ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์

เรื่อง

การนำเสนอวิธีการวิเคราะห์แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงานในอาหารสัตว์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

The Use of Computer Program for Calcium Phosphorus and Gross Energy Analysis in Feedstuffs Presentation

โดย

นางสาวดารุณี คำศรีแก้ว

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา .....

(รศ.ศรีสกุล วรจันทรา)

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(รศ.ดร.รณชัย สิทธิไกรพงษ์)

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์

วันที่ 3 เดือน มิ.ย. พ.ศ. 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1853/

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การนำเสนอวิธีการวิเคราะห์แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงานในอาหารสัตว์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

The Use of Computer Program for Calcium Phosphorus and Gross Energy Analysis in Feedstuffs Presentation

T100694

โดย

นางสาวดารุณี คำศรีแก้ว

เสนอ

ฟพ.
ด4291ก
2544
ทะเบียน 100694
วัน,เดือน,ปี 22 JUN 2003

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

พ.ศ.2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การนำเสนอวิธีการวิเคราะห์แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงานในอาหารสัตว์ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

The Use of Computer Program for Calcium Phosphorus and Gross Energy Analysis in Feedstuffs Presentation

การวิเคราะห์แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงานในอาหารสัตว์ เป็นส่วนหนึ่งของการวิเคราะห์โภชนาการอาหารสัตว์ เพื่อการประกอบสูตรอาหารสัตว์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การนำเสนอการวิเคราะห์แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงานโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เป็นการพัฒนาสื่อการเรียนการสอน ให้ทันสมัยและมีความเหมาะสมด้วยโปรแกรม Authoware 5.2 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เป็นส่วนหนึ่งของระบบ Windows 98, 2000, NT และ ME ซึ่งโปรแกรมนี้รองรับการนำเสนอทั้งภาพและเสียงประกอบ ตลอดจนกราฟฟิกต่างๆ ทำให้เป็นการเรียนการสอนที่น่าสนใจ เพราะลดความเบื่อหน่ายของผู้ทำการศึกษา

ข้อมูลภายใต้โปรแกรมนี้ประกอบด้วย หลักการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของอาหารสัตว์ ข้อแนะนำในการใช้ห้องปฏิบัติการ และวิธีการวิเคราะห์อาหารสัตว์อันได้แก่ การวิเคราะห์แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงาน (Gross Energy) แต่ละหัวข้อประกอบไปด้วย หลักการ อุปกรณ์ วิธีการปฏิบัติ การคำนวณและการบันทึกผล มีรูปภาพประกอบคำบรรยายทำให้สามารถมองเห็นขั้นตอนการปฏิบัติได้ชัดเจน ถูกต้อง และมีความเข้าใจมากขึ้น ส่งผลให้การประกอบสูตรอาหารสัตว์มีความเหมาะสมต่อสัตว์แต่ละชนิด ในอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์อันจะเกิดผลดีในเชิงเศรษฐกิจต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ในการจัดทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ รศ.ศรีสกุล วรจันทรา ที่กรุณาให้คำแนะนำเกี่ยวกับโปรแกรมและของเขตการทำงานของมัน การวางแผนงานก่อนลงมือปฏิบัติ และอุปกรณ์ในการถ่ายภาพ ตลอดจนคำแนะนำต่างๆ ขอขอบพระคุณอาจารย์จรรยา คงฤทธิ์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการจัดฉาก เป็นผู้ทำการวิเคราะห์ให้ข้าพเจ้าได้ถ่ายภาพขั้นตอนในการปฏิบัติ และข้อมูลเพิ่มเติมในเนื้อหา ขอขอบพระคุณอาจารย์ณหทัย วิจิตโรทัย ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับแหล่งสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม ตลอดจนคำแนะนำต่างๆ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องโสตคณะเทคโนโลยีการเกษตร ที่อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องสแกนเนอร์ ขอขอบคุณชมรมอินเทอร์เน็ตที่เอื้อเฟื้อเครื่องคอมพิวเตอร์ตลอดจนคำแนะนำเกี่ยวกับเทคนิคเล็กๆ น้อยๆ ในการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ พร้อมทั้งขอบคุณเทคโนโลยีที่อำนวยให้การทำปัญหาพิเศษครั้งนี้เสร็จสมบูรณ์ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่ชายที่คอยห่วงใยข้าพเจ้า คุณพิชชาภา จอมดวง ที่ให้ยืมแผ่นโปรแกรม Authoware 5.2 และคำแนะนำการใช้โปรแกรม ขอบคุณเพื่อนๆ ที่คอยให้กำลังใจ

สุดท้ายข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่า โปรแกรมการวิเคราะห์แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงานในอาหารสัตว์ชุดนี้ จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งแก่ผู้ที่สนใจ หากมีข้อผิดพลาดประการใดต้องขออภัยไว้ ณ ที่นี้

ดารุณี คำศรีแก้ว

28 พฤษภาคม 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญภาพ	(2)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ขั้นตอนการดำเนินการ	2
ระบบที่ต้องการ	3
ขั้นตอนการเปิดใช้โปรแกรม	3
การใช้งานโปรแกรม	4
ผลการดำเนินงาน	23
ปัญหาและข้อเสนอแนะ	57
สรุป	58
เอกสารอ้างอิง	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1. หน้าจอกล่าวทักทายก่อนเข้าสู่โปรแกรม	7
2. หน้าจอชื่อเรื่อง	8
3. หน้าจอเมนูหลัก	8
4. หน้าจอเข้าสู่เนื้อหาบทนำ	9
5. หน้าจอเนื้อหาบทนำหน้าต่อไป	9
6. หน้าจอเมนูย่อยข้อแนะนำในการใช้ห้องปฏิบัติการ	10
7. หน้าจอเข้าสู่เนื้อหาข้อควรระวังทั่วไป	10
8. หน้าจอเมนูย่อยการวิเคราะห์แคลเซียม	11
9. หน้าจอเข้าสู่เนื้อหาหลักการวิเคราะห์แคลเซียม	11
10. หน้าจอเมนูย่อยการวิเคราะห์แคลเซียม	12
11. หน้าจอเมนูย่อยอุปกรณ์ในการวิเคราะห์แคลเซียม	12
12. หน้าจอภาพอุปกรณ์	13
13. หน้าจอเข้าสู่เนื้อหาวิธีการปฏิบัติการวิเคราะห์แคลเซียม	13
14. หน้าจอแสดงรูปภาพประกอบคำบรรยายของวิธีการปฏิบัติ	14
15. หน้าจอเมนูย่อยการวิเคราะห์แคลเซียมโดยวิธี AAS	14
16. หน้าจอเข้าสู่เนื้อหาหลักการการวิเคราะห์แคลเซียมโดยวิธี AAS	15
17. หน้าจอเมนูย่อยการวิเคราะห์ฟอสฟอรัส	15
18. หน้าจอเมนูย่อยการวิเคราะห์ฟอสฟอรัส	16
19. หน้าจอเข้าสู่เนื้อหาสารเคมีและวิธีการเตรียม	16
20. หน้าจอเมนูย่อยอุปกรณ์การวิเคราะห์ฟอสฟอรัส	17
21. หน้าจอเข้าสู่เนื้อหาวิธีการปฏิบัติของการวิเคราะห์ฟอสฟอรัส	17
22. หน้าจอเข้าสู่เนื้อหาการคำนวณและการบันทึกผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัส	18
23. หน้าจอเมนูย่อยการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสโดยวิธี Spectrophotometry	18
24. หน้าจอเมนูย่อยการวิเคราะห์ค่าพลังงาน	19
25. หน้าจอเข้าสู่เนื้อหาหลักการการวิเคราะห์ค่าพลังงาน	19
26. หน้าจอเข้าสู่เนื้อหาสารเคมีของการวิเคราะห์ค่าพลังงาน	20
27. หน้าจอเมนูย่อยอุปกรณ์ของการวิเคราะห์ค่าพลังงาน	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ หน้า

28. หน้าจอเข้าสู่เนื้อหาวิธีการปฏิบัติของการวิเคราะห์ค่าพลังงาน 21
29. หน้าจอการคำนวณการวิเคราะห์ค่าพลังงาน 21
30. หน้าจอแสดงการยืนยันการออกจากโปรแกรม 22
31. หน้าจอแสดงรายชื่อผู้จัดทำ 22
32. หน้าจอแสดงส่งท้ายก่อนออกจากโปรแกรม 23
33. กราฟมาตรฐานฟอสฟอรัส (standard curve) 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำเสนอวิธีการวิเคราะห์แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงานในอาหารสัตว์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

The Use of Computer Program for Calcium Phosphorus and Gross Energy Analysis in Feedstuffs Presentation

คำนำ

การเลี้ยงสัตว์เศรษฐกิจ อาหารเป็นวัตถุดิบสำคัญในการช่วยให้สัตว์มีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต ถือเป็นต้นทุนหลักในอุตสาหกรรม เพราะอาหารคิดเป็นต้นทุนการผลิตกว่า 70% แต่อาหารเลี้ยงสัตว์ก็มีคุณภาพแตกต่างกันไป สัตว์แต่ละชนิดก็มีความต้องการโภชนะต่างกัน การพิจารณาถึงคุณค่าทางโภชนาการอาหารสัตว์จึงเข้ามามีบทบาทสำคัญ เพื่อให้สัตว์ได้รับพลังงานและโภชนะต่างๆ อย่างเหมาะสม นำไปสู่การได้ผลผลิตตามที่คาดหวัง

การวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบอาหารสัตว์นั้น เป็นวิธีที่สะดวกและทันสมัย วิธีในทางปฏิบัติซึ่งเป็นที่นิยมคือ วิธีการวิเคราะห์ทางเคมีโดยประมาณ ที่ช่วยให้ทราบถึงคุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้ประกอบอาหารได้เหมาะสมกับความต้องการของสัตว์เลี้ยงแต่ละชนิดอย่างมีประสิทธิภาพ

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆ และได้นำมาประยุกต์ใช้กับการจัดทำสื่อการเรียนการสอน การจัดทำสื่อการเรียนการสอนโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยให้ผู้ที่สนใจวิธีการวิเคราะห์อาหารสัตว์เข้าใจหลักการ และสามารถฝึกปฏิบัติตามรูปภาพได้อย่างถูกต้อง โดยโปรแกรมนี้จะมีเนื้อหารายละเอียด พร้อมทั้งภาพการปฏิบัติจริงทุกขั้นตอน จึงเป็นประโยชน์กับผู้สนใจศึกษาได้เป็นอย่างดี ช่วยให้การวิเคราะห์อาหารสัตว์ได้ผลถูกต้องและแม่นยำ อีกทั้งข้อมูลได้ถูกบันทึกลงในซีดีรอม จึงทำให้สะดวกต่อการพกพา และง่ายต่อการเผยแพร่สู่ที่ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้ทราบถึงความสำคัญของคุณค่าทางโภชนาการของอาหารสัตว์
2. เพื่อการเรียนรู้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารสัตว์โดยวิธีวิเคราะห์ทางเคมี ได้แก่ การวิเคราะห์แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงานในอาหารสัตว์
3. เพื่อเป็นการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนให้มีความเหมาะสม และทำการเผยแพร่ได้กว้างไกล
4. เพื่อให้ผู้สนใจเรียนรู้วิธีการวิเคราะห์อาหารสัตว์ที่ถูกต้อง และปลอดภัย นำไปสู่การผสมอาหารสัตว์ได้ตรงตามความต้องการของสัตว์

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาเรียนรู้คุณสมบัติต่างๆ ของโปรแกรม Authoware เพื่อให้ทราบถึงขอบเขต ความสารมารถของโปรแกรม ขั้นตอนการดำเนินงาน การสร้างชิ้นงาน เครื่องมือและอุปกรณ์ประกอบต่างๆ เพื่อการปรับใช้ได้ในโปรแกรม
2. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ทำการเรียบเรียงข้อมูลให้เป็นลำดับก่อนหลัง เพื่อความสะดวกในการนำไปสร้างชิ้นงานในโปรแกรม
3. นำข้อมูลที่ได้เรียบเรียงไว้ มาวางโครงงานทำเป็น out line
4. ถ่ายภาพเครื่องมือ อุปกรณ์ และวิธีการปฏิบัติในการวิเคราะห์ พร้อมทั้งรวบรวมรูปภาพจากหนังสือ Catologe นำไปสแกนด้วยเครื่องสแกนเนอร์ แล้วบันทึกเก็บไว้ในรูปไฟล์ .JPG เพื่อให้ไฟล์มีขนาดเล็กลง
5. ตัดแต่งรูปภาพ ให้ได้ขนาดและมีสีสันด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop
6. ออกแบบโครงสร้างชิ้นงานด้วยโปรแกรม Authorware ในรูปของ flowchart
7. หา background รูปภาพตกแต่ง และปุ่ม จาก Internet
8. ลงมือสร้างชิ้นงานในโปรแกรม Authorware ตาม flowchart ที่ออกแบบไว้ พร้อมทั้งเพิ่มเสียงดนตรี เสียงคลิกปุ่มประกอบ
9. ทำการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม และแก้ไขให้ถูกต้อง
10. จัดการ Package โปรแกรมโดยเปลี่ยนนามสกุลเป็น .EXE เพื่อทำให้โปรแกรมสามารถทำงานได้เอง และไม่สามารถเปลี่ยนแปลงชิ้นงานได้
11. บันทึกแฟ้มข้อมูลทั้งหมดด้วยเครื่องบันทึกข้อมูลลงแผ่นซีดีรอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. ตรวจสอบการติดตั้งโปรแกรมจากแผ่นซีดีรอม และทดสอบการทำงานของโปรแกรม

ระบบที่ต้องการ

เครื่องที่ใช้สร้างสรรค์งาน Authorware เวอร์ชั่น 5.2

- ซีพียู ควรจะเป็น Pentuim Processor 300 MHz ขึ้นไป
- หน่วยความจำ (RAM) 64 MB ขึ้นไป (แนะนำ 128 MB)
- ระบบปฏิบัติการ Windows98, 2000, Windows NT 4.0 และ Windows Me
- CD-ROM 36X ขึ้นไป สำหรับติดตั้งโปรแกรม
- มีที่ว่างในฮาร์ดดิสก์ 25 MB ขึ้นไป
- การ์ดแสดงผล 640x480, 256-Colour display
- สนับสนุน AVI and Quick Time for Windows
- ระบบเสียงควรเป็น Sound Blaster หรือ คอมแพทิเบิล พร้อมลำโพง

เครื่องที่ใช้แสดงงาน Authorware เวอร์ชั่น 5.2

- ซีพียู Pentium Processor 300 MHz ขึ้นไป
- หน่วยความจำ (RAM) 60 MB ขึ้นไป (แนะนำควรมี 128 MB หรือมากกว่า
- ระบบปฏิบัติการ Windows98, 2000, Windows NT 4.0 และ Windows Me

ขั้นตอนการเปิดใช้โปรแกรม

1. เนื่องจากโปรแกรมได้เขียน Autorun ไว้ เมื่อนำแผ่นซีดีเข้าเครื่อง โปรแกรมจะทำงานทันที โดยอัตโนมัติ รอสักครู่ ให้ CD-ROM อ่านโปรแกรม
2. ถ้า Autorun ไม่ทำงาน ให้เข้าไปที่ My Computer แล้วคลิกที่ไดร์ฟ ที่เครื่องเล่นซีดีอยู่
3. เมื่อพบไฟล์ที่ชื่อ CaP.EXE ทำการดับเบิ้ลคลิกไฟล์ดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานโปรแกรม

เมื่อเริ่มเข้าสู่โปรแกรม จะได้ยินเสียงดนตรีพร้อมกับภาพปรากฏขึ้น จากนั้นจะปรากฏกรอบและตัวหนังสือกล่าวต้อนรับเข้าสู่โปรแกรมช่วยสอนดังภาพที่ 1 และต่อจากนั้นจะบอกชื่อโปรแกรมนี้คือ วิธีการวิเคราะห์แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงานในอาหารสัตว์ดังภาพที่ 2 รอประมาณ 3 วินาที หรือคลิกเมาส์ 1 ครั้ง ก็จะเข้าสู่หน้าเมนูหลักของโปรแกรมดังภาพที่ 3 การเข้าสู่เนื้อหาที่ต้องการศึกษาทำได้โดยการเลื่อนลูกศรของเมาส์ชี้ไปที่ปุ่มหัวข้อนั้นๆ แล้วคลิกเมาส์ 1 ครั้ง (ข้อสังเกต เมื่อลูกศรชี้ที่ปุ่มจะเปลี่ยนเป็นรูปมือ) ถ้าต้องการออกจากโปรแกรมจากหน้าเมนูหลักใช้เมาส์คลิกปุ่มเหนือข้อความ "ออกจากโปรแกรม" ตัวอย่างในการศึกษาเนื้อหาต่างๆ มีดังนี้

1. บทนำ เมื่อต้องการศึกษาเนื้อหาบทนำให้นำเมาส์ไปคลิกที่ปุ่มหน้าหัวข้อ บทนำ 1 ครั้งในหน้าเมนูหลัก จะปรากฏดังภาพที่ 4 ซึ่งเป็นเนื้อหาของบทนำ ถ้าต้องการที่จะดูเนื้อหาทั้งหมดให้ใช้เมาส์คลิกที่ปุ่มเหนือข้อความ "หน้าต่อไป" เพื่อไปยังหน้าต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 5 หรือถ้าต้องการกลับไปที่หน้าที่ผ่านมา ก็นำเมาส์ไปคลิกที่ปุ่มเหนือข้อความ "หน้าถัดมา" การกลับเข้าสู่เมนูหลักจากเนื้อหาบทนำ ให้คลิกเมาส์ที่ปุ่มเหนือข้อความ "กลับเมนูหลัก" หรือถ้าต้องการออกจากโปรแกรม ให้คลิกเมาส์ที่ปุ่มเหนือข้อความ "ออกจากโปรแกรม"

2. ข้อแนะนำในการใช้ห้องปฏิบัติการ เมื่อต้องการศึกษาเนื้อ หาของข้อแนะนำในการใช้ห้องปฏิบัติการ สามารถทำได้เช่นเดียวกับข้อ 1 จะปรากฏดังภาพที่ 6 ซึ่งเป็นเมนูย่อยข้อแนะนำในการใช้ห้องปฏิบัติการ จะประกอบไปด้วยหัวข้อย่อย ดังนี้คือ ข้อแนะนำในการใช้ห้องปฏิบัติการ ข้อควรระวังทั่วไป ข้อควรระวังในการใช้เครื่องแก้ว ข้อควรระวังในการใช้กรดและด่างเข้มข้น ข้อควรระวังทั่วๆ ไปในการใช้กรดและด่างเข้มข้น ข้อควรระวังเกี่ยวกับไฟ การใช้สารเคมีอย่างอื่น เมื่อต้องการศึกษาหัวข้อใดให้นำเมาส์ไปคลิกที่ปุ่มหน้าหัวข้อนั้น ก็จะปรากฏเนื้อหาของหัวข้อนั้นๆ ขึ้นมา เช่น ถ้าต้องการศึกษาหัวข้อข้อควรระวังทั่วไป ให้คลิกเมาส์ที่ปุ่มหน้าหัวข้อ จะปรากฏดังภาพที่ 7 ซึ่งเป็นการเข้าสู่เนื้อหาข้อควรระวังทั่วไป จากหน้าเนื้อหาในภาพนี้ เพื่อดูเนื้อหาต่อไปทั้งหมดคลิกที่ปุ่มเหนือข้อความ "หน้าต่อไป" หรือ"หน้าถัดมา" เพื่อกลับไปยังหน้าที่ผ่านมา ถ้าต้องการกลับเมนูย่อยข้อแนะนำในการใช้ห้องปฏิบัติการ (ภาพที่ 6) ให้คลิกเมาส์ที่ปุ่มเหนือข้อความ "กลับเมนู" หรือถ้าต้องการกลับสู่เมนูหลัก หรือออกจากโปรแกรม ทำได้เช่นเดียวกับที่กล่าวไว้ในข้อที่ 1 ในหน้าจอเมนูย่อยข้อแนะนำในการใช้ห้องปฏิบัติการ จะมีปุ่มเหนือข้อความ "ออกจากโปรแกรม" และ "กลับเมนูหลัก" จึงสามารถกลับเมนูหลัก หรือออกจากโปรแกรมจากหน้าเมนูย่อยได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การวิเคราะห์แคลเซียม เมื่อสนใจศึกษาเนื้อหาของการวิเคราะห์แคลเซียมสามารถเข้าสู่เนื้อหาของเรื่องนี้ได้โดยวิธีเดียวกับข้อ 1 จะปรากฏดังภาพที่ 8 ซึ่งเป็นเมนูย่อยการวิเคราะห์แคลเซียม อันประกอบด้วยหัวข้อดังนี้ หลักการ การวิเคราะห์แคลเซียม และการวิเคราะห์แคลเซียมโดยวิธี Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) เมื่อต้องการศึกษาที่หัวข้อใดให้นำเมาส์ไปคลิกที่ปุ่มหน้าหัวข้อนั้น ๆ เช่นเดียวกับข้อที่ 1 เช่น ถ้าคลิกปุ่มหน้าหัวข้อหลักการ จะเข้าสู่เนื้อหาของหลักการจะปรากฏดังภาพที่ 9 ถ้าต้องการกลับเมนูย่อยการวิเคราะห์แคลเซียม (ภาพที่ 8) ให้ใช้เมาส์คลิกปุ่มเหนือข้อความ "กลับเมนู" การกลับสู่เมนูหลัก และออกจากโปรแกรมสามารถทำได้ตามที่กล่าวไว้ในข้อ 1 ถ้าคลิกเมาส์ที่ปุ่มหน้าหัวข้อการวิเคราะห์แคลเซียม จะปรากฏเมนูย่อยการวิเคราะห์แคลเซียมดังภาพที่ 10 ซึ่งจะมีหัวข้อให้ศึกษาดังนี้คือ สารเคมีและวิธีการเตรียม อุปกรณ์ วิธีการปฏิบัติ และการคำนวณและการบันทึกผล หากสนใจศึกษาหัวข้อใดให้นำเมาส์ไปคลิกที่ปุ่มหน้าหัวข้อนั้น ก็จะปรากฏเนื้อหาของแต่ละหัวข้อขึ้นมา ในหน้าของเนื้อหาถ้าคลิกเมาส์ที่ปุ่มเหนือข้อความ "กลับเมนู" จะกลับเข้าสู่เมนูย่อยการวิเคราะห์แคลเซียม (ภาพที่ 10) ส่วนปุ่มอื่นๆ ในหน้าเนื้อหามีการทำงานเหมือนที่กล่าวไว้ในข้อ 1 จากเมนูย่อยการวิเคราะห์แคลเซียม ในเนื้อหาบางหัวข้อจะมีเมนูย่อยลงไปอีกได้แก่ หัวข้ออุปกรณ์ และหัวข้อวิธีการปฏิบัติ เมื่อนำเมาส์ไปคลิกที่ปุ่มหน้าหัวข้ออุปกรณ์จะปรากฏดังภาพที่ 11 โดยจะมีปุ่มให้คลิกอยู่หน้าชื่ออุปกรณ์นั้นๆ และเมื่อนำเมาส์คลิกที่ปุ่มหน้าชื่ออุปกรณ์ Beaker จะปรากฏดังภาพที่ 12 คลิกปุ่มปิดเพื่อปิดหน้าจอนี้ ก็จะกลับเข้าสู่หน้าเมนูย่อยอุปกรณ์ (ภาพที่ 11) ในหัวข้อวิธีการปฏิบัติก็เช่นกัน จะมีปุ่มให้คลิกเพื่อดูภาพประกอบคำอธิบายดังภาพที่ 13 เมื่อใช้เมาส์คลิกปุ่มรูปภาพที่ 1 ของภาพที่ 13 จะปรากฏดังภาพที่ 14 คลิกที่ปุ่มปิดเพื่อออกมาสู่หน้าเดิม (ภาพที่ 13) ถ้าสนใจศึกษาการวิเคราะห์แคลเซียมโดยวิธี Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) ให้นำเมาส์ไปคลิกที่ปุ่มหน้าหัวข้อนี้ ในเมนูการวิเคราะห์แคลเซียม (ภาพที่ 8) จะปรากฏดังภาพที่ 15 ซึ่งเป็นเมนูย่อยการวิเคราะห์แคลเซียมโดยวิธี AAS และมีหัวข้อให้ศึกษาดังนี้คือ หลักการ การย่อยตัวอย่าง วิธีการวิเคราะห์แคลเซียม และรูปภาพเครื่อง AAS การใช้งานของโปรแกรมก็เหมือนดังที่กล่าวไว้แล้วข้างต้น กล่าวคือหากสนใจศึกษาหัวข้อใดให้นำเมาส์คลิกที่ปุ่มหน้าหัวข้อนั้น เช่น คลิกเมาส์ที่ปุ่มหน้าหัวข้อหลักการจะปรากฏดังภาพที่ 16 การกลับสู่เมนูการวิเคราะห์แคลเซียมโดยวิธี AAS ให้คลิกเมาส์ที่ปุ่มเหนือข้อความ "กลับเมนู" ในหน้าเนื้อหา (ภาพที่ 16) ส่วนปุ่มอื่นมีหลักการใช้งานเหมือนที่กล่าวข้างต้น ในหน้าเมนูย่อยการวิเคราะห์แคลเซียม (ภาพที่ 10) และเมนูย่อยการวิเคราะห์แคลเซียมโดยวิธี AAS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ภาพที่ 16) จะมีปุ่ม 3 ปุ่มคือ ออกจากโปรแกรม กลับเมนูหลัก และกลับเมนู Ca ถ้าคลิกเมาส์ที่ปุ่มเหนือข้อความ "กลับเมนู Ca" จะกลับไปสู่หน้าเมนูการวิเคราะห์แคลเซียม (ภาพที่ 8)

4. การวิเคราะห์ฟอสฟอรัส เมื่อสนใจศึกษาเนื้อหาของการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสให้นำเมาส์ไปคลิกที่ปุ่มหน้าหัวข้อการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสในหน้าเมนูหลัก (ภาพที่ 3) จะปรากฏเมนูย่อยการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสดังภาพที่ 17 ประกอบด้วยหัวข้อดังนี้คือ หลักการ การวิเคราะห์ฟอสฟอรัส และการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสโดยวิธี Spectrophotometry เมื่อสนใจเรื่องใดให้คลิกเมาส์ที่ปุ่มหน้าหัวข้อนั้นๆ ในรายละเอียดโครงสร้างโปรแกรมแต่ละหน้าจะคล้ายกับการวิเคราะห์แคลเซียมในข้อ 3 ดังนั้นจึงมีการใช้งานต่างๆ เหมือนกัน เช่น ถ้าคลิกที่ปุ่มหน้าหัวข้อการวิเคราะห์ฟอสฟอรัส จะปรากฏดังภาพที่ 18 ซึ่งเป็นเมนูย่อยการวิเคราะห์ฟอสฟอรัส มีหัวข้อให้ศึกษาดังนี้คือ สารเคมีและวิธีการเตรียม อุปกรณ์ วิธีการปฏิบัติ และ การคำนวณและการบันทึกผล ในหน้าเนื้อหาของแต่ละหัวข้อย่อย อันได้แก่ หน้าเนื้อหาสารเคมีและวิธีการเตรียมดังภาพที่ 19 หน้าเนื้อหาอุปกรณ์ดังภาพที่ 20 หน้าเนื้อหาวิธีการปฏิบัติดังภาพที่ 21 และเนื้อหาการคำนวณและการบันทึกผลดังภาพที่ 22 ปุ่มเหนือข้อความ "กลับเมนู" เมื่อคลิกปุ่มนี้จะกลับสู่เมนูย่อยการวิเคราะห์ฟอสฟอรัส (ภาพที่ 18) หรือถ้าคลิกเมาส์ที่ปุ่มหน้าหัวข้อการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสโดยวิธี Spectrophotometry จะปรากฏภาพเมนูย่อยการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสโดยวิธี Spectrophotometry ดังภาพที่ 23 ประกอบด้วยหัวข้อที่น่าสนใจดังนี้คือ บทนำ สารเคมี อุปกรณ์ วิธีการปฏิบัติ และการคำนวณ หากสนใจศึกษาหัวข้อใดก็คลิกเมาส์ที่ปุ่มหน้าหัวข้อนั้น ซึ่งการมีการใช้งานเหมือนดังที่กล่าวไว้แล้วข้างต้นในหน้าเมนูย่อยการวิเคราะห์ฟอสฟอรัส (ภาพที่ 18) และเมนูย่อยการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสโดยวิธี Spectrophotometry (ภาพที่ 23) ถ้าคลิกปุ่มเหนือข้อความ "กลับเมนู P" จะกลับสู่เมนูการวิเคราะห์ฟอสฟอรัส (ภาพที่ 17)

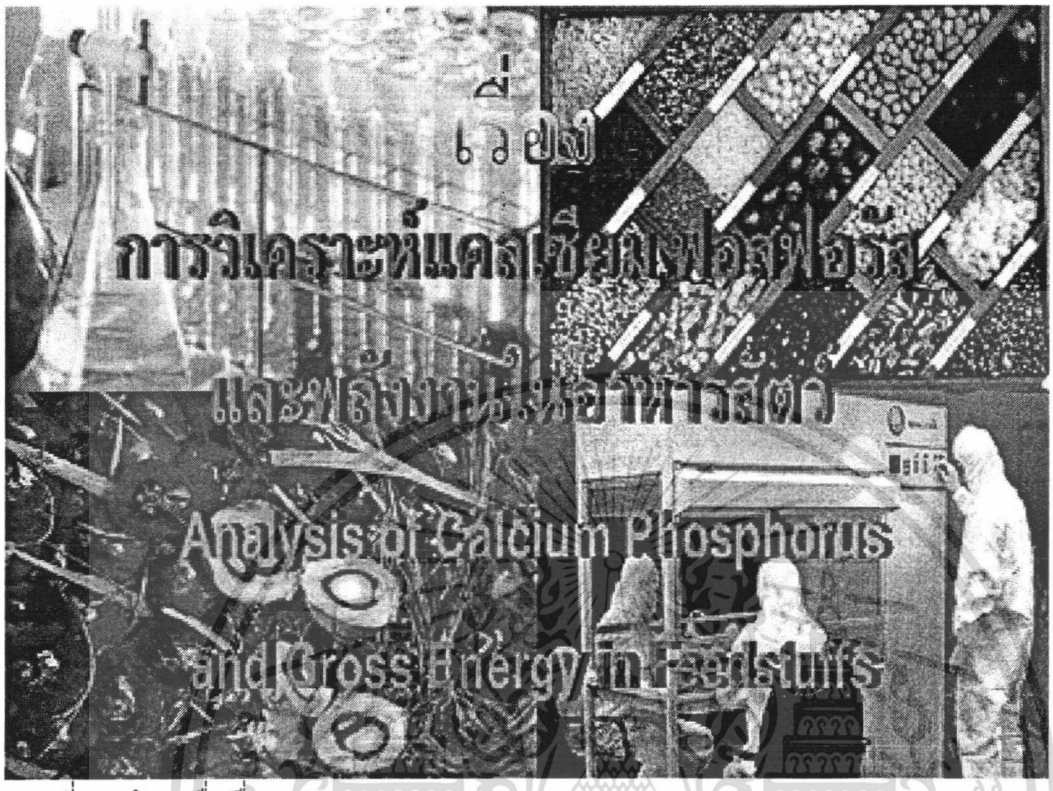
5. การวิเคราะห์ค่าพลังงาน (Gross energy) เมื่อสนใจศึกษาการวิเคราะห์ค่าพลังงานให้คลิกที่ปุ่มหน้าหัวข้อการวิเคราะห์พลังงาน ในหน้าเมนูหลัก (ภาพที่ 3) จะเข้าสู่เมนูย่อยการวิเคราะห์พลังงานดังภาพที่ 24 ซึ่งประกอบไปด้วยหัวข้อ หลักการ สารเคมี อุปกรณ์ วิธีการปฏิบัติ และการคำนวณ เนื่องจากโครงสร้างโปรแกรมโดยทั่วไปเหมือนกับการวิเคราะห์แคลเซียมในข้อ 2 จึงมีการใช้งานเหมือนๆ กัน ในหน้าเนื้อหาทุกๆ หน้าของแต่ละหัวข้อในเมนูย่อยการวิเคราะห์พลังงาน (ภาพที่ 24) อันได้แก่ เนื้อหาหลักการดังภาพที่ 25 เนื้อหาสารเคมีดังภาพที่ 26 เนื้อหาอุปกรณ์ดังภาพที่ 27 เนื้อหาวิธีการปฏิบัติดังภาพที่ 28 และเนื้อหาวิธีการคำนวณดังรูปภาพที่ 29 ที่ปุ่มเหนือข้อความ "กลับเมนู" เมื่อคลิกปุ่มนี้จะกลับสู่เมนูย่อยการวิเคราะห์พลังงาน (ภาพที่ 24) ส่วนที่นอกเหนือจากนี้จะมีการใช้งานเช่นเดียวกับข้อที่ผ่านมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การออกจากโปรแกรม ในแต่ละหน้าทั้งหน้าเมนูหลัก (ภาพที่ 3) เมนูย่อย และในหน้าเนื้อหา จะมีปุ่มออกจากโปรแกรม ถ้าต้องการออกจากโปรแกรมให้ใช้เมาส์คลิกปุ่มเหนือข้อความ "ออกจากโปรแกรม" ในหน้านั้นๆ จากนั้นจะปรากฏหน้าจอให้ยืนยันการออกจากโปรแกรมดังภาพที่ 30 ถ้าต้องการออกจากโปรแกรมให้คลิกเมาส์ที่ปุ่ม YES ก็จะปรากฏหน้าจอแสดงรายชื่อผู้จัดทำดังภาพที่ 31 รอประมาณ 10 วินาทีหรือคลิกเมาส์ 1 ครั้ง จะออกไปสู่หน้าต่อไปดังภาพที่ 32 ซึ่งเป็นหน้าส่งท้าย รอประมาณ 5 วินาทีหรือคลิกเมาส์ 1 ครั้ง ก็จะหลุดออกจากโปรแกรม แต่ถ้าหากต้องการกลับเข้าสู่โปรแกรมอีกครั้งให้ใช้เมาส์คลิกที่ปุ่ม NO โปรแกรมจะกลับไปสู่หน้าจอของเมนูหลักอีกครั้ง (ภาพที่ 3)

ภาพที่ 1 หน้าจอกล่าวทักทายก่อนเข้าสู่โปรแกรม

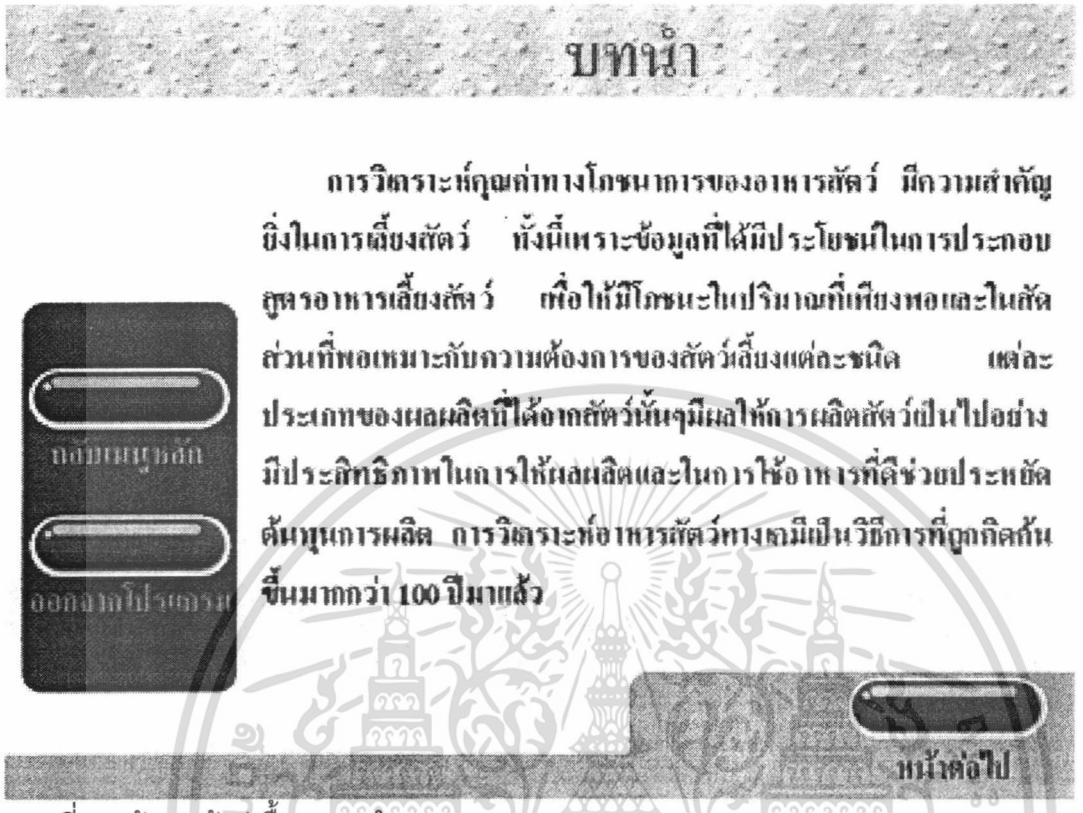
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



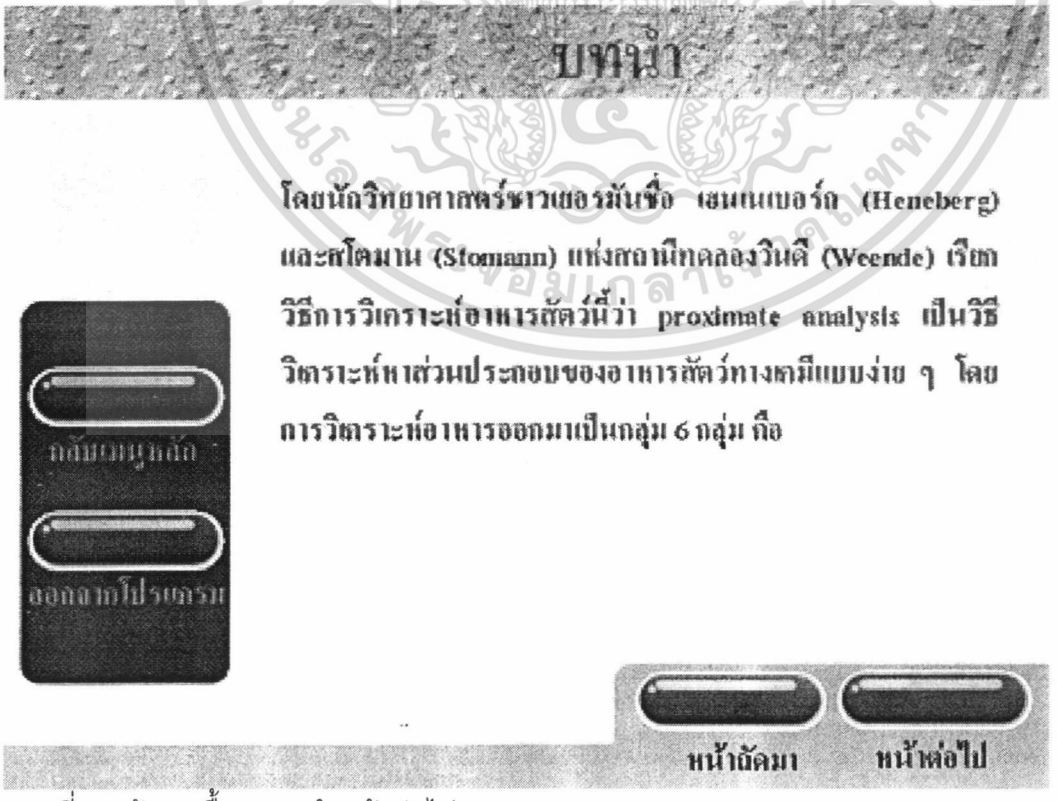
ภาพที่ 2 หน้าจอชื่อเรื่อง

ภาพที่ 3 หน้าจอเมนูหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

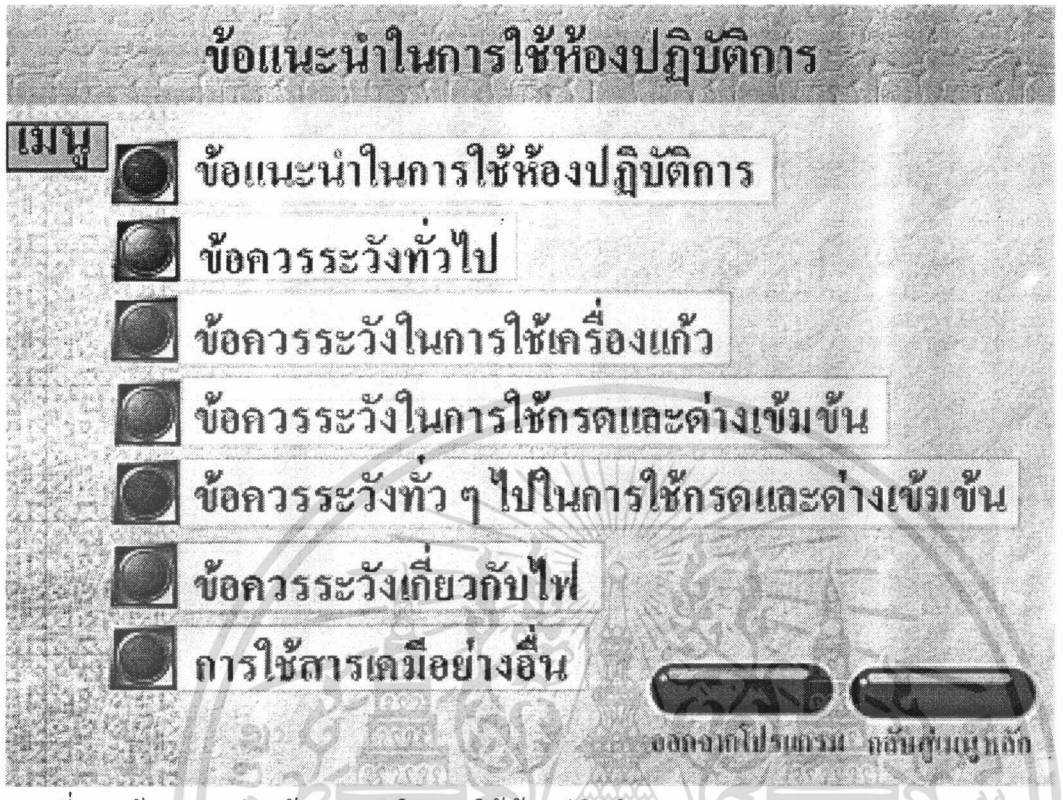


ภาพที่ 4 หน้าจอเข้าสู่เนื้อหาบทนำ

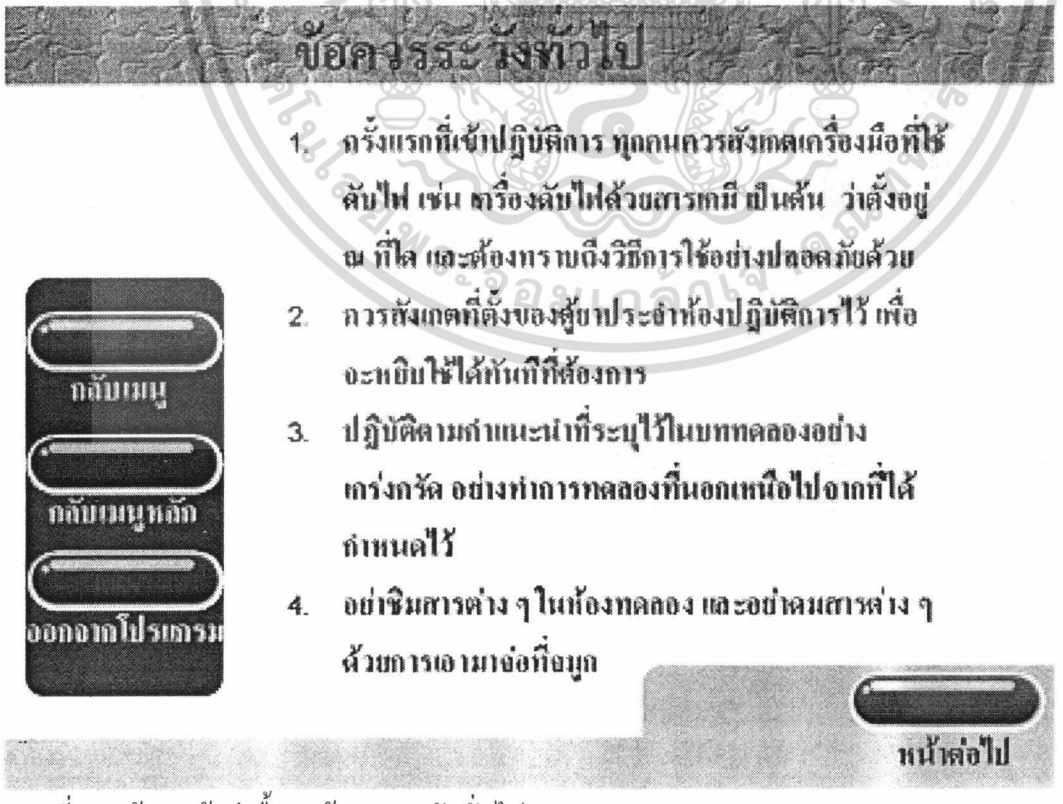


ภาพที่ 5 หน้าจอเนื้อหาบทนำหน้าต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



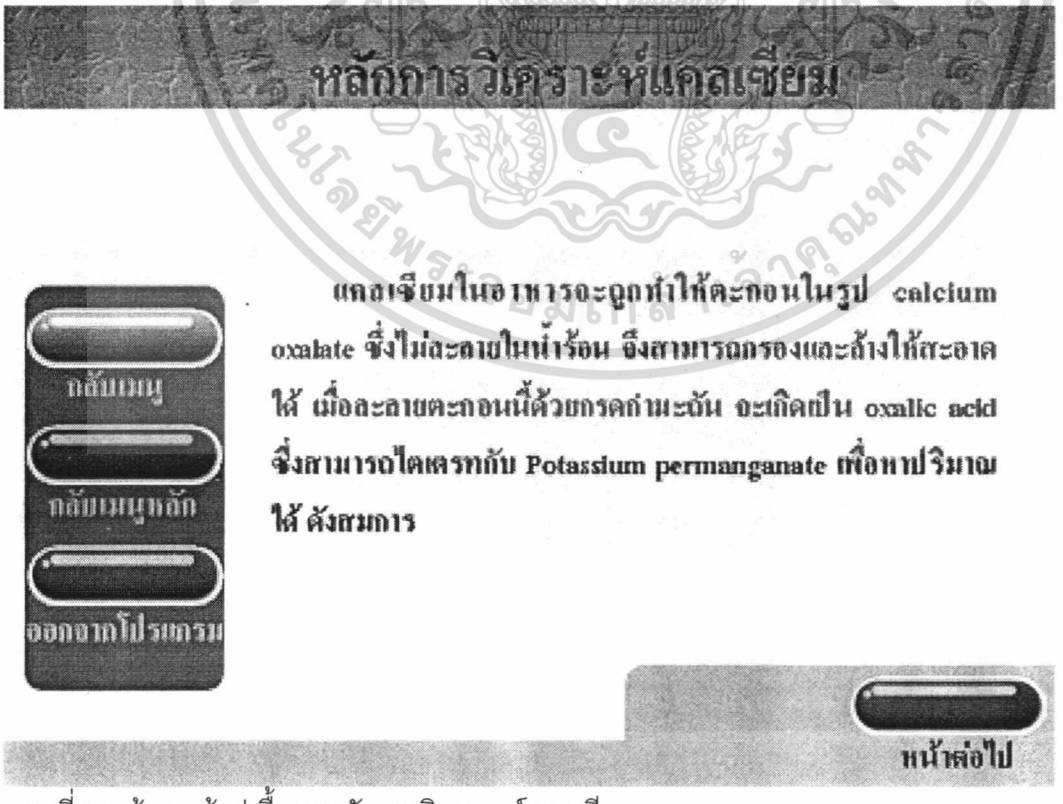
ภาพที่ 6 หน้าจอเมนูย่อยข้อแนะนำในการใช้ห้องปฏิบัติการ



ภาพที่ 7 หน้าจอเข้าสู่เนื้อหาข้อควรระวังทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

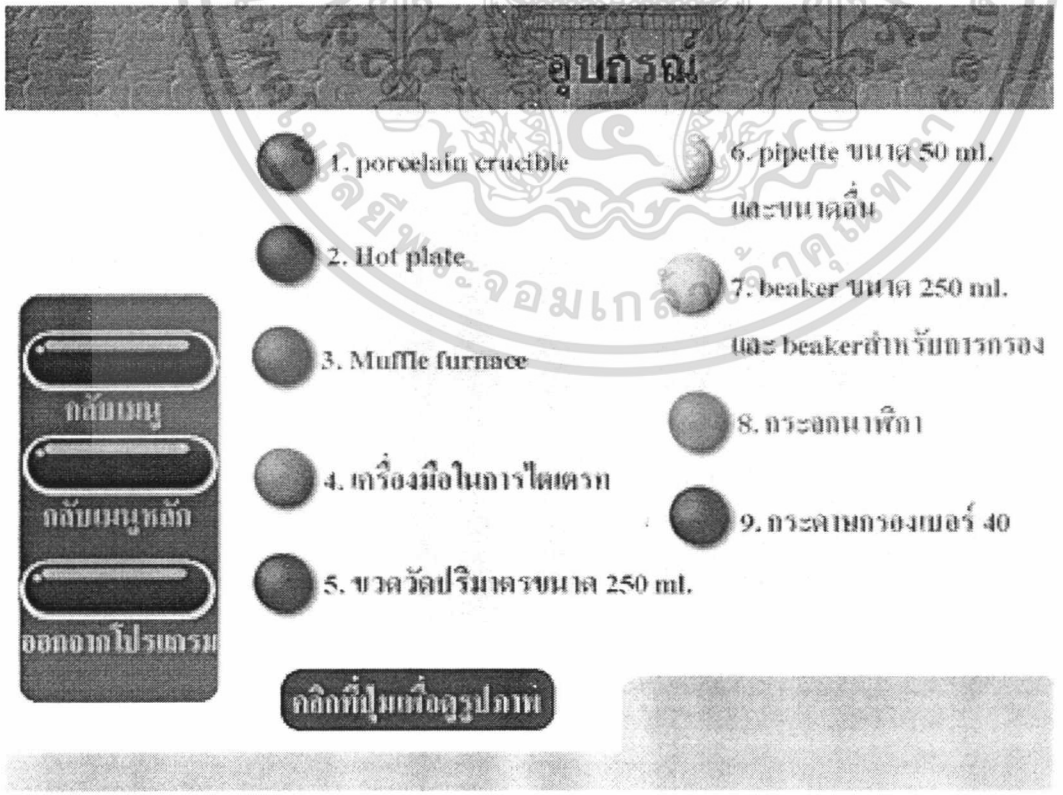
ภาพที่ 8 หน้าจอเมนูย่อยการวิเคราะห์แคลเซียม



ภาพที่ 9 หน้าจอเข้าสู่เนื้อหาหลักการวิเคราะห์แคลเซียม

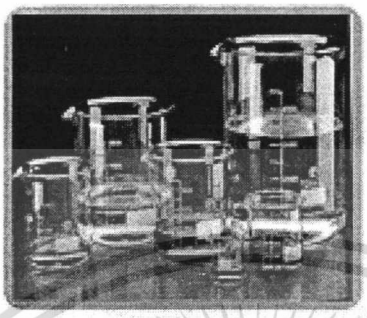
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 10 หน้าจอเมนูย่อยการวิเคราะห์แคลเซียม



ภาพที่ 11 หน้าจอเมนูย่อยอุปกรณ์ในการวิเคราะห์แคลเซียม

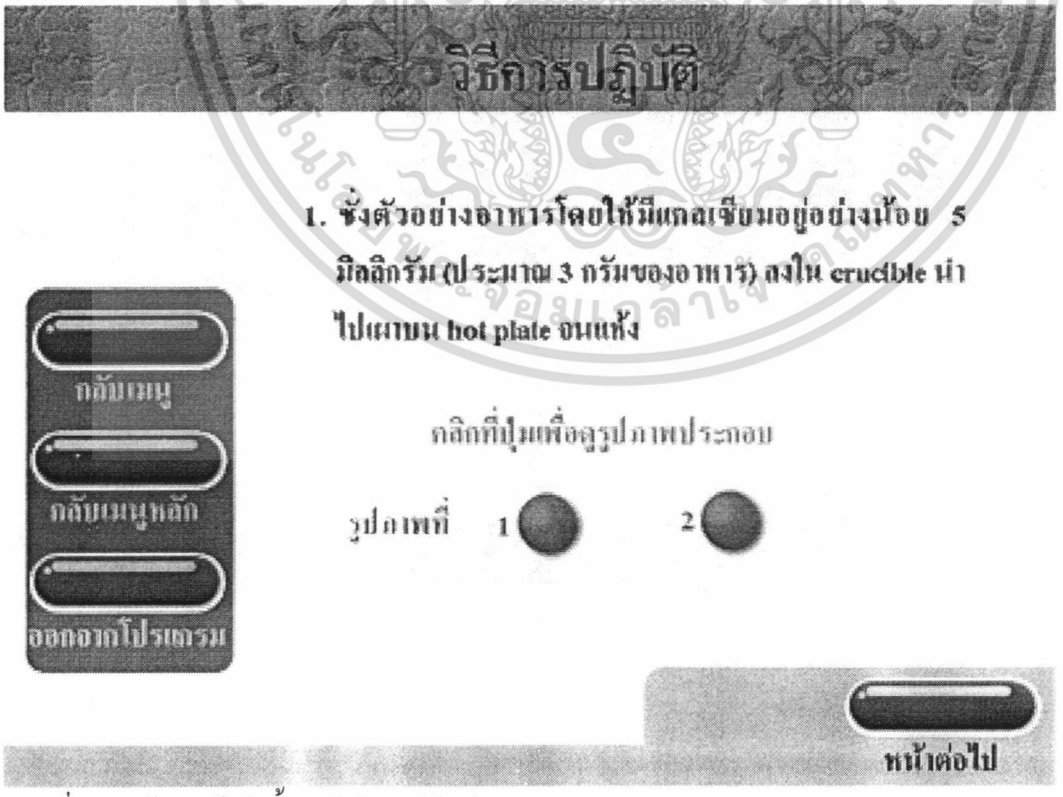
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Beaker

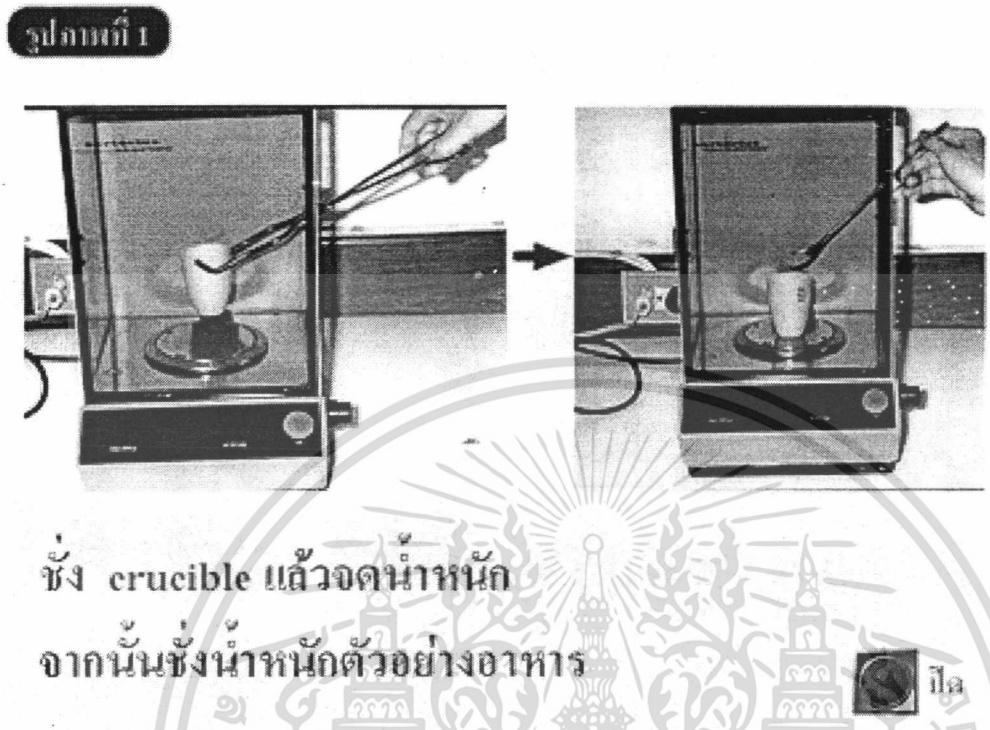
ปิด

ภาพที่ 12 หน้าจอภาพอุปกรณ์



ภาพที่ 13 หน้าจอเข้าสู่เนื้อหาวิธีการปฏิบัติ

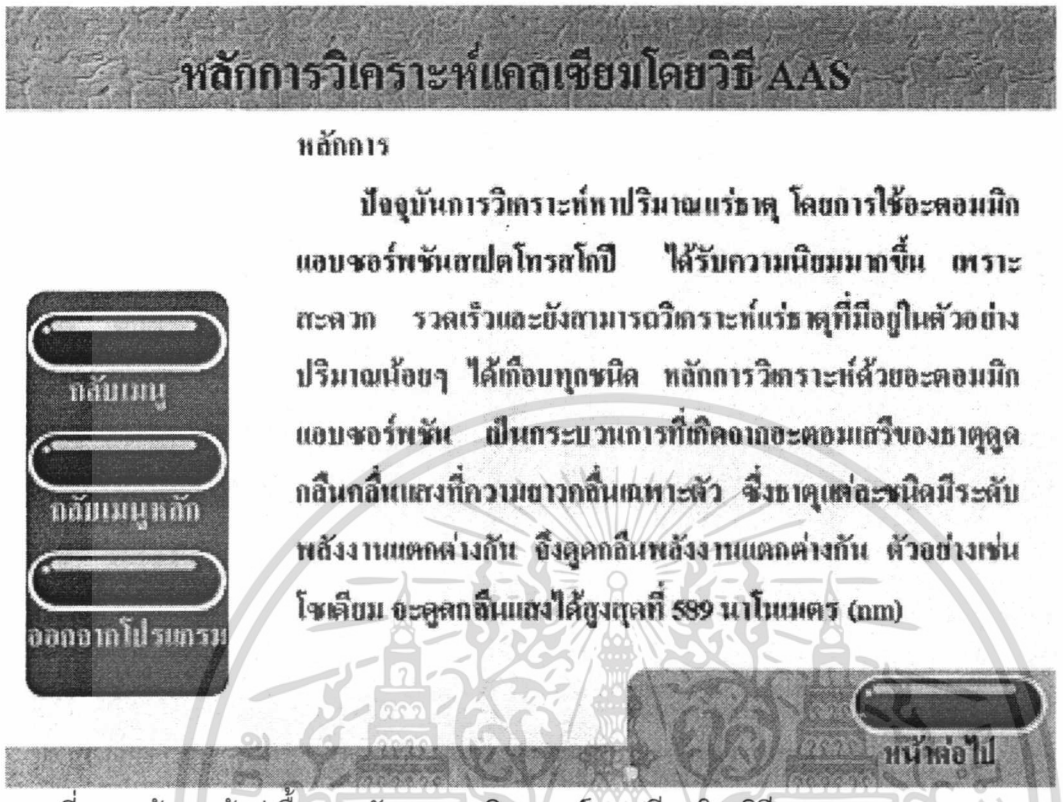
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 14 หน้าจอแสดงรูปภาพประกอบคำบรรยายของวิธีการปฏิบัติ

ภาพที่ 15 หน้าจอเมนูย่อยการวิเคราะห์แคลเซียมโดยวิธี Atomic Absorption Spectroscopy

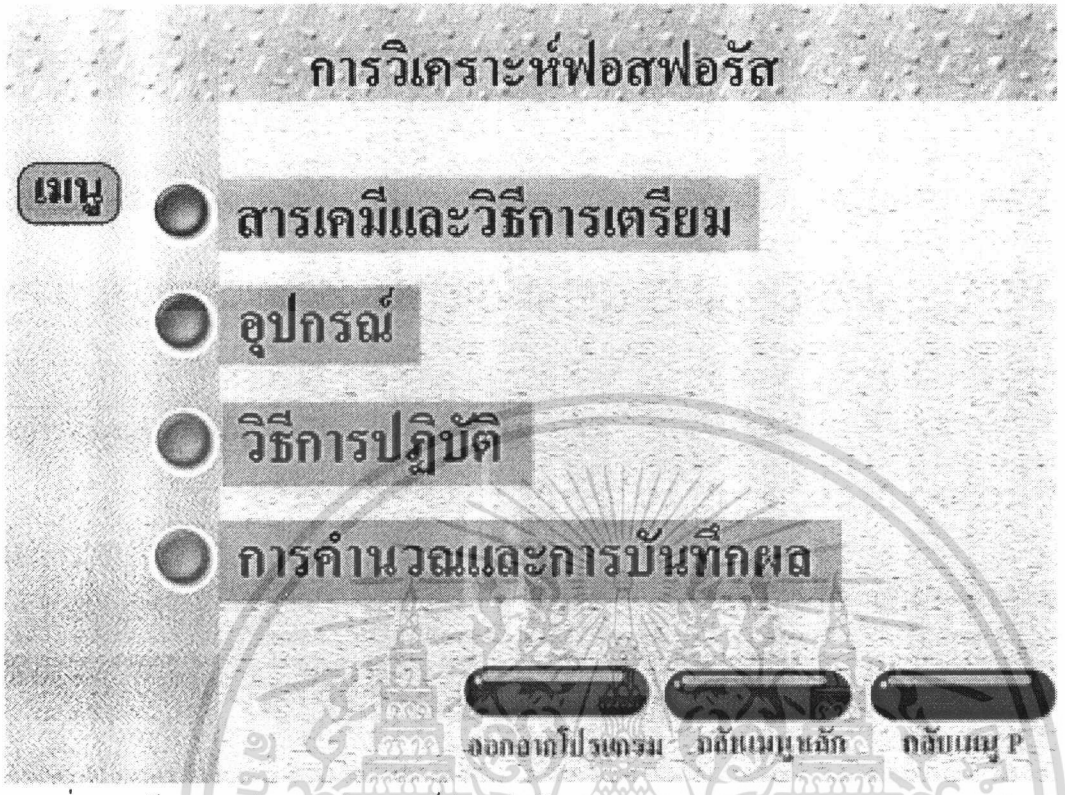
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



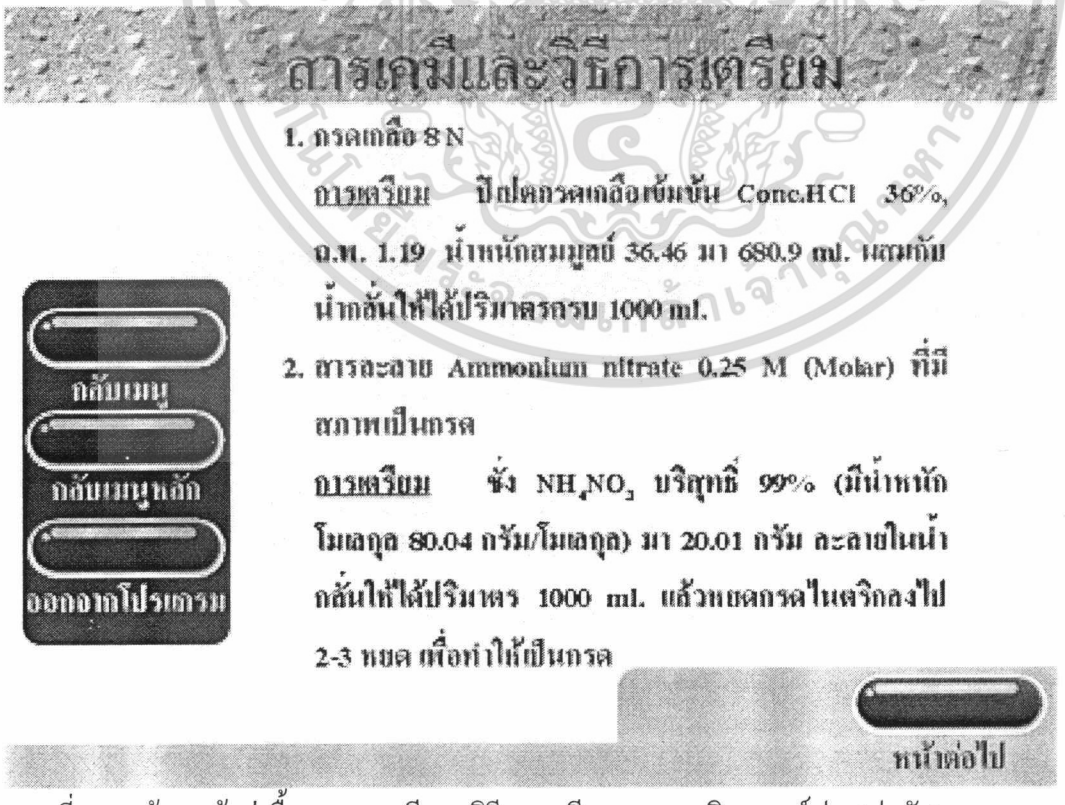
ภาพที่ 16 หน้าจอเข้าสู่เนื้อหาหลักการการวิเคราะห์แคลเซียมโดยวิธี AAS

ภาพที่ 17 หน้าจอเมนูย่อยการวิเคราะห์ฟอสฟอรัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



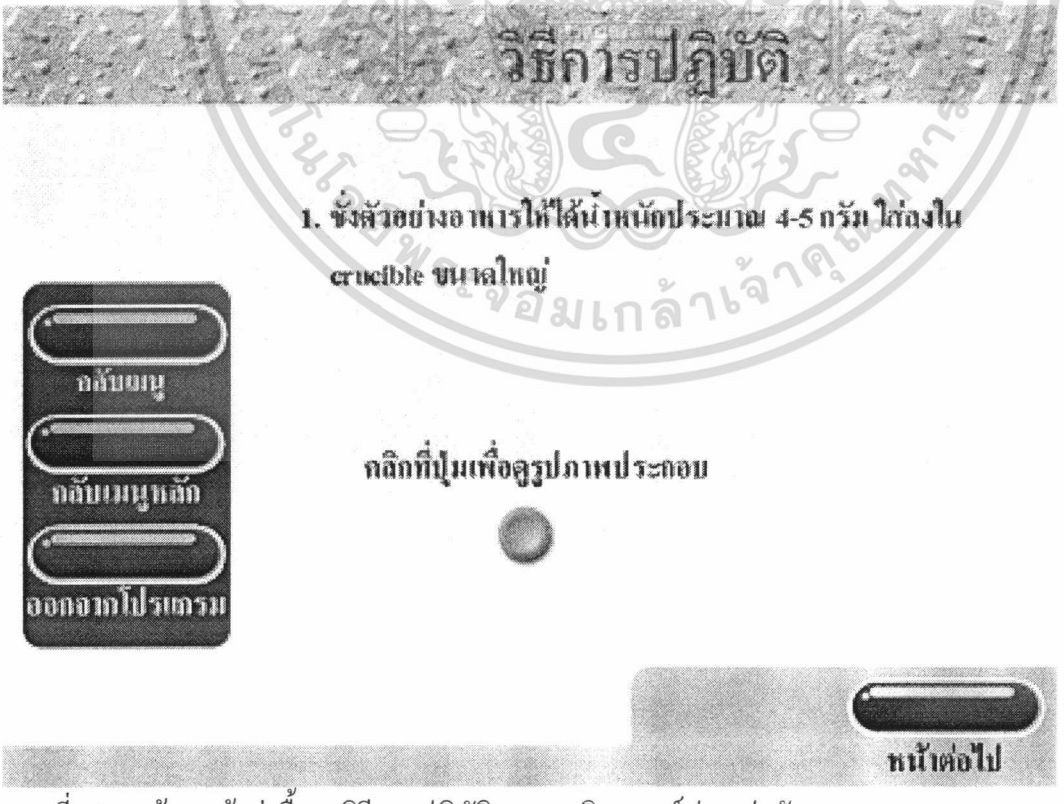
ภาพที่ 18 หน้าจอเมนูย่อยการวิเคราะห์ฟอสฟอรัส



ภาพที่ 19 หน้าจอเข้าสู่เนื้อหาสารเคมีและวิธีการเตรียมของการวิเคราะห์ฟอสฟอรัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

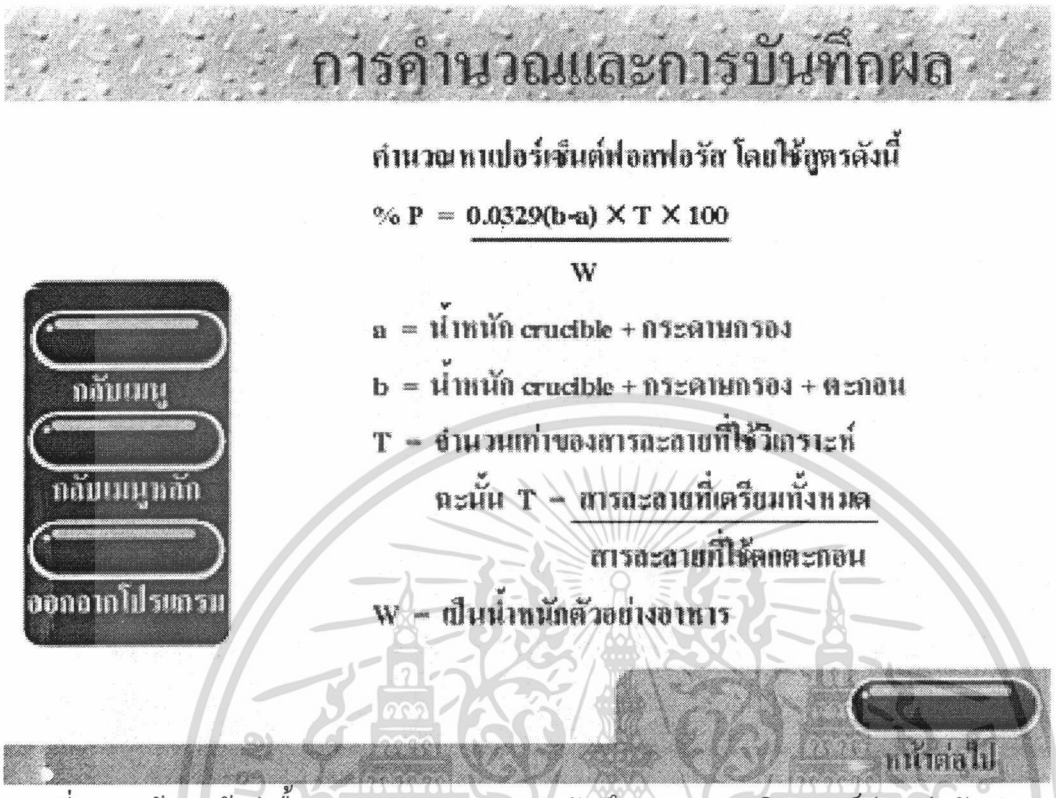
ภาพที่ 20 หน้าจอเมนูย่อยอุปกรณ์การวิเคราะห์ฟอสฟอรัส



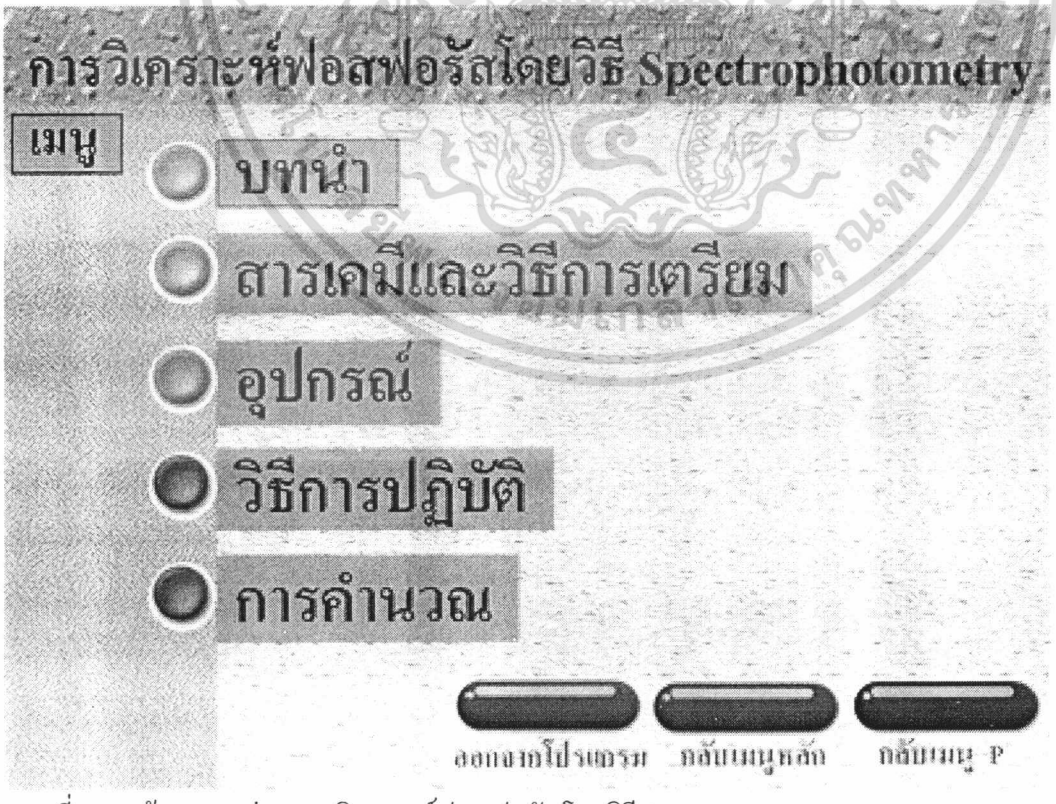
ภาพที่ 21 หน้าจอเข้าสู่เนื้อหาวิธีการปฏิบัติของการวิเคราะห์ฟอสฟอรัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

100694



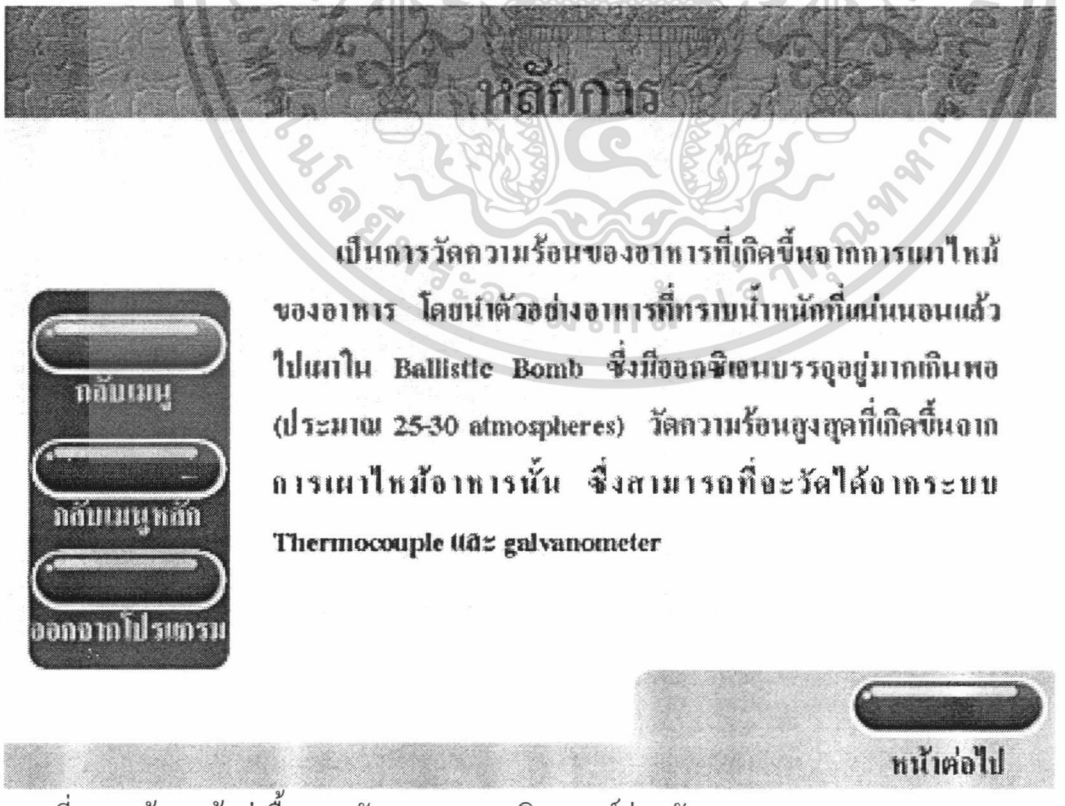
ภาพที่ 22 หน้าจอเข้าสู่เนื้อหาการคำนวณและการบันทึกผลของการวิเคราะห์ฟอสฟอรัส



ภาพที่ 23 หน้าจอเมนูย่อยการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสโดยวิธี Spectrophotometry

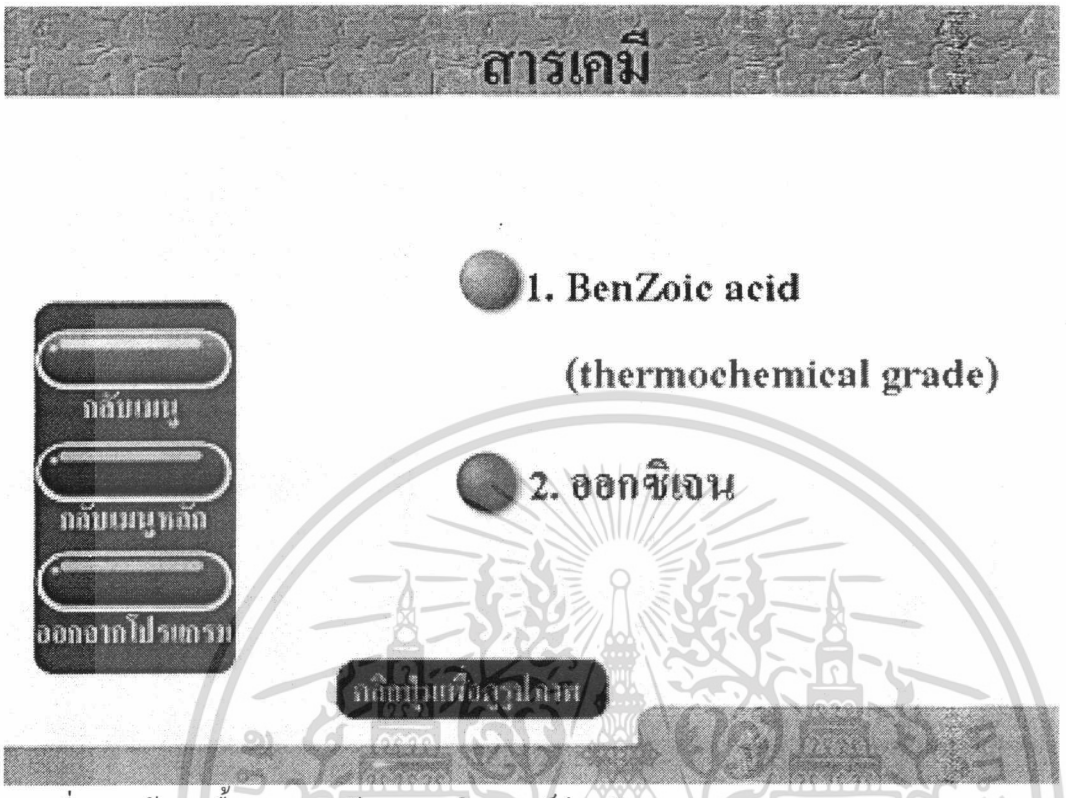
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 24 หน้าจอเมนูย่อยการวิเคราะห์ค่าพลังงาน

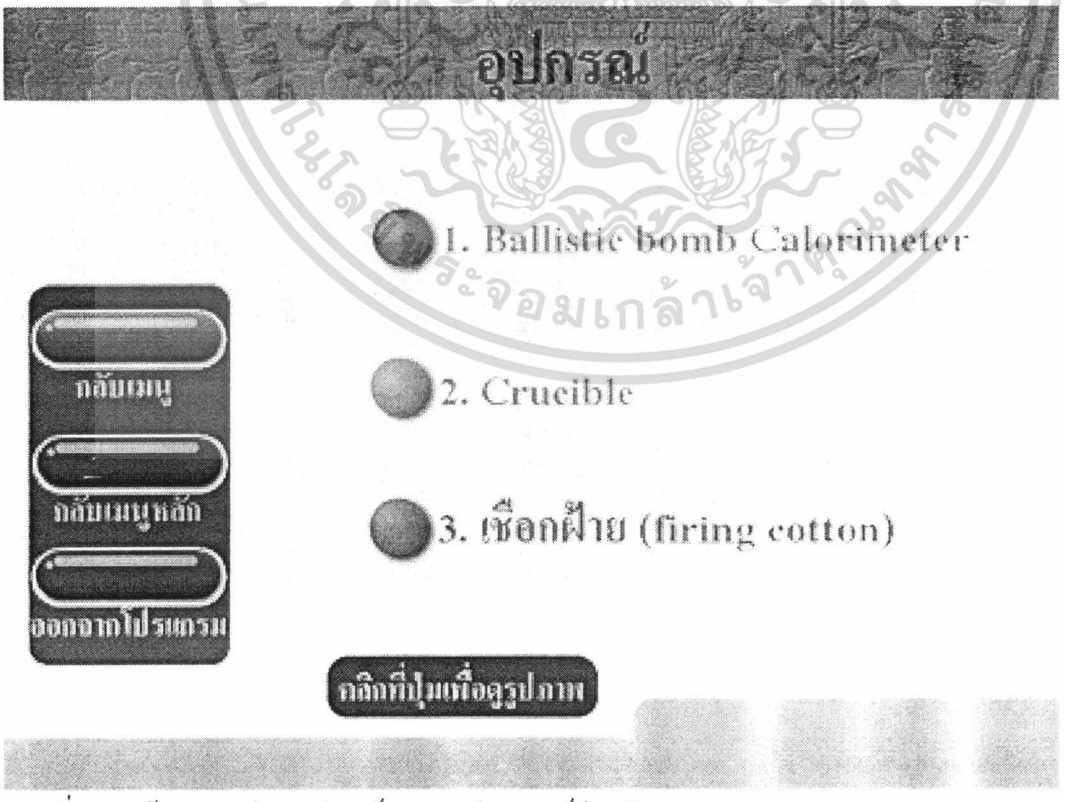


ภาพที่ 25 หน้าจอเข้าสู่เนื้อหาหลักการของการวิเคราะห์ค่าพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



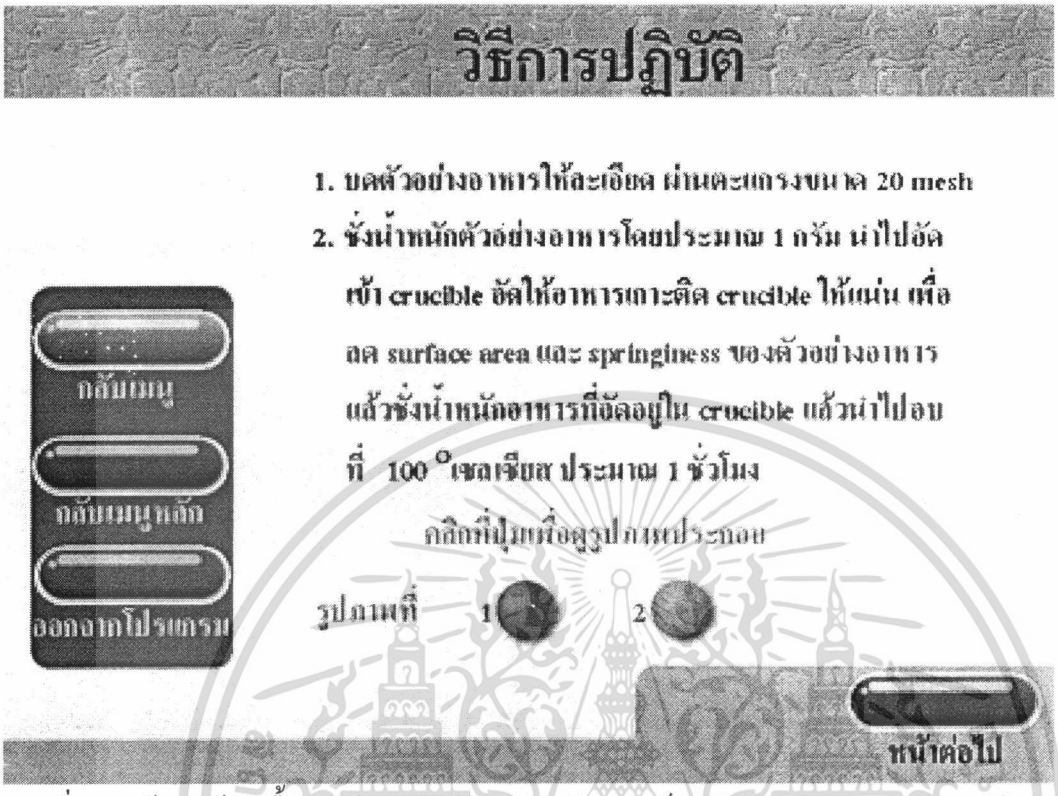
ภาพที่ 26 หน้าจอเนื้อหาสารเคมีของการวิเคราะห์ค่าพลังงาน



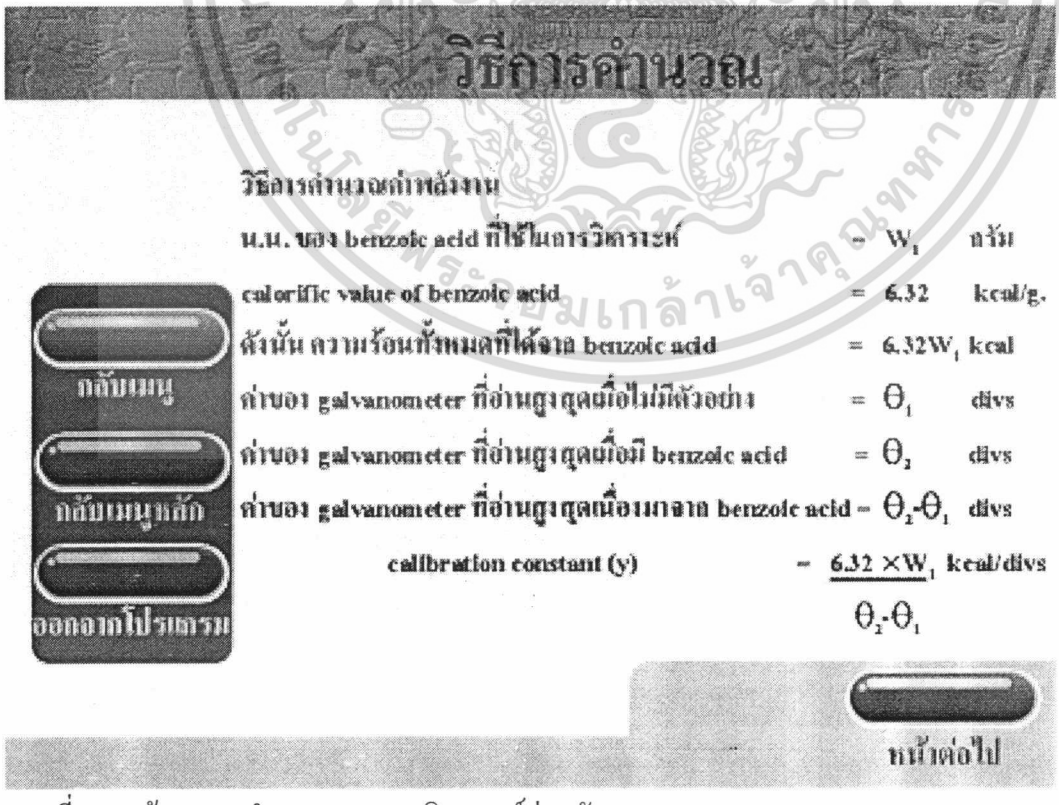
ภาพที่ 27 หน้าจอเมนูย่อยอุปกรณ์ของการวิเคราะห์ค่าพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18531



ภาพที่ 28 หน้าจอเข้าสู่เนื้อหาวิธีการปฏิบัติของการวิเคราะห์ค่าพลังงาน

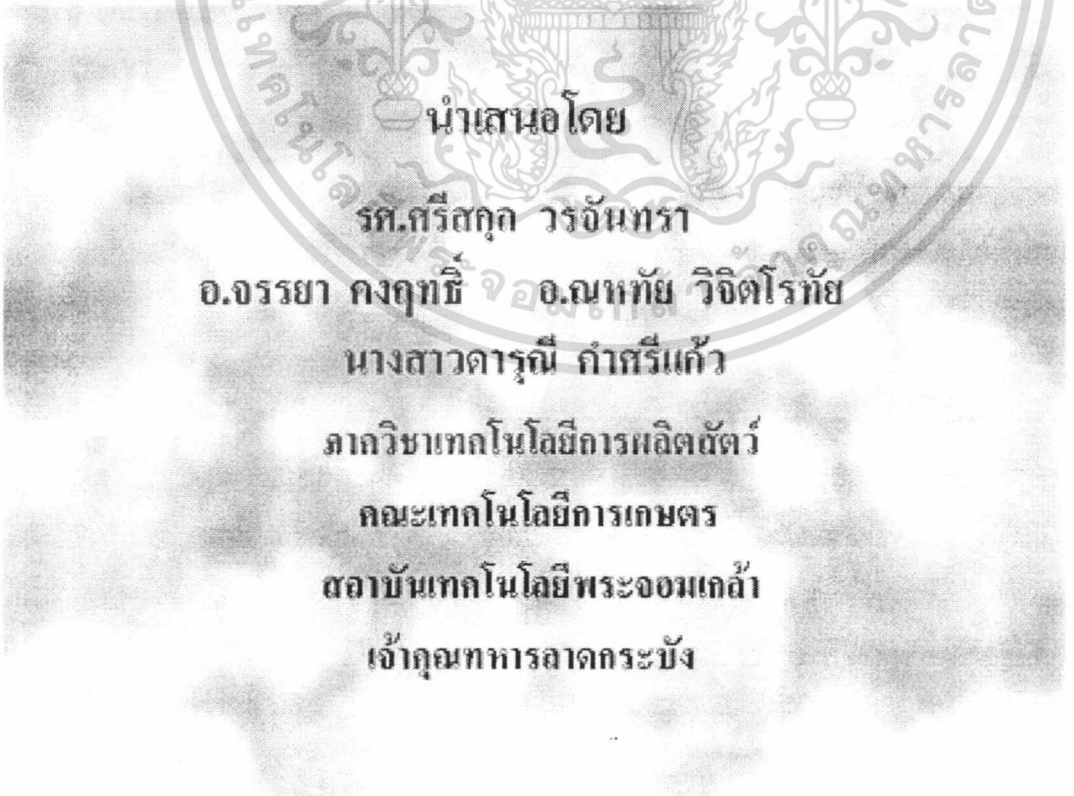


ภาพที่ 29 หน้าจอการคำนวณของการวิเคราะห์ค่าพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

ภาพที่ 30 หน้าจอแสดงการยืนยันการออกจากโปรแกรม



ภาพที่ 31 หน้าจอแสดงรายชื่อผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 32 หน้าจอส่งท้ายก่อนออกจากโปรแกรม

ผลการดำเนินงาน

โปรแกรมที่ได้นำเสนอนี้เป็นเนื้อหาเกี่ยวกับการวิเคราะห์แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงานในอาหารสัตว์ ภายในโปรแกรมเป็นการนำเสนอด้วยภาพและเสียงจากโปรแกรม Authoware 5.2 จะมีภาพประกอบเป็นลำดับขั้นตอนชัดเจน โดยเนื้อหาจะมีรายละเอียดดังนี้

บทนำ

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของอาการสัตว์ มีความสำคัญยิ่งในการเลี้ยงสัตว์ ทั้งนี้เพราะข้อมูลที่ได้มีประโยชน์ในการประกอบสูตรอาหารเลี้ยงสัตว์ เพื่อให้มีโภชนะในปริมาณที่เพียงพอและในสัดส่วนที่พอเหมาะกับความต้องการของสัตว์เลี้ยงแต่ละชนิด แต่ละประเภทของผลผลิตที่ได้จากสัตว์นั้น ๆ มีผลให้การผลิตสัตว์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตและในการใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารที่ดีช่วยประหยัดต้นทุนการผลิต การวิเคราะห์อาหารสัตว์ทางเคมีเป็นวิธีการที่ถูกคิดค้นขึ้นมากกว่า 100 ปีมาแล้ว โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันชื่อ เฮนเนเบอร์ก (Heneberg) และสโตมาน (Stomann) แห่งสถานีทดลองวินดี (Weende) เรียกวิธีการวิเคราะห์อาหารสัตว์นี้ว่า proximate analysis เป็นวิธีวิเคราะห์หาส่วนประกอบของอาหารสัตว์ทางเคมีแบบง่าย ๆ โดยการวิเคราะห์อาหารออกมาเป็นกลุ่ม 6 กลุ่ม คือ

1. ความชื้น (Moisture or water)
2. เถ้า (Ash or Mineral matter)
3. โปรตีน (Crude protein)
4. ไขมัน (Ether extract or Crude fat)
5. เยื่อใย (Crude fiber)
6. ไนโตรเจนฟรีแอกซ์แทรก (Nitrogen-free extract)

ตัวเลขที่แสดงส่วนประกอบหรือคุณค่าทางโภชนาการของอาหารสัตว์ที่ใช้กันอยู่ทุกวันนี้มีรากฐานมาจากวิธีการนี้ทั้งสิ้น เพราะเป็นวิธีการวิเคราะห์อย่างง่าย ๆ เหมาะสมสำหรับการปฏิบัติในการผลิตสัตว์เป็นการค้าได้รับความนิยมและการยอมรับจากนักอาหารสัตว์ ในปัจจุบันจึงมีการดัดแปลงแก้ไขกรรมวิธีการวิเคราะห์แบบนี้ให้ดีขึ้นเรื่อย ๆ เพื่อให้ง่าย สะดวก ทุ่นทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย แผนผังการวิเคราะห์อาหารสัตว์โดยวิธีการ proximate analysis แสดงไว้ในรูปที่ 1

หลักการวิเคราะห์อาหารสัตว์อย่างง่าย ๆ มีดังนี้คือ

1. ความชื้น (Moisture or Water)

ความชื้นในอาหารตรวจหาได้โดยนำอาหารไปอบในตู้อบ ที่อุณหภูมิน้ำเดือด (100-105° เซลเซียส) แล้วชั่งจนได้น้ำหนักคงที่ น้ำหนักที่หายไปเป็นน้ำหนักของความชื้นที่มีอยู่ในอาหาร วิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้ตรวจหาความชื้นในอาหารสัตว์ทั่ว ๆ ไป ส่วนมากได้ผลดี แต่อาจใช้ไม่ได้กับอาหารบางชนิด เช่น หญ้าหมัก ทั้งนี้เนื่องจากมีการสูญเสียของสารที่ระเหยได้ง่ายเช่น กรดไขมันที่ระเหยได้รวมอยู่กับความชื้นด้วย สำหรับน้ำหนักที่เหลืออยู่ก็คือวัตถุแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. **เถ้า** (Ash or Mineral matter)

การวิเคราะห์หาจำนวนเถ้าหรือแร่ธาตุในอาหารวิเคราะห์ได้โดยการนำอาหารไปเผาที่อุณหภูมิสูงๆ (550-600°เซลเซียส) สารอินทรีย์ก็จะถูกเผาไหม้จนกลายเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนที่ยังเหลืออยู่เรียกว่า เถ้า ซึ่งเป็นตัวแทนของอนินทรีย์สารหรือแร่ธาตุที่มีอยู่ในอาหาร แต่ในเถ้านี้ยังมีแร่ธาตุบางอย่างที่ไม่ได้มาจากอนินทรีย์สาร โดยตรงรวมอยู่ด้วย เช่น กำมะถัน และฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นส่วนประกอบของโปรตีนรวมอยู่ในเถ้าด้วย นอกจากนี้ยังมีแร่ธาตุบางอย่างสูญเสียไปในระหว่างการเผาด้วย เช่น โซเดียม โปตัสเซียม ฟอสฟอรัสและกำมะถัน

3. **โปรตีน** (Crude protein)

จำนวนโปรตีนในอาหาร คำนวณได้จากจำนวนไนโตรเจนที่ได้จากการวิเคราะห์ตามกรรมวิธีของ Kjeldahl โดยอาศัยหลักการย่อยอาหารด้วยกรดกำมะถันอย่างเข้มข้น มีผลให้สารประกอบพวกโปรตีนและสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (Non-protein nitrogen) ยกเว้นสารประกอบที่อยู่ในรูป nitrate และ nitrite ถูกเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนียมซัลเฟต แอมโมเนียในแอมโมเนียมซัลเฟตที่ได้นี้จะถูกไล่ออกมาโดยการเติมด่างโซเดียมไฮดร็อกไซด์และแอมโมเนีย จะถูกเก็บในกรดมาตรฐาน ต่อจากนั้นนำกรดนี้ไปไตเตรท (titrate) ด้วยด่างมาตรฐาน เพื่อหาจำนวนกรดที่ทำปฏิกิริยากับแอมโมเนีย แล้วคำนวณหาไนโตรเจนต่อไป เมื่อได้จำนวนไนโตรเจนในอาหารแล้วให้คูณด้วยแฟคเตอร์ 6.25 ก็จะได้ค่าโปรตีน ในการที่ใช้แฟคเตอร์ 6.25 คูณ ทั้งนี้เพราะโปรตีนโดยทั่ว ๆ ไปมีไนโตรเจนอยู่ประมาณ 16 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก จำนวนโปรตีนที่ได้ตามวิธีนี้เป็นโปรตีนรวม (Crude protein) ซึ่งมีทั้งส่วนที่เป็นโปรตีนที่แท้จริง (true protein) และสารประกอบไนโตรเจนอื่น ๆ ที่ไม่ใช่โปรตีน เช่น amino acid, amide ซึ่งมักพบในหญ้าอ่อนหรือหญ้าหมัก

4. **ไขมัน** (Ether extract or Crude fat)

ไขมันในอาหารสัตว์วิเคราะห์ได้โดยใช้ ether เป็นตัวสกัด สารที่ได้จากการสกัดภายหลังที่ได้ระเหย ether ออกหมดแล้วเรียกว่า ether extract ซึ่งมีทั้งไขมันที่แท้จริง (true fat) และสารคล้ายไขมันรวมอยู่ด้วย เช่น waxes, volatile acid, alcohol และ pigment ต่าง ๆ ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ether extract ไม่ได้เป็นตัวแทนของไขมันทั้งหมด 100 เปอร์เซ็นต์

5. **คาร์โบไฮเดรต** (Carbohydrate)

ในการวิเคราะห์อาหารสัตว์ จะแบ่งคาร์โบไฮเดรตออกได้เป็น 2 พวก คือ เยื่อใย และ nitrogen-free extract (NFE.) เยื่อใยวิเคราะห์ได้โดยการนำอาหารที่ได้สกัดไขมันออกแล้วมาต้มกับกรดและด่างอย่างเจือจาง พวกอินทรีย์สารต่าง ๆ เช่น โปรตีน แป้ง น้ำตาล และคาร์โบไฮเดรตบางอย่างก็จะละลายออกมาในกรดและด่าง ส่วนสารอินทรีย์ที่เหลือจากการสกัดยกเว้นพวกเถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

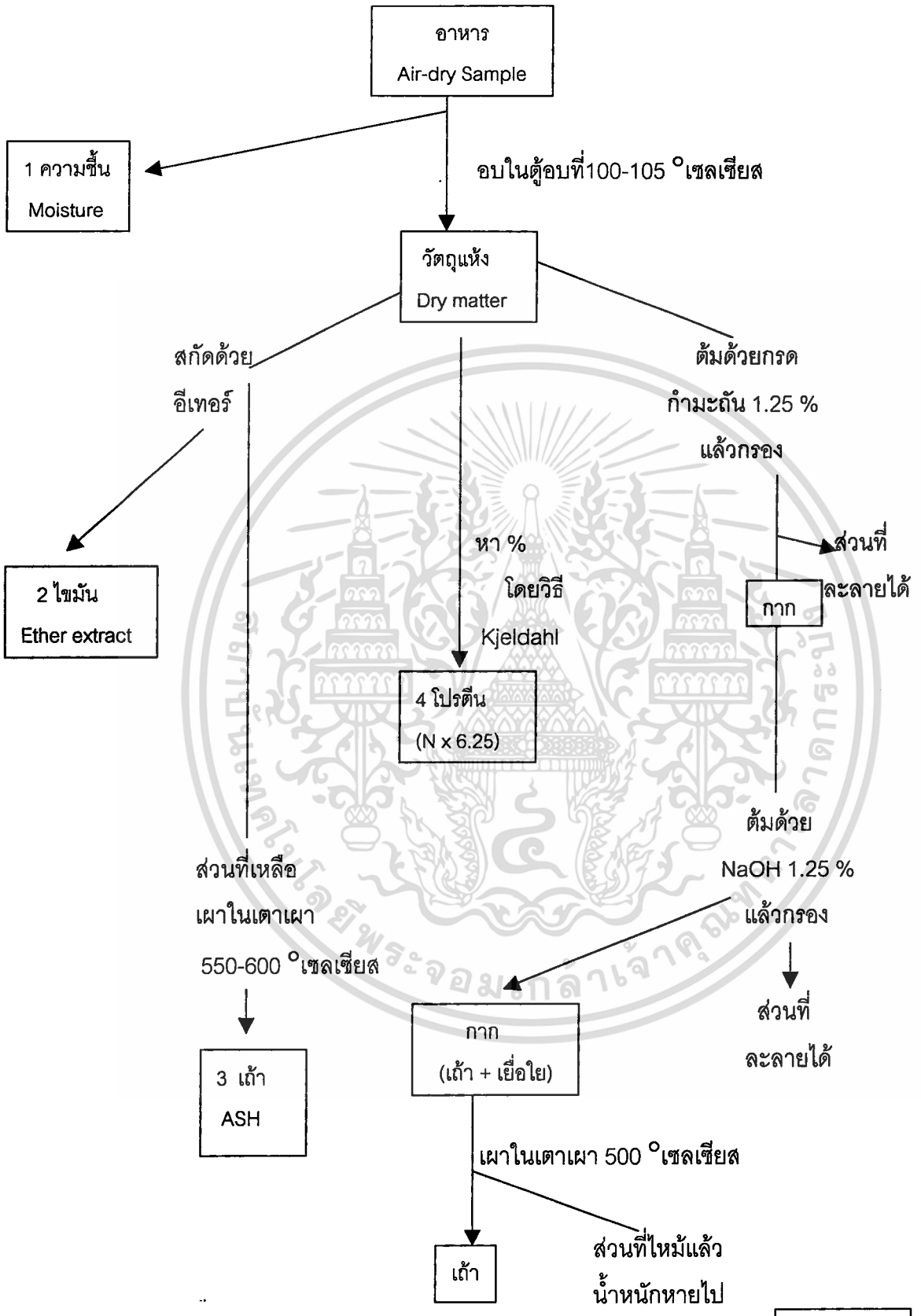
เรียกว่า เยื่อใย ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วย cellulose นอกจากนี้ยังมี hemicellulose และ lignin รวมอยู่บ้างเล็กน้อย

สำหรับ NFE. นั้นหาได้โดยการคำนวณ โดยการเอาเปอร์เซ็นต์ของโภชนะอื่นทั้งหมดที่ได้จากการวิเคราะห์ ได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน และเยื่อใย มารวมกันแล้วหักออกจาก 100 ก็จะได้เปอร์เซ็นต์ของ NFE. ที่มีอยู่ในอาหารสัตว์ซึ่งประกอบไปด้วยอาหารคาร์โบไฮเดรต พวกแป้งและน้ำตาลเป็นส่วนใหญ่และอาจมีสิ่งอื่น ๆ ปนมาด้วยเล็กน้อย เช่น hemicellulose, lignin, fructosane, pectins, organic acid, resins, tannins, pigment, water soluble vitamins ซึ่งพวกนี้ไม่ได้เป็นตัวแทนของอาหารคาร์โบไฮเดรตที่สัตว์ย่อยได้ง่ายอย่างถูกต้องนัก ค่า NFE. จึงไม่ค่อยจะเป็นประโยชน์ในการประกอบสูตรอาหารสัตว์เท่าใดนัก

นอกจากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของอาหารสัตว์ด้วยวิธี proximate analysis แล้วตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาวิธีการและอุปกรณ์การวิเคราะห์อาหารสัตว์ให้ทันสมัย ละเอียด แม่นยำ และรวดเร็วขึ้น ทั้งนี้เพื่องานวิจัยของนักวิทยาศาสตร์ที่ต้องการรู้คุณค่าทางโภชนาการที่แท้จริง และอย่างเที่ยงตรง ตัวอย่างอุปกรณ์การวิเคราะห์ ได้แก่ Nitrogen analysis, Atomic absorption spectrophotometer, Amino acid analyser, Calorimeter, ระบบ Chromatography, Electrophoresis, Microbiological และ Biological assays เป็นต้น อย่างไรก็ตาม วิธีที่ทันสมัยเหล่านี้ค่อนข้างเสียค่าใช้จ่ายสูง

6. ออกสู่เมนูหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 แผนผังแสดงการวิเคราะห์อาหารสัตว์โดยวิธี proximate analysis

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อแนะนำในการใช้ห้องปฏิบัติการ

1 ข้อแนะนำในการใช้ห้องปฏิบัติการ

ในการใช้ห้องปฏิบัติการเพื่อทำการทดลองทางเคมีนั้นต้องมีความระมัดระวัง และใช้ห้องปฏิบัติการให้ถูกวิธีอยู่เสมอ เพราะนอกจากช่วยให้การทำงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็วแล้ว ยังช่วยป้องกันอุบัทวเหตุและอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับผู้ปฏิบัติเองได้ ความเลินเล่อและความสะเพร่ามิใช่ก่อให้เกิดอันตรายเฉพาะผู้กระทำเท่านั้น ยังอาจเป็นอันตรายต่อผู้อื่นที่ทำการทดลองอยู่ใกล้ ๆ อีกด้วย หรืออาจจะได้รับอันตรายกันทั้งหมดก็ได้ ข้อควรปฏิบัติหรือข้อควรระวังที่กล่าวถึงนี้เป็นเพียงสิ่งควรรู้และควรระวังอย่างสังเขป โดยเฉพาะสำหรับการปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์

2 ข้อควรระวังทั่วไป

1. ครั้งแรกที่เข้าปฏิบัติการ ทุกคนควรสังเกตเครื่องมือที่ใช้ดับไฟ เช่น เครื่องดับไฟด้วยสารเคมี เป็นต้น ว่าตั้งอยู่ ณ ที่ใด และต้องทราบถึงวิธีการใช้อย่างปลอดภัยด้วย
2. ควรสังเกตที่ตั้งของตู้ยา ประจำห้องปฏิบัติการไว้ เพื่อจะหยิบใช้ได้ทันทีที่ต้องการ
3. ปฏิบัติตามคำแนะนำที่ระบุไว้ในบททดลองอย่างเคร่งครัด อย่างทำการทดลองที่นอกเหนือไปจากที่ได้กำหนดไว้
4. อย่าชิมสารต่าง ๆ ในห้องทดลอง และอย่าดมสารต่าง ๆ ด้วยการเอามาจ่อที่จมูก
5. ปลดปลั๊กไฟฟ้าทุกครั้งเมื่อใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชนิดเสร็จแล้ว ยกเว้นปลั๊กเครื่องชั่งไฟฟ้า
6. ปิดแก๊สทุกครั้งเมื่อใช้ตะเกียง (burner) เสร็จแล้ว
7. ห้ามใช้บิกเกอร์ หรือเครื่องมือ เครื่องใช้ต่างๆ ในห้องปฏิบัติการใส่อาหารหรือเครื่องดื่ม
8. ห้ามเทสารเคมีที่เหลือใช้แล้วกลับคืนใส่ขวดอีก ฉะนั้นเวลาใช้สารเคมีควรเทในปริมาณที่ต้องการใช้เท่านั้น
9. รีบปิดจุกหรือฝาทันทีเมื่อเทสารเคมีออกจากขวดแล้วอย่าทำจุกหรือฝาหาย
10. ห้ามนำเครื่องใช้ที่เป็นพลาสติกหรือ Polyethylene อบในตู้อบเกิน 40° เซลเซียส อย่างเด็ดขาด เพราะอาจทำให้เครื่องใช้ดังกล่าวละลายหรือกรอบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. ต้องทำงานให้เป็นระเบียบ และรักษาความสะอาด ควรฝึกให้เป็นนิสัย ต้องระลึกอยู่เสมอว่าความสกปรกเป็นต้นเหตุที่ทำให้การทดลองคลาดเคลื่อนและเกิดความไม่ปลอดภัย ข้อที่ควรปฏิบัติและระวังมีดังนี้คือ

11.1 โต๊ะทดลอง อุปกรณ์และเครื่องมือทุกชนิดต้องสะอาด

11.2 ช่วยกันรักษาความสะอาดอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกัน เช่น เครื่องชั่ง ชั้นวางขวด สารเคมี และพื้นโต๊ะทดลองด้วย

11.3 ถ้ามีน้ำหรือสารเคมีหกลงบนพื้นโต๊ะ หรือเครื่องมือให้รีบทำความสะอาดทันที ถ้าจะให้ทำความสะอาดง่าย ควรหาถาดรองเวลาเทสารเคมีหรือสารละลาย

11.4 ล้างมือให้สะอาดทุกครั้งเมื่อสัมผัสกับสารเคมีโดยเฉพาะกรดหรือด่าง หรือหลังจากเสร็จการทดลองแล้ว

11.5 อย่างทิ้งกระดาษกรอง ก้านไม้ขีด หรือของแข็งอื่น ๆ ลงในอ่างน้ำหรือรางน้ำกลางโต๊ะ แต่ให้ทิ้งลงในตะกร้าทิ้งเศษกระดาษหรือถังใส่ขยะ

11.6 ห้ามเทกรดหรือด่างอย่างเข้มข้นลงในอ่างล้างเครื่องแก้วโดยตรงอย่างเด็ดขาด ควรต้องเติมน้ำให้เจือจางเสียก่อนเททิ้ง เมื่อเทสารเคมีดังกล่าวลงในอ่านล้างเครื่องแก้ว ควรเปิดน้ำล้างตามลงไปเพื่อป้องกันการผุกร่อน

11.7 เมื่อทำการทดลองเสร็จแล้ว ต้องรวบรวมเครื่องแก้วทุกชิ้นที่ใช้แล้วไปวางและล้างในอ่างล้างทันที ห้ามวางสุมบนโต๊ะปฏิบัติการเพราะจะทำให้ผู้อื่นที่เข้ามาทำงานต่อไม่สะดวก และต้องทำพื้นโต๊ะที่ทำการทดลองให้สะอาดและแห้งทุกครั้งที่เข้าปฏิบัติการ

12. ศึกษาหลักการและวิธีใช้อุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ อย่างละเอียดก่อนที่จะใช้อุปกรณ์และเครื่องมือนั้น ๆ ควรปฏิบัติตามคำแนะนำจากคู่มืออย่างเคร่งครัด เพื่อใช้ได้อย่างถูกต้อง ปลอดภัย และยังเป็นการยืดอายุการใช้งานอีกด้วย

13. สวมแว่นตานิรภัย ทุกครั้งที่ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ รวมทั้งอุปกรณ์ป้องกันภัยอื่น ๆ ตามความเหมาะสม เช่น ถุงมือ ฉากนิรภัย เป็นต้น

14. ทุกคนต้องใช้ผ้ากันเปื้อนในขณะทำการทดลอง นอกจากใช้เช็ดมือได้แล้ว ยังป้องกันเสื้อถูกกรดหรือด่างอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 ข้อควรระวังในการใช้เครื่องแก้ว

1. เมื่อใช้เสร็จแล้วให้ทำความสะอาดทันที ก่อนที่สิ่งตกค้างจะแห้งและแข็งทำให้ยากต่อการทำความสะอาด ถ้ายังทำความสะอาดไม่ได้ทันที ให้แช่น้ำไว้ก่อน

2. เครื่องแก้วเมื่อตกแตกแล้วต้องนำไปทิ้งในที่ที่ปลอดภัยเสมอ

3. ระวังอย่าให้ความร้อนจากตะเกียงบุนเสน ถูกเฉพาะแห่งของเครื่องแก้วจนร้อนจัดเกินไป เพราะอาจทำให้แตก ควรใช้ตะแกรงลวดทนไฟรองเปลวไฟไว้ก่อน

4. ห้ามวางเครื่องแก้วที่มีก้นเปียกน้ำหรือสารเคมีบนเตาไฟฟ้า หรือ hot plate เพราะอาจทำให้แตกได้

5. ห้ามใช้ความร้อนกับขวดวัดปริมาตร (volumetric flasks) กระบอกตวง (measuring cylinders) และขวดแก้วที่หนา ๆ เพราะทำให้ขีดระบุปริมาตรเปลี่ยนแปลงหรืออาจแตกได้

6. ห้ามเตรียมสารเคมีในขวดหรือกระบอกตวง ควรใช้ beaker หรือขวดวัดปริมาตร

7. ในระหว่างดูดสารเคมีด้วยไปเป็ต ต้องให้ปลายของไปเป็ตอยู่ใต้ระดับของของเหลว และระวังอย่าให้สารเคมีเข้าปาก

8. ห้ามใช้ไปเป็ตดูดของเหลวที่เป็นอันตรายด้วยปาก ควรใช้บิวเร็ต กระบอกตวง หรือลูกยาง หรือเครื่องดูดช่วย

9. ใช้คีมคีบวัตถุที่ร้อน ห้ามใช้มือ

10. ห้ามเทน้ำเย็นหรือสารเคมีลงในฟลาสที่ร้อนจัดหรือจุ่มฟลาสที่ร้อนจัดลงในน้ำ เพื่อให้ฟลาสเย็นอย่างเด็ดขาด เพราะจะทำให้ฟลาสแตกเกิดอันตรายได้ ควรตั้งทิ้งไว้ให้อุ่นเสียก่อนประมาณ 15-20 นาที

11. ห้ามนำเครื่องแก้วที่ไม่ทนไฟเข้าอบในเตาเผา (muffle furnace) เพราะอาจทำให้เครื่องแก้วละลาย และอาจทำให้เตาเผาเสียหายได้

12. ควรระวังเมื่อถือ beaker ขนาดใหญ่ และขวดขนาดใหญ่ให้ถือทั้ง 2 มือ พื้นห้องควร จะแห้งและไม่ลื่น

13. ห้ามวางภาชนะต่าง ๆ ที่เตรียมสารเคมีเอาไว้เกะกะ หรือขัดขวางการปฏิบัติงานของผู้อื่น เพราะอาจจะเกิดอันตรายกับผู้อื่นหรือสูญเสียขึ้นได้ ควรรีบเก็บไว้ให้เป็นระเบียบ

14. ควรล้างเครื่องแก้วให้สะอาดและถูกวิธี ดังนี้

14.1 ล้างด้วยสบู่หรือผงซักฟอก ให้หมดคราบไขหรือสิ่งสกปรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14.2 ล้างสบู่หรือผงซักฟอกออกให้หมดด้วยน้ำสะอาด เพื่อมิให้เปรอะเปื้อนเครื่องแก้วในภายหลัง ผิวแก้วที่สะอาดสังเกตได้จากการเปียกน้ำจะเปียกทั่วกัน หากเปียกเป็นหย่อมแสดงว่าเปื้อนไข หรือสิ่งสกปรก

14.3 ชะเครื่องแก้วด้วยน้ำกลั่น คว่ำไว้ให้สะเด็ดน้ำ

14.4 ทำให้แห้งโดยอบในตู้อบ เมื่อแห้งสนิทแล้วทิ้งให้เย็นเสียก่อนจึงนำไปเก็บในตู้ที่กันฝุ่นได้

4. ข้อควรระวังในการใช้กรดและด่างเข้มข้น

ข้อควรระวังในการผสมหรือใช้กรดและด่าง

1. ห้ามวางฝาขวดที่บรรจุกรดหรือด่างลงบนโต๊ะ ควรถือไว้ในมือเมื่อเปิดขวดใช้
2. ห้ามไปเป็ตกรดหรือด่างเข้มข้นด้วยปาก ควรใช้เครื่องดูดช่วยแทน
3. เมื่อต้องการเจือจางกรดหรือด่าง ต้องเทกรดหรือด่างลงในน้ำ อย่าเทน้ำลงในกรดหรือด่าง
4. กรดหรือด่างเข้มข้นเมื่อเติมลงไปในน้ำจะเกิดความร้อน ดังนั้นในการเตรียมกรดหรือด่างเจือจาง ควรหล่อบิกเกอร์หรือขวดวัดปริมาตรด้วยน้ำเย็นพร้อมกับใช้แท่งแก้วคนให้ละลายเข้ากัน หรืออาจจะผสมในบิกเกอร์ขนาดใหญ่ที่เป็นพลาสติกทนกรดหรือด่างก็ได้
5. ขวดบรรจุสารละลายกรด หรือด่าง หรือสารเคมีทุกชนิดจะต้องมีฉลากหรือป้ายระบุชื่อสารเคมี ความเข้มข้น วันที่เตรียม และชื่อผู้เตรียมให้ชัดเจน
6. ห้ามวางกรดและด่างเข้มข้นปะปนกัน เพราะอาจใช้สับสนกันหรือเกิดอันตรายได้
7. ห้ามผสมกรดเข้มข้นลงในด่างเข้มข้นโดยตรง หากจำเป็นต้องใช้ ให้ปฏิบัติตามวิธีการอย่างเคร่งครัด
8. ห้ามถ่ายหรือเทกรดหรือด่างเข้มข้นบนพื้นโต๊ะปฏิบัติการโดยตรง ควรมีแผ่นกระเบื้องหรือแผ่นโลหะที่ทนกรดและด่างเข้มข้นปูโต๊ะเสียก่อน หรืออาจหาถาดเคลือบรองรับก็ได้ ทั้งนี้เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดจากการกัดกร่อนโต๊ะปฏิบัติการ ตลอดจนผู้ทำงานคนอื่น ๆ ที่อาจจะสัมผัสกับกรดหรือด่างโดยไม่รู้ตัว

5. ข้อควรระวังทั่ว ๆ ไปในการใช้กรดและด่างเข้มข้น

1. การให้ความร้อนแก่กรด หรือการใช้กรดก็ดี ให้ทำในตู้ดูดควัน (Fume hood)
2. เก็บขวดที่บรรจุกรดให้ห่างจากความร้อน และแสงแดดและเมื่อใช้กรดหมดแล้ว ควรล้างขวดใส่กรดนั้นหลาย ๆ ครั้ง เพื่อให้หมดฤทธิ์กรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ด่างเป็นอันตรายต่อผิวหนัง ตา และอวัยวะระบบหายใจ ฉะนั้นเมื่อต้องการใช้ด่างอย่างเข้มข้น ควรสวมเครื่องป้องกัน เช่น ถุงมือยาง แว่นตา เป็นต้น

4. เพื่อป้องกันการกระเด็นของกรดเมื่อจะเปิดขวดน้ำกรด ควรสวมเครื่องป้องกันตาและหน้า เช่น แว่นตา

5. ถ้ากรดหรือด่างกระเด็นเข้าตา หรือหกลงบนผิวหนัง ให้รีบล้างด้วยน้ำทันทีหลาย ๆ ครั้ง แต่ถ้าเป็นกรดหรือด่างเข้มข้น ให้ใช้เศษผ้าหรือทิชชูที่แห้งเช็ด หรือซับกรดหรือด่างออกให้หมดก่อนแล้วจึงใช้น้ำล้าง หลังจากนั้นถ้าเป็นกรดให้พอกด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตเปียก ถ้าเป็นด่างใช้สารละลายกรดบอริกอิ่มตัว หรือรีบไปโรงพยาบาลทันที

6. ข้อระวังเกี่ยวกับไฟ

1. ให้สังเกตที่ตั้งขอเครื่องดับเพลิง และเรียนรู้วิธีการใช้อย่างปลอดภัย

2. ถ้าเสื้อผ้าติดไฟให้นอนกลิ้งไปกับพื้น เพื่อป้องกันไม่ให้ไฟไหม้ศีรษะได้ หรือให้ใช้ผ้าดับไฟ หรือเสื้อปฏิบัติการคลุมหรือฟาดให้ไฟดับ

3. ในกรณีที่เกิดไฟไหม้ให้ปิด ประตูและหน้าต่าง ปิดเครื่องปรับอากาศ แก๊ส และไฟฟ้า

4. เมื่อใช้สารเคมีที่ติดไฟได้ เช่น ether, ethanol, methanol, benzene ควรใช้ในตู้ดูดควัน หรือในห้องที่มีอากาศถ่ายเทสะดวก เพราะไอของสารเหล่านี้ติดไฟได้ง่าย และถ้าดมเข้าไปมาก ๆ จะเป็นอันตราย

5. ห้ามสูบบุหรี่ในห้องปฏิบัติการอย่างเด็ดขาด เพราะสารเคมีบายอย่าง เช่น ether ติดไฟง่ายอาจทำให้เกิดไฟไหม้ได้

6. ห้ามใช้ไม้ขีดจุดส่องดู หรือเปลวไฟที่ไม่มีอะไรปิดมาส่องดูภายในกระป๋อง หรือภาชนะ ขนาดใหญ่ เพื่อดูว่าสารเคมีหมดหรือยัง เพราะสารเคมีบางชนิดติดไฟได้ง่าย ควรใช้ไฟฉายส่องแทน

7. การใช้สารเคมีอย่างอื่น

1. ขวดหรือภาชนะที่ใช้บรรจุสารเคมีหรือใช้ในการขนส่ง ควรมีฉลากบอกชื่อสารเคมีและรายละเอียดให้ชัดเจน เพื่อป้องกันความผิดพลาดสำหรับทุก ๆ คนที่ใช้สารเคมี

2. ห้ามเติมสารเคมีอื่นที่นอกเหนือจากที่เขียนบอกไว้บนภาชนะบรรจุลงไป ควรทิ้งสารเคมีที่เราไม่ทราบหรือไม่แน่ใจว่าเป็นอะไร ไม่ควรเสี่ยงใช้สารเคมีเหล่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การใช้สารเคมีควรใช้ด้วยความระมัดระวัง ห้ามจับต้องสารเคมีด้วยมือ สารเคมีต่อไปนี้ต้องใช้ในกรทดลองเสมอ ๆ และควรใช้ด้วยความระมัดระวังเป็นพิเศษ

3.1 แอมโมเนีย (Ammonium hydroxide) เป็นของเหลวหรือก๊าซที่มีฤทธิ์กัดรุนแรง มีกลิ่นฉุนแสบจมูก ถ้าสัมผัสสารละลายแอมโมเนียเข้มข้นจะทำให้ผิวหนังไหม้ได้ ไอของแอมโมเนียสามารถติดไฟได้ จึงควรระวังเป็นพิเศษ

3.2 จุนสี (Copper sulfate) เป็นผลึกสีน้ำเงิน เมื่อแห้งจะมีสีขาวเป็นอันตราย

3.3 กรดดินประสิว (Nitric acid) ทำให้เกิดการไหม้อย่างรุนแรงเป็นของเหลวที่มีฤทธิ์กัดกร่อนมาก ไอของสารนี้เป็นอันตรายมาก

3.4 Petroleum ether, Chloroform และ Benzene ใช้เป็นตัวทำละลายติดไฟง่าย อันตรายเมื่อใช้ในที่ที่การถ่ายเทอากาศไม่ดี ให้หลีกเลี่ยงจากการหายใจเอาไอของสารนี้เข้าไป

3.5 โซดาไฟ (Sodium hydroxide หรือ Caustic soda) ควรเก็บในภาชนะที่มีจุกปิดสนิท เพราะดูดน้ำและ CO_2 จากอากาศได้ง่าย ห้ามจับสารนี้ด้วยมือเพราะจะทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรง

3.6 กรดกำมะถัน (Sulfuric acid) เป็นกรดเข้มข้นมีความสามารถในการกัดกร่อนสูง เมื่อโดนผิวหนังทำให้เกิดการไหม้อย่างรุนแรง ควรใช้ด้วยความระมัดระวังเมื่อผสมกับน้ำเพราะจะเกิดความร้อน และควรเติมกรดลงในน้ำ

3.7 Potassium Cyanide เป็นสารพิษอันตรายมาก เวลาใช้เสร็จแล้วควรปิดฝาและรีบเก็บทันที และควรล้างมือให้สะอาด

3.8 ด่างทับทิม (Potassium permanganate) มีความสามารถในการ oxidize ได้รวดเร็วเมื่อโดนแสง ควรเก็บไว้ในขวดสีน้ำตาล

4. ควรเก็บสารเคมีที่ระเหยได้ง่าย เช่น แอมโมเนีย อีเทอร์ เป็นต้น ไว้ในที่เย็น ๆ เช่น ในตู้เย็น เพื่อป้องกันการสูญเสีย และอันตรายที่เกิดขึ้นจากการระเหยของสารเคมีเหล่านี้

5. สารเคมีมาตรฐาน (Standard solution) เมื่อเปิดใช้แล้วควรรีบปิดฝาทันที และควรรีบเก็บไว้ในตู้เย็นเพื่อป้องกันการระเหย

6. การใช้สารละลายในขวดหรือภาชนะที่บรรจุ ต้องอ่านป้ายที่ปิดอยู่ข้าง ๆ ขวดให้แน่ใจเสียก่อนว่าใช่ชนิดที่ต้องการหรือไม่ และมีความเข้มข้นตามที่ต้องการหรือไม่ และเวลาเทสารละลายออกมาใช้ต้องเปิดจุกถือไว้ และเทสารละลายออกจากขวดทางด้านตรงข้ามป้ายเสมอ เมื่อเทได้ตามความต้องการแล้ว ให้เอาริมปากขวดตรงที่เทสารละลายออกมานั้นแตะกับอุปกรณ์ที่รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลายนั้นเสียก่อนจึงจะเอาขวดนั้นออก เพื่อป้องกันมิให้สารละลายที่ปากขวดไหลลงมาเปื้อนข้าง ๆ ขวด และเปื้อนมือผู้ที่จะมาใช้ต่อไป

7. การเทสารละลายออกจากขวดลงในภาชนะอื่น หรือเทจากบิกเกอร์ลงภาชนะปาก แคบควรเทผ่านกรวยหรือเทไปตามแท่งแก้ว เพื่อป้องกันการหกหรือเปรอะตามคอขวดหรือปากบิกเกอร์

8. **ออกสู่เมนูหลัก**

การวิเคราะห์แคลเซียม

1. หลักการ

แคลเซียมในอาหารจะถูกทำให้ตะกอนในรูป calcium oxalate ซึ่งไม่ละลายในน้ำร้อน จึงสามารถกรองและล้างให้สะอาดได้ เมื่อละลายตะกอนนี้ด้วยกรดกำมะถัน จะเกิดเป็น oxalic acid ซึ่งสามารถไตเตรทกับ Potassium permanganate เพื่อหาปริมาณได้ ดังสมการ

$CaO + 2HCl \longrightarrow CaCl_2 + H_2O$

$(NH_4)_2C_2O_4 + CaCl_2 \longrightarrow CaC_2O_4\downarrow + 2NH_4Cl$

$CaC_2O_4 + H_2SO_4 \longrightarrow CaSO_4 + H_2C_2O_4$

$5H_2C_2O_4 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \longrightarrow 10CO_2 + K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O$

2. การวิเคราะห์แคลเซียม

2.1 สารเคมีและวิธีการเตรียม

1. กรดดินประสิวเข้มข้น (Conc.HNO_3)
2. กรดเกลือ 6 N

<u>การเตรียม</u> ปิเป็ตเกรดเกลือเข้มข้น (Conc.HCl 37%, ถ.พ. 1.19, น้ำหนักสมมูลย์ 36.46) มา 496.8 ml. ผสมกับน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรครบ 1000 ml.

3. กรดเกลือ 50 %
4. กรดกำมะถันเข้มข้น (Conc.H_2SO_4)
5. สารละลายแอมโมเนียไฮดรอกไซด์เข้มข้น (Conc.NH_4OH)
6. Ammonium oxalate 4%

<u>การเตรียม</u> ใช้ $(NH_4)_2C_2O_4.H_2O$ ที่มีความบริสุทธิ์ 99 % ชั่งให้ได้น้ำหนัก 4 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรครบ 100 ml.

7. Potassium permanganate 0.05 N ($KMnO_4$)
8. Ammonium hydroxide เจือจาง

   <u>การเตรียม</u> ใช้ Conc.NH_4OH 1 ml. ละลายในน้ำกลั่น 300 ml.
9. methyl red
10. ยูเรีย
11. Calcium chloride

2.2 อุปกรณ์

1. Porcelain evaporating dish หรือ crucible
2. Hot plate
3. Muffle furnace
4. เครื่องมือในการไตเตรท
5. แท่งแก้วคน
6. volumetric flask ขนาด 250 ml.
7. น้ำกลั่น 2 ครั้ง
8. pipette ขนาด 50 ml. และขนาดอื่น ๆ
9. breaker ขนาด 250 ml. และ beaker สำหรับการกรอง
10. กระจกนาฬิกา
11. กระดาษกรองเบอร์ 40

2.3 วิธีการปฏิบัติ

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

2. แล้วนำไปเผาต่อในเตาเผา โดยค่อย ๆ เร่งอุณหภูมิให้สูงขึ้นถึง 550° เซลเซียส ทำการเผาที่อุณหภูมิระดับนี้เป็นเวลา 3-4 ชั่วโมง

3. นำออกจากเตาเผา (ถ้าเถ้ายังไม่ขาว) ทิ้งไว้ให้เย็นและทำให้ชื้นด้วยกรดไนตริกโดยใช้แท่งแก้วค่อย ๆ หยดพอชื้น ตั้งบน hot plate จนแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำกลับไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550° เซลเซียส อีกเป็นเวลา 1½ ชั่วโมง ถ้าหากเถ้าที่ได้ยังไม่ขาวให้เติมกรดไนตริกอีก ทำให้แห้งด้วย hot plate แล้วเผาซ้ำอีกครั้งจนกระทั่งได้เถ้าสีขาว

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

6. นำไปตั้งบน hot plate ต้มเพื่อให้เถ้าละลาย ใช้แท่งแก้วคนเป็นครั้งคราว (ควรเปิดไฟอ่อนๆ)

7. ถ่ายสารละลายที่ได้ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 250 ml. ชะล้างเถ้าใน crucible ด้วยน้ำกลั่น (redistilled water) แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 250 ml. (A)

8. ใช้ pipette ดูดสารละลายมา 50 ml. (B) ใส่ลงใน beaker ขนาด 250 ml. แล้วหยด methyl red ลงไป 1-2 หยด (เป็นกรดจะมีสีส้มแดง) ทำให้เป็นกลางด้วยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์อย่างเข้มข้น (ประมาณ 10 หยด) จนสารละลายมีสีเหลืองอ่อน ๆ ของ methyl red

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

10. ปิด beaker ด้วยกระจกนาฬิกา นำไปต้มให้เดือดน้อย ๆ จนกระทั่งสารละลายใน beaker เปลี่ยนเป็นสีส้มหรือสีขาว แล้วยกลงทิ้งไว้ให้เย็น

11. กรองตะกอนด้วยกระดาษกรองเบอร์ 40 ล้างตะกอนด้วยแอมโมเนียเจือจางไปเรื่อย ๆ จนหมด oxalate (ทดสอบ โดยหยด $CaCl_2$ ในน้ำล้าง ถ้ายังเกิดตะกอนแสดงว่า oxalate ยังไม่หมด) ที่เหลือบนกระดาษกรองคือตะกอน CaC_2O_4 (calcium oxalate)

12. นำ beaker ใบเดิมที่ใช้ตกตะกอน รองใต้กระดาษกรองเจาะกระดาษกรองให้เป็นรู ล้างด้วยน้ำกลั่นจนหมดตะกอนแล้วเติมกรดกำมะถันเข้มข้น จำนวน 2.5 ml. แล้วนำไปอุ่นบน hot plate ที่ 85° เซลเซียส (เพื่อเร่งปฏิกิริยา)

13. นำมาไตเตรทกับ potassium permanganate ($KMnO_4$) 0.05 N จนสารละลายมีสีชมพูจาง ๆ ปรากฏอยู่ได้นานไม่ต่ำกว่า 30 วินาที แสดงว่าถึงจุด end point (กระดาษกรองที่เก็บไว้ใส่เมื่อเลยจุด end point)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 **การคำนวณและการบันทึกผล**

วิธีการคำนวณ

1 ml. ของ 0.05 N $KMnO_4$ = 0.001 กรัมของแคลเซียม

$$\% \text{ แคลเซียม} = \frac{\text{ml.} \times 0.001 \times 100 \times T}{w}$$

ml. = จำนวนของ $KMnO_4$ ที่ใช้ไตเตรทเป็น ml.

w = น้ำหนักของอาหารที่วิเคราะห์

$$T = \text{จำนวนเท่า} = \frac{\text{ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่เตรียมทั้งหมด (A)}}{\text{ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ใช้ในการตกตะกอน (B)}}$$

หมายเหตุ ถ้าหากอาหารมี % Ca มากควรใช้ $(NH_4)_2C_2O_4$ อิ่มตัว

ตัวอย่าง ชั่งตัวอย่างอาหาร 2.1245 กรัม ลงใน crucible หลังจากนำไปเผาแล้ว ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 250 ml. แล้วนำมาใช้วิเคราะห์ 50 ml. ตามขั้นตอนวิเคราะห์แคลเซียม นำไปไตเตรทกับ 0.05 $KMnO_4$ ใช้ปริมาตรที่ไตเตรท = 1.2 ml. เพราะฉะนั้นจะหาเปอร์เซ็นต์แคลเซียมของอาหารตัวอย่างนี้ ได้ดังนี้

วิธีทำ

จากสูตรหา % แคลเซียม = $\frac{\text{ml.} \times 0.001 \times 100 \times T}{W}$

$$T = \text{จำนวนเท่า} = \frac{\text{ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่เตรียมทั้งหมด}}{\text{ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ใช้ในการตกตะกอน}}$$

$$= \frac{250}{50}$$

ดังนั้นจำนวนเท่า = 5

แทนค่า % แคลเซียม = $\frac{1.2 \times 0.001 \times 100 \times 5}{2.1245}$

= 0.2824

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบันทึกผลการปฏิบัติ

เมื่อนักศึกษาได้ทดลองปฏิบัติแล้ว ให้บันทึกถึงหลักการ จุดประสงค์ อุปกรณ์ และวิธีการพอสังเขป ตลอดจนรายงานทดลองการทดลองให้ละเอียดดังตัวอย่างนี้

	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2
1. น้ำหนัก crucible	..... -	..... - .....
2. น้ำหนัก crucible และตัวอย่าง	..... -	..... - .....
3. น้ำหนักตัวอย่าง	..... 2.1245	..... - .....
4. ปริมาตรของ $KMnO_4$ ที่ไตเตรท	..... 1.2	..... - .....
5. เปอร์เซ็นต์แคลเซียม	..... 0.2824	..... - .....
6. ค่าเฉลี่ย % แคลเซียม	..... -	

จากสูตรหา % แคลเซียม $= \frac{ml. \times 0.001 \times 100 \times T}{W}$

แทนค่าซ้ำที่ 1

$T = \frac{250}{50}$ ดังนั้น จำนวนเท่า = 5

แทนค่า % แคลเซียม $= \frac{1.2 \times 0.001 \times 100 \times 5}{2.1245}$

$= 0.2824$

แทนค่าซ้ำที่ 2

วิจารณ์ผลการปฏิบัติและสรุปผล.....

2.5 ออกสู่เมนูการวิเคราะห์แคลเซียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. **การวิเคราะห์แคลเซียมโดยวิธี** Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)

3.1 **หลักการ**

ปัจจุบันการวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุโดยการใช้ อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปตโทรสโกปี ได้รับความนิยมมากขึ้น เพราะสะดวก รวดเร็ว และยังสามารถวิเคราะห์แร่ธาตุที่มีอยู่ในตัวอย่างปริมาณน้อยๆ ได้เกือบทุกชนิด หลักการวิเคราะห์ด้วยอะตอมมิกแอบซอร์พชันเป็นกระบวนการที่เกิดจากอะตอมเสรีของธาตุดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่นเฉพาะตัว ซึ่งธาตุแต่ละชนิดมีระดับพลังงานแตกต่างกัน จึงดูดกลืนพลังงานแตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น โซเดียมจะดูดกลืนแสงได้สูงสุดที่ 589 นาโนเมตร (nm) เมื่อให้พลังงานแก่อะตอมที่ต้องการ จะทำให้โซเดียมอะตอมเปลี่ยนจากสถานะพื้น (ground state) ไปสู่สถานะกระตุ้น (excited state) ที่ดูดแสงได้ ดังนั้นจากการเปลี่ยนแปลงของ electronic energy state ที่แตกต่างกันและความยาวคลื่นแสงเฉพาะที่ไออะตอมของแร่ธาตุแต่และตัวแตกต่างกันนี้ ทำให้เราสามารถวิเคราะห์หาปริมาณของอะตอมของแต่ละแร่ธาตุได้ โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่าง atomic absorption และ atomic concentration ซึ่งสามารถที่จะเขียนสมการได้ตาม The Lambert-Beer law (the fundamental laws of light absorption) ได้ดังนี้

$$Pt = Po^{-(abc)}$$

$$\log \frac{Po}{Pt} = abc = \text{absorbance (A)}$$

Po = incident radiation power

Pt = Transmitted radiation power

a = absorbance coefficient

b = length of absorption path

c = concentration of absorbance atoms

จากสมการนี้พบว่าค่าของ "absorbance" นั้นคือ ปริมาณของแสงที่ถูกดูดกลืน (absorbed) โดยอะตอมภายใต้สภาวะที่ต้องการเฉพาะแร่ธาตุของอะตอมนั้นๆ และสามารถที่จะเปลี่ยนค่า absorbance ให้เป็นความเข้มข้น (concentration) ของแร่ธาตุที่ทำการวิเคราะห์ได้ ดังนั้นเมื่อเอา standard solution ที่ทราบความเข้มข้นของแร่ธาตุที่ต้องการวิเคราะห์มาวัดค่า absorbance แล้วเปรียบเทียบกับตัวอย่างอาหารที่ต้องการวิเคาะห์ก็สามารถที่จะคำนวณหาปริมาณของแร่ธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 **การย่อยตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์** Atomic absorption

นิยมทำกัน 2 วิธีคือ

1. Dry digestion

1.1 ชั่งอาหารประมาณ 2 กรัม ใส่ใน crucible แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 550-600 ^{o} เซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง (จับเวลาตั้งแต่อุณหภูมิขึ้น 550 ^{o} เซลเซียส) แล้วนำออกมาทิ้งให้เย็น ดูสีของเถ้าถ้ายังเป็นสีดำอยู่แสดงว่ายังมีคาร์บอนเหลืออยู่ ให้หยดกรดไนตริก 2-3 หยด แล้วเผาต่อไปจนได้เถ้าสีขาวหรือเทาอ่อนๆ นำออกมาทิ้งให้เย็น

1.2 ถ่ายเถ้าลงใน beaker ขนาด 150 ml. โดยใช้น้ำกลั่นช่วยในการถ่าย เติม 5 N HCl 12 ml. ลงใน crucible แล้วนำไปตั้งบน hot plate ให้เดือดประมาณ 5 นาที แล้วรวบรวมสารละลายถ่ายลงใน beaker 200 ml. ล้าง crucible 2-3 ครั้ง ด้วยน้ำกลั่นจนแน่ใจว่าเถ้าถูกถ่ายออกมาจาก crucible หมด หลังจากนั้นเติมน้ำกลั่นลงไปใน beaker ให้ได้ปริมาตรประมาณ 70 ml. เติม 3 ml. ของ Perchloric acid เข้มข้น แล้วนำไปตั้งบน hot plate ใช้ไฟปานกลางเพื่อย่อยให้เถ้าละลาย จนสารละลายเหลือประมาณ 50 ml. แล้วนำไปกรองโดยใช้กระดาษกรอง Whatman No. 42 โดยใช้ขวดวัดปริมาตรเป็นตัวรับสารละลายทิ้งให้เย็นแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 ml. ด้วยน้ำกลั่น

(dilution factor = 100, 3 % $HClO_4$) – Dilution A

2. Wet Digestion

2.1 ชั่งอาหารประมาณ 0.5 กรัม ใส่ลงไปใน Erlenmeyer flask ขนาด 100 ml.เติม HNO_3 เข้มข้น 5 ml. และหมุน flask ให้ตัวอย่างที่อยู่ใน flask เปียก นำไปย่อยบน hot plate ซึ่งเปิดไว้ที่อุณหภูมิต่ำ หลังจากนั้น 5 นาทีค่อยๆ เพิ่มอุณหภูมิของ hot plate ให้มีความร้อนปานกลาง ทำการย่อยจนกระทั่งไม่มีควันสีน้ำตาลเกิดขึ้น ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 30 นาที

2.2 ยก Erlenmeyer flask ลงจาก hot plate ทิ้งไว้จนเย็นแล้วเติม $HClO_4$ เข้มข้น 1 ml. นำไปย่อยบน hot plate อีก โดยใช้อุณหภูมิร้อนปานกลาง ทำการย่อยจนกระทั่งสารละลายใน flask สีใส (clear) และมีควันสีขาวเกิดขึ้นและระเหยไปเสียเป็นส่วนใหญ่ ตั้งไว้ให้เย็น ถ่ายสารละลายใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 ml. เติมน้ำกลั่นปรับปริมาตรได้ 100 ml. สารละลายที่ได้ในขบวนการย่อย (Digestion) ด้วยวิธีนี้สามารถนำไปวัดหา Cu, Fe, Mg, Mn, Zn, Na, K, P, และ Ca ได้ Dilution B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิธีการวิเคราะห์แคลเซียม

การเตรียม Stock Calcium standard solution (1000 µg/ml.)

1. นำ $CaCl_2$ (M.W. 110.99, 97.8 % purity) ไปอบที่อุณหภูมิ 100° เซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่ง $CaCl_2$ จำนวน 2.8316 กรัม แล้วละลายด้วย HCl เจือจาง 1000 ml. (ใช้ 5 N HCl 120 ml. ผสมน้ำกลั่น 880 ml. สารละลายที่ได้จะมี Ca = 1000 µg/ml.)

2. สารละลาย Stock Lanthanum ions เตรียมได้ 2 แบบ

2.1 แบบที่ 1 ถ้าใช้ Lanthanum Oxide (La_2O_3) {1 % lanthanum in 5 % (v/v) HCl} โดยชั่ง Lanthanum Oxide 11.73 กรัม เติมน้ำกลั่น 20 ml. แล้วค่อยๆ เติม HCl เข้มข้น 50 ml. พร้อมกับคนให้ละลายแล้วเติมน้ำกลั่นจนครบปริมาตร 1 ลิตร

2.1 แบบที่ 2 ถ้าใช้ Lanthanum chloride {10 % lanthanum chloride in 5% (V/V) HCl} ชั่ง lanthanum 10 กรัม เติมน้ำกลั่น 20 ml. แล้วค่อยๆ เติม HCl เข้มข้น 5 ml. คนให้ละลายแล้วค่อย ๆ เติมน้ำกลั่นจนครบปริมาตร 100 ml.

การเตรียม Standard solution (0, 1, 2, 4, 6, 8, 10 µg/ml.)

ไปเปตสารละลาย stock calcium standard solution 10 ml. แล้วเจือจางให้เป็น 100 ml. ด้วยน้ำกลั่น สารละลายที่ได้จะ มี Ca 100 µg/ml. ไปเปตสารละลายนี้มาทำการเจือจางต่อดังตาราง

สารละลายมาตรฐาน Ca (ml.)	ตัวเจือจาง			ความเข้มข้นของ Ca (ug/ml.)
	แบบที่ 1	แบบที่ 2		
	Stock La_2O_3 (ml.)	Stock LaCl (ml.)	น้ำกลั่น (ml.)	
10	90	10	80	10
8	92	10	82	8
6	94	10	84	6
4	96	10	86	4
2	98	10	88	2
1	99	10	89	1
0	100	10	90	0

หมายเหตุ: ปรับปริมาตร แบบที่ 1 และแบบที่ 2 จะได้ปริมาตรสุดท้ายเท่ากับ 100 ml.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียม sample สำหรับการวิเคราะห์ แบบ Dry digestion

นำ Dilution A มาวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

Dilution A (ml.)	ตัวเจือจาง		
	แบบที่ 1	แบบที่ 2	
	Stock La_2O_3 (ml.)	Stock LaCl (ml.)	น้ำกลั่น (ml.)
1	9	1	8
2	8	1	7

(Dilution factor = 1000 ถ้าใช้ dilution A 1 ml. ,

Dilution factor = 500 ถ้าใช้ dilution A 2 ml.)

หมายเหตุ: การคำนวณหาความเข้มข้นของ Ca ให้เลือกใช้ Dilution A ในปริมาตรที่ได้ความเข้มข้นอยู่ในกราฟมาตรฐาน

3.4 **ออกสู่เมนูการวิเคราะห์แคลเซียม**

4. **ออกสู่เมนูหลัก**

การวิเคราะห์ฟอสฟอรัส

1. **หลักการ**

ฟอสฟอรัสในอาหาร ถูกทำให้ตกตะกอนในรูป ammonium phosphomolybdate ซึ่งสามารถกรอง และหาปริมาณได้

2. **การวิเคราะห์ฟอสฟอรัส**

2.1 **สารเคมีและวิธีการเตรียม**

1. กรดเกลือ 8 N

การเตรียม ปิเปตกรดเกลือเข้มข้น Conc.HCl 36 %, ถ.พ. 1.19 น้ำหนักสมมูลย์ 36.46 มา 680.9 ml. ผสมกับน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรครบ 1000 ml.

2. สารละลาย Ammonium nitrate 0.25 M (Molar) ที่มีสภาพเป็นกรด

การเตรียม ชั่ง NH_4NO_3 บริสุทธิ์ 99 % (มีน้ำหนักโมเลกุล 80.04 กรัม/โมเลกุล) มา 20.01 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1000 ml. แล้วหยดกรดไนตริกลงไป 2-3 หยด เพื่อทำให้เป็นกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กรดไนตริก 6 N

<u>การเตรียม</u> กรดไนตริก 6 N โดยปิเปตกรดไนตริกเข้มข้น (Conc.HNO_3 65 % ถ.พ. 1.40 น้ำหนักสมมูลย์ 63.01) มาปริมาณ 415.5 ml. ผสมกับน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรครบ 1000 ml.

4. Acid Mixture ซึ่งเป็นส่วนผสมระหว่างกรดกำมะถันเข้มข้น และกรดไนตริก 6 N

<u>การเตรียม</u> ผสมกรดกำมะถันเข้มข้น 36 N (Conc.H_2SO_4) จำนวน 30 ml. ลงในกรดไนตริก 6 N จำนวน 1 ลิตร

5. Sulfomolybdate solution ประกอบด้วย สารละลาย A และ B

<u>การเตรียม</u> สารละลาย A เตรียมโดยละลาย ammonium molybdate $(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$ จำนวน 300 กรัมในน้ำกลั่น 1 ลิตร

สารละลาย B เตรียมโดยละลาย ammonium sulfate $(NH_4)_2SO_4$ จำนวน 100 กรัมในกรดไนตริกเข้มข้น Conc.HNO_3 (ถ.พ. 1.40) จนได้ปริมาตร 1 ลิตร

ผสมสารละลาย A ลงในสารละลาย B คนให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 48 ชั่วโมงแล้วกรอง

6. Neutral acetone, anhydrous ปราศจากแอมโมเนีย และ aldehyde
7. Sodium carbonate 1 M (Molar)

<u>การเตรียม</u> ชั่ง Na_2CO_3 (บริสุทธิ์ 99.5 %, น้ำหนักโมเลกุล 105.99 กรัม/โมเลกุล) มา 105.99 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรครบ 1000 ml.

2.2 อุปกรณ์

1. Porcelain crucible ขนาดใหญ่
2. Hot plate
3. Muffle furnace
4. ขวดวัดปริมาตรขนาด 500 ml.
5. Pipette ขนาด 10 20 30 และ 40 ml.
6. Beaker ขนาด 250 ml.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 วิธีการปฏิบัติ

1. ชั่งตัวอย่างอาหารให้ได้น้ำหนักประมาณ 4-5 กรัม ใส่ลงใน crucible ขนาดใหญ่

2. ทำให้อาหารชื้นด้วยน้ำกลั่น และเติมสารละลาย Sodiumcarbonate (Na_2CO_3) 1 M เพื่อทำให้เป็นด่างและทำให้ P ในรูป insoluble

3. นำไปเผาบน hot plate จนแห้ง แล้วนำเข้าเตาเผา เผาที่อุณหภูมิ 600° เซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

4. ถ่ายเถ้าลงใน beaker ขนาด 250 ml โดยชะล้างเถ้าใน crucible ด้วยน้ำกลั่น ประมาณ 100 ml. เติม HNO_3 6 N จำนวน 40 ml. และ HCl 8 N จำนวน 10 ml. ต้มให้เดือดประมาณ ½ ชั่วโมง ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำไปถ่ายลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 500 ml. ปรับด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 500 ml. ผสมให้เข้ากันกรองสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ขั้นต่อไป (การต้มเพื่อให้ P ที่ insoluble ให้ละลายเมื่อต้ม)

5. ใช้ pipette ดูดสารละลายที่เตรียมไว้จำนวน 10 ml. ลงใน beaker ขนาด 250 ml. แล้วใส่ acid mixture จำนวน 20 ml. ลงไป ต้มให้เดือด ระหว่างการต้มให้หมุน beaker เป็นครั้งคราว เพื่อป้องกันไม่ให้ข้าง ๆ beaker ร้อนจนเกินไป โดยหมุนครั้งละไม่เกินกว่า 10 วินาที มิฉะนั้นอุณหภูมิของสารละลายจะลดลง

6. เมื่อต้มเดือดแล้วให้รีบเติมสารละลาย sulfomolybdate จำนวน 30 ml. ทันที ปล่อยทิ้งไว้ 5 นาที ต่อจากนั้นเขย่าเร็วและแรง ๆ เป็นเวลา 30 นาที แล้วทิ้งค้างคืนให้ตกตะกอน

7. นำไปกรองเพื่อเก็บตะกอนที่ได้ด้วย gooch crucible (ที่ปูด้วยกระดาษกรองสองชั้น อบตู้อบประมาณ ½ ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นใน dessicator ชั่งให้ได้น้ำหนักแน่นอน (สมมุติให้เป็น a) ชะล้างตะกอนที่ยังค้างอยู่ใน beaker ให้หมดด้วยสารละลาย ammonium nitrate (NH_4NO_3) ประมาณ 50-75 ml. แล้วใช้ acetone ประมาณ 15 ml. ฉีดลงบนตะกอนใน gooch crucible (ดึงน้ำให้แห้งเร็ว)

8. นำตะกอนที่ได้ไปทำให้แห้ง โดยอบที่ 105° เซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน dessicator แล้วชั่งน้ำหนัก (สมมุติให้เป็น b) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นคือ น้ำหนักของ P ที่อยู่ในรูป ammonium phosphomolybdate ซึ่งมีสีเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 **การคำนวณและการบันทึกผล**

วิธีการคำนวณ

คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส โดยใช้สูตรดังนี้

$$\% P = \frac{0.0329(b-a) \times T \times 100}{w}$$

a = น้ำหนัก crucible + กระดาษกรอง

b = น้ำหนัก crucible + กระดาษกรอง + ตะกอน

T = จำนวนเท่าของสารละลายที่ใช้วิเคราะห์ $= \frac{\text{ปริมาตรสารละลายที่เตรียมทั้งหมด}}{\text{ปริมราตรสารละลายที่ใช้ตกตะกอน}}$

w = เป็นน้ำหนักตัวอย่างอาหาร

ตัวอย่าง เมื่อนำตัวอย่างอาหาร เช่น ข้าวโพด ไปวิเคราะห์หาฟอสฟอรัสในสภาพแห้งปกติ (มีความชื้น 10 %) จะชั่งน้ำหนักได้ 3.0016 กรัม เมื่อเผาเรียบร้อยแล้ว นำไปทำให้อยู่ในรูปสารละลายฟอสฟอรัส และปรับให้มีปริมาตร 500 ml. แล้วปิเปตมาเพียง 10 ml. เพื่อใช้ในการตกตะกอน กรองตะกอนที่ได้โดยใช้ crucible + กระดาษกรองที่มีน้ำหนัก = 15.5297 กรัม หลังจากกรองตะกอนแล้ว จะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเป็น = 15.5377 กรัม จงหาเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในตัวอย่างอาหารนี้ในสภาพแห้งปกติ (air dry หรือ as fed basis) และในสภาพแห้ง (dry matter basis)

วิธีทำ

จากสูตร $\%$ ฟอสฟอรัส $= \frac{0.0329\ (b-a) \times T \times 100}{W}$

a = 15.5297 กรัม

b = 15.5377 กรัม

W = 3.0016 กรัม

$T = \frac{\text{ปริมาตรสารละลายที่เตรียมทั้งหมด}}{\text{ปริมาตรสารละลายที่ใช้ตกตะกอน}}$

$= \frac{500}{10}$ ดังนั้นจำนวนเท่าของสารละลาย = 50 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น % ฟอสฟอรัสใน สภาพแห้งปกติ $= \frac{0.0329\ (15.5377-15.5297) \times 50 \times 100}{3.0016}$

$= 0.4384\ \%$

และในสภาพ dry matter basis จะมี P $= \frac{0.4384 \times 100}{90}$

$= 0.4871\ \%$

การบันทึกผลการปฏิบัติ

เมื่อนักศึกษาได้ทดลองปฏิบัติแล้ว ให้บันทึกถึงหลักการ จุดประสงค์ อุปกรณ์ และวิธีการป้องกันสังเขป ตลอดจนรายงานผลการทดลองให้ละเอียด ดังตัวอย่างนี้

	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2
1. น้ำหนัก	3.0016	-
2. น้ำหนัก crucible และ กระดาษกรอง	15.5297	-
3. น้ำหนัก crucible และ กระดาษกรอง และตะกอน	15.5377	-
4. จำนวนเท่าของสารละลายที่ใช้วิเคราะห์	50	-
5. เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส	0.4384	-
6. ค่าเฉลี่ย % ฟอสฟอรัส	-	

จากสูตร % ฟอสฟอรัส = $\frac{0.0329\ (b-a) \times T \times 100}{W}$

แทนค่าซ้ำที่ 1

a = 15.5297 กรัม

b = 15.5377 กรัม

W = 3.0016 กรัม

T = $\frac{\text{ปริมาตรสารละลายที่เตรียมทั้งหมด}}{\text{ปริมาตรสารละลายที่ใช้ตกตะกอน}}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$= \frac{500}{10}$ ดังนั้นจำนวนเท่าของสารละลาย = 50 เท่า

ดังนั้น % ฟอสฟอรัสในสภาพแห้งปกติ $= \frac{0.0329\ (15.5377-15.5297) \times 50 \times 100}{3.0016}$

$= 0.4384\ \%$

และในสภาพ dry matter basis จะมี P $= \frac{0.4384 \times 100}{90}$

$= 0.4871\ \%$

แทนค่าซ้ำที่ 2

วิจารณ์ผลการปฏิบัติและสรุปผล.....

2.5 **กลับสู่เมนูการวิเคราะห์ฟอสฟอรัส**

3. การวิเคราะห์หาฟอสฟอรัสโดยวิธี Spectrophotometry

3.1 บทนำ

เทคนิคการวิเคราะห์แบบ ยูวี-วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตเมตรี อาศัยการดูดกลืนแสงของสารในช่วงอัลตราไวโอเลต และวิสิเบิล ซึ่งมีความยาวคลื่นประมาณ 190 - 800 นาโนเมตร (nm) ของสารพวกอินทรีย์ หรือสารประกอบเชิงซ้อน หรือสารอนินทรีย์ ทั้งที่มีสีและไม่มีสี ซึ่งสมบัติของสารละลายดังกล่าวนี้ สามารถนำมาวิเคราะห์ปริมาณได้อย่างกว้างขวาง เพราะให้ความถูกต้องแม่นยำดี และมีสภาพไวสูง

หลักการ

จากการเผา ฟอสฟอรัสจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูป orthophosphate ซึ่งจะจับกับสาร Vanado molybdate เกิดเป็นสารเชิงซ้อนสีเหลือง สามารถดูดกลืนแสงที่ 400 นาโนเมตร (nm) จึงวิเคราะห์หาปริมาณได้ โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานที่มีความเข้มข้นต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 สารเคมีและวิธีการเตรียม

1. Molybdovanadate

<u>วิธีการเตรียม</u> สารละลาย A เตรียมโดย ละลาย 20 กรัมของแอมโมเนียมโมลิบเดท $(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$) ในน้ำกลั่นร้อน 200 ml. สารละลาย B เตรียมโดย ละลาย 1 กรัมของแอมโมเนียมเมทตาวานาเดท (NH_3VO_3) ในน้ำกลั่นร้อน 125 ml. ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเติม 225 ml. ของกรดเปอร์คลอริคเข้มข้น (Conc. $HClO_4$ 70%)

ค่อย ๆ ริน สารละลาย A ลงไปใน สารละลาย B อย่างช้า ๆ พร้อมกับคนให้เข้ากัน แล้วปรับให้มีปริมาตร 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น

2. สารละลายมาตรฐานของฟอสฟอรัส (Phosphorus standard stock solution)

<u>วิธีการเตรียม</u> สารละลายมาตรฐานของโปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (standard solution potassium dihydrogen phosphate) เตรียมได้โดย ละลายโปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) ที่บริสุทธิ์และแห้งหนัก 0.4394 กรัมในน้ำกลั่น แล้วทำให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร

1 ml. ของสารละลายที่ทำเจือจางแล้วนี้จะมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัส 0.10 mg

3.3 อุปกรณ์

1. ขวดวัดปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 1 ลิตร และขนาด 100 ml. และ 50 ml.
2. ไปเป็ตขนาดต่าง ๆ
3. Spectrophotometer แบบ UV-Visible รุ่น UV-1601 ยี่ห้อ SHIMADZU

3.4 วิธีการปฏิบัติ

1. เตรียมตัวอย่างซึ่งได้จากการเผาที่ 600° เซลเซียสเป็นเวลา 4 ชั่วโมง
2. ถ่ายเถ้าจากถ้วยกระเบื้องลงในบีกเกอร์ ขนาด 250 ml. โดยใช้น้ำกลั่นร้อนช่วยในการถ่ายล้างถ้วยกระเบื้องด้วยกรดเกลือเจือจาง 10 ml. (50%) แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นร้อนอีกครั้งการล้างทุกครั้งให้เทน้ำล้างลงไปในบีกเกอร์
3. เติมน้ำกลั่นลงในบีกเกอร์นี้ประมาณ 75 ml.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ต้มให้เดือดช้า ๆ โดยใช้ไฟอ่อนจากเตาไฟฟ้า ระเหยน้ำให้เหลือประมาณ 50 ml. ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมง

5. ถ่ายสารละลายใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 250 ml. ใช้น้ำกลั่นร้อนล้างตะกอนจากบิกเกอร์ แล้วเทลงขวดวัดปริมาตร และปรับปริมาตรให้ครบ 250 ml. จากนั้นกรองสารละลายด้วยกระดาษกรองวอตแมนเบอร์ 1

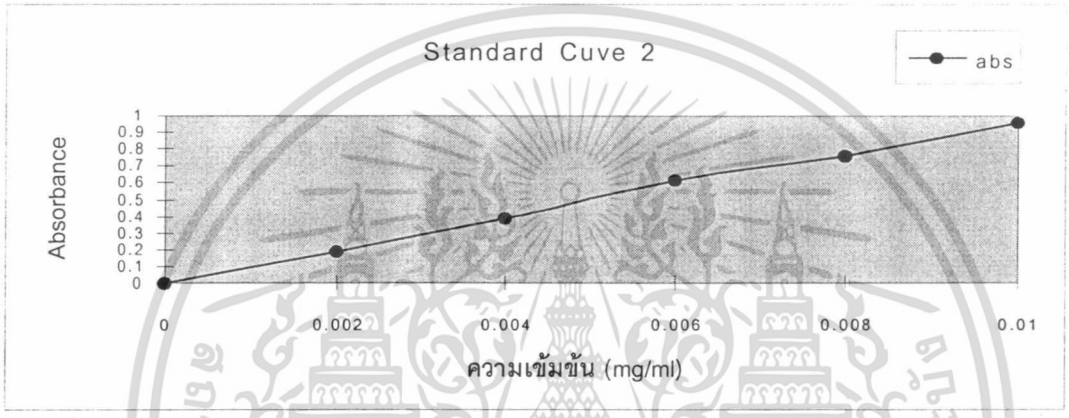
6. เก็บตัวอย่างน้ำไว้สำหรับวิเคราะห์แคลเซียมและฟอสฟอรัส โดยเก็บไว้ในตู้เย็นหรือในที่มืดและเย็น

7. เตรียมกราฟมาตรฐานของฟอสฟอรัส (Standard curve for phosphorus) ดังนี้ นำขวดวัดปริมาตรขนาด 50 ml. มา 7 ใบ แล้วไปเปตสารละลายมาตรฐานที่เตรียมไว้ใส่ลงไปในขวดวัดปริมาตรแต่ละใบให้มีปริมาตรต่างๆ กัน คือ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 ml. เติมสารละลาย molybdovanadate ลงไป 10 ml. ทุกใบ จากนั้นปรับปริมาตรให้ครบ 50 ml. ด้วยน้ำกลั่น ซึ่งจะได้สารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสต่างๆ คือ 0, 0.001, 0.002, 0.003, 0.004, 0.005 และ 0.006 mg./ml. ซึ่งสามารถสรุปเป็นตารางได้ดังนี้

ขวดที่	สารละลาย P มาตรฐาน (ml.)	Molybdovanadate (ml.)	ปริมาตรสุดท้าย Final vol. (ml.)	ความเข้มข้นของสารละลาย P มาตรฐาน (mg/ml.)
1 (blank)	0	10	50	0
2	0.5	10	50	0.001
3	1	10	50	0.002
4	1.5	10	50	0.003
5	2	10	50	0.004
6	2.5	10	50	0.005
7	3	10	50	0.006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. เขย่าหลอดแก้วทุกหลอดให้เข้ากันดีตั้งทิ้งไว้ 10 นาที เพื่อให้เกิดสีเหลืองแล้วรีบนำไปอ่านค่าการดูดกลืนแสง (% Absorbance) จากเครื่อง Spectrophotometer ที่ 400 nm. โดยใช้ blank เป็นตัวเปรียบเทียบมาตรฐาน โดยเขียนกราฟมาตรฐานของฟอสฟอรัส ให้ค่าของ % Absorbance อยู่บนแกน Y และความเข้มข้นของฟอสฟอรัสอยู่บนแกน X จะได้กราฟดังแสดงในภาพที่ 33



ภาพที่ 33 กราฟมาตรฐานฟอสฟอรัส (standard curve)

9. เตรียมตัวอย่าง โดยไปเปตสารละลายที่เตรียมไว้ 5 ml. ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 ml. เติมสารละลาย molybdovanadate ลงไป 10 ml. จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 50 ml. วางทิ้งไว้ 10 นาที แล้วนำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร เช่นเดียวกับสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส (ตัวอย่างอาหารถ้ามีฟอสฟอรัสสูงหรือต่ำเกินไป คือไม่อยู่ในช่วงของ standard curve เราก็สามารถปรับความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในตัวอย่างให้เหมาะสมได้ โดยทำให้เจือจางหรือเข้มข้นขึ้นก็ได้)

10. อ่านค่าฟอสฟอรัสในตัวอย่างจากกราฟมาตราฐาน บันทึกผล

<u>หมายเหตุ</u>

การวัดค่าการดูดกลืนแสงให้ใช้สารละลายในขวดวัดปริมาตร ใบที่ไม่ใส่สารละลายมาตรฐาน KH_2PO_4 (0 ml. คือสารละลาย Blank) ปรับค่าการดูดกลืนแสงให้เป็น 0.000 จากนั้นทำการวัดสารละลายมาตรฐานที่เหลือ (โดยเริ่มจากใบที่มีความเข้มข้นต่ำสุดก่อน คือ 0.001 mg./ml.) รวมทั้งตัวอย่างที่เตรียมไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 **การคำนวณ**

<u>ตัวอย่าง</u> การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส

น้ำหนักของอาหารแห้งที่เป็นตัวอย่าง (ข้าวโพด) = 1.7910 กรัม

ตัวอย่างนี้ถูกเผาจนเป็นเถ้าแล้วเจือจางจนมีปริมาตร 250 ml. ต่อมา 5 ml. ของสารละลายนี้ ถูกเจือจางจนมีปริมาตร 50 ml.

ฉะนั้น น้ำหนักของตัวอย่าง $= \frac{1.7910 \times 5 \text{ กรัมในสารละลาย 1 ml.}}{250 \times 50}$

$= \frac{1.7910 \times 5 \times 1000 \text{ มิลลิกรัม}}{250 \times 50}$

$= 0.7164$ มิลลิกรัมในสารละลาย 1 ml.

จากกราฟมาตรฐานของฟอสฟอรัสอ่านค่าฟอสฟอรัสในสารละลายตัวอย่างได้เท่ากับ 0.08 mg./ml.

เพราะฉะนั้นเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในตัวอย่างอาหารแห้ง $= \frac{0.08 \times 100}{0.7164}$

$= 11.17\ \%$

3.6 **ออกสู่เมนูการวิเคราะห์ฟอสฟอรัส**

4. ออกสู่เมนูหลัก

การวิเคราะห์หาพลังงาน (gross energy) ของอาหารสัตว์ โดยวิธี การใช้ Ballistic Bomb Colorimeter

1. หลักการ

เป็นการวัดความร้อนของอาหารที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ของอาหาร โดยนำตัวอย่างอาหารที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้วไปเผาใน Ballistic Bomb Colorimeter ซึ่งมีออกซิเจนบรรจุอยู่มากเกินพอ (ประมาณ 25-30 atmospheres) วัดความร้อนสูงสุดที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้อาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้น ซึ่งสามารถที่จะวัดได้จากระบบ Thermocouple และ Galvanometer แล้วเปรียบเทียบกับความร้อนที่อ่านได้จากการเผาตัวอย่างมาตรฐาน เช่น benzoic acid ที่ทราบค่าพลังงาน (calorific value) ที่เกิดจากการเผาไหม้ด้วยเครื่องนี้ ซึ่งจะสามารถคำนวณค่าพลังงานของตัวอย่างอาหารนั้นได้

2. สารเคมี

1. Benzoic acid (thermochemical grade)
2. ออกซิเจน

3. อุปกรณ์

1. Ballistic bomb Calorimeter
2. Crucible
3. เชือกฝ้าย (firing cotton)

4. วิธีการปฏิบัติ

1. บดตัวอย่างอาหารให้ละเอียด ผ่านตะแกรงขนาด 20 mesh

2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างอาหารโดยประมาณ 1 กรัม นำไปอัดเข้า crucible อัดให้อาหารเกาะติด crucible ให้แน่น เพื่อลด surface area และ springiness ของตัวอย่างอาหาร แล้วชั่งน้ำหนักอาหารที่อัดอยู่ใน crucible แล้ว เพื่อให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน แล้วนำไปอบที่ 100°เซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง

3. ทำการประกอบตัวบอมบ์ดังนี้

   3.1 ใส่คอวาล์ว

   3.2 หมุนคอวาล์วเข้าที่

   3.3 ใส่ท่อส่งแก๊สเข้ากับคอวาล์ว หมุนให้แน่น

   3.4 ใส่วงแหวน O-ring (sealing ring)

4. นำ crucible ที่ใส่ตัวอย่างอาหารไปวางบน support pillar ของฐานบอมบ์

5. ใช้เชือกฝ้าย (firing cotton) ยาวประมาณ 5 เซนติเมตร ผูกเกี่ยวระหว่าง coil ของ firing wire โดยให้เชือกจุ่มตรงกลางของตัวอย่างอาหร

6. ตรวจดู bomb sealing ring ให้อยู่ในสภาพเรียบร้อย แล้วนำตัวบอมบ์ (bomb body)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้าสวมและหมุนให้สวมกันสนิท (การใส่ตัวบอมบ์ ต้องยกฐานบอมบ์ขึ้น จากนั้นนำตัวบอมบ์เข้าสวมหมุนตัวบอมบ์ให้เข้าเกลียวของฐานบอมบ์ หมุนเกลียว แล้วยกฐานบอมบ์ลง หมุนเกลียวยึดตัวบอมบ์)

7. เสียบ thermocouple wire ตรงรูส่วนบนตัวบอมบ์ เพื่อนำความร้อนไปยังเครื่อง galvanometer

8. เปิด pressure release valve ที่ถังบรรจุออกซิเจน เพื่อเปิดออกซิเจนเข้าเครื่องโดยหมุนปุ่ม control box ที่เครื่องไปประมาณ ¼ ของปุ่ม จนกระทั่งความดันสูงถึง 25 atmosphere ภายใน 20 วินาที แล้วปิดโดยหมุนกับที่เดิม หลังจากนั้นปิดปุ่มแก๊สออกซิเจนเข้าเครื่องที่ release valve

9. ปรับ galvanometer ให้อยู่ที่ศูนย์แล้วทิ้งให้อยู่ที่เลขศูนย์ประมาณ 30 วินาที

10.ถอยออกจากเครื่อง bomb แล้วกดปุ่มจุดไฟ (firing button) เพื่อเผาตัวอย่างอาหาร

11.อ่านค่าของ galvanometer ที่ชี้บอกค่าสูงสุด (จะคงที่ประมาณ 40 วินาที)

12.ปล่อยออกซิเจนที่เหลือออกจากบอมบ์ แล้วจึงถอดตัวบอมบ์ออกจากเครื่อง จุ่มตัวบอมบ์ลงในน้ำเย็น ล้างด้วยน้ำเย็น 2-3 ครั้งเช็ดให้แห้ง โดยเฉพาะตรงรูเสียบ Thermocouple จะต้องแห้งเสมอ

ข้อควรระวัง - หลังการใช้งานให้ถอดคอวาล์วออก แล้วนำไปล้างด้วยน้ำอุ่นทุกครั้ง เพราะถ้าไม่ถอดมันจะถอดไม่ออก

- ต้องใส่วงแหวน O - ring ให้ลงร่อง เพื่อป้องกันออกซิเจนรั่ว และหากไม่มีวงแหวน O-ring จะถอดตัวบอมบ์ไม่ออก
- เวลาที่ไม่ใช้เครื่อง ให้ถอดตัวบอมบ์ออกเก็บไว้ต่างหาก หลังใช้เสร็จทำความสะอาด โดยใช้สำลีชุดแอลกอฮอร์ เช็ดให้ทั่วให้สะอาด ถอดคอวาล์วออกมาล้างด้วยน้ำอุ่น แยกเก็บ

วิธี standardise เครื่องมือ

เพื่อแก้ความผิดพลาดของความร้อนที่เกิดจากกระแสไฟ (firing current) และ เชือกฝ้าย(firing cotton) โดยทำทุกอย่างคล้ายการวิเคราะห์ตัวอย่าง เพียงแต่ไม่ใส่ตัวอย่างเท่านั้น แล้วอ่านค่าของ galvanometer ที่ขึ้นสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีวิเคราะห์ standard sample

การวิเคราะห์ทำทุกอย่างเหมือนกับการวิเคราะห์อาหารเพียงแต่ใช้ benzoic acid ใส่แทนตัวอย่างอาหารที่จะวิเคราะห์เท่านั้น และใช้ benzoic acid ครั้งละประมาณ 0.7 กรัม ทำการวิเคราะห์อย่างน้อยที่สุด 5 ซ้ำ เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย

5. วิธีการคำนวณค่าพลังงาน

น.น. ของ benzoic acid ที่ใช้ในการวิเคราะห์ = W_1 กรัม

calorific value of benzoic acid = 6.32 kcal/g.

ดังนั้น ความร้อนทั้งหมดที่ได้จาก benzoic acid = $6.32W_1$ kcal

ค่าของ galvanometer ที่อ่านสูงสุดเมื่อไม่มีตัวอย่าง = θ_1 divs

ค่าของ galvanometer ที่อ่านสูงสุดเมื่อมี benzoic acid = θ_2 divs

ค่าของ galvanometer ที่อ่านสูงสุดเนื่องมาจาก benzoic acid = $\theta_2-\theta_1$ divs

calibration constant (y) = $\frac{6.32 \times W_1}{\theta_2-\theta_1}$ kcal/div

เฉลี่ยค่าจากการวิเคราะห์ standard sample 5 ซ้ำ ดังนั้นค่าเฉลี่ยของการ standardizing sample มีค่าดังนี้ คือ $Y = \frac{y_1+y_2+y_3+y_4+y_5}{5}$ kcal/div

น.น. ของตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ = Z กรัม

ค่าของ galvanometer ที่อ่านสูงสุดเมื่อมีตัวอย่าง = θ_3 divs

ค่าของ galvanometer ที่อ่านสูงสุดเนื่องจากตัวอย่าง = $\theta_3-\theta_1$ divs

ความร้อนที่ได้มาจากตัวอย่าง = $(\theta_3-\theta_1)Y$ kcal

ค่าพลังงานของตัวอย่าง = $\frac{(\theta_3-\theta_1)Y}{Z}$ kcal/g.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ตัวอย่าง</u> ในการวิเคราะห์หาค่าพลังงานของอาหารสัตว์ชนิดหนึ่ง โดยใช้ Ballistic bomb calorimeter และใช้ benzoic เป็นสารมาตรฐาน ปรากฏว่าชั่งน้ำหนักตัวอย่างอาหารได้ 1.0006 กรัม และชั่งน้ำหนัก benzoic acid จำนวน 5 ซ้ำได้น้ำหนัก 0.7000 กรัมในทุกๆ ซ้ำ โดยนำตัวอย่างอาหารและสารมาตรฐานดังกล่าว ไปเผาใน Ballistic bomb colorimeter ซึ่งเริ่มแรกต้องทำการ standardise เครื่องมือ โดยทำการเผา crucible ที่ไม่มีตัวอย่างอาหารก่อน และอ่านค่าของ galvanometer ได้ = 0.5 divs ส่วน benzoic acid ทั้ง 5 ซ้ำ เมื่อทำการเผาแล้วอ่านค่าของ galvanometer ได้ = 0.7001, 0.7141, 0.7102, 0.7035, 0.7100 divs ตามลำดับ และตัวอย่างอาหารเมื่อเผาแล้วอ่านค่าของ galvanometer ได้ = 7.6 divs จงหาค่าพลังงานของตัวอย่างอาหารนี้

<u>วิธีทำ</u> สารมาตรฐาน benzoic acid ในแต่ละซ้ำทั้ง 5 ซ้ำมีน้ำหนัก = 0.7000 กรัม

ดังนั้น W_1 = 0.7000, 0.7000, 0.7000, 0.7000, 0.7000 กรัม

θ_1 = 0.5 divs

θ_2 = 0.7001, 0.7141, 0.7102, 0.7035, 0.7100 divs

จากสูตร ค่า calibration constant (y) = $\frac{6.32 \times W_1}{\theta_2 - \theta_1}$ kcal/div

ดังนั้น ค่า calibration constant ใน 5 ซ้ำ มีดังนี้

$y_1 = \frac{6.32 \times 0.7}{0.7001 - 0.5} = 22.109$ kcal/div

$y_2 = \frac{6.32 \times 0.7}{0.7141 - 0.5} = 20.663$ kcal/div

$y_3 = \frac{6.32 \times 0.7}{0.7102 - 0.5} = 21.047$ kcal/div

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$y_4 = \frac{6.32x0.7}{0.7035-0.5} = 21.740 \text{ kcal/div}$$

$$y_5 = \frac{6.32x0.7}{0.7100-0.5} = 21.067 \text{ kcal/div}$$

ฉะนั้นค่า Y เฉลี่ย $= \frac{22.109+20.663+21.047+21.740+21.067}{5}$

$= 84.886$ kcal/div

จากโจทย์ น้ำหนักตัวอย่างอาหาร (Z) = 1.0006 กรัม

$\theta_3 = 7.6$ divs

สูตรค่าพลังงานของตัวอย่าง $= \frac{(\theta_3 - \theta_1) Y}{Z}$ kcal/g.

จะได้ค่าพลังของตัวอย่างอาหาร $= \frac{(7.6-0.5)84.886}{1.0006}$ kcal/g.

$= 602.33$ kcal/kg.

$= 6023.3$ kcal/kg.

<u>หมายเหตุ</u>

การวิเคราะห์ค่าพลังงานในตัวอย่างอาหารใดๆในทางปฏิบัติแล้ว จะใช้ตัวอย่างอาหารทั้งหมด 5 ซ้ำ เช่นเดียวกับสารมาตรฐาน แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยนำไปใช้ในการคำนวณต่อไป

6. **ออกสู่เมนูหลัก**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาและข้อเสนอแนะ

การสร้างสื่อการเรียนการสอนด้วยโปรแกรม Authoware ไม่ว่าจะเป็น version ไหนก็ตาม ผู้ที่สนใจ ควรศึกษาการใช้งานโปรแกรมอย่างละเอียด โดยการอ่านคู่มือแนะนำการใช้โปรแกรม และควรฝึกหัดปฏิบัติไปด้วยจะดีที่สุด ต้องทดลองทำหลายๆ แบบที่นอกเหนือไปจากตัวอย่างในคู่มือ เพื่อให้เกิดความชำนาญ เมื่อถึงตอนลงมือสร้างงานจริง จะมีไอเดียสร้างลูกเล่นให้ชิ้นงานน่าสนใจมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ควรศึกษาโปรแกรมประกอบอื่นๆ ยกตัวอย่างเช่น Adobe Photoshop, Flash และ Gif animator แล้วทดลองใช้กับโปรแกรม Authoware ดูการทำงานภายใต้การทำงานของ Authowate ซึ่งโปรแกรมประกอบต่างๆ มีส่วนส่งเสริมให้โปรแกรม Authoware มีความน่าสนใจมากขึ้น สิ่งสำคัญต้องลงมือฝึกหัดทุกโปรแกรม ซึ่งจะเจอปัญหาติดขัดต่างๆ แล้วทำการแก้ไข สิ่งเหล่านี้จะทำให้เกิดความเชี่ยวชาญขึ้น และจะมีไอเดียในการนำเสนองานที่ดีมาก และที่สำคัญควรจะมีเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นของตนเอง อันจะทำให้มีเวลาในการฝึกหัดโปรแกรมมากขึ้น สะดวกและรวดเร็วในการปฏิบัติงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

การนำเสนอการวิเคราะห์แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงานในอาหารสัตว์ โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เป็นการประยุกต์เอาเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาใช้ในการจัดทำสื่อการเรียนการสอนในรูปแบบ Multimedia เพื่อให้มีความน่าสนใจ โปรแกรมที่สามารถนำมาใช้ประยุกต์ได้นั้นมีอยู่หลายโปรแกรมด้วยกัน การนำเสนอการวิเคราะห์แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงานในอาหารสัตว์โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้ ใช้โปรแกรม Authoware 5.2 ซึ่งสามารถนำเสนอกราฟฟิก ภาพ และเสียงได้อย่างน่าสนใจ เนื้อหาของโปรแกรมนี้ประกอบไปด้วยหัวข้อที่สามารถเลือกศึกษาได้ตามต้องการคือ หลักการ สารเคมีและวิธีการเตรียม อุปกรณ์ วิธีการปฏิบัติ การคำนวณและการบันทึกผลพร้อมด้วยตัวอย่างประกอบ การจัดทำสื่อการเรียนการสอนทางคอมพิวเตอร์ในรูปแบบ Multimedia นี้ จึงมีบทบาทสำคัญ ในการสืบค้นข้อมูลได้สะดวก มีความน่าสนใจ และง่ายต่อการศึกษาสามารถช่วยให้ผู้เรียนสามารถนำไปปฏิบัติการวิเคราะห์ได้อย่างถูกต้อง ได้ผลการวิเคราะห์ที่แม่นยำ ซึ่งจะส่งผลดีต่อการประกอบสูตรอาหารสัตว์ได้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

บูรณะ สมชัย. 2542. การสร้าง CAI-Multimedia ด้วย Authorware 4.0. บริษัทซีเอ็ดยูเคชัน จำกัด(มหาชน), กรุงเทพมหานคร. 204 น.

เยาวมาลย์ ค้าเจริญ. 2523. คู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์, ภาควิชาสัตว์ศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 162 น.

วิศัลย์ พัวรุ่งโรจน์. 2541. ซีดีรอมสอนการใช้โปรแกรมชุดเรียนรู้ Authoware สำหรับ Windows95/98 ภาษาไทย. บริษัทคอมพิวเตอร์อินฟอร์เมชั่นซิสเตมส์ จำกัด, กรุงเทพมหานคร.

วีระพล คำดี. 2543. คู่มือการใช้ Micromedia Authorware 5. บริษัทซัคเซสมีเดีย จำกัด, กรุงเทพมหานคร. 286 น.

ศักดิ์สิทธิ วงศ์ตรง. 2544. เรียนลัด Macromedia Authoware ครอบคุมเวอร์ชั่น 5.2. บริษัทโปรวิชั่น จำกัด, กรุงเทพมหานคร. 303 น.

ศรีสกุล วรจันทรา. 2538. ปฏิบัติการโภชนศาสตร์สัตว์. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร. 85 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้