ย	11.28	7.66	1.27	0.1518	0.31	0.0621	0.49	79.00
ค่า SD	0.74	0.85	0.98	0.0738	0.41	0.0311	0.21	1.68
ค่า max	12.72	9.41	3.47	0.2673	1.63	0.1150	1.08	82.67
ค่า min	9.94	6.28	0.24	0.0210	0.04	0.0167	0.22	76.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของปลายข้าวโดยเรียงตามลำดับค่าสูงสุดของโปรตีน

ตัวอย่าง	ความชื้น (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	ฟอสฟอรัส (%)	เยื่อใย (%)	แคลเซียม (%)	เถ้า (%)	NFE (%)
3	9.94	6.28	0.46	0.1562	0.22	0.1082	0.43	82.67
15	12.72	6.32	0.94	0.2274	0.08	0.1150	0.65	79.29
7	12.23	6.94	0.90	0.1477	1.63	0.0666	0.48	77.82
5	11.09	7.08	1.13	0.1539	0.12	0.1000	0.45	80.12
8	11.96	7.25	1.76	0.1096	0.27	0.0333	0.47	78.29
4	11.46	7.41	1.82	0.1618	0.05	0.0667	0.49	78.76
10	10.94	7.51	0.72	0.2619	0.71	0.0500	0.25	79.86
14	10.91	7.65	0.24	0.0536	0.09	0.0333	0.22	80.89
9	11.58	7.67	2.59	0.2673	0.40	0.0167	1.08	76.68
13	10.74	8.03	0.44	0.0210	0.04	0.0333	0.28	80.47
11	11.72	8.10	0.55	0.0384	0.43	0.0500	0.40	78.80
6	11.72	8.16	3.47	0.1692	0.06	0.0832	0.51	76.08
1	10.19	8.22	2.68	0.1368	0.38	0.0500	0.66	77.87
12	10.85	8.80	0.52	0.1695	0.05	0.0333	0.33	79.45
2	11.06	9.41	0.78	0.2030	0.18	0.0916	0.60	77.97
ค่าเฉลี่ย	11.28	7.66	1.27	0.1518	0.31	0.0621	0.49	79.00
ค่า SD	0.74	0.85	0.98	0.0738	0.41	0.0311	0.21	1.68
ค่า max	12.72	9.41	3.47	0.2673	1.63	0.1150	1.08	82.67
ค่า min	9.94	6.28	0.24	0.0210	0.04	0.0167	0.22	76.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 3 ปริมาณสารอนินทรีย์เป็นเปอร์เซ็นต์ที่พบในปลายข้าว โดยวิธีการลอยตัวในสารละลาย

รหัสตัวอย่าง	% จม(สารอนินทรีย์)	%ลอย(สารอินทรีย์)
1	0.23	99.77
2	0.35	99.65
3	0.39	99.61
4	0.18	99.83
5	0.65	99.35
6	0.26	99.74
7	0.10	99.91
8	0.21	99.79
9	0.33	99.67
10	0.04	99.96
11	1.13	98.87
12	1.15	98.85
13	1.09	98.91
14	1.09	99.00
15	0.98	99.03
ค่าเฉลี่ย	0.54	99.46
SD	0.41	0.40
Max	1.15	99.96
Min	0.04	98.85

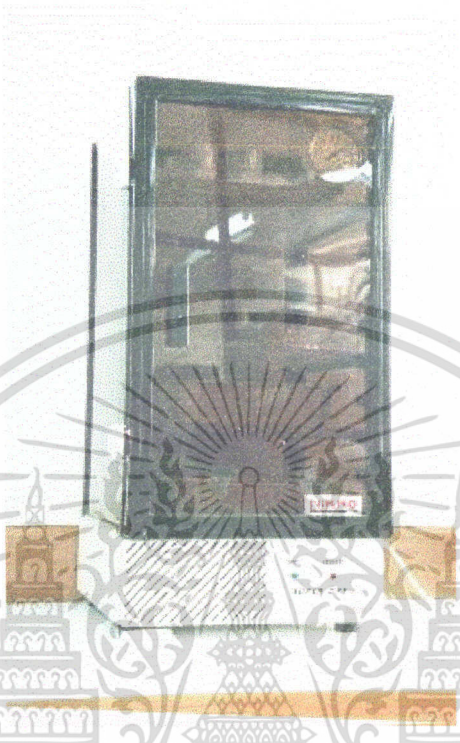
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 4 ลักษณะการปลอมปนที่พบในปลายข้าว

รหัสตัวอย่าง	ลักษณะการปลอมปน
1	มีฝุ่นปกติ
2	มีฝุ่นปกติ
3	มีฝุ่นปกติ
4	มีฝุ่นปกติและมีกรวดเล็กน้อย
5	มีมอดป่นปกติ
6	มีมอดป่นปกติ
7	มีฝุ่นปกติ
8	มีฝุ่นปกติและมีกรวดเล็กน้อย
9	มีฝุ่นเยอะมาก
10	มีมอดป่นปกติ
11	มีฝุ่นปกติ
12	มีฝุ่นปกติและเมล็ดธัญพืชเล็กน้อย
13	มีฝุ่นปกติ
14	มีฝุ่นปกติ
15	มีมอดป่นปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

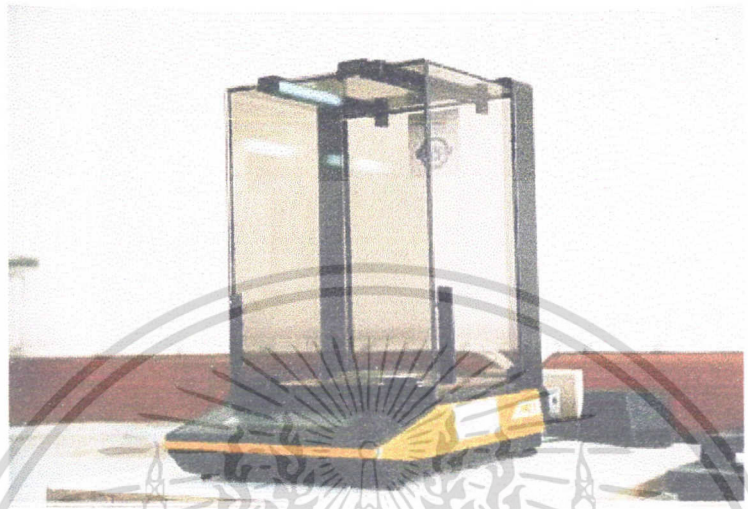
เครื่องมือห้องปฏิบัติการ



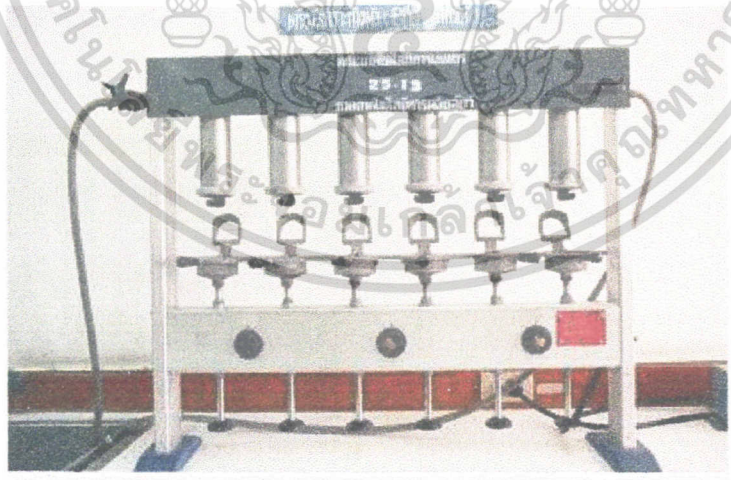
ภาพผนวกที่ 1 ตู้ดูดความชื้น (Desicator)

ภาพผนวกที่ 2 เครื่องบดตัวอย่างอาหาร(ultra centrifugal mill)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

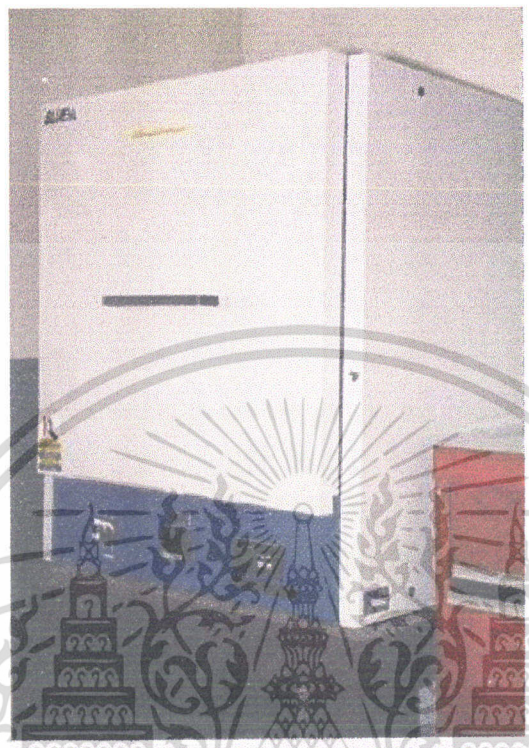


ภาพผนวกที่ 3 เครื่องชั่ง (Electronic Analytical Balance)

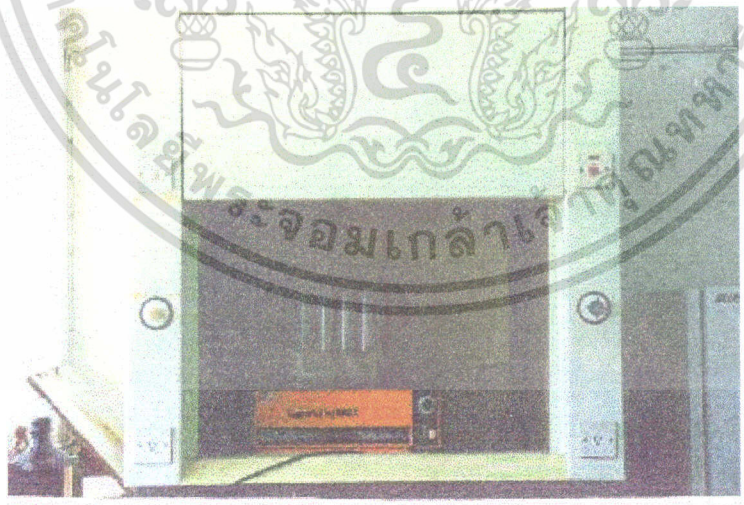


ภาพผนวกที่ 4 เครื่องวิเคราะห์หาไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

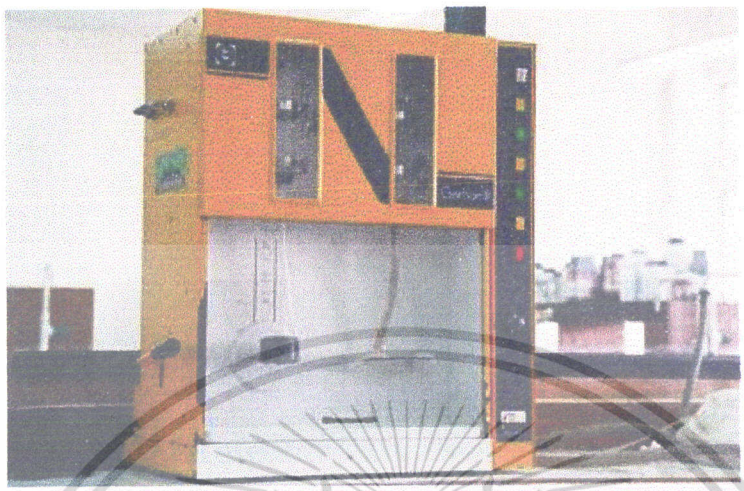


ภาพผนวกที่ 5 เตาเผา



ภาพผนวกที่ 6 เครื่องย่อย

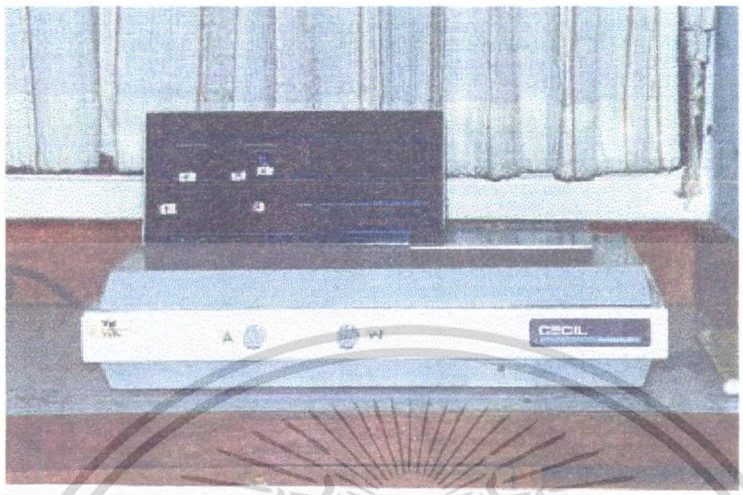
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 7 เครื่องกลึง

ภาพผนวกที่ 8 เครื่องมือวิเคราะห์หาเยื่อใย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 9 เครื่อง Spectrophotometry

ภาพผนวกที่ 10 ตู้อบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้