

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์
เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ สำหรับ
นักศึกษาปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

DEVELOPMENT OF TUTORING COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION
FOR ANIMAL NUTRITION TECHNOLOGY SUBJECT ENTITLED
"FEED MICROSCOPY" FOR UNDERGRADUATE STUDENTS
OF KING MONGKUT'S INSTITUTE OF
TECHNOLOGY LADKRABANG

สุวรรณ คำชมภู

SUWAPHORN KUMCHOMPHOO

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ (วิทยาศาสตรทั่วไป)

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2549

ISBN 974-15-2252-5

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์
เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ สำหรับ
นักศึกษาปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

DEVELOPMENT OF TUTORING COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION
FOR ANIMAL NUTRITION TECHNOLOGY SUBJECT ENTITLED
“FEED MICROSCOPY” FOR UNDERGRADUATE STUDENTS
OF KING MONGKUT’S INSTITUTE OF
TECHNOLOGY LADKRABANG



สุวรรณ กิ่งชมภู

SUWAPHORN KUMCHOMPHOO

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 63471
วัน,เดือน,ปี..... 29 ส.ค. 2549



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาาสตร์ (วิทยาศาสตรทั่วไป)
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2549

ISBN 974-15-2252-5

**DEVELOPMENT OF TUTORING COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION
FOR ANIMAL NUTRITION TECHNOLOGY SUBJECT ENTITLED
“FEED MICROSCOPY” FOR UNDERGRADUATE STUDENTS
OF KING MONGKUT’S INSTITUTE OF
TECHNOLOGY LADKRABANG**

SUWAPHORN KUMCHOMPHOO

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN SCIENCE EDUCATION (GENERAL SCIENCE)
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT’S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2006

ISBN 974-15-2252-5

COPYRIGHT2006

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบ อาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
นักศึกษา	นางสาวสุวรรณ์ คำชมภู
รหัสประจำตัว	44064249
ปริญญา	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์ (วิทยาศาสตร์ทั่วไป)
พ.ศ.	2549
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิไลพร วจิตตานนท์
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.กันยา ดันติวิสุทธิกุล

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กลุ่มตัวอย่างของการวิจัยเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 ปีการศึกษา 2548 คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยการอาสาสมัคร จำนวน 10 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 บทเรียน คือ การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งแร่ธาตุ การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งโปรตีน และการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งพลังงาน และแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของกระบวนการและผลลัพธ์ ทั้ง 3 บทเรียน ซึ่งมีจำนวนทั้งสิ้น 20 ข้อ และ 40 ข้อ ตามลำดับ

การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน ในการวิจัยครั้งนี้ใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 80/80

ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 85.5/86.5 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

Thesis Title	Development of Tutorial Computer Assisted Instruction for Animal Nutrition Technology Subject Entitled “Feed Microscopy” for Undergraduate Students of King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang
Student	Miss Suwaphorn Kumchomphoo
Student ID.	44064249
Degree	Master of Science
Programme	Science Education (General Science)
Year	2006
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Wilaiporn Worrachittanont
Thesis Co-Advisor	Associate Professor Dr. Kunya Tuntivisoottikul

ABSTRACT

Purposes of this research were to develop a computer assisted instruction for tutorial in Animal Nutrition Technology Subject entitled “Feed Microscopy” for undergraduate students of King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang, and to study an efficiency of the computer assisted instruction.

Samples of this research were 10 volunteer students of Agricultural Technology Faculty, who studied in the 3rd year and in the 2005 academic year .

Instruments of this research were the computer assisted instruction for tutorial in Animal Nutrition Technology Subject entitled “Feed Microscopy”, which were divided into 3 lessons namely animal feed for mineral, protein and energy sources. The other instrument was the efficiency tests, which were the test for process (E_1) and the test for product (E_2). The E_1 and E_2 tests were consisted of totally 20 items and 40 items, respectively.

The expected criteria for effectiveness of the computer assisted instruction (E_1/E_2) was not less than 80/80.

The result of the research revealed that, the efficiency of the computer assisted instruction for tutorial in Animal Nutrition Technology Subject entitled “Feed Microscopy” was 85.5/86.5, which reached the expected criteria.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิไลพร วรจิตตานนท์ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.กันยา ตันติวิสุทธิกุล อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ได้กรุณาใช้เวลาให้ความช่วยเหลือตลอดจนให้คำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์อย่างยิ่ง ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พิระวุฒิ สุวรรณจันทร์ ซึ่งเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้คำแนะนำที่มีคุณค่าเพื่อให้การแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พรณิภา ศิวะพิรุฬห์เทพ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ จันทรพร เจ้าทรัพย์ ซึ่งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ได้กรุณาแก้ไข และได้ให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้อันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษา ค้นคว้าตลอดจนเป็นแนวทางในการจัดทำวิทยานิพนธ์จนประสบความสำเร็จ และขอขอบคุณภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องกล้องจุลทรรศน์ สำหรับถ่ายภาพในการวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่ออุดม คำชมภู คุณแม่ศรีอำพร คำชมภู ที่เป็นผู้ให้กำเนิดให้ความรักและดูแลเอาใจใส่ผู้วิจัยอย่างหาที่เปรียบมิได้ ตลอดจนส่งเสริมด้านการศึกษาแก่ผู้วิจัยตลอดมาเป็นกำลังใจและดูแลผู้วิจัยตลอดมา และขอขอบคุณนายสกล คำชมภู น้องชายอันเป็นที่รักของข้าพเจ้าที่เป็นผู้ให้กำลังใจ และขอขอบคุณญาติ พี่ น้อง อันเป็นที่เคารพรักที่ได้ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนและเป็นกำลังใจด้วยดี

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจด้วยดี ขอขอบพระคุณเพื่อนๆ และผู้ที่มีส่วนที่ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จไปด้วยดี

สำหรับคุณค่าและคุณประโยชน์ใดๆ อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอบพระคุณเป็นเครื่องบูชาพระคุณแต่บิดา มารดา-อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

สุวภรณ์ คำชมภู

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 สมมติฐานการวิจัย.....	2
1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	3
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	4
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย.....	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 หลักสูตรรายวิชา เทคโนโลยีอาหารสัตว์.....	6
2.2 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	8
2.3 โปรแกรมที่ใช้ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	28
2.4 การสร้างแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอนเพื่อทบทวน.....	37
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	38
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	41
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	41
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	41
3.3 การดำเนินการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	49
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	49

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	51
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....	52
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	52
5.2 อภิปรายผลการวิจัย.....	54
5.3 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย.....	56
บรรณานุกรม.....	57
ภาคผนวก.....	60
ภาคผนวก ก. เนื้อหาวิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบวัตถุดิบอาหารสัตว์ ด้วยกล้องจุลทรรศน์.....	61
ภาคผนวก ข. ตัวอย่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน เรื่องการตรวจสอบ วัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์.....	117
ภาคผนวก ค. แบบทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบ อาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์.....	122
ภาคผนวก ง. ผลการทดสอบประสิทธิภาพของกระบวนการและผลลัพธ์ของกลุ่มตัวอย่าง ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์.....	137
ประวัติผู้เขียน	139

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1	
วัตถุประสงค์การเรียนรู้ วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบ อาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์.....	42
3.2	
การวิเคราะห์เนื้อหาและน้ำหนักในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบวัตถุดิบอาหารสัตว์ ด้วยกล้องจุลทรรศน์.....	46
4.1	
ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์.....	51
ง.1	
ผลการทดสอบประสิทธิภาพของกระบวนการและผลลัพธ์ของกลุ่มตัวอย่างของ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่อง การตรวจสอบ คุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์.....	138

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเส้นทางเดียว.....11
2.2	แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบย้อนกรอบ.....12
2.3	แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสอบก่อนข้ามกรอบ.....12
2.4	แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบข้ามกรอบและย้อนกรอบ.....13
2.5	แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบทางเดินหลายเส้น.....13
2.6	แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบกรอบซ่อมเสริมเดี่ยว.....14
2.7	แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีห่วงกรอบซ่อมเสริม.....14
2.8	แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบกรอบซ่อมเสริมหลายกิ่ง.....15
2.9	แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบแตกกิ่งคู่.....16
2.10	แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบกิ่งประกอบ.....16
2.11	แบบจำลองการออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนของ Alessi and Prollip.....18
2.12	หน้าต่างของ โปรแกรม Authorware.....30
2.13	หน้าต่างการออกแบบบทเรียน.....30
2.14	หน้าต่างเสนอบทเรียน.....31
2.15	สัญลักษณ์ภาพในกล่องเครื่องมือสร้างภาพ.....31
2.16	สัญลักษณ์ภาพบนเครื่องมือ.....32
2.17	แบบการมีปฏิสัมพันธ์ และการตอบสนอง.....34
2.18	แบบการสร้างเส้นแบบต่างๆ.....35
2.19	แบบการสร้างเงาของพื้นวัตถุ.....35
2.20	แบบกำหนดการแสดงผลของวัตถุ.....35
2.21	แบบการเปลี่ยนของภาพ.....36
ก.1	โคเคลลเชื่อมฟอสเฟตจากกระดูกสัตว์เมื่อมองด้วยตาเปล่า.....62
ก.2	โคเคลลเชื่อมฟอสเฟตจากหินฟอสเฟตเมื่อมองด้วยตาเปล่า.....63
ก.3	โคเคลลเชื่อมฟอสเฟตจากกระดูกสัตว์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....63
ก.4	โคเคลลเชื่อมฟอสเฟตจากกระดูกสัตว์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (ใช้แสงสีเหลือง).....63
ก.5	โคเคลลเชื่อมฟอสเฟตจากหินฟอสเฟตภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....64
ก.6	หินฟูนเมื่อมองด้วยตาเปล่า.....64

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.7 หินฝุ่นเมื่อมองภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	65
ก.8 เกลือแกงเมื่อมองด้วยตาเปล่า.....	65
ก.9 เกลือแกงภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	66
ก.10 กระจกป่นเมื่อมองด้วยตาเปล่า.....	66
ก.11 กระจกป่นภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	67
ก.12 เปลือกหอยป่นเมื่อมองด้วยตาเปล่า.....	67
ก.13 เปลือกหอยป่นภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	68
ก.14 ยูเรียเมื่อมองด้วยตาเปล่า.....	68
ก.15 ยูเรียภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	69
ก.16 ผลปาล์มน้ำมัน.....	70
ก.17 ส่วนประกอบของผลปาล์มน้ำมันตามแนวตัดขวาง.....	70
ก.18 กากปาล์มทั้งผลภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	71
ก.19 กากเนื้อในเมล็ดปาล์มภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	71
ก.20 กากปาล์มภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 1.....	72
ก.21 กากปาล์มภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 2.....	72
ก.22 เมล็ดถั่วลิสง.....	73
ก.23 เปลือกถั่วลิสง.....	73
ก.24 เยื่อหุ้มเมล็ดถั่วลิสงด้านนอกภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	74
ก.25 เยื่อหุ้มเมล็ดถั่วลิสงด้านในภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	74
ก.26 เนื้อเมล็ดถั่วลิสงภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	75
ก.27 กากถั่วลิสงเมื่อมองด้วยตาเปล่า.....	75
ก.28 กากถั่วลิสงภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	76
ก.29 กากถั่วลิสงอัดน้ำมัน.....	76
ก.30 กากถั่วลิสงสกัดน้ำมันภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	77
ก.31 เมล็ดคูน.....	77
ก.32 กากเมล็ดคูนเมื่อมองด้วยตาเปล่า.....	78
ก.33 ส่วนประกอบของเมล็ดคูนภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	78

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.34 ส่วนประกอบของกากเมล็ดนุ่นภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	79
ก.35 กากเมล็ดนุ่นภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	79
ก.36 ส่วนประกอบของผลมะพร้าว.....	80
ก.37 กากมะพร้าวเมื่อมองด้วยตาเปล่า.....	81
ก.38 กากมะพร้าวภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	81
ก.39 กระจินป่นเมื่อมองด้วยตาเปล่า.....	82
ก.40 กระจินป่นภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	82
ก.41 ส่วนของใบกระจินป่นภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	83
ก.42 ส่วนของก้านกระจินป่นภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	83
ก.43 เมล็ดทานตะวันสีเทา-ดำ.....	84
ก.44 เมล็ดทานตะวันสีครีมหรือสีเนื้อ.....	84
ก.45 กากเมล็ดทานตะวันเมื่อมองด้วยตาเปล่า.....	85
ก.46 ส่วนประกอบของกากเมล็ดทานตะวันภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	85
ก.47 กากเมล็ดทานตะวันภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	86
ก.48 เมล็ดฝ้าย.....	86
ก.49 เมล็ดฝ้ายผ่าตามแนวตัดขวางภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	87
ก.50 ต่อมสี Gossypol ของกากเมล็ดฝ้ายสกัดน้ำมันภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	87
ก.51 กากเมล็ดฝ้ายเมื่อมองด้วยตาเปล่า.....	88
ก.52 กากเมล็ดฝ้ายภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	88
ก.53 กากเรปซีดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 1.....	89
ก.54 กากเรปซีดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 2.....	89
ก.55 เปลือกเรปซีดด้านนอกลักษณะเป็นแอ่งตื้นๆ ติดต่อกันแบบรังผึ้งภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	90
ก.56 เมล็ดขางพารา.....	90
ก.57 กากเมล็ดขางพาราเมื่อมองด้วยตาเปล่า.....	91
ก.58 กากเมล็ดขางพาราภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	91
ก.59 เมล็ดถั่วเหลือง.....	92
ก.60 ส่วนประกอบของเปลือกหุ้มเมล็ดของถั่วเหลือง.....	92
ก.61 ส่วนประกอบของ Hilum ของเมล็ดถั่วเหลือง.....	93

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.62 กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	94
ก.63 กากถั่วเหลืองอัดน้ำมันเมื่อมองด้วยตาเปล่า.....	95
ก.64 กากถั่วเหลืองอัดน้ำมันภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	95
ก.65 กากถั่วเหลืองปนกากถั่วลิสง.....	96
ก.66 ปลาป่นที่มองเห็นด้วยตาเปล่า.....	97
ก.67 เนื้อปลาป่นภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	97
ก.68 ตาปลา.....	98
ก.69 เกล็ดปลา.....	98
ก.70 ก้างปลา.....	99
ก.71 ปลาป่นภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	99
ก.72 การปลอมปนเปลือกหอยในปลาป่น.....	100
ก.73 การปลอมปนขนไก่ป่นในปลาป่น.....	100
ก.74 ขนไก่ที่ผ่านการย่อยสลายแล้ว.....	101
ก.75 ขนไก่ป่นภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	102
ก.76 แสดงก้านขนไก่ป่นภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	102
ก.77 ข้าวโพดทั้งฝักผ่าตามขวาง.....	103
ก.78 ส่วนประกอบของเมล็ดข้าวโพดภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	104
ก.79 เมล็ดข้าวโพด.....	104
ก.80 เยื่อหุ้มเมล็ดข้าวโพดภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	105
ก.81 แป้งแข็งและแป้งอ่อนของข้าวโพดบดภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	105
ก.82 Glume ของข้าวโพดภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	106
ก.83 Tip caps ของข้าวโพดภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	106
ก.84 ข้าวโพดบดภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	107
ก.85 เมล็ดข้าวเปลือก 1.....	107
ก.86 เมล็ดข้าวเปลือก 2.....	108
ก.87 รำข้าวเมื่อมองด้วยตาเปล่า.....	109
ก.88 รำสกัดน้ำมันภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	109
ก.89 รำละเอียดภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	110

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.90	ขึ้นแกลบภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....110
ก.91	รำหยาบภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....111
ก.92	ปลายข้าวเมื่อมองด้วยตาเปล่า..... 111
ก.93	ปลายข้าวภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....112
ก.94	เมล็ดข้าวสาลี.....112
ก.95	รำข้าวสาลีเมื่อมองด้วยตาเปล่า.....113
ก.96	รำข้าวสาลีภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....113
ก.97	เมล็ดข้าวฟ่างขาว.....114
ก.98	เมล็ดข้าวฟ่างแดง.....114
ก.99	เมล็ดข้าวฟ่างบดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 1.....115
ก.100	เมล็ดข้าวฟ่างบดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 2.....115
ก.101	รูปตัดของหัวมันสำปะหลังเมื่อมองด้วยตาเปล่า.....116
ก.102	มันสำปะหลังบดเมื่อมองด้วยกล้องจุลทรรศน์.....116

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันเทคโนโลยีมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ด้วยโลกในยุคปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีมาใช้กันอย่างกว้างขวางนำมาประยุกต์ใช้กับงานต่างๆ ได้อย่างไร้ขีดจำกัด การที่เทคโนโลยีพัฒนาไปอย่างรวดเร็วทำให้ด้านการศึกษาพัฒนาอย่างรวดเร็วเช่นกัน แนวคิดการศึกษาแบบ Anytime anywhere คือ เรียนเมื่อใดก็ได้และเรียนที่ไหนก็ได้เป็นจริงแล้ว (Pawanama, 2001 : 3) สถาบันการศึกษาจึงมีการพัฒนาการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีขั้นสูง โดยได้มีการนำเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์ คือ คอมพิวเตอร์ทางการศึกษามาช่วยในการเรียนการสอน คือ คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer Assisted Instruction : CAI)

คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer Assisted Instruction : CAI) เป็นสื่อการเรียนการสอนรูปแบบหนึ่ง ซึ่งใช้ความสามารถของคอมพิวเตอร์ในการนำเสนอสื่อประสมได้แก่ ข้อความ ภาพนิ่ง กราฟิก แพนดุมิ ภาพเคลื่อนไหว วิดิทัศน์และเสียง เพื่อถ่ายทอดเนื้อหาบทเรียนที่ใกล้เคียงกับการสอนจริงในห้องเรียนมากที่สุดโดยนำเสนอเนื้อหาทีละหน้า สามารถดึงดูดความสนใจและกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดความต้องการเรียนรู้ เพราะคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประกอบด้วยคุณลักษณะที่สำคัญ คือ ี่มีความเป็นสารสนเทศ สามารถตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคล มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับคอมพิวเตอร์ และให้ผลป้อนกลับได้โดยทันที (ถนอมพร เลาหจรัสแสง, 2541 : 8)

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนยังสามารถที่จะประเมินและตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียนได้ตลอดเวลา ดังนั้นผู้สอนจะสามารถนำคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปช่วยในการสอนของตนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากมีงานวิจัยหลายชิ้นที่สนับสนุนว่า ผู้เรียนที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการเรียน จะใช้เวลาเพียงสองในสามของผู้เรียนที่เรียนด้วยวิธีที่สอนปกติ ในขณะที่เดียวกันผู้เรียนสามารถนำเอาคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปใช้ในการเรียนด้วยตนเอง โดยปราศจากข้อจำกัดทาง ด้านเวลาและสถานที่ในการศึกษา โดยเฉพาะผู้เรียนอ่อนสามารถใช้ประโยชน์จากคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการเรียนเพิ่มเติมนอกเวลาได้ (ถนอมพร เลาหจรัสแสง, 2541 : 7)

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้มีการจัดการเรียนการสอนในสาขาวิชาสัตวศาสตร์ และได้มีการเรียนในรายวิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ จะมีการเรียนทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ เนื้อหาวิชาได้กำหนดให้นักศึกษาชั้นปีที่ 3 ได้เรียนรู้คือ อุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์โดยทั่วไป ส่วนประกอบทางเคมีและการย่อยได้ของอาหารสัตว์ การประเมินคุณภาพอาหารสัตว์ ลักษณะวัตถุดิบอาหารสัตว์ ตลอดจนกรรมวิธีในการผลิต การเก็บรักษาและวิธีการนำไปเลี้ยงสัตว์ การคำนวณสูตรอาหารสัตว์

ตามความต้องการของสัตว์เลี้ยงระยะต่างๆ รวมทั้งหลักการคำนวณสูตรอาหารสัตว์โดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ เนื้อหาการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์เป็น เนื้อหาที่มีความสำคัญ นักศึกษาควรเรียนรู้และสามารถบอกรายละเอียดเกี่ยวกับวัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละชนิดได้ เนื่องจากนักศึกษาที่จบจากสาขาวิชานี้ เมื่อต้องไปประกอบอาชีพในอนาคต เช่น เจ้าหน้าที่สัตวบาล นักวิชาการ หรือการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการจำหน่ายอาหารสัตว์ จำเป็นต้องมีความรู้อย่างชัดเจน ในเนื้อหาวิชานี้ นอกจากนี้การสอนในภาคปฏิบัติ ได้มีการเรียนการสอนเรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ ซึ่งเป็นการสอนที่ให้นักศึกษาทดลองและปฏิบัติจริง แต่เมื่อทำการเรียนการสอนไปแล้ว นักศึกษาต้องการทบทวนในสิ่งที่เรียนมาก็ยากที่จะปฏิบัติได้ เพราะการทบทวนส่วนใหญ่เป็นการทบทวนด้วยตำรา หรือเอกสารประกอบการเรียน ซึ่งเป็นสื่อการสอนที่ไม่สามารถแสดงให้เห็นเหมือนกับได้ศึกษาทบทวนจากของจริงได้ หากมีสื่อการเรียนการสอนที่น่าสนใจและใกล้เคียงของจริงมากที่สุด อาจจะทำให้นักศึกษาสนใจที่จะทบทวนบทเรียนมากขึ้น ในรายวิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเห็นควรพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ เพื่อนำไปใช้เป็นสื่อในการทบทวนสำหรับ นักศึกษาปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยทดลองกับกลุ่มตัวอย่างที่เคยเรียนวิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ ซึ่งเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อให้ได้สื่อที่มีคุณภาพที่จะอำนวยความสะดวกแก่ผู้เรียนผู้สอนให้มากที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์

1.3 สมมติฐานการวิจัย

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไม่ต่ำกว่า 80/80

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

1.4.1 การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำแนวคิด ในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งยึดเทคนิค การออกแบบบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ดัดแปลงมาจากกระบวนการเรียนการสอนของ Alessi and Trollip (อ้างใน ถนอมพร เลหาจรัสแสง. 2541 : 29) มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนการออกแบบ 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนการเตรียม (Preparation)
 - 1.1 กำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ (Determine Goals and Objectives)
 - 1.2 รวบรวมข้อมูล (Collect Resources)
 - 1.3 ศึกษาเนื้อหา (Learn Content)
 - 1.4 สร้างความคิด (Generate Ideas)
2. ขั้นตอนการออกแบบบทเรียน (Design Instruction)
 - 2.1 ทอนความคิด (Elimination of Ideas)
 - 2.2 วิเคราะห์งานและความคิดรวบยอด (Task and Concept Analysis)
 - 2.3 ออกแบบบทเรียนขั้นแรก (Preliminary Lesson Description)
 - 2.4 ประเมินและแก้ไขการออกแบบ (Evaluation and Revision of the Design)
3. ขั้นตอนการเขียนผังงาน (Flowchart Lesson)
4. ขั้นตอนการสร้าง Storyboard (Create Storyboard)
5. ขั้นตอนการสร้าง/เขียน โปรแกรม (Program Lesson)
6. ขั้นตอนการประเมินและแก้ไขบทเรียน (Evaluate and Revise)

1.4.2 การวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน

วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์

ผู้วิจัยได้นำแนวคิดของ Sax (อ้างใน ไพศาล หวังพานิช. 2543 : 14) มาใช้เป็นกรอบ แนวคิดที่ใช้ในการสร้างแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้อง จุลทรรศน์ โดยวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ซึ่งเป็นพฤติกรรมความสามารถ ด้านการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชาต่างๆ อันเป็นความสามารถทางสมอง หรือพฤติกรรมที่เกี่ยวกับความคิด (Thinking) พฤติกรรมด้านนี้แบ่งออกเป็น 6 ระดับ คือ

1. ความรู้ความจำ (Knowledge หรือ Memory)
2. ความเข้าใจ (Comprehension)
3. การนำไปใช้ (Application)

4. การวิเคราะห์ (Analysis)
5. การสังเคราะห์ (Synthesis)
6. การประเมินค่า (Evaluation)

โดยผู้วิจัยวัดพฤติกรรมทางด้านพุทธิสัยในระดับความรู้ความจำ

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 ประชากร

ประชากรในการวิจัย คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ผ่านการเรียน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ จำนวน 75 คน

1.5.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ผ่านการเรียน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยการอาสาสมัคร จำนวน 10 คน

1.5.3 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ มีตัวแปรที่ศึกษา ดังนี้

ตัวแปรต้น คือ การใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์

ตัวแปรตาม คือ ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์

1.5.4 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้เนื้อหาในรายวิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ ในระดับปริญญาตรี สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 บทเรียน คือ

- บทเรียนที่ 1 การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งแร่ธาตุ
- บทเรียนที่ 2 การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งโปรตีน
- บทเรียนที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งพลังงาน

1.5.5 ระยะเวลาในการทดลอง

ทำการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

เพื่อความเข้าใจที่ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย จึงกำหนดความหมายของคำต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัยดังนี้

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ หมายถึง บทเรียนแบบทบทวน (Tutorial) เพื่อใช้ในการทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Authorware ซึ่งได้บรรจุเนื้อหา การทบทวน การทำกิจกรรมไว้ตามลำดับอย่างเหมาะสมเพื่อใช้ทบทวนหลังจากการสอนปกติ โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 บทเรียน คือ

บทเรียนที่ 1 การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งแร่ธาตุ

บทเรียนที่ 2 การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งโปรตีน

บทเรียนที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งพลังงาน

2. ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง อัตราส่วนของคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละที่ได้จากการประเมินในแต่ละบทเรียนรวมกันกับร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการประเมินหลังเรียน ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ตั้งเกณฑ์ E_1/E_2 ไว้ไม่ต่ำกว่า 80/80

E_1 หมายถึง คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละที่ผู้เรียนได้จากการทำแบบทดสอบในแต่ละบทเรียนรวมกัน ซึ่งเป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ

E_2 หมายถึง คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละที่ผู้เรียนได้จากการทำแบบทดสอบ หลังเรียน ซึ่งเป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์

3. นักศึกษา หมายถึง นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ผ่านการเรียน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์เพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ผู้วิจัยได้ศึกษาคำรเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ในประเด็นต่างๆ ต่อไปนี้

- 2.1 หลักสูตรรายวิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์
- 2.2 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
 - 2.2.1 ความหมายของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
 - 2.2.2 ประเภทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
 - 2.2.3 ประโยชน์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
 - 2.2.4 การออกแบบและการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
 - 2.2.5 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 2.3 โปรแกรมที่ใช้ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 2.4 การสร้างแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักสูตรรายวิชา เทคโนโลยีอาหารสัตว์

ในหลักสูตรปริญญาตรี คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เป็นวิชาบังคับในภาคเรียนที่ 2 สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 เนื้อหาวิชาได้กำหนดให้นักศึกษาได้เรียนรู้ อุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์ โดยทั่วไป ส่วนประกอบทางเคมี และการย่อยได้ของอาหารสัตว์ การประเมินคุณภาพอาหารสัตว์ ลักษณะวัตถุดิบอาหารสัตว์ ตลอดจนกรรมวิธีในการผลิต การเก็บรักษาและวิธีการนำไปเลี้ยงสัตว์ การคำนวณสูตรอาหารสัตว์ตามความต้องการของสัตว์เลี้ยงระยะต่างๆ รวมทั้งหลักการคำนวณสูตรอาหารสัตว์โดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ จำนวนหน่วยกิต 3(2-3) สอนภาคทฤษฎี สัปดาห์ละ 2 ชั่วโมง และภาคปฏิบัติ สัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง

แผนการเรียนการสอน รายละเอียดของการบรรยาย

ครั้งที่ 1 บทนำและนิยามศัพท์ทางด้านโภชนศาสตร์

ครั้งที่ 2 ธุรกิจอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ของประเทศไทย

ครั้งที่ 3 หน้าที่ของโภชนะโดยทั่วไป

ครั้งที่ 4 ส่วนประกอบของวัตถุดิบอาหารสัตว์และการย่อยได้ วิธีการวิเคราะห์วัตถุดิบอาหารสัตว์และการประเมินคุณค่า

ครั้งที่ 5 การจำแนกวัตถุดิบอาหารสัตว์ และวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งพลังงาน

ครั้งที่ 6 วัตถุดิบแหล่งโปรตีนจากสัตว์

ครั้งที่ 7 วัตถุดิบแหล่งโปรตีนจากพืช ยูเรีย โปรตีนจากสัตว์/พืชเซลล์เดียว แหล่งวิตามินและแร่ธาตุ

ครั้งที่ 8 การแปรรูปอาหารสัตว์ และคุณภาพอิทธิพลของการเก็บรักษาต่อคุณค่าทางโภชนาการของอาหารสัตว์

ครั้งที่ 9 ความผันแปรในแหล่งอาหารสัตว์ วัตถุประสงค์ย่อยและส่วนผสมของอาหาร

ครั้งที่ 10 การประกอบสูตรอาหารสัตว์

ครั้งที่ 11 ความต้องการโภชนะของสัตว์เลี้ยง

ครั้งที่ 12 การประกอบสูตรอาหารสัตว์ปีก

ครั้งที่ 13 การประกอบสูตรอาหารสุกร

ครั้งที่ 14 การประกอบสูตรอาหารโค

ครั้งที่ 15 พระราชบัญญัติและกฎหมายควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์

แผนการเรียนการสอน รายละเอียดการเรียนภาคปฏิบัติ

ส่วนที่ 1 การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์

ส่วนที่ 2 การคำนวณสูตรอาหารสัตว์

การวัดผลการเรียน แบ่งออกเป็น 2 ส่วน รวม 100 คะแนน ภาคบรรยาย คะแนนรวม 60 คะแนน แบ่งเป็น คะแนนความสนใจและมาเรียน 3 คะแนน สอบกลางเทอม 26 คะแนน สอบไล่ 26 คะแนน รายงาน 5 คะแนน ภาคปฏิบัติ คะแนนรวม 40 คะแนน ส่วนที่ 1 แบ่งเป็น ความสนใจและสอบย่อย 5 คะแนน รายงานกลุ่มและตัวอย่างวัตถุดิบ 5 คะแนน สอบกลางเทอม 10 คะแนน ส่วนที่ 2 แบ่งเป็น การบ้านและปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ 5 คะแนน สอบไล่(คำนวณสูตรอาหารสัตว์) 15 คะแนน

สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำเฉพาะเนื้อหา เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ มาจัดทำเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน โดยแบ่งเนื้อหาเป็น 3 บทเรียนดังนี้

บทเรียนที่ 1 การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งแร่ธาตุ

บทเรียนที่ 2 การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งโปรตีน

บทเรียนที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งพลังงาน

2.2 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.2.1 ความหมายของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมาจากคำภาษาอังกฤษว่า Computer Assisted Instruction (CAI) ปัจจุบันมีการใช้คำย่อของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในภาษาอังกฤษหลายคำ ซึ่งมีความหมายเช่นเดียวกัน (บุญชู ใจชื้อกุล. 2543 : 5) ได้แก่

CAI (Computer Assisted Instruction)

CAL (Computer Assisted Learning)

CAT (Computer Aided Teaching)

CBI (Computer Based Instruction)

CBT (Computer Based Teaching)

ความหมายของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ได้มีนักการศึกษาหลายท่านให้ความหมายไว้ดังนี้

วสันต์ อติศัพท์ (2530 : 10) กล่าวว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นระบบการเรียนการสอน ซึ่งเกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งอาจเป็นไมโครคอมพิวเตอร์หรือเมนเฟรมก็ได้ โดยผู้เรียนจะศึกษาเนื้อหาบทเรียนที่ออกแบบไว้อย่างดี

ชิน ภู่วรรณ (2531 : 121) ได้ให้ความหมายไว้ว่า เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้นำเสนอเนื้อหาวิชา และลำดับวิธีการสอนมาเก็บบันทึกไว้อย่างเป็นระบบ นำเสนอในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับนักเรียนแต่ละคน

ขนิษฐา ชานนท์ (2532 : 8) กล่าวว่าคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง การนำคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนการสอน โดยที่เนื้อหาวิชา แบบฝึกหัด และ แบบทดสอบจะถูกพัฒนาขึ้นมาในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งเรียกว่า Courseware ผู้เรียนจะเรียนบทเรียนจากคอมพิวเตอร์ โดยคอมพิวเตอร์สามารถเสนอเนื้อหาวิชาที่อาจเป็นทั้งตัวหนังสือ สามารถถามคำถาม รับคำตอบจากผู้เรียน สามารถตรวจคำตอบแสดงผลการเรียนในรูปของข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) ให้แก่ผู้เรียน

สิริพร ทิพย์คง (2537 : 179) กล่าวว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นวิธีการหนึ่งของการสอนรายบุคคล โดยอาศัยคอมพิวเตอร์เป็นสื่อการสอนเนื้อหาและเรื่องราวที่นักเรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเอง

บูรณะ สมชัย (2541 : 14) ได้อธิบายว่า CAI คือ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทำหน้าที่เป็นสื่อการเรียนการสอน เหมือนแผ่นใส (Transparency Film) สไลด์ (Slide) หรือ วิดิทัศน์ (Video) ที่ใช้ประกอบการสอน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจระบบคอมพิวเตอร์ง่ายขึ้นในเวลาอันจำกัด ตรงตามวัตถุประสงค์ของบทเรียน เนื่องจากโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) นำเสนอได้ทั้งภาพ เสียง รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ (Interaction) กับผู้เรียนได้ จึงทำหน้าที่ได้ครบทั้งสื่อในเวลาเดียวกัน และควบคุมการนำเสนอได้ด้วยตัวของโปรแกรมเอง เรียกว่า สื่อเอกทัศน์

หรือ มัลติมีเดีย (Multimedia) ทำให้ประหยัดและมีประสิทธิภาพมากกว่าการเรียนการสอนปกติ และยังสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากเรียน และอยากที่จะศึกษาค้นคว้า เรียนรู้บทเรียนได้ด้วยตนเอง

บุญเกื้อ ควรหาเวช (2542 : 65) ให้ความหมายว่า CAI เป็นวิธีการสอนของรายบุคคล โดยอาศัยความสามารถของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่จะจัดหาประสบการณ์ที่มีความสัมพันธ์กัน มีการแสดงเนื้อหาตามลำดับที่ต่างกันด้วยบทเรียนที่เตรียมไว้อย่างเหมาะสม คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงเป็นเครื่องมือช่วยสอนอย่างหนึ่งที่ผู้เรียนเป็นผู้ที่ต้องปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ที่ส่งมาทางจอภาพ ผู้เรียนจะตอบคำถามทางแป้นพิมพ์ แสดงออกทางจอภาพมีทั้งรูปภาพและตัวหนังสือหรือบางทีอาจใช้ร่วมกันกับอุปกรณ์อย่างอื่นด้วย เช่น สไลด์ เทป วิดิทัศน์ เป็นต้น

2.2.2 ประเภทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ประเภทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ตามทัศนะของนักวิชาการพอสรุปได้ดังนี้ (สุนิต ฤทธิ์ประเสริฐ. 2540 : 16-19)

1. ใช้เพื่อการสอน (Tutoring) เป็นโปรแกรมที่สร้างขึ้นมาในลักษณะของบทเรียน โปรแกรม เป็นการเลียนแบบการสอนของครู นั่นคือจะมีบทนำ (Introduction) และมีคำอธิบาย (Explanation) ซึ่งประกอบด้วยตัวทฤษฎี กฎเกณฑ์ คำอธิบายและแนวคิดที่จะสอนหลังจากที่นักเรียนได้ศึกษาแล้วก็มีความ (Question) เพื่อใช้ในการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนในแง่ต่างๆ มีการแสดงผลย้อนกลับ (Feedback) ตลอดจนมีการเสริมแรง (Reinforcement) สามารถให้นักเรียนย้อนกลับไปเรียนบทเดิม หรือข้ามบทเรียนที่นักเรียนรู้แล้ว นอกจากนี้ยังสามารถบันทึก (Records) การกระทำของนักเรียนว่าทำได้เพียงไร และอย่างไร เพื่อให้ครูมีข้อมูลในการเสริมความรู้ให้กับนักเรียนบางคนได้

2. การฝึกและปฏิบัติ (Drill and Practice) แบบการฝึกและปฏิบัตินี้ ส่วนใหญ่จะใช้เสริมเมื่อครูผู้สอนได้สอนบางอย่างไปแล้ว และให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดกับคอมพิวเตอร์เพื่อวัดระดับ หรือให้นักเรียนมาฝึกจนถึงระดับที่ยอมรับได้ บทเรียนประเภทนี้จึงประกอบด้วยคำถามคำตอบที่จะให้นักเรียนมาฝึกและปฏิบัติ การเตรียมคำถามจะต้องเตรียมไว้มากๆ ซึ่งผู้เรียนควรจะสู้ขึ้นมาเอง โดยไม่สามารถจำคำตอบหรือแอบไปรู้คำตอบมาก่อน หรือจำได้จากการทำแบบฝึกหัดนั้น ซึ่งอาจแทรกรูปภาพเคลื่อนไหว หรือคำพูดได้ตอบ รวมทั้งอาจมีการแข่งขัน เช่น การจับเวลา หรือสร้างรูปแบบให้ตื่นเต้นจากการมีเสียง เป็นต้น

3. การแก้ปัญหา (Problem Solving) คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทนี้จะเน้นให้ฝึกการคิดการตัดสินใจ โดยมีการกำหนดเกณฑ์ให้ แล้วผู้เรียนพิจารณาไปตามเกณฑ์ มีการให้คะแนนหรือนำหนักกับเกณฑ์แต่ละข้อ เช่น ในวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ผู้เรียนจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเข้าใจและมีความสามารถในการแก้ปัญหา กล่าวคือ รู้จักเลือกสูตรมาใช้ให้ตรงกับปัญหา ผู้เรียนอาจต้องทดสอบในกระดาษคำตอบ ก่อนที่จะเลือกข้อที่ถูกได้ ซึ่งการทำเช่นนี้ผู้สอนอาจ

ไม่ได้ต้องการเพียงคำตอบที่ถูกต้องเพียงอย่างเดียว ยังต้องการขั้นตอนที่ผู้เรียนทำ เช่น ถ้าเลือกข้อ ข. แปลว่า ใช้สูตรผิด ถ้าเลือกข้อ ค. แปลว่า คำนวณผิด ถ้าเลือกข้อ ง. แปลว่า ไม่เข้าใจเลย เป็นต้น การแก้ปัญหาบางอย่างที่ผู้เรียนจะตอบได้ จะต้องใช้คอมพิวเตอร์นั้นช่วยแก้ปัญหาด้วยเพราะเป็นการคำนวณที่สลับซับซ้อน ก็เท่ากับเป็นการวัดด้วยว่า ผู้เรียนมีความรู้ทางคอมพิวเตอร์มากน้อยเพียงไร

4. การสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) โปรแกรมประเภทนี้เป็นโปรแกรมที่จำลองสถานการณ์ให้ใกล้เคียงกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียน โดยมีเหตุการณ์สมมติต่างๆ อยู่ในโปรแกรม และนักเรียนสามารถที่จะเปลี่ยนแปลงหรือจัดกระทำ (Manipulate) ได้ สามารถมีการโต้ตอบ และมีตัวแปรหรือทางเลือกให้หลายๆ ทาง เพื่อให้นักเรียนสามารถเลือกได้อย่างสุ่มเพื่อศึกษาผลที่เกิดขึ้นจากทางเลือกเหล่านั้น นอกจากนี้ในบางบทเรียนการสร้างภาพพจน์เป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นการทดลองทางห้องปฏิบัติการในการเรียนการสอน จึงมีความสำคัญแต่หลายวิชาไม่สามารถทดลองให้เห็นจริงได้ เช่น การเคลื่อนที่ของลูกปืนใหญ่ การเดินทางของแสง และการหักเหของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือปรากฏการณ์ทางเคมี รวมทั้งชีววิทยาที่ต้องใช้เวลานานหลายวันจึงปรากฏผล ปัญหาเหล่านี้สามารถใช้คอมพิวเตอร์จำลองแบบให้ผู้เรียนได้เห็นจริงและเข้าใจได้ง่าย

5. การเล่นเกม (Gaming) เกมคอมพิวเตอร์ที่ใช้เพื่อการเรียนการสอนนั้น เป็นสิ่งที่ใช้เพื่อเร้าใจผู้เรียนได้เป็นอย่างดี โปรแกรมประเภทนี้นับเป็นแบบจำลองสถานการณ์ โดยมีเหตุการณ์ที่มีการแข่งขัน ซึ่งสามารถที่จะเล่นได้โดยนักเรียนเพียงคนเดียว หรือหลายคนมีการให้คะแนนมีการแพ้ชนะ อย่างไรก็ตามการเขียนโปรแกรมประเภทนี้ ต้องระวางให้มีคุณค่าทางการศึกษา โดยต้องมี จุดมุ่งหมาย เนื้อหา และขบวนการที่เหมาะสมกับหลักสูตร

6. บทสนทนา (Dialogue) เป็นการเลียนแบบการสอนในห้องเรียนกล่าวคือพยายามให้เป็นการพูดคุยระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน เพียงแต่ว่าแทนที่จะใช้เสียงก็เป็นตัวอักษรบนจอภาพ แล้วมีการสอนด้วยการตั้งปัญหาถาม ลักษณะในการใช้แบบสอบถามก็เป็น การแก้ปัญหาอย่างหนึ่ง เช่น บทเรียนวิชาเคมี อาจถามหาสารเคมีบางชนิด ผู้เรียนอาจได้ตอบด้วยการใส่ชื่อสารเคมีให้เป็นคำตอบหรือบทเรียนสำหรับนักศึกษาแพทย์ อาจเป็นการสมมุติสภาพของคนไข้ให้เรียนกำหนดวิธีการรักษาให้ก็ได้

7. การสาธิต (Demonstration) การสาธิตโดยใช้คอมพิวเตอร์ มีลักษณะคล้ายกับการสาธิตของครู แต่การสาธิตโดยใช้คอมพิวเตอร์น่าสนใจกว่าเพราะคอมพิวเตอร์ให้ทั้งเส้นกราฟที่สวยงามตลอดทั้งสี่ และเสียงด้วย ครูสามารถนำคอมพิวเตอร์มาใช้เพื่อสาธิตเกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์และวิชาวิทยาศาสตร์ได้หลายแขนง เช่น สาธิตเกี่ยวกับการโคจรของดาวพระเคราะห์ในระบบสุริยะ การหมุนเวียนของโลก การสมมูลของสมการ เป็นต้น

8. การทดสอบ (Testing) การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน มักจะต้องรวมการทดสอบเป็นการวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนไปด้วย โดยผู้ทำจะต้องคำนึงถึงหลักการต่างๆ คือสร้างข้อสอบ

การจัดการสอบ การตรวจให้คะแนน การวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ การสร้างคลังข้อสอบและการจัดให้ ผู้สอบสุ่มเลือกข้อสอบเองได้

9. การไต่ถาม (Inquiry) คอมพิวเตอร์ช่วยสอน สามารถใช้ในการค้นหา ข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หรือข่าวสารที่เป็นประโยชน์ ซึ่งสามารถแสดงได้ทันทีเมื่อผู้เรียนต้องการด้วยระบบง่าย ๆ ที่ผู้เรียนสามารถทำได้เพียงแต่กดหมายเลข หรือใส่รหัส หรือตัวย่อ ของแหล่งข้อมูลนั้นๆ การใส่รหัสหรือหมายเลขของผู้เรียนนี้จะทำให้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแสดงข้อมูลซึ่งจะตอบคำถามของผู้เรียนตามต้องการ

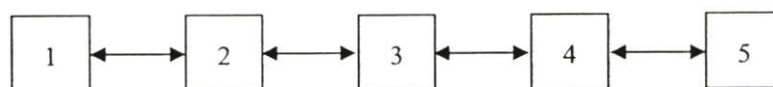
10. การให้ข้อมูล (Information) ผู้เรียนสามารถแก้ไขปัญหาข้อมูลต่างๆ ได้จากคอมพิวเตอร์ ซึ่งอาจจะมีวีดิทัศน์ชนิดตลับ (Video Cassettes) เพื่อเก็บข้อมูลต่างๆ ไว้ สิ่งสำคัญของข้อมูลที่เก็บนั้นต้องเป็นสถานการณ์หรือสิ่งที่จะกระตุ้นผู้เรียนในการเรียนการสอน ช่วยส่งเสริมผู้เรียนในการเรียน

11. การสื่อสาร (Communication) การใช้คอมพิวเตอร์ในการพิมพ์ (Word Processing Program) จะช่วยนักเรียนในการพิมพ์ข้อความ บทความ เพราะไม่มีโปรแกรมช่วยสอนในการสะกดให้ถูกต้อง ถ้าผู้เรียนพิมพ์ผิดก็จะแก้ไขใหม่ได้ ตลอดจนแก้ไขไวยากรณ์ที่ไม่ถูกต้องได้อย่างรวดเร็ว อาจมีโปรแกรมให้ผู้เรียนวาดภาพเพื่อทำป้ายโฆษณา ดังนั้นจึงเป็นการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ให้แก่ผู้เรียนในการเขียน ในการวาดภาพและความคิด

12. แบบรวมวิธีการต่างๆ เข้าด้วยกัน (Combination) คอมพิวเตอร์สามารถสร้างวิธีการสอนหลายแบบรวมกันได้ ธรรมชาติของการเรียนการสอนซึ่งมีความต้องการวิธีการสอนหลายๆ แบบ ความต้องการนี้จะมาจากการกำหนดวัตถุประสงค์ในการเรียนการสอนผู้เรียนและองค์ประกอบหรือภาวะกิจต่างๆ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนหนึ่ง อาจมีทั้งลักษณะที่เป็นการใช้เพื่อการสอน (Tutoring) เกม (Gaming) การไต่ถามให้ข้อมูล (Inquiry) รวมทั้งประสบการณ์การแก้ปัญหา (Problem Solving) ก็เป็นได้

บุปผชาติ ทัพทิกรณ์ (อ้างใน อารีย์ มิ้มุงกิจ. 2541 : 17-23) กล่าวถึงการนำเสนอบทเรียนคอมพิวเตอร์ ดังนี้

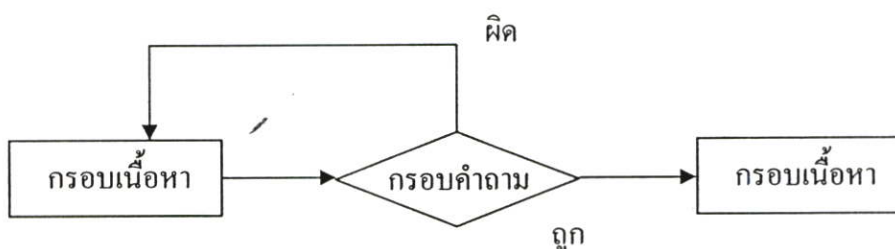
1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเส้นทางเดียว (Linear Program) การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนลักษณะนี้เป็นการสร้างกรอบที่มีลำดับการตอบสนองอย่างต่อเนื่อง เป็นเทคนิควิธีการสร้างที่ใช้ได้ง่าย ประกอบด้วยกรอบเนื้อหา หรือกรอบคำถาม เรียงต่อกันไปในทิศทางเส้นทางเดียว (รูปที่ 2.1)



รูปที่ 2.1 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเส้นทางเดียว

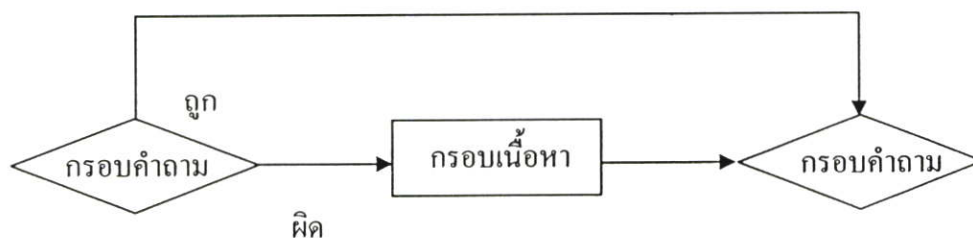
2. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบกิ่ง (Branching Program) บทเรียนลักษณะนี้ได้รับความนิยมจากผู้เรียนมากกว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเส้นทางเดียว เพราะมีลักษณะท้าทายและน่าสนใจกว่า เหมาะต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน ให้ทางเลือกตามระดับความรู้ ความเข้าใจ และความสามารถของผู้เรียน ซึ่งมีหลายรูปแบบดังต่อไปนี้

2.1 แบบย้อนกรอบ (Linear Format With Reapetition) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนลักษณะนี้คล้ายคลึงกับ โปรแกรมเส้นทางเดียว ต่างกันตรงที่คำถามแทรกระหว่างกรอบเนื้อหา ถ้าผู้เรียนตอบคำถามถูกต้อง ผู้เรียนก็จะผ่านไปยังกรอบเนื้อหาที่อยู่ถัดไป ถ้าตอบไม่ถูกต้อง โปรแกรมทำให้ผู้เรียนย้อนกลับมายังกรอบเนื้อหาเดิมอีกครั้งและถามคำถามเดิมซ้ำอีก



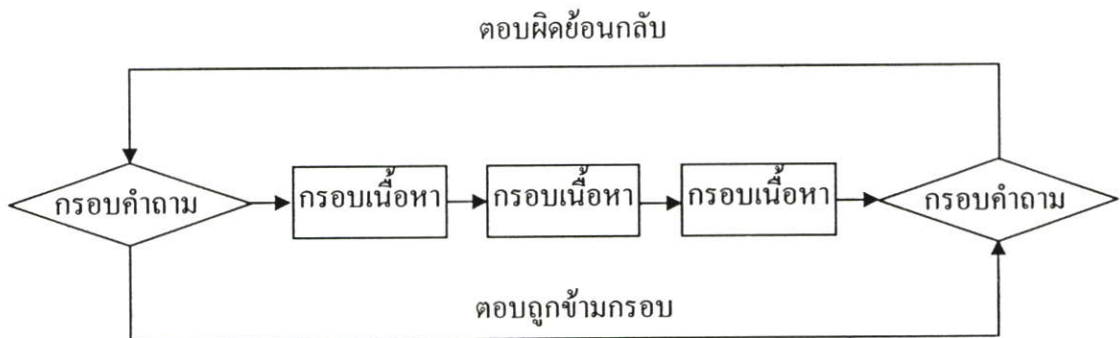
รูปที่ 2.2 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบย้อนกรอบ

2.2 แบบสอบก่อนข้ามกรอบ (Pretest And Skip Format) บทเรียนลักษณะนี้จะมีการทดสอบก่อนเรียน ถ้าผู้เรียนทดสอบก่อนเรียนเนื้อหาแล้วผ่านก็จะข้ามกรอบที่ผู้เรียนรู้เนื้อหานั้นแล้วไปยังกรอบเนื้อหาจุดประสงค์อื่น บทเรียนลักษณะนี้จึงมีประสิทธิภาพในการตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคล



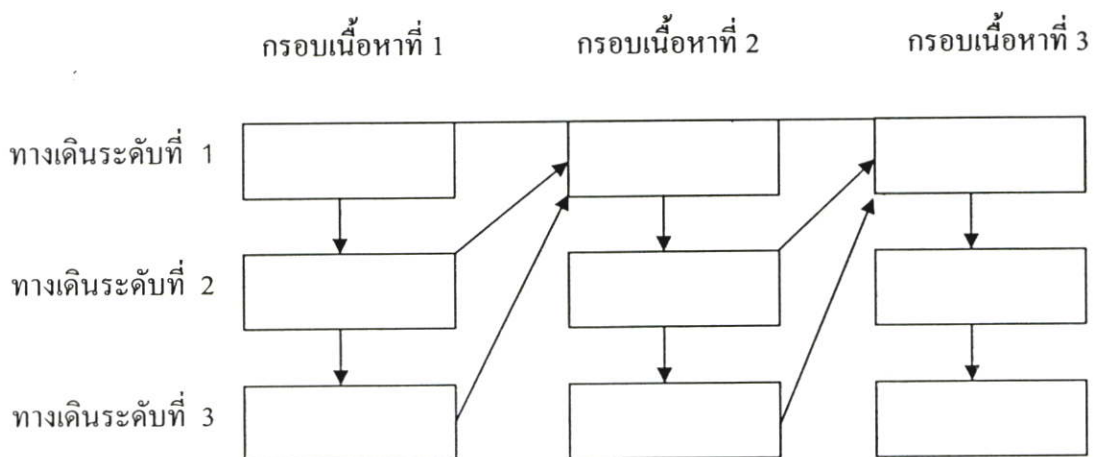
รูปที่ 2.3 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสอบก่อนข้ามกรอบ

2.3 แบบข้ามและย้อนกรอบ (Gate Frames) บทเรียนลักษณะนี้กำหนดผู้เรียนไปยังกรอบต่างๆ ตามระดับความสามารถและความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่ให้ ในลักษณะเดียวกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเส้นทางเดียว ทั้งนี้อาจให้ผู้เรียนข้ามกรอบไปได้หลายกรอบ หรืออาจส่งผู้เรียนกลับไปยังกรอบที่ผ่านมาแล้ว เพื่อทบทวนเนื้อหาบางส่วนใหม่ (รูปที่ 2.4)



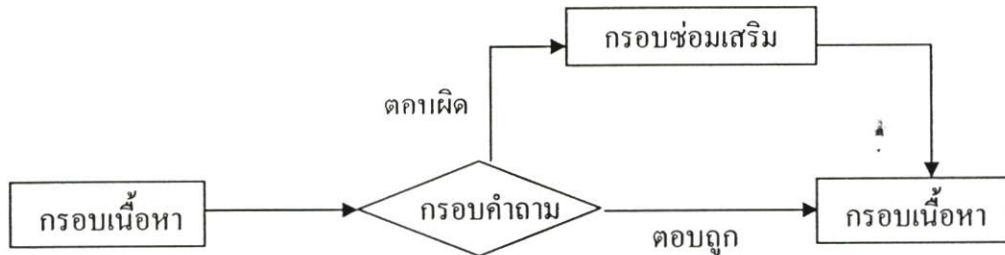
รูปที่ 2.4 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบข้ามและย้อนกรอบ

2.4 แบบทางเดินหลายเส้น (Secondary Tracks) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนลักษณะนี้ประกอบด้วยกรอบในเส้นทางหลายระดับ เส้นทางเดินระดับที่ 1 เป็นเส้นทางเดินของกรอบเนื้อหาหลักที่ไม่มีคำอธิบายละเอียดมากนัก ส่วนทางเดินระดับที่ 2 และที่ 3 เป็นกรอบเนื้อหาที่เพิ่มเติมรายละเอียดมากกว่าในกรอบที่อยู่ในทางเดินระดับที่ 1 กรอบเนื้อหาที่อยู่ในทางเดินระดับที่ 1 จะเชื่อมต่อกับกรอบเนื้อหาที่อยู่ในทางเดินระดับที่ 2 และที่ 3 เส้นทางเดินของผู้เรียนจึงมีได้หลายเส้นทางขึ้นอยู่กับว่าผู้เรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาในกรอบทางเดินระดับที่ 1 มากน้อยเพียงใดหรือไม่ กรอบในทางเดินระดับที่ 2 และ 3 จะให้เนื้อหารายละเอียดมากขึ้นไปสู่ตามลำดับ โดยเนื้อหาในกรอบส่วนนี้จะเป็นเนื้อหาเรื่องเดียวกัน เพียงขยายความหมายของคำบางคำได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น (รูปที่ 2.5)



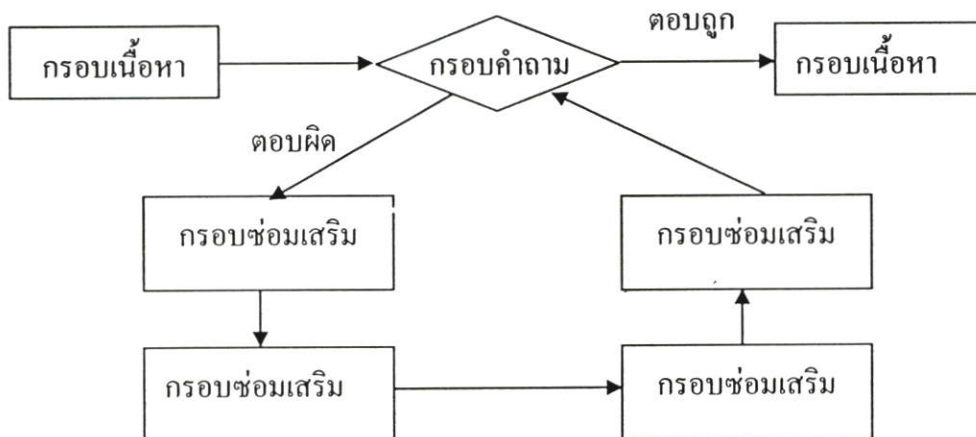
รูปที่ 2.5 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบทางเดินหลายเส้น

2.5 แบบกรอบซ่อมเสริมเดี่ยว (Single Remedial Branch) บทเรียนลักษณะนี้เริ่มด้วยกรอบเนื้อหา ตามด้วยกรอบคำถาม ถ้าผู้เรียนตอบถูกต้องจะได้รับข้อมูลป้อนกลับในทางบวก และเรียนเนื้อหาในกรอบต่อไป หากตอบผิดผู้เรียนก็จะได้รับการสอนซ่อมเสริมก่อนไปยังเนื้อหาในกรอบต่อไป (ดังรูปที่ 2.6)



รูปที่ 2.6 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบกรอบซ่อมเสริมเดี่ยว

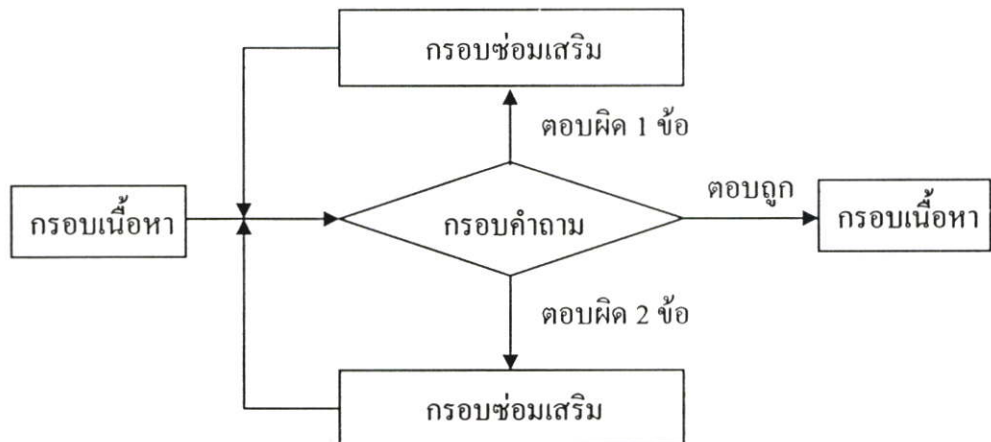
2.6 แบบมีห่วงกรอบซ่อมเสริม (Remedial Loops) ลักษณะของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบนี้ คล้ายคลึงกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบกรอบซ่อมเสริมเดี่ยวต่างกันที่ แทนที่จะแตกออกเป็นกรอบซ่อมเสริมกรอบเดียว กลับประกอบด้วยกรอบซ่อมเสริมหลายกรอบ เป็นชุดบทเรียนย่อย 5 – 6 กรอบ เพื่อให้ความรู้และข้อมูลที่ผู้เรียนยังขาดอยู่ ก่อนที่จะส่งผู้เรียนกลับสู่กรอบเนื้อหาเดิม (รูปที่ 2.7)



รูปที่ 2.7 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีห่วงกรอบซ่อมเสริม

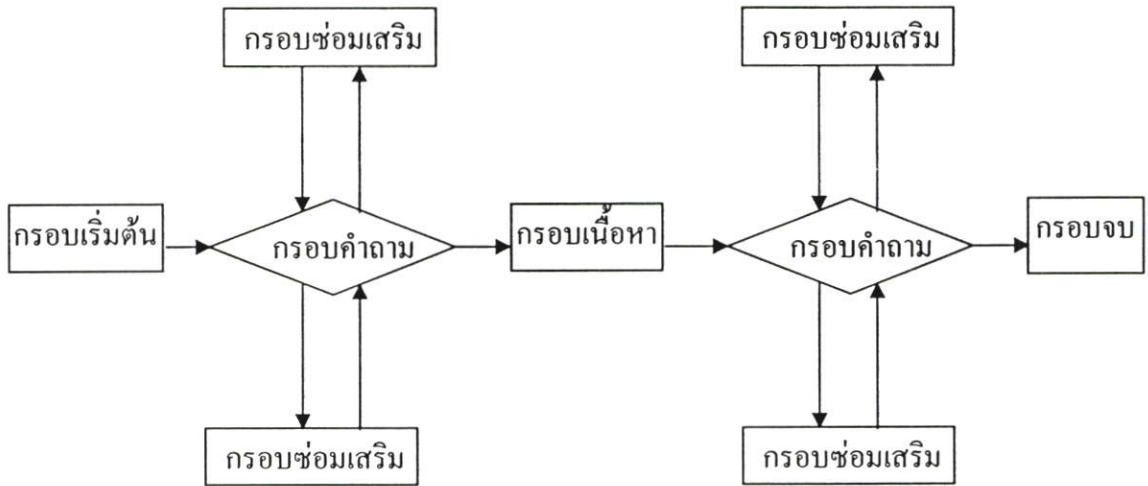
2.7 แบบซ่อมเสริมหลายกิ่ง (Multiple Remedial Branches) บทเรียนลักษณะเช่นนี้ ประกอบด้วยกรอบเนื้อหาที่ให้ข้อมูล แล้วตามด้วยกรอบคำถามที่แตกเป็นกรอบซ่อมเสริมตั้งแต่ 2 กรอบขึ้นไป กรอบคำถามแต่ละกรอบจะมีกิ่งแยกออกมาตามจำนวนข้อของตัวเลือกใน

คำถามแบบเลือกตอบนั้น โดยแยกออกมาอย่างน้อย 2 กิ่ง เพื่อไปยังกรอบซ่อมเสริม แล้วจึงจะส่งผู้เรียนมายังกรอบคำถาม เพื่อให้ผู้เรียนตอบคำถามในกรอบนั้นใหม่ และเลือกคำตอบอื่น ดังนั้น จะมีคำตอบที่ถูกต้องอยู่เพียง 1 คำตอบ คำตอบที่ผู้เรียนเลือกจะเป็นตัวกำหนดบทเรียนว่าจะไปกรอบใดต่อไป นั่นคือ ถ้าผู้เรียนตอบถูกต้องก็จะไปยังกรอบเนื้อหาใหม่ต่อไป ถ้าผู้เรียนตอบผิดโปรแกรมก็จะส่งไปยังกรอบซ่อมเสริม ก่อนจะกลับมายังคำถามเดิมใหม่ (ดังรูปที่ 2.8)



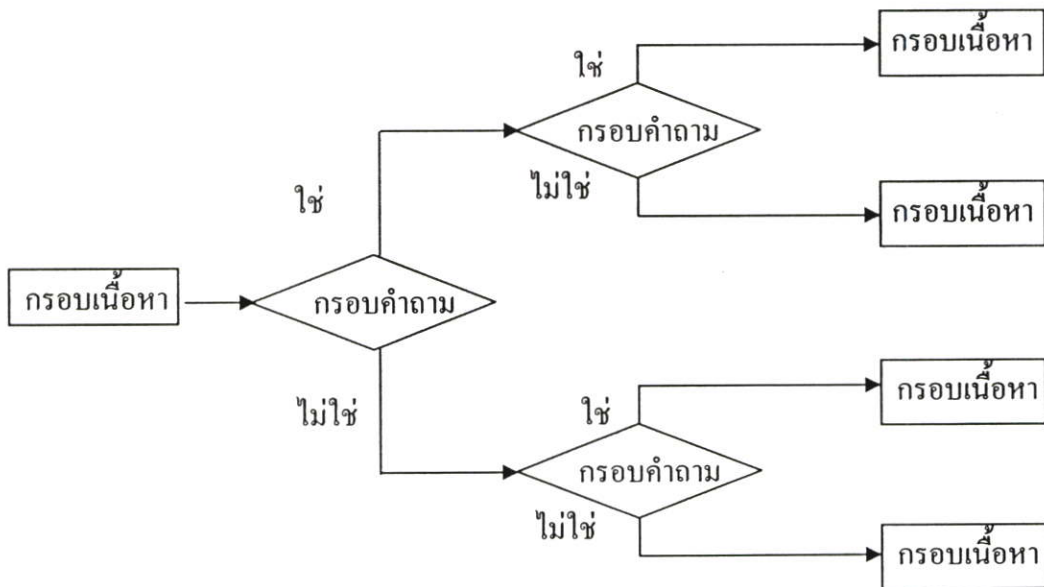
รูปที่ 2.8 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบกรอบซ่อมเสริมหลายกิ่ง

2.8 แบบแตกกิ่งคู่ (Branching Frame Sequences) บทเรียนในลักษณะนี้จะประกอบด้วยกรอบเนื้อหาที่แตกเป็นกรอบซ่อมเสริม 2 กรอบ ถ้าผู้เรียนตอบคำถามของกรอบเนื้อหาได้ถูกต้องจะทำให้ผู้เรียนผ่านจากกรอบเนื้อหาหนึ่งไปยังอีกกรอบเนื้อหาหนึ่ง กรอบเนื้อหาแต่ละกรอบแสดงข้อความ 1-2 ย่อหน้า ซึ่งจะเป็นข้อมูล que ผู้เรียนนำมาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์การแก้ปัญหาและเลือกคำตอบที่มีอยู่ 3 คำตอบ โดยมีคำตอบที่ถูกต้องอยู่เพียง 1 คำตอบ และคำตอบที่ผู้เรียนเลือกจะเป็นตัวกำหนดว่าจะให้ไปยังกรอบใดต่อไป ถ้าผู้เรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องก็จะไปยังกรอบเนื้อหาต่อไป แต่ถ้าตอบผิดก็ไปยังกรอบซ่อมเสริม แล้วจึงกลับมายังกรอบเนื้อหาเดิมเพื่อศึกษาและตอบคำถามใหม่อีกครั้ง ดังนั้น การตอบสนองที่ถูกต้องของผู้เรียนนั้นขึ้นอยู่กับความรู้และความเข้าใจในเนื้อหา และความสามารถในการประยุกต์ข้อมูลที่ได้รับจากกรอบนั้นๆ ผู้เรียนบางคนอาจต้องผ่านทั้งกรอบเนื้อหาและกรอบซ่อมเสริมทุกกรอบ บางคนก็ผ่านกรอบเนื้อหาและกรอบซ่อมเสริมเพียงบางกรอบ (รูปที่ 2.9)



รูปที่ 2.9 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบแตกกิ่งคู่

2.9 แบบกิ่งประกอบ(Compound Branches) บทเรียนรูปแบบนี้ใช้กันมากในการเรียนเพื่อวินิจฉัยข้อบกพร่องของผู้เรียนหรือในสถานการณ์การแก้ปัญหา คำถามอยู่ในรูปแบบที่มีคำตอบใช่หรือไม่ใช่ กิ่งที่แยกจากแต่ละกรอบคำถามจะแยกไปสู่กรอบเนื้อหาใหม่ ตามพื้นฐานความรู้ความเข้าใจ และความสามารถที่แตกต่างกันระหว่างบุคคล (รูปที่ 2.10)



รูปที่ 2.10 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบกิ่งประกอบ

2.2.3 ประโยชน์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ถนอมพร เลหาจรัสแสง (2541 : 29) กล่าวถึงประโยชน์ของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนดังนี้

1. คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเกิดจากความพยายามในการที่จะช่วยให้ผู้เรียนที่เรียนอ่อนสามารถใช้เวลานอกเวลาเรียนในการฝึกฝนทักษะและเพิ่มเติมความรู้ที่จะปรับปรุงการเรียนของตนให้ทันผู้เรียนอื่นได้ ดังนั้นผู้สอนจึงสามารถนำคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปใช้ช่วยในการสอนเสริมหรือสอนทบทวนการสอนปกติในชั้นเรียนได้ โดยที่ผู้สอนไม่จำเป็นต้องเสียเวลาในการสอนซ้ำกับผู้เรียนที่ตามไม่ทันหรือจัดการสอนเพิ่มเติม
2. ผู้เรียนก็สามารถนำคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปใช้ในการเรียนด้วยตนเองในเวลาและสถานที่ซึ่งผู้เรียนสะดวก เช่น แทนที่จะต้องเดินทางมายังชั้นเรียนตามปกติ ผู้เรียนก็สามารถเรียนด้วยตนเองจากที่บ้านได้ นอกจากนี้ยังสามารถเรียนในเวลาใดก็ได้ที่ต้องการ เป็นต้น
3. ข้อได้เปรียบที่สำคัญของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้รับการออกแบบมาอย่างดี ถูกต้องตามหลักของการออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น สามารถที่จะจูงใจผู้เรียนให้เกิดความกระตือรือร้น (Motivated) ที่จะเรียนและสนุกสนานไปกับการเรียนตามแนวคิดของการเรียนรู้ในปัจจุบันที่ว่า "Learning Is Fun" ซึ่งหมายถึง การเรียนรู้เป็นเรื่องสนุก

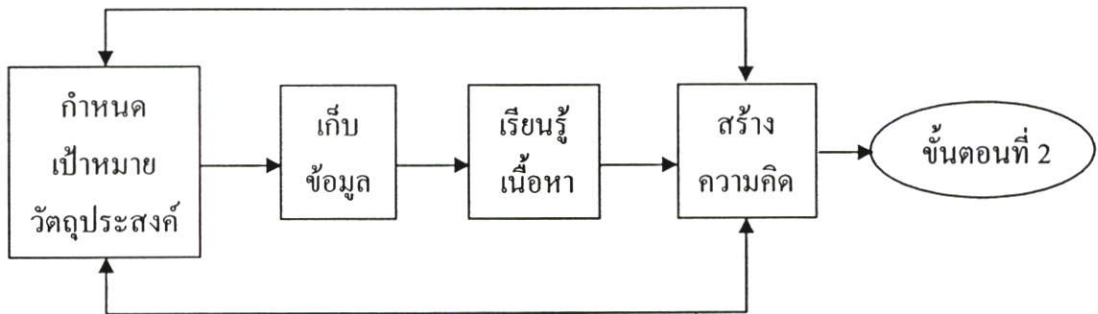
2.2.4 การออกแบบและการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ผู้วิจัยได้นำแนวคิดในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งยึดเทคนิคการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ดัดแปลงมาจากกระบวนการเรียนการสอนของ Alessi and Trollip (อ้างใน ถนอมพร เลหาจรัสแสง, 2541 : 29) ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนการออกแบบ 7 ขั้นตอน ดังนี้

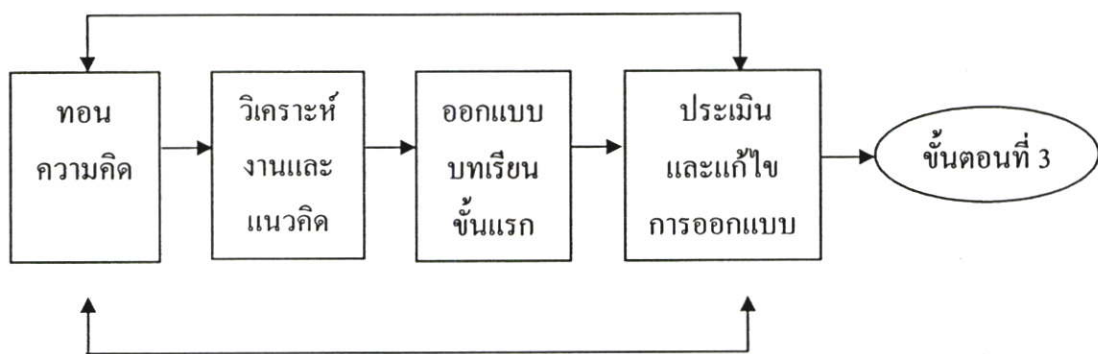
1. ขั้นตอนการเตรียม (Preparation)
 - 1.1 กำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ (Determine Goals and Objectives)
 - 1.2 รวบรวมข้อมูล (Collect Resources)
 - 1.3 ศึกษาเนื้อหา (Learn Content)
 - 1.4 สร้างความคิด (Generate Ideas)
2. ขั้นตอนการออกแบบบทเรียน (Design Instruction)
 - 2.1 ทอนความคิด (Elimination of Ideas)
 - 2.2 วิเคราะห์งานและความคิดรวบยอด (Task and Concept Analysis)
 - 2.3 ออกแบบบทเรียนขั้นแรก (Preliminary Lesson Description)
 - 2.4 ประเมินและแก้ไขการออกแบบ (Evaluation and Revision of the Design)
3. ขั้นตอนการเขียนผังงาน (Flowchart Lesson)
4. ขั้นตอนการสร้าง Storyboard (Create Storyboard)
5. ขั้นตอนการสร้าง/เขียน โปรแกรม (Program Lesson)
6. ขั้นตอนการผลิตเอกสารประกอบการเรียน (Produce Supporting Materials)

7. ขั้นตอนการประเมินและแก้ไขบทเรียน (Evaluate and Revise)

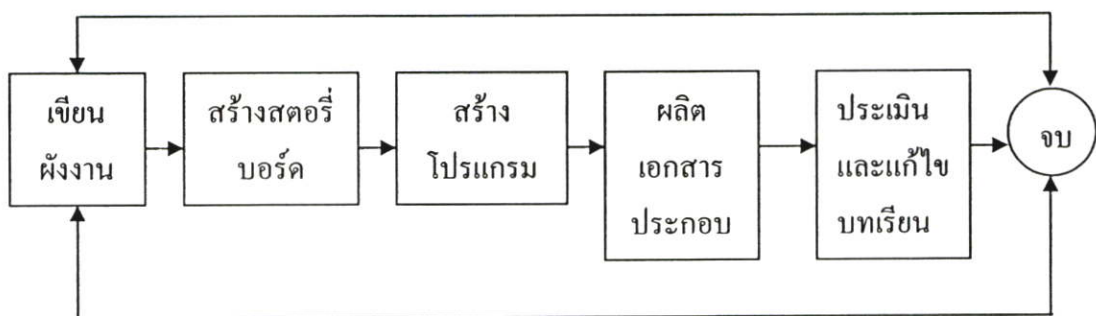
ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนการเตรียม



ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการออกแบบบทเรียน



ขั้นตอนที่ 3-7



รูปที่ 2.11 แบบจำลองการออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนของ Alessi and Prollip

ขั้นตอนที่ 1 ของแบบจำลอง คือ ขั้นตอนการเตรียมซึ่งจะเริ่มจากการกำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ ตามด้วยการเก็บข้อมูลการเรียนรู้เนื้อหาและการสร้างความคิด

ขั้นตอนที่ 2 ซึ่งได้แก่ ขั้นตอนการออกแบบบทเรียนซึ่งรวมไปถึงการทอนความคิดหรือการนำความคิดที่ดำเนินการด้วยเหตุผลใดก็ตามออก และตามด้วยการวิเคราะห์งานและแนวคิดต่างๆ การออกแบบบทเรียนขั้นต้นรวมทั้งการประเมินและการแก้ไขออกแบบก่อนที่จะไปสู่ขั้นตอนที่ 3 ซึ่งก็คือการเขียนผังงาน ขั้นตอนที่ 4 การวาด Storyboard ขั้นตอนที่ 5 การสร้างโปรแกรม ขั้นตอนที่ 6 การผลิตเอกสารประกอบโปรแกรม และขั้นตอนที่ 7 ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้าย ได้แก่ การประเมินและแก้ไขบทเรียนในที่สุด

ขั้นตอนการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ละขั้นตอน

ในส่วนของขั้นตอนการออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ละขั้นตอน จะอธิบายขั้นตอนการออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 7 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนการเตรียม (Preparation)

ในขั้นตอนแรกของการออกแบบบทเรียนเป็นขั้นตอนในการเตรียมความพร้อมก่อนที่จะทำการออกแบบบทเรียนในขั้นตอนของการเตรียมผู้ออกแบบจะต้องเตรียมพร้อมในเรื่องของความคิดเงินในการกำหนดเป้าหมาย และวัตถุประสงค์ หลังจากนั้นผู้ออกแบบควรที่จะเตรียมการในการรวบรวมข้อมูล นอกจากนี้ยังควรที่จะเรียนรู้เนื้อหา เพื่อให้เกิดการสร้างหรือระดมความคิดในที่สุด ซึ่งขั้นตอนการเตรียมถือได้ว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากขั้นตอนหนึ่งที่ผู้ออกแบบต้องใช้เวลาเพราะการเตรียมความพร้อมในส่วนนี้ จะทำให้ขั้นตอนต่อไปในการออกแบบเป็นไปอย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ

- กำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ (Determine Goals and Objectives)

การกำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ของบทเรียน คือ การตั้งเป้าหมายว่าผู้เรียนจะสามารถใช้บทเรียนนี้เพื่อการศึกษาในเรื่องใดและในลักษณะใด กล่าวคือ เป็นบทเรียนหลัก เป็นบทเรียนเสริม เป็นแบบฝึกหัดเพิ่มเติม หรือ เป็นแบบทดสอบ รวมทั้งกำหนดวัตถุประสงค์ในการเรียนคือ เมื่อผู้เรียนเรียนจบแล้ว จะสามารถทำอะไรได้บ้าง เช่น ผู้เรียนจะสามารถยกตัวอย่างได้หรืออธิบายได้ เป็นต้น

นอกจากนี้ ก่อนที่จะกำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ในการเรียนได้นั้น ผู้ออกแบบควรที่จะสร้างพื้นฐานของผู้เรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย (Target Audience) เสียก่อน เพราะความรู้พื้นฐานของผู้เรียนมีอิทธิพลต่อเป้าหมายและวัตถุประสงค์ของบทเรียน ดังนั้นในกรณีที่ไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานของผู้เรียน ขั้นตอนการกำหนดเป้าหมายนี้อาจครอบคลุมถึงการทดสอบเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานก่อนการเรียนรู้ของผู้เรียน หรือรวมไปถึงข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะความต้องการของกลุ่มเป้าหมายด้วย ตัวอย่างเช่น หากต้องการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเกี่ยวกับเรื่องคำศัพท์ในภาษาอังกฤษให้แก่ผู้เรียนในระดับประถมศึกษา ผู้สร้างควรพิจารณาความรู้พื้นฐานของผู้เรียนเสียก่อน เช่น ความรู้พื้นฐานภาษาอังกฤษของเด็กเป็นอย่างไร และความสามารถในการอ่าน

ภาษาไทยเป็นอย่างไร เพราะข้อมูลพื้นฐานส่วนนี้จะส่งผลต่อการได้มาซึ่งวัตถุประสงค์ที่เหมาะสม (ไม่ยากหรือไม่ยุ่งยากเกินไป) สอดคล้องกับความสามารถของผู้เรียน

ดังนั้นผู้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนควรใช้เวลาในส่วนของกำหนดยุทธศาสตร์เป้าหมาย และวัตถุประสงค์นี้พิจารณาควบคู่กันไป อย่างไรก็ตามสำหรับรายละเอียดต่างๆ เกี่ยวกับการประเมิน เช่น รูปแบบคำถาม หรือ จำนวนข้อคำถาม ผู้สร้างสามารถที่ทำการแก้ไขตัดแปลงเพิ่มเติม หรือ ตัดทอนได้เสมอ โดยเฉพาะช่วงของขั้นตอนการออกแบบ

- รวบรวมข้อมูล (Collect Resources)

การรวบรวม หมายถึง การเตรียมพร้อมทางด้านทรัพยากรสารสนเทศ (Information Resources) ทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง ทั้งในส่วนของเนื้อหา (Materials) การพัฒนาและออกแบบบทเรียน (Instructional Development) และสื่อในการนำเสนอบทเรียน (Delivery System) ซึ่งในที่นี้ก็คือ คอมพิวเตอร์นั่นเอง ทรัพยากรในส่วนเนื้อหาได้แก่ ตำรา หนังสือวารสารทางวิชาการ หนังสืออ้างอิง และสไลด์ภาพต่างๆ และที่สำคัญ คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหานั้น ส่วนทรัพยากรในส่วนของ การออกแบบบทเรียนได้แก่ หนังสือการออกแบบบทเรียน กระจายสำหรับวาด Storyboard สื่อทำ กราฟิก โปรแกรมประมวลผลคำ และผู้เชี่ยวชาญด้านออกแบบบทเรียน ทรัพยากรในส่วนของสื่อที่ใช้ในส่วนของกำหนดยุทธศาสตร์ ได้แก่ คอมพิวเตอร์ คู่มือต่างๆ ทั้งของคอมพิวเตอร์และโปรแกรมช่วย สร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ต้องการใช้และผู้เชี่ยวชาญสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยโปรแกรม ช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในที่สุด

- ศึกษาเนื้อหา (Learn Content)

ผู้ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หากเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาที่จะต้องหาความรู้ ทางด้านการออกแบบบทเรียน หรือหากเป็นผู้ออกแบบบทเรียนก็ต้องหาความรู้ด้านเนื้อหาควบคู่ กันไป แม้ในกรณีที่ทำงานเป็นทีม ผู้ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนก็ยังคงมีความจำเป็นที่ ต้องเรียนรู้เนื้อหาด้วย สำหรับผู้ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแล้ว การเรียนรู้เนื้อหาอาจทำ ได้หลายลักษณะ เช่น การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ การอ่านหนังสือหรือเอกสารอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง กับ เนื้อหาของบทเรียน เป็นต้น การเรียนรู้เนื้อหาเป็นสิ่งที่สมควรเป็น อย่างยิ่งสำหรับผู้ออกแบบ เนื่องจากความไม่รู้เนื้อหานี้จะทำให้เกิดข้อจำกัดในการออกแบบบทเรียน กล่าวคือ ผู้ออกแบบจะ ไม่สามารถออกแบบบทเรียนที่มีประสิทธิภาพได้ ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของกำหนดยุทธศาสตร์ การชี้แนะทางการ เรียนรู้ การนำเสนอเนื้อหา การให้ผลป้อนกลับ อีกนัยหนึ่งคือ การเข้าใจเนื้อหาในระดับผิวเผินนั้นก็ จะส่งผลให้ได้มาซึ่งการออกแบบบทเรียนในลักษณะที่ไม่สามารถทำทนายผู้เรียนในเชิงสร้างสรรค์ได้

- สร้างความคิด (Generate Ideas)

ขั้นตอนการสร้างความคิดนี้ก็คือการระดมสมองนั่นเอง การระดมสมอง หมายถึง การกระตุ้น ให้เกิดการใช้ความคิดสร้างสรรค์ เพื่อให้ได้ข้อคิดเห็นต่างๆ เป็นจำนวนมากจากทีมงานในระยะเวลา อันสั้น โดยความคิดสร้างสรรค์ในขั้นนี้จะยึดถือปริมาณมากกว่าการประเมินค่าความถูกต้องเหมาะสม

การระดมสมองมีกติกาอยู่ด้วยกัน 4 ประการ ได้แก่ การห้ามวิจารณ์ (Suspend Judgment) การคิดโดยอิสระ (Free Wheel) การเน้นปริมาณ (Quantity) และการกระตุ้นความคิดอย่างต่อเนื่อง (Cross Fertilize) การสร้างความคิดโดยการระดมสมองมีความสำคัญมากเพราะจะทำให้เกิดข้อคิดเห็นต่างๆ อันนำมาซึ่งแนวคิดที่ดีและน่าสนใจที่สุด ผู้ออกแบบส่วนใหญ่มักจะมองข้ามขั้นตอนการสร้างความคิด และพยายามที่คิดจะออกแบบเองทั้งหมด ซึ่งบางครั้งทำให้เสียเวลาไปมากในการพยายามให้ได้มาซึ่งความคิดที่สมบูรณ์ ในทางตรงกันข้ามยังมีผู้สร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนส่วนหนึ่งที่ไม่ใช้เวลาในส่วนของการสร้างความคิดนี้ ซึ่งก็ส่งผลให้ได้งานในลักษณะที่ทำไปคิดไป และทำให้เสียเวลาในช่วงของโปรแกรมมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการแก้ไขและปรับแต่งโปรแกรมภายหลัง

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการออกแบบบทเรียน (Design Instruction)

ขั้นตอนที่ 2 เป็นขั้นตอนที่ครอบคลุมถึงการทอนความคิด การวิเคราะห์งานและแนวคิด การออกแบบบทเรียนขั้นแรก และการประเมินแก้ไขออกแบบ ขั้นตอนการออกแบบบทเรียนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดขั้นตอนหนึ่งในการกำหนดว่าบทเรียนจะออกมามีลักษณะใด

- ทอนความคิด (Elimination of Ideas)

หลังจากระดมสมองแล้ว นักออกแบบจะนำความคิดทั้งหมดมาประเมินดูว่า ข้อคิดใดที่น่าสนใจ การทอนความคิดเริ่มจากการคัดเอาความคิดที่อาจจะปฏิบัติได้ เนื่องจากเหตุใดก็ตามหรือข้อคิดที่ซ้ำซ้อนกันออกไป และรวบรวมความคิดที่น่าสนใจที่เหลืออยู่นั้นมาพิจารณาอีกครั้ง ซึ่งในส่วนการพิจารณาอีกครั้งหนึ่งนี้อาจรวมไปถึงการซักถาม อภิปรายถึงรายละเอียดและขัดเกลาข้อคิดต่างๆ อีกด้วย

- วิเคราะห์งานและแนวคิด (Task and Concept Analysis)

การวิเคราะห์งาน (Task Analysis) เป็นการพยายามในการวิเคราะห์ขั้นตอนเนื้อหาที่ผู้เรียนจะต้องศึกษาจนทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ต้องการตัวอย่าง เช่น การวิเคราะห์งาน (Task Analysis) ในการสอนเรื่องการใช้กล้องถ่ายวิดีโอ (Camcorder) นั้น ขั้นตอนการสอนเนื้อหาที่เหมาะสมอาจได้แก่ การสอนวิธีการเปิดเครื่อง การใส่เทป การใช้ปุ่มควบคุมต่างๆ และหลังจากนั้นจึงสอนทักษะพื้นฐานต่างๆ ที่ได้สอนไปแล้วผนวกเข้ากันด้วย เช่น การถ่ายภาพวิดีโอในบรรยากาศต่างๆ เช่น ในสถานที่มืดหรือที่สว่างมาก ซึ่งต้องการทักษะพื้นฐานในระดับเบื้องต้นในการใช้กล้องเสียก่อน เป็นต้น จนในที่สุด ผู้เรียนสามารถเรียนรู้การใช้กล้องวิดีโอได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนการวิเคราะห์แนวคิด (Concept Analysis) คือ ขั้นตอนในการวิเคราะห์เนื้อหาซึ่งผู้เรียนจะต้องศึกษาอย่างพิถีพิถันพิจารณาทั้งเพื่อให้ได้มาซึ่งเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการเรียน และเนื้อหาที่มีความชัดเจนเท่านั้น การคิดวิเคราะห์เนื้อหาอย่างละเอียดรวมทั้งการนำเนื้อหาทั้งหมดที่เกี่ยวข้องมาพิจารณาอย่างละเอียดและตัดเนื้อหาที่ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องออกไป หรือที่ทำให้ผู้เรียนสับสนได้ง่ายออกไป ดังนั้นการวิเคราะห์งานและพิจารณาแนวคิดเป็นการคิดวิเคราะห์ที่มีความสำคัญมาก ทั้งนี้เพื่อหาหลัก การเรียนรู้ (Principles

of Learning)ที่เหมาะสมกับเนื้อหาต่างๆ และเพื่อให้ได้มาซึ่งแผนงานสำหรับการออกแบบบทเรียนที่มีประสิทธิภาพ

- ออกแบบบทเรียนขั้นแรก (Preliminary Lesson Description)

หลังจากที่มีการวิเคราะห์งานและแนวคิด ผู้ออกแบบจะต้องนำงานและแนวคิดทั้งหลายที่ได้มานั้นมาผสมผสานให้กลมกลืนและออกแบบให้เป็นบทเรียนที่มีประสิทธิภาพ โดยการผสมผสานงานและแนวคิดเหล่านี้จะต้องทำภายใต้ทฤษฎีการเรียนรู้ Hoffman และ Medsker (อ้างใน ฉนวนพร เลขาจรสแสง. 2541 : 34) ได้แนะนำกิจกรรมหรือวิธีการในการวิเคราะห์ การเรียนการสอน (Instruction Analysis) เพื่อช่วยผสมผสานแนวคิดนี้เข้าด้วยกัน โดยวิธีการในการวิเคราะห์การเรียนการสอนนี้จะประกอบไปด้วยการกำหนดประเภทของการเรียนรู้ ประเภทของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน การกำหนดขั้นตอนและทักษะที่จำเป็น การกำหนดปัจจัยหลักที่ต้องคำนึงในการออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแต่ละประเภท และสุดท้ายคือ การจัดระบบความคิดเพื่อให้ได้มาซึ่งการออกแบบตามลำดับ (Sequence) ของบทเรียนที่ดีที่สุด การวิเคราะห์การเรียน การสอนนี้นับว่ามีความสำคัญมากที่สุดสำหรับคอมพิวเตอร์ช่วยสอนก็ว่าได้ เนื่องจากบทเรียนจะมีรูปร่างหน้าตาอย่างไร หรือเป็นงานที่ได้รับความสำเร็จหรือล้มเหลวสำหรับผู้เรียนก็ขึ้นกับผลการวิเคราะห์ในขั้นนี้นั่นเอง ผู้ออกแบบควรใช้เวลาในส่วนนี้มากที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการสร้างสรรค์งานหรือกิจกรรมต่างๆ ของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผู้เรียนจะต้องมีปฏิสัมพันธ์ด้วย โดยสร้างสรรค์กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเรียนและสามารถทำให้ผู้เรียนมีความสนใจต่อการเรียนได้อย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังต้องใช้เวลาให้มากในส่วนของ การออกแบบลำดับของการนำเสนอของบทเรียนเพื่อให้ได้มา ซึ่งโครงสร้างของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สามารถตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียนได้จริง

- ประเมินและแก้ไขออกแบบ (Evaluation and Revision of the Design)

การประเมินและแก้ไขในขั้นตอนการออกแบบเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากในการออกแบบบทเรียนอย่างมีระบบ การประเมินนั้นเป็นสิ่งที่จะต้องทำอยู่เรื่อยๆ ระหว่างการออกแบบ ไม่ใช่หลังการออกแบบโปรแกรมเสร็จแล้วเท่านั้น หลังจากการออกแบบแล้ว จึงควรมีการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญเนื้อหา ผู้เชี่ยวชาญการออกแบบและโดยผู้เรียนสักกรอบหนึ่งเสียก่อน การประเมินนี้หมายถึง การทดสอบว่าผู้เรียนจะสามารถบรรลุเป้าหมายหรือไม่ การรวบรวมทรัพยากรต่างๆ มากขึ้น การหาความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาเพิ่มขึ้น การทอนความคิดออกไปอีก การปรับแก้ไขวิเคราะห์งาน หรือแม้กระทั่งการเปลี่ยนประเภทของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนหลังจากทำการแก้ไขแล้วอาจจะทำการย้อนกลับไปประเมิน จนกระทั่งได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่คุณภาพเป็นที่พอใจของทุกฝ่ายในทีม ก่อนที่จะดำเนินการออกแบบในขั้นตอนที่ 3 ต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นตอนการเขียนผังงาน (Flowchart Lesson)

ผังงาน คือ ชุดของสัญลักษณ์ต่างๆ ซึ่งอธิบายขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม การเขียนผังงานเป็นสิ่งสำคัญ ทั้งนี้เพราะคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ดีจะต้องมีปฏิสัมพันธ์อย่างสม่ำเสมอ และ

ปฏิสัมพันธ์นี้จะถูกถ่ายทอดออกมาได้อย่างชัดเจนที่สุดในรูปสัญลักษณ์ซึ่งแสดงกรอบการตัดสินใจ และกรอบเหตุการณ์ การเขียนผังงานจะไม่นำเสนอรายละเอียดหน้าจอเหมือนการสร้าง Storyboard หากการเขียนผังงานจะเป็นการนำเสนอลำดับขั้นตอน โครงสร้างของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผังงานทำหน้าที่เสนอข้อมูลเกี่ยวกับโปรแกรม อาทิเช่น อะไรจะเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนตอบคำถามผิด หรือ เมื่อไรที่จะมีการจบบทเรียน เป็นต้น

การเขียนผังงานมีได้หลายระดับแตกต่างกันไปแล้วแต่ความละเอียดของแต่ละผังงาน การเขียนผังงานนั้นขึ้นอยู่กับประเภทของบทเรียนด้วย สำหรับประเภทของบทเรียนที่ไม่ซับซ้อน เช่นประเภท Tutor ประเภทฝึกหัด แบบทดสอบ ควรที่จะใช้ผังงานในลักษณะธรรมดา ซึ่งไม่ต้องลงละเอียดนัก โดยให้แสดงภาพรวมและลำดับของบทเรียนเท่าที่จำเป็น แต่สำหรับบทเรียนที่มีความซับซ้อน เช่นบทเรียนประเภทจำลองหรือประเภทเกมแล้วนั้น ควรจะมีการเขียนผังงานให้ละเอียดเพื่อความชัดเจน โดยมีการแสดงขั้นตอนวิธี (Algorithm) การวนซ้ำของโปรแกรม กฎ หรือ กติกาของเกม เป็นอย่างละเอียดถี่ถ้วน

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นตอนการสร้าง Storyboard (Create Storyboard)

การสร้างสตอรี่บอร์ดเป็นขั้นตอนการเตรียม การนำเสนอข้อความ ภาพรวมทั้งสื่อในรูปแบบมัลติมีเดียต่างๆ ลงบนกระดาษ เพื่อให้การนำเสนอข้อความและสื่อรูปแบบต่างๆ เหล่านี้เป็นไปอย่างเหมาะสมบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ต่อไป ขณะที่ผังงานการนำเสนอลำดับและขั้นตอนของการตัดสินใจ สตอรี่บอร์ดนำเสนอเนื้อหาและลักษณะของการนำเสนอ ขั้นตอนการสร้าง Storyboard รวมไปถึงการเขียนสคริปต์ (สคริปต์ในที่นี้ คือ เนื้อหาข้อความในบทเรียน) ที่ผู้เรียนจะเห็นบนหน้าจอซึ่งได้แก่ เนื้อหา ข้อมูล คำถาม ผลป้อนกลับ คำแนะนำ คำชี้แจง ข้อความเรียกความสนใจ ภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว เป็นต้น

ในขั้นนี้ควรมีการประเมินและทบทวนแก้ไขบทเรียนจากสตอรี่บอร์ดนี้ จนกระทั่งผู้ร่วมงานในทีมทุกฝ่ายพอใจกับคุณภาพของบทเรียนเสียก่อน นอกจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา และการออกแบบแล้ว ผู้เรียนในกลุ่มเป้าหมายซึ่งไม่สันตคเนื้อหาควรมีส่วนร่วมในการประเมิน ทั้งนี้เพื่อช่วยในการตรวจสอบเนื้อหาที่อาจจะสับสน ไม่ชัดเจน ตกหล่นและเนื้อหาที่อาจจะยากหรือง่ายเกินไปสำหรับผู้เรียน

ขั้นตอนที่ 5 ขั้นตอนการสร้างและเขียนโปรแกรม (Program Lesson)

ขั้นตอนการสร้างและการเขียนโปรแกรมนี้เป็นกระบวนการเปลี่ยนสตอรี่บอร์ดให้กลายเป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอน สมัยก่อนถ้าใช้คำว่าเขียนโปรแกรมทุกคนก็จะนึกถึงการเขียนโปรแกรมภาษาต่างๆ เช่น เบสิก หรือ ปาสคาล เป็นต้น แต่ในปัจจุบันการเขียนโปรแกรมนั้นอาจหมายถึง การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการสร้างบทเรียน เช่น Multimedia Macromedia Authorware เป็นต้น ซึ่งในขั้นตอนนี้ผู้ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะต้องรู้จักการเลือกใช้โปรแกรมที่เหมาะสม การใช้โปรแกรมช่วยสอนใน

การสร้างนั้น ผู้ใช้สามารถได้มาซึ่งงานที่ตรงกับความต้องการและลดเวลาในการสร้างได้ส่วนหนึ่ง หากโปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไม่เหมาะนักกับการงานที่มีความสลับซับซ้อนมาก อย่างไรก็ตามเมื่อผู้ออกแบบเลือกแล้วที่จะสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยการใช้โปรแกรมช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI Authoring System) ผู้ออกแบบจะต้องมีเวลาในการเลือกโปรแกรมที่เหมาะสม

ปัจจัยหลักในการพิจารณาเลือกคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่เหมาะสมนั้นได้แก่ ด้านของฮาร์ดแวร์ ลักษณะและประเภทของบทเรียนที่ต้องสร้าง ประสบการณ์ของผู้สร้าง (Programmer) และด้านงบประมาณในด้านฮาร์ดแวร์นั้น ผู้ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะต้องคำนึงถึงกลุ่มเป้าหมายของผู้ใช้บทเรียน กล่าวคือ ผู้ที่จะใช้บทเรียนนั้นมีข้อจำกัดด้านฮาร์ดแวร์หรือไม่ อย่างไร เช่น ผู้ใช้ส่วนใหญ่มีเครื่องคอมพิวเตอร์ประเภทใด (PC หรือ Macintosh) ความเร็วเท่าใด ระบบจัดการที่มา กับฮาร์ดแวร์เป็นระบบใด มีระบบมัลติมีเดียหรือไม่ อย่างไร เป็นต้น

นอกจากนี้ ลักษณะและประเภทของบทเรียนที่ต้องการออกแบบก็เป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่ต้องพิจารณา ในด้านของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น ผู้ออกแบบจำเป็นต้องทำความเข้าใจในการทำงานของโปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแต่ละโปรแกรมว่ามีข้อดี และข้อจำกัดแตกต่างกันอย่างไร ทั้งนี้เพื่อให้ได้มาซึ่งเครื่องมือสร้างที่เหมาะสมกับลักษณะของบทเรียนที่ต้องการ และลดเวลาในการเลือกพิจารณาโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสำหรับงานครั้งต่อไป เช่น หากผู้ออกแบบต้องการให้ได้มาซึ่งบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีลักษณะหรูหรา ประณีต และเต็มไปด้วยลูกเล่น หน้าที่ของผู้ออกแบบจึงได้แก่ การเลือกโปรแกรมซึ่งมีข้อเด่นในส่วนของคุณลักษณะ (Features) เพิ่มเติมที่ช่วยสนับสนุนการใช้โปรแกรมบทเรียนลักษณะนี้ให้เป็นอย่างดี สะดวก รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากที่สุด

โปรแกรมช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีข้อได้เปรียบเสียแตกต่างกันออกไป บางโปรแกรมมีลักษณะเพิ่มเติมที่ช่วยการออกแบบบทเรียนประเภทใดประเภทหนึ่งเป็นไปโดยสะดวกยิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่นบางโปรแกรมที่มีการจัดหาเทมเพลต ซึ่งช่วยในการออกแบบข้อสอบในลักษณะต่างๆ รวมทั้งการคิดคะแนน ซึ่งลักษณะทั้งสองนี้จะทำให้การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทติวเตอร์ แบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ ที่มีการประเมินขั้นตอนการสอนที่สำคัญ เป็นไปโดยสะดวก นอกจากนี้บางโปรแกรมยังได้จัดหาบรรณาธิกรณสำหรับการแก้ไขสคริปต์ (Script Editor) หรือบรรณาธิกรณสำหรับสร้างภาพเคลื่อนไหว (Animation Editor) เป็นต้น ไว้ให้แก่ผู้ใช้ ซึ่งช่วยในการออกแบบคอมพิวเตอร์ประเภทการจำลอง และประเภทเกมเป็นไปได้อย่างสะดวกยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปแล้วการใช้โปรแกรมช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นสามารถสนับสนุนการพัฒนาคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทติวเตอร์ และแบบฝึกหัดได้อย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพ แต่หากผู้ออกแบบต้องการได้มาซึ่งคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทจำลอง และประเภทเกม ซึ่งต้องการความสลับซับซ้อนในการสร้างโปรแกรมมากๆ การใช้โปรแกรมภาษาในการสร้างบทเรียน

ก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่ง เนื่องจากข้อได้เปรียบของโปรแกรมภาษาในด้านศักยภาพและความยืดหยุ่น ในการสร้างโปรแกรมบทเรียนให้เป็นที่ไปตามที่ต้องการ

นอกจากนี้ งบประมาณก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ผู้ออกแบบต้องคำนึงในการเลือกโปรแกรมช่วยสร้าง คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่เหมาะสม เนื่องจากโปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแต่ละโปรแกรม มีราคาที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะโปรแกรมที่มาจากต่างประเทศจะมีราคาสูงกว่าที่ผลิตในประเทศไทย มาก สุดท้ายนี้ ประสิทธิภาพของผู้สร้างหรือใช้โปรแกรม ก็เป็นอีกปัจจัยที่ควรพิจารณาเนื่องจากหากผู้ ที่ใช้โปรแกรมมีความถนัดหรือเคยชินกับโปรแกรมใดอยู่ก่อนแล้ว การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอนก็เป็นที่ไปโดยสะดวก และรวดเร็วกว่าการสร้างความเคยชินกับโปรแกรมใหม่ ทั้งนี้ ภายใต้งบประมาณที่เท่าเทียมกัน โปรแกรมทั้งสองมีความเหมาะสมสำหรับการสร้างบทเรียนในระดับที่ใกล้เคียงกัน

ขั้นตอนที่ 6 ขั้นตอนการผลิตเอกสารประกอบการเรียน (Produce Supporting Materials)

เอกสารประกอบการเรียนเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เอกสารประกอบบทเรียนอาจแบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ คู่มือการใช้ของผู้เรียน คู่มือการใช้ของผู้สอน คู่มือสำหรับแก้ไขปัญหาเทคนิคต่างๆ และเอกสารประกอบการสอนทั่วไป (เช่น ใบงาน) ผู้เรียนและผู้สอนย่อมมีความต้องการแตกต่างกัน ดังนั้น คู่มือสำหรับผู้เรียนและผู้สอนจึงต้องไม่เหมือนกัน ผู้สอนอาจต้องการคู่มือเกี่ยวกับการติดตั้ง โปรแกรมการเข้าไปดูข้อมูลผู้เรียน และการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในหลักสูตร นอกจากนี้ยังต้องการ ข้อมูลเกี่ยวกับการตัดสินใจว่าจะใช้โปรแกรมนั้นหรือไม่และใช้อย่างไร ผู้เรียนอาจต้องการข้อมูล ในการจัดการกับบทเรียนและสืบไปในบทเรียน คู่มือปัญหาเทคนิคก็มีความจำเป็นหากการติดตั้ง บทเรียนมีความสลับซับซ้อนหรือต้องการใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์อื่นๆ เช่นการติดตั้ง LAN เป็นต้น เอกสารเพิ่มเติมประกอบก็อาจได้แก่ แผนภาพ ข้อสอบ ภาพประกอบ หรือเอกสารที่ใช้ ประกอบการเรียนต่างๆ เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 7 ขั้นตอนประเมินและแก้ไขบทเรียน (Evaluate and Revise)

ในช่วงสุดท้าย บทเรียนและเอกสารประกอบทั้งหมด ควรที่จะได้รับการประเมิน โดยเฉพาะ การประเมินในส่วนของ การนำเสนอและการทำงานของบทเรียน ในส่วนของการนำเสนอ นั้นผู้ที่ควร จะทำการประเมินก็คือผู้ที่มีประสบการณ์ในการออกแบบมาก่อน ในการประเมินการทำงานของบทเรียน นั้น ผู้ออกแบบควรที่จะทำการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนในขณะที่ใช้บทเรียนการเรียนจากคอมพิวเตอร์ ช่วยสอนนั้นๆ แล้ว โดยผู้เรียนจะต้องมาผู้เรียนกลุ่มเป้าหมาย ขั้นตอนนี้อาจครอบคลุมบทสรุปเพื่อการ นำไปใช้

ขั้นตอนการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทั้ง 7 ขั้นนี้ เป็นหลักเกณฑ์ซึ่งมี ความยืดหยุ่นได้ ถึงแม้ว่าการออกแบบบทเรียนตามลำดับขั้นตอนเป็นสิ่งสำคัญ แต่ในบางโอกาส แล้วการดัดแปลงขั้นตอนการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้เป็นสิ่งจำเป็น เช่น ในบางครั้ง ผู้ออกแบบอาจต้องทำการรวบรวมข้อมูลเนื้อหาต่างๆ ก่อนที่จะตั้งเป้าหมายได้ เป็นต้น นอกจากนี้

ขั้นตอนการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตาม โมเดลนี้ไม่ได้เป็นในลักษณะเชิงเส้นตรง กล่าวคือ ผู้ประเมินสามารถสลับขั้นตอนได้และหลังจากการประเมินในแต่ละช่วงแล้วผู้ออกแบบสามารถย้อนกลับไปแก้ไขในส่วนต่างๆ ได้ตามความจำเป็น

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำเทคนิคการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ดัดแปลงมาจากกระบวนการเรียนการสอนของ Alessi and Trollip มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนการออกแบบ 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนการเตรียม (Preparation)
2. ขั้นตอนการออกแบบบทเรียน (Design Instruction)
3. ขั้นตอนการเขียนผังงาน (Flowchart Lesson)
4. ขั้นตอนการสร้าง Storyboard (Create Storyboard)
5. ขั้นตอนการสร้าง/เขียน โปรแกรม (Program Lesson)
6. ขั้นตอนการประเมินและแก้ไขบทเรียน (Evaluate and Revise)

2.2.5 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.2.5.1 การกำหนดประสิทธิภาพ

ระดับประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เป็นระดับที่ผู้ผลิตบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะพึงพอใจว่า หากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพถึงระดับนั้นแล้ว แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นมีคุณค่าที่จะนำไปสอนนักเรียน การที่จะกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นกระทำโดยการประเมินพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) และพฤติกรรมสุดท้าย (ผลลัพธ์) โดยกำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E_1 (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) E_2 (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์) โดยปกติเนื้อหาที่เกี่ยวกับความรู้ความจำมักตั้งไว้ที่ 80/80 85/85 หรือ 90/90 ส่วนเนื้อหาที่เป็นทักษะหรือเจตคติตั้งไว้ 70/70 หรือ 75/75

การกำหนดประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์นิยมนำมาหนดเป็น 80/80 สำหรับเนื้อหาเกี่ยวกับความรู้ความจำ ความเข้าใจ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน ± 2.5 (ชัยขงค์ พรหมวงศ์ และคณะ. 2521 : 136)

2.2.5.2 วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยใช้สูตร E_1/E_2 ประยุกต์มาจากแนวคิดในการหาประสิทธิภาพชุดการสอนของชัยขงค์ พรหมวงศ์ และคณะ (2521 : 136)

$$E_1 = \frac{\sum X}{N} \times 100$$

$$E_2 = \frac{\sum F}{N} \times 100$$

เมื่อ	E_1	แทน	ประสิทธิภาพของกระบวนการ
	E_2	แทน	ประสิทธิภาพของผลลัพธ์
	$\sum X$	แทน	คะแนนรวมของผู้เรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบ ในแต่ละบทเรียนรวมกัน
	$\sum F$	แทน	คะแนนรวมของผู้เรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบ หลังเรียน
	N	แทน	จำนวนผู้เรียนทั้งหมด
	A	แทน	คะแนนเต็มของแบบทดสอบระหว่างเรียน
	B	แทน	คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

2.2.5.3 เกณฑ์ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์

ประสิทธิภาพของบทเรียนกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดหวังว่าผู้เรียนเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่น่าพอใจ โดยกำหนดให้เป็นเปอร์เซ็นต์ผลเฉลี่ยของคะแนนการทำงาน และการประกอบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมด ต่อเปอร์เซ็นต์ของผลการสอนหลังการเรียนของผู้เรียนทั้งหมด นั่นคือ E_1/E_2 หรือประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

ประสิทธิภาพของกระบวนการ คือ การประเมินพฤติกรรมต่อเนื่องของผู้เรียนได้แก่ การประกอบกิจกรรมกลุ่ม งานที่มอบหมายและกิจกรรมอื่นๆ ที่ผู้สอนกำหนด

ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ คือ การประเมินพฤติกรรมสุดท้ายโดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียน

ระดับประสิทธิภาพของบทเรียน คือระดับที่ผู้พัฒนาบทเรียนมีความพอใจว่า หากบทเรียนมีประสิทธิภาพถึงระดับนั้นแล้วจะมีคุณค่าที่น่าพอใจ ซึ่งเรียกระดับประสิทธิภาพที่น่าพอใจนั้นว่าเกณฑ์ประสิทธิภาพ

ตัวอย่าง 80/80 หมายความว่า เมื่อเรียนจบบทเรียนจะสามารถทำแบบฝึกหัดหรืองานได้ผลเฉลี่ย 80 % และทำแบบทดสอบหลังเรียนได้ผลเฉลี่ย 80 %

การยอมรับประสิทธิภาพของบทเรียนหรือไม่นั้น ให้ถือค่าความแปรปรวน 2.5 %-5 % นั่นคือ ประสิทธิภาพของบทเรียนไม่ควรต่ำกว่าเกณฑ์ 5% แต่โดยปกติจะกำหนดไว้ที่ 2.5% เช่น ตั้งเกณฑ์ไว้ที่ 90/90 เมื่อทดสอบแบบ 1 : 100 แล้ว บทเรียนนั้นมีประสิทธิภาพ 87.5 /87.5 ก็สามารถ

ยอมรับได้ว่าชุดการสอนนั้นมีประสิทธิภาพ การยอมรับประสิทธิภาพของบทเรียนมี 3 ระดับ คือ สูงกว่าเกณฑ์ เท่าเกณฑ์ และต่ำกว่าเกณฑ์ แต่ยอมรับว่ามีประสิทธิภาพ (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช. 2537 : 247-252)

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ นำไปหาประสิทธิภาพของกระบวนการและผลลัพธ์ โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง 10 คน

2.3 โปรแกรมที่ใช้ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

โปรแกรมที่ใช้งานในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีดังต่อไปนี้

2.3.1 โปรแกรม Authorware

โปรแกรม Authorware เป็นโปรแกรมประเภท Authoring System ที่ใช้สำหรับการสร้างแอปพลิเคชันในระบบมัลติมีเดีย ไม่ว่าจะเป็นการนำเสนอผลงาน การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หรือแม้กระทั่งเกม ด้วยการออกแบบการทำงานที่ใช้หลักการวางสัญลักษณ์หรือไอคอน (Icon) บนเส้นลำดับบทเรียน (Flowline) ตามลำดับ การทำงานเหมือนกับการเขียนผังงาน (Flowchart) เพื่อที่จะออกแบบโปรแกรม หรือวางแผนงานต่างๆ ทำให้แม้แต่ผู้ที่ไม่ได้เป็นโปรแกรมเมอร์ก็สามารถที่จะสร้างงานขึ้นมาได้โดยไม่ต้องกังวลเกี่ยวกับภาษาโปรแกรม (สุธีร์ กิจฉวี และ อรณัฐ อุทานนท์. 2541 : 9) เพราะมีคุณสมบัติสามประการที่สนับสนุนงานสร้าง ออกแบบแอปพลิเคชัน รวมทั้งกระจายไปยังผู้ใช้ได้แก่

Object Authoring ด้วยการออกแบบโปรแกรมด้วยเทคนิค Object Authoring ทำให้ผู้ใช้ที่ไม่คุ้นเคยกับการออกแบบโปรแกรม หรือผู้ที่มีประสบการณ์มาแล้วก็ตาม สามารถทุ่มเทความสนใจไปยังรายละเอียดของเนื้อหาวิชา และวิธีการโต้ตอบของผู้เรียนโดยไม่ต้องกังวลเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรม การใช้สัญลักษณ์ แทนคำสั่งให้ผู้ใช้สามารถสร้างโปรแกรมที่มีคุณภาพสูงได้อย่างง่ายดาย โดยภายในแต่ละแอปพลิเคชันที่สร้างโดยใช้โปรแกรม Authorware สามารถใช้ไอคอนได้ถึง 16,000 ไอคอน หรือมากกว่าใน Version ใหม่

Multimedia Tools ในโปรแกรม Authorware ประกอบด้วยเครื่องมือด้านมัลติมีเดียอย่างพร้อมมูล ทำให้ผู้ใช้สามารถสร้างแอปพลิเคชัน ที่ประกอบด้วยข้อความ ภาพ เสียง ภาพเคลื่อนไหว และวิดีโอ เข้าด้วยกัน ทำให้เป็นแอปพลิเคชันที่มีประสิทธิภาพที่จะใช้ในการเรียนการสอน การอ้างอิงจำลองการทำงานในการนำเสนอ สินค้า และการโฆษณา

การออกแบบโปรแกรมให้สามารถใช้งานได้หลายระบบ ทำให้ผู้ใช้ไม่ว่าจะเป็นเครื่อง Macintosh หรือภายใต้ระบบปฏิบัติการ Windows ที่อยู่บนเครื่อง PC มีการทำงานที่เหมือนกัน และสามารถติดต่อไปยังทรัพยากรภายนอกระบบได้ ไม่ว่าจะเป็นการใช้ระบบฐานข้อมูล หรือระบบ

คอมพิวเตอร์เครือข่าย คำสั่งในการทำงานต่างๆ ไม่ว่าจะบนเครื่อง Macintosh หรือรุ่นที่ทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการ Windows ไม่ได้มีความแตกต่างกันมากนัก ยกเว้นในส่วนของมัลติมีเดีย และการทำงานของโปรแกรมในสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน

การทำงานด้วยการใช้สัญลักษณ์ คำสั่งในโปรแกรม Authorware ถูกออกแบบไว้ในลักษณะที่เป็นสัญลักษณ์จำนวน 14 ตัว ซึ่งสัญลักษณ์แต่ละตัวจะใช้แทนคำสั่งในการพัฒนาแอปพลิเคชันได้อย่างสมบูรณ์ อีกทั้งยังมีความง่ายในการใช้งานเมื่อเลือกสัญลักษณ์ หรือคำสั่งใดคำสั่งหนึ่ง โปรแกรมจะแสดงรายละเอียดหรือคำสั่งเพิ่มเติมในการทำงานของสัญลักษณ์นั้นๆ ให้เลือกไม่ว่าเป็นคำสั่งเกี่ยวข้องกับลोजิกของโปรแกรม หรือคำสั่งในที่ทำงานเป็นมัลติมีเดีย

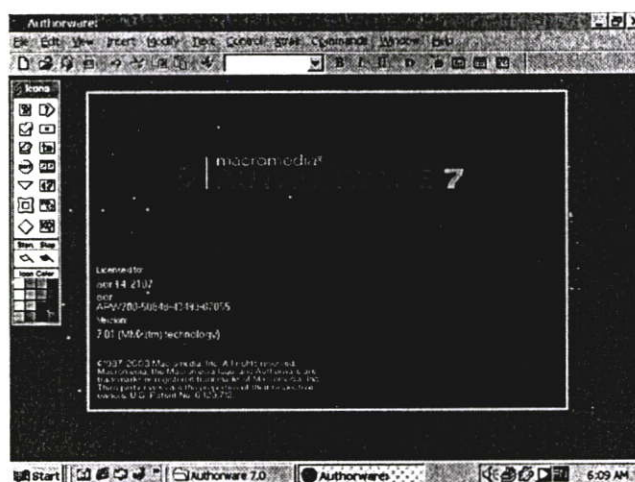
วิธีพัฒนาโปรแกรม ลักษณะการทำงานประกอบด้วยไอคอน ที่จะเรียงบนเส้นลำดับบทเรียน เป็นการกำหนดลोजิกในการทำงานโปรแกรม นอกจากนี้ยังมีคำสั่งที่เป็นเมนูเพื่อกำหนดรายละเอียดของการทำงาน สามารถกำหนดรายละเอียดของโปรแกรม เช่น ขนาด หรือภาพแบบของ Presentation Windows เลือกลักษณะการทำงานของโปรแกรมว่าให้ทำต่อจากที่ค้างไว้ หรือเริ่มต้นใหม่ทุกครั้งที่เราเรียก รวมทั้งสามารถกำหนดชื่อของโปรแกรม เป็นต้น

คำสั่ง Try it ทำให้ผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถทดสอบโปรแกรมได้โดยง่าย คำสั่ง Start Flag, Stop Flag ช่วยให้การทดสอบและแก้ไขโปรแกรมส่วนต่างๆ ได้ รวมทั้งการเลือกทดสอบโปรแกรมในแต่ละส่วน

คำสั่ง Package เป็นคำสั่งที่ช่วยในการจัดเตรียมแอปพลิเคชันสำหรับผู้ใช้โดยไม่ต้องติดตั้งตัวโปรแกรมไปด้วย ทำให้การกระจายแอปพลิเคชันเป็นไปอย่างสะดวก หรือในกรณีที่ต้องการลดขนาดของแอปพลิเคชันลงก็สามารถทำได้ แต่ในการเรียกใช้งานต้องเรียกผ่านระบบโปรแกรม Authorware เอง

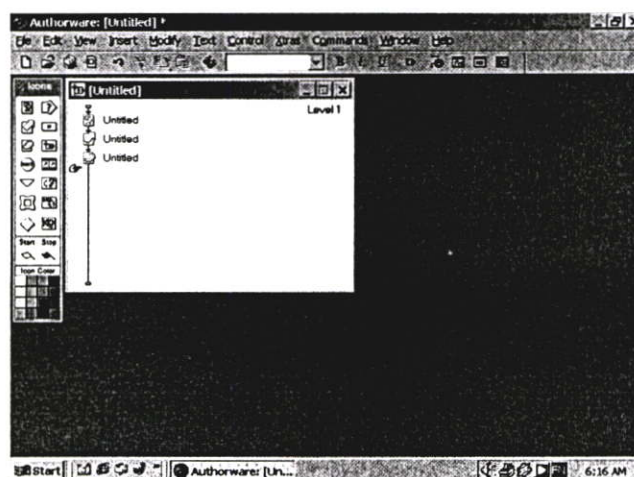
ส่วนประกอบของโปรแกรม Authorware ประกอบไปด้วยหน้าต่าง และส่วนประกอบหลักของโปรแกรม 4 ส่วน ดังนี้

1. หน้าต่างโปรแกรม (Program Windows) มีลักษณะคล้ายกับหน้าต่างอื่นๆ ของโปรแกรมที่ทำงานระบบปฏิบัติการ Windows ทั่วๆ ไป แต่จะต่างกันไป คือ มีแถบของสัญลักษณ์ภาพ (Icon Palette) ที่ใช้สำหรับช่วยในการออกแบบบทเรียน อยู่ทางซ้ายมือของหน้าต่างได้ Menu Bar ดังแสดงในรูปที่ 2.12



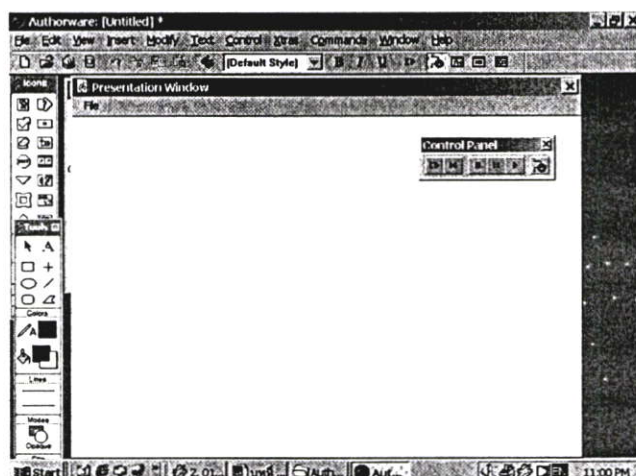
รูปที่ 2.12 หน้าต่างโปรแกรม Authorware

2. หน้าต่างออกแบบบทเรียน (Design Windows) ปรากฏขึ้นมีการสร้างไฟล์ใหม่ หรือเรียกไฟล์เดิมที่สร้างไว้แล้วออกมาใช้ เช่น มีการสร้างไฟล์ใหม่ชื่อ CA1.A7P จะปรากฏหน้าต่างออกแบบบทเรียนของไฟล์นั้นขึ้นมา และจะมีเส้นสำหรับสัญลักษณ์ภาพ เรียกว่า เส้นลำดับบทเรียน เป็นต้น เพื่อแสดงบทเรียนตามลำดับจากบนลงล่าง บนเส้นลำดับบทเรียนจะมีสัญลักษณ์ภาพมือชี้ตำแหน่งที่จะวางสัญลักษณ์ภาพต่างๆ และมีกรอบภาพสี่เหลี่ยมโปร่งเล็กๆ แสดงจุดต้นทางและปลายทางของบทเรียน



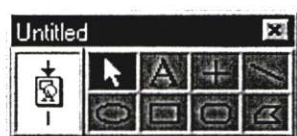
รูปที่ 2.13 หน้าต่างการออกแบบบทเรียน

3. หน้าต่างเสนอบทเรียน (Presentation Windows) ปรากฏขึ้นมาเมื่อมีการเปิดสัญลักษณ์ภาพที่วางบนเส้นลำดับบทเรียน ภาพที่ปรากฏจะปรากฏพร้อมกับกล่องเครื่องมือสร้างภาพ หน้าต่างนี้ทำหน้าที่ในการนำเสนอ โดยภาพนำเสนอเป็นภาพที่สร้างลงบนหน้าต่างโดยตรง และสามารถปรับปรุงแก้ไขจากหน้าต่างนี้ได้ด้วย



รูปที่ 2.14 หน้าต่างเสนอบทเรียน

4. กล่องเครื่องมือสร้างภาพ (Graphic Toolbox) มีลักษณะคล้ายหน้าต่างอื่นๆ ทั่วไป แต่ลดคุณสมบัติบางประการลง ประกอบด้วยแถบชื่อและสัญลักษณ์ภาพที่กำลังสร้างหรือแก้ไข การทำงานของกล่องเครื่องมือสร้างภาพมีลักษณะคล้ายปุ่มคอนโทรลเมนู มีสัญลักษณ์ภาพของเครื่องมือให้ใช้อยู่ 8 ช่องรายการ ดังนี้



Pointer



ใช้สำหรับเลือกภาพหรือข้อความ เพื่อการเคลื่อนย้าย

Text



ใช้สำหรับสร้างข้อความต่างๆ

Straight Line



ใช้สำหรับลากเส้นตรงระหว่างจุด 2 จุด

Diagonal Line



ใช้สำหรับลากเส้นตรง 45 องศา ระหว่างจุด 2 จุด

รูปที่ 2.15 สัญลักษณ์ภาพในกล่องเครื่องมือสร้างภาพ

Ellipse



ใช้สำหรับสร้างภาพวงรี ภาพไข่

Rectangle



ใช้สำหรับสร้างภาพสี่เหลี่ยมมุมฉาก

Rounded Rectangle



ใช้สำหรับสร้างภาพสี่เหลี่ยมโค้งมน

Polygon



ใช้สำหรับสร้างภาพหลายเหลี่ยม

รูปที่ 2.15 (ต่อ)

สัญลักษณ์ภาพ (Icon Palette) ที่ใช้ในการออกแบบบทเรียน ประกอบด้วยสัญลักษณ์ภาพต่างๆ และการใช้งานดังนี้

Display Icon



เป็นสัญลักษณ์ภาพที่ใช้ในการสร้างภาพ ที่อาจสร้างขึ้นเองหรือนำ
เข้ามาจากที่อื่น (Imported)

Motion Icon



เป็นสัญลักษณ์ภาพที่นำมาใช้ในการทำให้ภาพที่สร้างใน Display Icon
เคลื่อนที่ มีภาพแบบการเคลื่อนที่ให้เลือก 5 ภาพแบบ เช่น การเคลื่อนที่
จากตำแหน่งที่อยู่ไปยังตำแหน่งที่จุดหมายปลายทางด้วยความเร็ว หรือ
เวลาตามที่กำหนดให้หรือเคลื่อนที่ไปตามเส้นทางที่กำหนดไว้ เป็นต้น

Erase Icon



เป็นสัญลักษณ์ภาพที่นำมาใช้ในการลบภาพที่สร้างใน Display Icon มีเมนู
ให้เลือกใช้ Effect ของการลบภาพ ซึ่งมีรายการเหมือนกันกับที่ใน Display
Icon

รูปที่ 2.16 สัญลักษณ์ภาพบนเครื่องมือ

Wait Icon



เป็นสัญลักษณ์ภาพที่นำมาใช้ในการกำหนดให้หยุดคอย จนกว่าจะมีการตอบสนองเหตุการณ์ที่คอย เช่น การใช้เมาส์คลิกที่ปุ่ม Continue การครบกำหนดของการตั้งเวลา หรือจะเป็นการกดปุ่มคีย์บอร์ด เป็นต้น

Navigate Icon



เป็นสัญลักษณ์ภาพที่นำมาใช้ในการนำไอคอนต่างๆ มาเชื่อมโยงเพื่อนำไปใช้ใน Framework Icon

Framework Icon



เป็นสัญลักษณ์ภาพที่นำมาใช้เงื่อนงำของ Hypermedia Interactive รวมถึง Interaction ต่างๆ

Decision Icon



เป็นสัญลักษณ์ภาพที่นำมาใช้ในการกำหนดทางเลือกว่าจะให้เลือกรูปแบบปุ่ม หรือเลือกเรียงตามลำดับรายการที่มีให้เลือก

Interaction Icon



เป็นสัญลักษณ์ภาพที่นำมาใช้ในการกำหนดให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนที่เรียน โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบกระตุ้น และการตอบสนอง คือ มีการให้สิ่งเร้า (Stimulus) เช่น ภาพ และ หรือคำถามแก่ผู้เรียนแล้วให้ผู้เรียนตอบสนองต่อสิ่งเร้า (Response) เป็นต้น

Calculation Icon



เป็นสัญลักษณ์ภาพที่นำมาใช้ในการคำนวณ และควบคุมค่าของตัวแปร ช่วยให้บทเรียนมีความสมบูรณ์ในการนำไปใช้ ทั้งด้านแตกกิ่งไปยังส่วนต่างๆ (Branching) และการคำนวณเพื่อประมวลผล

Map Icon



เป็นสัญลักษณ์ภาพที่ทำหน้าที่รวมกลุ่มสัญลักษณ์ภาพอื่นๆ ให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ทำให้สะดวกต่อการแก้ไข และสร้างบทเรียนในแต่ละส่วนประกอบย่อย ก่อนที่จะนำมารวมเป็นองค์ประกอบใหญ่ เป็นการลดจำนวนสัญลักษณ์ภาพบนเส้นลำดับบทเรียน ทำให้สะดวกในการออกแบบ

Digital Movie Icon



เป็นสัญลักษณ์ภาพที่นำมาใช้เลือกแสดงภาพเคลื่อนไหวต่างๆ เพื่อนำมาประกอบบทเรียน เช่น ภาพการเคี้ยวอาหาร การกลืนอาหาร เป็นต้น

Sound Icon



เป็นสัญลักษณ์ภาพที่นำมาใช้ในการเลือกเสียงดนตรีต่างๆ มาประกอบในบทเรียน ใช้ในงานมัลติมีเดีย หากจะใช้สัญลักษณ์ภาพนี้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ต้องมีการ์ดเสียง (Sound Card) อยู่ด้วย

Video Icon



เป็นสัญลักษณ์ภาพที่ใช้เลือกภาพจากวิดีโอมาประกอบในบทเรียนใช้งานในลักษณะเดียวกับ Sound Icon

Start Icon



เป็นสัญลักษณ์ภาพที่ใช้ในการกำหนดจุดเริ่มต้นบนเส้นลำดับบทเรียนเพื่อทดลองบทเรียนที่สร้างว่ามีการนำเสนออย่างไร

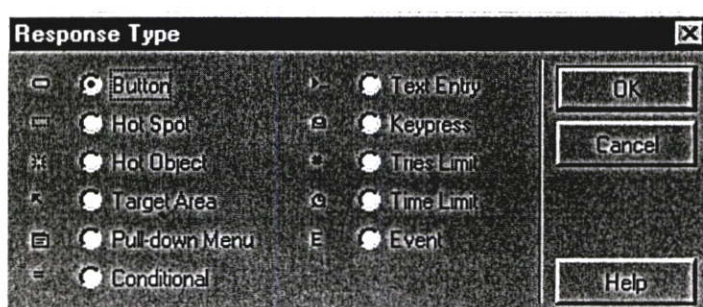
Stop Icon



เป็นสัญลักษณ์ภาพที่ใช้ในการกำหนดจุดสิ้นสุดบนเส้นลำดับบทเรียนเพื่อทดลองบทเรียนที่สร้างว่ามีการนำเสนออย่างไร

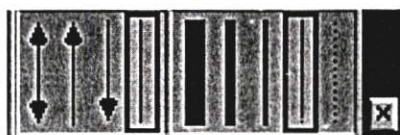
รูปที่ 2.16 (ต่อ)

โปรแกรม Authorware มีเครื่องมือสร้างบทเรียนที่ให้มีการปฏิสัมพันธ์ และให้ผู้เรียนได้ตอบสนอง ซึ่งมีด้วยกันหลายภาพแบบ ดังรูปที่ 2.17



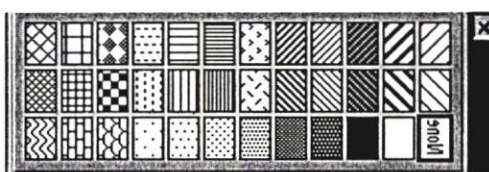
รูปที่ 2.17 แบบการมีปฏิสัมพันธ์ และการตอบสนอง

เพื่อความเหมาะสมกับงานที่ต้องการใช้ เราสามารถเลือกชนิดของเส้น และความหนาของเส้นได้ โดยใช้เครื่องมือ ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 แบบการสร้างเส้นแบบต่างๆ

ส่วนการสร้างเงาบนพื้นของวัตถุต่างๆ ที่สร้างขึ้น โดยโปรแกรม Authorware นั้นสามารถทำได้หลายภาพแบบ โดยการใช้เครื่องมือ ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 ภาพแบบการสร้างเงาของพื้นวัตถุ

โหมดของการแสดงผลสามารถกำหนดให้วัตถุที่ต้องการแสดงอยู่ในลักษณะใด โดยจะมีผลกระทบต่อวัตถุ ข้อความหรือกราฟิก (รูปที่ 2.20)

Opaque



Opaque Mode ระบุให้แสดงขอบเขตสีเหลี่ยมของวัตถุ เพื่อให้เห็นขอบเขตของวัตถุ

Matted



Matted Mode ระบุให้ตัดพื้นที่ที่เป็นสีขาวรอบๆ วัตถุออกไป เพื่อให้เห็นเฉพาะตัววัตถุจริง

Transparent



Transparent Mode ระบุให้ตัดพื้นที่สีขาวของวัตถุออกให้หมด เพื่อให้เห็นพื้นด้านหลัง

Inverse



Inverse Mode ระบุให้กลับสีของวัตถุเป็นตรงข้ามกัน

Erase

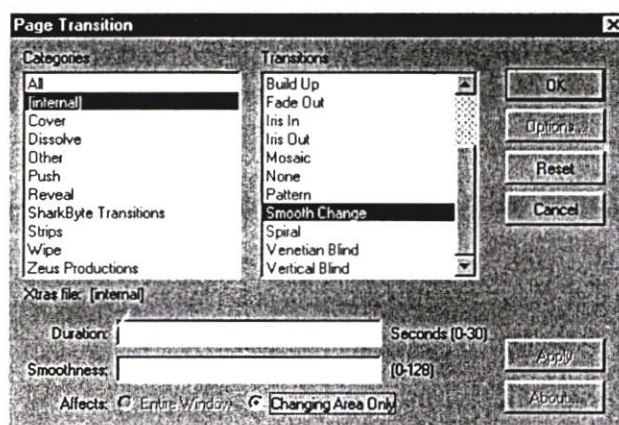


Erase Mode ระบุให้ลบส่วนของวัตถุออกจากวัตถุเบื้องหลัง

รูปที่ 2.20 ภาพแบบกำหนดการแสดงผลของวัตถุ

การกำหนดภาพให้การเลื่อนภาพขณะแสดงผลงานในแต่ละภาพ ให้ภาพที่แสดงออกมาระหว่างภาพ 2 ภาพ น่าสนใจยิ่งขึ้น การกำหนดนี้จะมีผลระหว่างการเปลี่ยนภาพ (Transition) ซึ่งโปรแกรม Authorware สามารถทำได้ดังนี้

None	ไม่มีผลกระทบ
Mosaic	นำชิ้นส่วนต่างๆ มาประติดประต่อกันเป็นภาพหรือข้อความ
Pattern	ภาพหรือข้อความเริ่มจากสีจางแล้วเข้มขึ้นไปเรื่อยๆ
Spiral	ภาพหรือข้อความบิดเป็นเกลียวจากด้านนอกเข้าด้านใน
Build Up	ภาพหรือข้อความจะแสดงจากด้านล่างขึ้นด้านบน
Build Down	ภาพหรือข้อความจะแสดงจากด้านบนลงด้านล่าง
Build to Right	ภาพหรือข้อความจะแสดงจากทางซ้ายไปทางขวา
Build to Left	ภาพหรือข้อความจะแสดงจากทางขวาไปทางซ้าย
Iris In	ภาพหรือข้อความจะแสดงจากขอบนอกเข้าด้านใน
Iris Out	ภาพหรือข้อความจะแสดงจากขอบในสู่ด้านนอก
Venetian Blind	ภาพหรือข้อความจะแสดงทีละน้อยๆ จนเต็มภาพตามแนวนอน
Vertical Blind	ภาพหรือข้อความจะแสดงทีละน้อยๆ จนเต็มภาพตามแนวตั้ง
Barn Door Close	ภาพหรือข้อความจะเหมือนประตูปิด 2 บาน
Barn Door Open	ภาพหรือข้อความจะเหมือนประตูเปิด 2 บาน



รูปที่ 2.21 แบบการเปลี่ยนของภาพ

ศักดิ์สิทธิ์ วงศ์ตรง (2544 : 295) นอกจากคุณสมบัติดังกล่าวแล้ว Authorware ได้เพิ่มการสนับสนุนโปรแกรม Macromedia Flash โดยตรง ทำให้ผู้พัฒนาสามารถนำไฟล์เคลื่อนไหวประเภท Flash เข้ามาใช้ในชิ้นงาน และควบคุมการทำงานของ Flash เหล่านั้นได้อย่างง่ายดาย ซึ่งนอกเหนือ

จากการควบคุมต่างๆ ไป เช่น การสั่งเล่น การสั่งหยุด การขยายภาพ เป็นต้น โปรแกรม Authorware ยังสามารถคลิก และตอบสนองต่อเหตุการณ์ (Event) ของ Flash ได้อีกด้วย

สุดา คำรงโกภักดิ์ (2543 : 101) สรุปโครงสร้างของการมีปฏิสัมพันธ์ในบทเรียนที่สร้างด้วยโปรแกรม Authorware ดังนี้

มี Display Icon/Map ทำหน้าที่ให้ข้อมูลแก่ผู้เรียน เช่น สามารถบอกได้ว่าการตอบสนองนั้นถูกหรือผิด ดีหรือไม่ดี หรือการให้เสริมแรง เช่น มีการชมเมื่อตอบถูก หรือให้คำแนะนำและให้กำลังใจเมื่อตอบคำถามผิด เป็นต้น

มี Interaction Icon ทำหน้าที่สิ่งเร้าให้แก่ผู้เรียน โดยสิ่งเร้าที่ให้อาจเป็นภาพ หรือ/และข้อความให้ผู้เรียนทำ เช่น การเติมคำ การเลือกข้อที่ถูกที่สุดจากตัวเลือกที่กำหนดให้ การลากภาพไปวางไว้ในที่ต่างๆ เป็นต้น

มี Response Type ทำหน้าที่ให้ผู้เรียนตอบสนองภาพแบบใดภาพแบบหนึ่งจาก 9 ภาพ โดยอาจให้ตอบสนองในภาพของการพิมพ์ตอบ หรือการลากวัตถุไปยังตำแหน่งที่กำหนด เป็นต้น

2.4 การสร้างแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน

ในการศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งพัฒนาให้เกิดกับผู้เรียน และใช้เป็นคุณลักษณะการวัดประกอบด้วยพฤติกรรม 3 ด้าน (Sax. 1996 อ้างใน ไพศาล หวังพานิช 2543 : 14)

1. ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) เป็นพฤติกรรมความสามารถด้านการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชาต่างๆ อันเป็นความสามารถทางสมอง หรือพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับการคิด (Thinking) พฤติกรรมด้านนี้แบ่งออกเป็น 6 ระดับ คือ

- 1.1 ความรู้ความจำ (Knowledge หรือ Memory)
- 1.2 ความเข้าใจ (Comprehension)
- 1.3 การนำไปใช้ (Application)
- 1.4 การวิเคราะห์ (Analysis)
- 1.5 การสังเคราะห์ (Synthesis)
- 1.6 การประเมินค่า (Evaluation)

2. ด้านจิตพิสัย (Affective Domain) เป็นพฤติกรรมด้านความรู้สึก (Feeling) อันเป็นลักษณะทางจิตใจ นิสัยต่างๆ ของผู้เรียน แบ่งเป็น 5 ระดับ

- 2.1 การรับรู้หรือการเอาใจใส่ (Receiving/Attending)
- 2.2 การตอบสนอง (Responding)
- 2.3 การเห็นคุณค่า (Valuing)

2.4. การจัดระบบหรือสร้างความเชื่อถือ (Organisation/Belief)

2.5 การสร้างนิสัยหรือค่านิยม (Characterisation/Value)

3. ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) เป็นพฤติกรรมด้านการปฏิบัติหรือการกระทำ (Doing) ซึ่งเป็นการนำความรู้สู่ด้านการปฏิบัติจนเกิดความชำนาญ ซึ่งแบ่งเป็น

3.1 ทำเลียนแบบ

3.2 ทำตามแบบ

3.3 ตามเงื่อนไขหรือข้อกำหนด

3.4 ทำอย่างสร้างสรรค์

ผู้วิจัยได้นำความคิดของ Sax มาใช้เป็นกรอบแนวคิดในการสร้างแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยวัดพฤติกรรมทางด้านพุทธิพิสัยในระดับความรู้ความจำ

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผจงจิตร ชิวพัฒน์พิบูลย์ (2544 : 56-59) ได้ทำการวิจัยเรื่องบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง “ไม้ดอกที่สำคัญบางชนิด” สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ได้นำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเมืองพัทธา 9 (โพธิ์สัมพันธ์) จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่าข้อสอบทั้ง 50 ข้อ ผ่านการตรวจสอบความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญและมีค่าสัมประสิทธิ์ที่ (ϕ) อยู่ระหว่าง +0.33 ถึง +0.77 ถือว่าเป็นข้อสอบที่สามารถจำแนกผู้รู้และผู้ไม่รู้ออกจากกันได้ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง “ไม้ดอกที่สำคัญบางชนิด” สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีความยาวเฉลี่ย 1 ชั่วโมง 45 นาที มี 157 เฟรม ส่วนการประเมินประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง “ไม้ดอกที่สำคัญบางชนิด” สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 บทเรียนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 84.33/80.83 ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

เผชญิ มะลิซ้อน (2545 : 49-53) ได้ทำการทดลองหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาการผลิตพันธุ์ไม้ เรื่องการทาบกิ่งแบบเสียบข้างแปลง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสตรีราชินูทิศ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี จำนวน 21 คน ได้ค่าประสิทธิภาพ 82.14/81.19 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ณัฐวรรณ ชันอินทร์งาม (2545 : 69-72) ได้ทำวิจัยเรื่องการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พืชสมุนไพรบางชนิดที่มีสรรพคุณทางยา ได้นำไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ จำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่า ข้อสอบทั้งหมด 58 ข้อ ผ่านการตรวจสอบความสอดคล้องกับเนื้อหา (IOC) และมีค่าสัมประสิทธิ์ที่ (ϕ) อยู่ระหว่าง 0.42-

0.86 ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งนี้ได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องพืชสมุนไพรบางชนิดที่มีสรรพคุณทางยา มีความยาวประมาณ 1 ชั่วโมง 30 นาที มี 198 เฟรม นอกจากนี้ในด้านการประเมินประสิทธิภาพของบทเรียนช่วยสอน พบว่า บทเรียนช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (86.25/81.66 และ 80/80 ตามลำดับ)

ธนาวุฒิ ประกอบผล (2547 : 57) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้นำไปทดลองกับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ มีประสิทธิภาพ 81.89/88.75 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ผาสุก บุญเพชร (2547 : 45-48) ได้ทำการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อสอนเสริมวิชาเกษตรสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น “เรื่อง การปลูกผัก” กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2546 โรงเรียนพนมสารคาม “พนมอดุลวิทยา” อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา ผลการวิจัย พบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ถูกพัฒนาขึ้น ประกอบด้วย หน่วยการเรียนรู้ 4 หน่วย ซึ่งมีแบบฝึกหัดในแต่ละหน่วยรวม 40 ข้อ และแบบทดสอบหลังเรียนจำนวน 40 ข้อ เมื่อทำการทดลองหาประสิทธิภาพแล้ว พบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนชุดนี้มีประสิทธิภาพที่ 77.50/78.25 ซึ่งใกล้เคียงเกณฑ์ที่กำหนด

พรทิพย์ เทศแจ่ม (2547 : 55-60) ได้ทำวิจัยเรื่องการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การวินิจฉัยโรคในอู่น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักศึกษาระดับอุดมศึกษาปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 30 คน ผลการวิจัยครั้งนี้ สรุปว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การวินิจฉัยโรคในอู่นที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ เท่ากับ 82.17 : 81.67 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การวินิจฉัยโรคในอู่นนั้น สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สุเมธ แซ่เอี้ยว (2547 : 65) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ เรื่องการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง สำหรับนักศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยคือ นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ผ่านการเรียนวิชาการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ จำนวน 10 คน ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน

วิชาการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ เรื่องการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างมีประสิทธิภาพ 73.93/72.25 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ปราณิสยา อ้าทอง (2548 : 73-78) ได้ทำการวิจัยเรื่องบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อทบทวน เรื่องเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับพีช เพื่อพัฒนาหาคุณภาพ ประสิทธิภาพ และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียน ระดับช่วงชั้นที่ 3 ชั้นปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2548 โรงเรียนอัญญสังขัญ เขตบางรัก กรุงเทพมหานคร ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่าย อินเทอร์เน็ตเพื่อทบทวน เรื่องเทคโนโลยีชีวภาพที่เกี่ยวข้องกับพีช มีคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในระดับ ดีมาก ($\bar{X} = 4.93$) และ ด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.82$) มีประสิทธิภาพ 80.13/82.67 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่าย อินเทอร์เน็ตสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ส่วนใหญ่เป็นการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อนำไปใช้สอนในระดับมัธยมศึกษา และระดับอุดมศึกษา ส่วนใหญ่มีการหาคุณภาพของข้อสอบซึ่งมีความสอดคล้องกับเนื้อหา และเป็นข้อสอบที่สามารถจำแนก ผู้รู้และผู้ไม่รู้ออกจากกันได้ ในการเรียนการสอนที่ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน นักเรียนมี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ 0.05 และบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่ กำหนดคือ 80/80

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนา และหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อทบทวนวิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ ผู้วิจัยเสนอรายละเอียดดังหัวข้อต่อไปนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 การดำเนินการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

ประชากรในการวิจัย คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ผ่านการเรียน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ จำนวน 75 คน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ผ่านการเรียน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยการอาสาสมัคร จำนวน 10 คน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

3.2.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์

3.2.2 แบบทดสอบเพื่อวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์

3.2.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นบทเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้ทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ มีส่วนประกอบของเนื้อหา แบ่งเป็น 3 บทเรียน โดยคำนึงถึงระยะเวลาที่ผู้เรียนจะต้องใช้ในการเรียนในแต่ละบทเรียน ดังนี้

บทเรียนที่ 1 การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งแร่ธาตุ ประมาณ 10 นาที

บทเรียนที่ 2 การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งโปรตีน ประมาณ 25 นาที

บทเรียนที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งพลังงาน ประมาณ 15 นาที

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน ผู้วิจัยได้นำแนวคิดของ Alessi and Trollip มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนา ซึ่งมีขั้นตอนอยู่ 6 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นตอนการเตรียม (Preparation)

1.1 กำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ (Determine Goals and Objectives)

นำเนื้อหาวิชาที่จะทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน คือ วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ไปปรึกษาและขอคำแนะนำจากอาจารย์ผู้สอนวิชานี้ ศึกษาพื้นฐานของผู้เรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายได้แก่ ความสามารถในการใช้คอมพิวเตอร์ ความรู้พื้นฐานของวิชาที่จะเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียนดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 วัตถุประสงค์การเรียนรู้ วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบ อาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์

บทเรียน	วัตถุประสงค์การเรียนรู้
บทเรียนที่ 1 การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งแร่ธาตุ	อธิบายลักษณะและบอกส่วนประกอบของวัตถุดิบอาหารสัตว์ อธิบายลักษณะเด่นของวัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทแร่ธาตุจากกล้องจุลทรรศน์ได้ ได้แก่ <ul style="list-style-type: none"> - ยูเรีย - เปลือกหอย - เกลือแกง - กระดูกป่น

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

บทเรียน	วัตถุประสงค์การเรียนรู้
	<ul style="list-style-type: none"> - หินปูน - ไคแคลเซียมฟอสเฟต
<p>บทเรียนที่ 2 การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งโปรตีน</p>	<p>อธิบายลักษณะและบอกส่วนประกอบของวัตถุดิบอาหารสัตว์ อธิบายลักษณะเด่นและบอกวัตถุดิบชนิดต่างๆที่ใช้ปลอมปนในวัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทโปรตีนต่างๆ จากกล้องจุลทรรศน์ได้ ได้แก่</p> <ul style="list-style-type: none"> - ปลาปน - ขนไก่ปน - กากเมล็ดถั่วเหลือง - กากเรปซิด - กากเมล็ดฝ้าย - กากเมล็ดนุ่น - กากเมล็ดทานตะวัน - กากเมล็ดขางพารา - กากเมล็ดปาล์ม - กากถั่วลิสง - ใบกระถินปน - กากมะพร้าว
<p>บทเรียนที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งพลังงาน</p>	<p>อธิบายลักษณะและบอกส่วนประกอบของวัตถุดิบอาหารสัตว์ อธิบายลักษณะเด่นของวัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทพลังงานจากกล้องจุลทรรศน์ได้ ได้แก่</p> <ul style="list-style-type: none"> - มันสำปะหลัง - ข้าวฟ่าง - ข้าว - ข้าวโพด - ข้าวสาลี

1.2 รวบรวมข้อมูล (Collect Resources)

รวบรวมข้อมูลวิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพ วัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยรวบรวมจากตำราการเรียนการสอน คู่มือการออกแบบบทเรียน หนังสือด้านคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสำหรับการเขียนโปรแกรม

1.3 ศึกษาเนื้อหา (Learn Content)

ศึกษาเนื้อหาเรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ และศึกษาด้านการออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจากตำราและคู่มือต่างๆ

1.4 สร้างความคิด (Generate Ideas)

ปรึกษาและขอคำแนะนำจากอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม และ รองศาสตราจารย์ ดร.พรรณิภา ศิวะพิรุฬห์เทพ ซึ่งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ เกี่ยวกับเนื้อหาและภาพที่นำมาใช้ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2. ขั้นตอนการออกแบบบทเรียน (Design Instruction)

2.1 ทอนความคิด (Elimination of Ideas)

รวบรวมเนื้อหา วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ เพื่อให้ได้เนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการเรียนและเนื้อหาที่มีความชัดเจน

2.2 วิเคราะห์งานและความคิดรวบยอด (Task and Concept Analysis)

ผู้วิจัยได้ปรับเนื้อหา เนื่องจากเนื้อหาเรื่องการตรวจสอบคุณภาพ วัตถุดิบอาหารสัตว์ ด้วยกล้องจุลทรรศน์ เป็นเนื้อหาที่เน้นรูปภาพของวัตถุดิบอาหารสัตว์ ลักษณะเด่นต่างๆของวัตถุดิบแต่ละชนิด ดังนั้นต้องมีรูปภาพประกอบการบรรยายเนื้อหาเป็นสำคัญด้วย ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์และถ่ายภาพของวัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละชนิดด้วยกล้องจุลทรรศน์ทั้ง 3 บทเรียน โดยคำนึงถึงเนื้อหาวิชาการที่เป็นประเด็นสำคัญของวัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละชนิด เช่น วัตถุดิบอาหารสัตว์ปลาป่น ผู้วิจัยวิเคราะห์แล้วพบว่า สิ่งที่ต้องนำเสนอในเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนต้องมีลักษณะของเนื้อหาที่สามารถตอบคำถามต่อไปนี้ได้

1. ปลาป่น คืออะไร
2. ส่วนที่มองเห็นด้วยตาเปล่า ได้แก่ รูปร่าง สี กลิ่น สัมผัส มีลักษณะอย่างไร
3. ส่วนประกอบของปลาป่นภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เช่น เนื้อ ก้าง เก็ด็ด มีลักษณะอย่างไร

4. ปลาป่นภายใต้กล้องจุลทรรศน์โดยภาพรวม มีลักษณะอย่างไร

ผู้วิจัยทำการถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์ จากนั้นนำภาพที่ถ่ายได้ไปล้าง แล้วคัดเลือกภาพที่มีความเหมาะสม ชัดเจน และเป็นภาพที่มองเห็นรายละเอียดของวัตถุดิบชนิดนั้นๆ ซึ่งจะช่วยให้กลุ่มตัวอย่างเรียนรู้และทำความเข้าใจได้ง่ายและรวดเร็ว ส่วนภาพของวัตถุดิบชนิดใดที่ไม่ชัดเจน ผู้วิจัยทำการถ่ายภาพใหม่อีกหลายครั้งจนกว่าจะสามารถนำไปใช้ได้ วิเคราะห์เนื้อหา ข้อมูลและ

แนวคิดที่ได้จากการปรึกษาและจากคำแนะนำของอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม มาปรับปรุงแก้ไข และได้ข้อสรุปว่าควรตัดเนื้อหาที่ซ้ำซ้อนและไม่น่าสนใจออก

2.3 ออกแบบบทเรียนขั้นแรก (Preliminary Lesson Description)

ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยนำผลจากการวิเคราะห์เนื้อหา วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์มาออกแบบ

2.4 ประเมินและแก้ไขการออกแบบ (Evaluation and Revision of the Design)

ประเมินและแก้ไขการออกแบบโดยอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

3. ขั้นตอนการเขียนผังงาน (Flowchart Lesson)

ผู้วิจัยเขียนผังงานและขั้นตอนการทำงานของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

4. ขั้นตอนการสร้าง Storyboard (Create Storyboard)

ผู้วิจัยสร้าง Storyboard ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นขั้นตอน โดยการเตรียมนำเสนอข้อความ ภาพ รวมทั้งสื่อในรูปแบบมัลติมีเดียต่างๆ ลงบนกระดาษ รวมไปถึงเขียนสคริปต์ เพื่อให้การนำเสนอข้อความและสื่อรูปแบบต่างๆ เหล่านี้เป็นไปอย่างเหมาะสมบนหน้าจอคอมพิวเตอร์

5. ขั้นตอนการสร้าง/เขียนโปรแกรม (Program Lesson)

ผู้วิจัยได้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยผู้วิจัยได้นำกรอบที่เขียนไว้แล้วมาสร้างเป็นวิดิทัศน์ของแต่ละเรื่องในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน โดยเนื้อหาแบ่งออกเป็น 3 บทเรียน ดังนี้

บทเรียนที่ 1 การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งแร่ธาตุ ได้แก่ ยูเรีย เปลือกหอย เกลือแกง กระจุกป็น หินฝุ่น และไคแคลเซียมฟอสเฟต

บทเรียนที่ 2 การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งโปรตีน ได้แก่ ปลาป่น ขนไก่ป่น กากเมล็ดถั่วเหลือง กากเรปซิด กากเมล็ดฝ้าย กากเมล็ดนุ่น กากเมล็ดทานตะวัน กากเมล็ดยางพารา กากเมล็ดปาล์ม กากถั่วลิสง ไบกระถินป่น และกากมะพร้าว

บทเรียนที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งพลังงาน ได้แก่ มันสำปะหลัง ข้าวฟ่าง ข้าว ข้าวโพด และข้าวสาลี

พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยใช้โปรแกรม Authorware

6. ขั้นตอนการประเมินและแก้ไขบทเรียน (Evaluate and Revise)

นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสนอผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม พิจารณาเพื่อทำการแก้ไข ตรวจสอบความเหมาะสมของบทเรียน ความชัดเจนของภาพ เสียง การดำเนินเรื่องในบทเรียนทั้งหมดก่อนที่จะนำไปหาประสิทธิภาพ

3.2.2 แบบทดสอบเพื่อวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์

แบบทดสอบเพื่อวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของบทเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะเลือกตอบ 4 ตัวเลือก เกณฑ์การให้คะแนน คือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิด ไม่ตอบหรือตอบเกิน 1 ตัวเลือก ให้ 0 คะแนน โดยมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1. ศึกษาเนื้อหา วัตถุประสงค์ หลักการ และความคิดรวบยอด ทักษะพื้นฐานที่จำเป็นต่อการศึกษา วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ จากเนื้อหาการเรียนการสอนในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. สร้างแบบทดสอบชนิดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ โดยวัดพฤติกรรมด้าน พุทธิพิสัยในระดับความรู้ความจำ โดยมีรายละเอียดเกี่ยวกับเนื้อหา น้ำหนัก และจำนวนข้อสอบที่ต้องการใช้ จำนวนข้อสอบที่ออกเกิน ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.2 การวิเคราะห์เนื้อหาและน้ำหนักในแบบทดสอบเพื่อวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์

เนื้อหา	น้ำหนัก	จำนวนข้อสอบ ที่ต้องการใช้	จำนวนข้อสอบ ที่ออกเกิน	รวม (ข้อ)
1. การตรวจสอบวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งพลังงาน	35	14	7	21
2. การตรวจสอบวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งโปรตีน	40	16	8	24
3. การตรวจสอบวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งแร่ธาตุ	25	10	5	15
รวม	100	40	20	60

3. นำแบบทดสอบที่สร้างเสร็จแล้ว ไปตรวจสอบความเที่ยงตรง (Validity) เป็นรายข้อ โดยนำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 2 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ผู้ทรงคุณวุฒิ 2 ท่านประกอบด้วย

1. รองศาสตราจารย์ ดร. พรณิภา ศิวะพิรุฬห์เทพ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จันทร์พร เจ้าทรัพย์ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

โดยใช้หลักเกณฑ์กำหนดความคิดเห็นดังนี้

คะแนน 1 สำหรับข้อสอบที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด

คะแนน 0 สำหรับข้อสอบที่ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด

คะแนน -1 สำหรับข้อสอบที่แน่ใจว่าไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด

หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด โดยใช้สูตร (พร้อมพรรณ

อุคมสิน. 2538 : 117)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์ที่
ต้องการวัด

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

N แทน จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

โดยผู้ทรงคุณวุฒิได้ให้ข้อเสนอแนะดังนี้

1. คำถามที่มีการถาม 2 ประเด็น ปรับปรุงให้มีการถาม 1 ประเด็น

2. ข้อที่มีรูปภาพไม่ชัดเจน ปรับปรุงให้รูปภาพให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น

3. ข้อที่มีคำตอบอธิบายสับสนหรือยาวเกินไป ปรับปรุงให้ชัดเจน กระชับยิ่งขึ้น

4. นำคะแนนที่ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินให้แต่ละข้อมาหาค่าเฉลี่ย แล้วนำไปเทียบกับเกณฑ์
ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์ โดยใช้เกณฑ์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง
ข้อสอบกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ถือว่าข้อสอบนั้นเที่ยงตรง

เมื่อพิจารณาข้อสอบจำนวน 60 ข้อ แล้ว ปรากฏว่ามีค่า IOC 1.00 จำนวน 24 ข้อ 0.5
จำนวน 13 ข้อ 0.0 จำนวน 18 ข้อ และ -0.5 จำนวน 5 ข้อ รวมทั้งหมดจำนวน 60 ข้อ

5. นำแบบทดสอบเสนออาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์
ร่วมเพื่อปรับปรุงแบบทดสอบให้มีความเหมาะสมถูกต้อง อีกครั้งหนึ่งดังนี้

- ข้อที่มีคำถาม 1 ข้อ แต่มีการถาม 2 ประเด็น ปรับปรุงให้มีการถาม 1 ประเด็น

- ข้อที่มีรูปภาพไม่ชัดเจน ปรับปรุงให้รูปภาพให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น

- ข้อที่มีคำตอบอธิบายสับสน ปรับปรุงให้ชัดเจน กระชับยิ่งขึ้น

- ข้อที่มีตัวเลือกหรือรูปภาพของคำถามบางข้อเป็นการแนะนำคำตอบจากคำถามที่ผ่าน มาปรับปรุงโดยแก้ไขรูปภาพ หรือตัวเลือก
- ข้อที่มีตัวลวงบางข้อมีลักษณะที่ไม่เหมาะสม เช่น ไม่สอดคล้องกับคำถามหรือ รูปภาพ ปรับปรุงแก้ไขให้สอดคล้อง

6. นำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักศึกษาปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรสถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 8 คน

7. นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์หาคุณภาพรายข้อ เพื่อหาค่าความยากง่าย (p) ของ ข้อสอบเป็นรายข้อโดยใช้เทคนิค 50 % ของกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ (ภัทธา นิคมานนท์. 2532 : 138-139)

$$p = \frac{H + L}{N}$$

เมื่อ	H	แทน	จำนวนผู้ที่ตอบถูกในคนกลุ่มสูง
	L	แทน	จำนวนผู้ที่ตอบถูกในคนกลุ่มต่ำ
	N	แทน	จำนวนคนทั้งหมด
	p	แทน	ค่าความยากง่ายของข้อสอบ

คัดเลือกข้อสอบที่มีระดับความยากง่าย (p) ระหว่าง .20 ถึง .80 ได้ข้อสอบจำนวน 39 ข้อ และระดับความยากง่าย 0.875 จำนวน 1 ข้อ

8. นำแบบทดสอบจำนวน 40 ข้อที่ได้คัดเลือกได้ ไปหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร K-R₂₀ ของ Kuder Richardson (พร้อมพรรณ อุคมสิน. 2538 : 126)

$$K-R_{20} : r_t = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum p_i q_i}{S_t^2} \right]$$

เมื่อ	r _t	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	K	แทน	จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบ
	p _i	แทน	สัดส่วนของผู้ตอบถูก
	q _i	แทน	สัดส่วนของผู้ตอบผิด
	S _t ²	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ของ
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพ
วัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ มีค่าเท่ากับ 0.55

3.3 การดำเนินการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองที่สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยใช้สถานที่ทดลอง คือ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
วันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2549 เวลา 13:30-15:00 น. ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ค.328 อาคาร
ปฏิบัติการจอมไตร ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. ผู้วิจัยแนะนำวิธีการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนด้วยตนเอง
2. ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นอาสาสมัคร จำนวน 10 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของ
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยให้กลุ่มตัวอย่างเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน
เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อย่างอิสระ ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างได้
ผ่านการเรียนในรายวิชาดังกล่าวในคาบวิชาเรียนปกติเรียบร้อยแล้ว ซึ่งกลุ่มตัวอย่างจะทบทวน
ทั้งหมด 3 บทเรียน ในตอนท้ายของบทเรียนแต่ละบท ผู้วิจัยมีการประเมินโดยการให้กลุ่มตัวอย่าง
ทำแบบทดสอบท้ายบทเรียนทั้ง 3 บทเรียน รวมทั้งหมด 20 ข้อ ในกระดาษคำตอบ แล้วนำคะแนน
มาหาประสิทธิภาพของกระบวนการ

3. หลังจากที่ผู้เรียนได้ศึกษาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยตนเองจนครบแล้วให้
กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบเพื่อวัดประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนใน
กระดาษคำตอบ ซึ่งมีจำนวน 40 ข้อ

เมื่อผู้วิจัยตรวจกระดาษคำตอบแล้วนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูล หลังจากวิเคราะห์
ข้อมูลแล้วปรากฏว่า ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนชุดนี้คือ $E_1/E_2 = 85.5/86.5$

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยใช้สูตร (ชัยงค์ พรหมวงศ์
และคณะ. 2521 : 136)

$$E_1 = \frac{\sum X}{N} \times 100$$

$$E_2 = \frac{\sum F}{N} \times 100$$

เมื่อ	E_1	แทน	ประสิทธิภาพของกระบวนการ
	E_2	แทน	ประสิทธิภาพของผลลัพธ์
	$\sum X$	แทน	คะแนนรวมของผู้เรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบ ในแต่ละบทเรียนรวมกัน
	$\sum F$	แทน	คะแนนรวมของผู้เรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบ หลังเรียน
	N	แทน	จำนวนผู้เรียนทั้งหมด
	A	แทน	คะแนนเต็มของแบบทดสอบระหว่างเรียน
	B	แทน	คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

2. พิจารณาการยอมรับประสิทธิภาพของบทเรียน โดยนำค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ไปเทียบกับค่า $80 \pm 2.5 / 80 \pm 2.5$ เพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ได้วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ สำหรับนักศึกษาศาสนาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์

ผลการทดลอง	คะแนน		ค่าเฉลี่ยร้อยละ	ประสิทธิภาพของบทเรียนที่คำนวณได้ในสมมติฐาน	ประสิทธิภาพของบทเรียนที่กำหนดไว้ในสมมติฐาน	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับค่า $80 \pm 2.5 / 80 \pm 2.5$
	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย				
คะแนนแบบทดสอบระหว่างเรียน	20	17.10	85.5	85.5/86.5	80/80	เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้
คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน	40	34.60	86.5			

จากตารางที่ 4.1 แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์มีประสิทธิภาพ 85.5/86.5 ซึ่งเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่า $80 \pm 2.5 / 80 \pm 2.5$ แล้วพบว่า เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) เรื่องการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์

5.1.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร

ประชากรในการวิจัย คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ผ่านการเรียน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ จำนวน 75 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ผ่านการเรียน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยการอาสาสมัคร จำนวน 10 คน

5.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์

2. แบบทดสอบเพื่อวัดประสิทธิภาพของผลลัพ์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์

5.1.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยใช้สถานที่ทดลอง คือ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม วันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2549 เวลา 13:30-15:00 น. ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ค.328 อาคารปฏิบัติการจอมไตร ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. ผู้วิจัยแนะนำวิธีการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนด้วยตนเอง
2. ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นอาสาสมัคร จำนวน 10 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยให้กลุ่มตัวอย่างเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อย่างอิสระ ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างได้ผ่านการเรียนในรายวิชาดังกล่าวในคาบวิชาเรียนปกติเรียบร้อยแล้ว ซึ่งกลุ่มตัวอย่างจะทบทวนทั้งหมด 3 บทเรียน ในตอนท้ายของบทเรียนแต่ละบท ผู้วิจัยมีการประเมินโดยการให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบท้ายบทเรียนทั้ง 3 บทเรียน รวมทั้งหมด 20 ข้อ ในกระดาษคำตอบ แล้วนำคะแนนมาหาประสิทธิภาพของกระบวนการ
3. หลังจากที่ผู้เรียนได้ศึกษาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยตนเองจนครบแล้ว ให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบเพื่อวัดประสิทธิภาพของผลลัพ์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ในกระดาษคำตอบ ซึ่งมีจำนวน 40 ข้อ

เมื่อผู้วิจัยตรวจกระดาษคำตอบแล้วนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูล

5.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไม่ต่ำกว่า 80/80

5.1.6 ผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 มีค่าเท่ากับ 85.5/86.5 ซึ่งไม่ต่ำกว่า 80/80 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ มีประสิทธิภาพ 85.5/86.5 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ไม่น้อยกว่า 80/80 ซึ่งมีประเด็นที่นำมาอภิปรายผลวิจัยได้ดังนี้

เนื่องจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นโดยผ่านขั้นตอน 6 ขั้นตอน คือ การเตรียม การออกแบบบทเรียน การเขียนผังงาน การสร้าง Storyboard การสร้าง/เขียนโปรแกรม การประเมินและแก้ไขบทเรียน โดยได้รับการตรวจสอบและแก้ไขปรับปรุงจากผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม และผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งมีการดำเนินการอย่างเป็นระบบทำให้ผ่านการกลั่นกรอง แก้ไขหลายขั้นตอน ส่งผลให้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์มีประสิทธิภาพ 85.5/86.5 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ขั้นตอนการเตรียม ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎี และหลักการทำงานของการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และในขั้นตอนการเตรียมนี้ผู้วิจัยได้ศึกษานี้อาหา และวิเคราะห์หลักสูตรวิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ โดยศึกษาคำอธิบายรายวิชา และวัตถุประสงค์ของรายวิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ มุ่งเน้นเรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ จากการวิเคราะห์เนื้อหาและหลักสูตรพบว่า เนื้อหานี้ควรนำเสนอด้วยรูปภาพเป็นส่วนใหญ่จึงจะทำให้ผู้เรียนทำความเข้าใจได้อย่างดี นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ปรึกษากับผู้ที่มีความรู้ความสามารถในเนื้อหานี้เพื่อนำรูปภาพ ข้อสอบ ข้อเสนอนะมาเป็นประเด็นสำคัญในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

สำหรับขั้นตอนการออกแบบ ผู้วิจัยได้ดำเนินการอย่างเป็นระบบโดยเริ่มจาก ผู้วิจัยได้ปรับเนื้อหา เนื่องจากเนื้อหาเรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ เป็นเนื้อหาที่เน้นรูปภาพของวัตถุดิบอาหารสัตว์ ลักษณะเด่นต่างๆของวัตถุดิบแต่ละชนิด ดังนั้นต้องมีรูปภาพประกอบการบรรยายเนื้อหาเป็นสำคัญด้วย ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์และถ่ายภาพของวัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละชนิดด้วยกล้องจุลทรรศน์ทั้ง 3 บทเรียน โดยคำนึงถึงเนื้อหาวิชาการที่เป็นประเด็นสำคัญของวัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละชนิด ผู้วิจัยทำการถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์ แล้วคัดเลือกภาพที่มีความเหมาะสม ชัดเจน และเป็นภาพที่มองเห็นรายละเอียดของวัตถุดิบชนิดนั้นๆ ซึ่งจะช่วยให้กลุ่มตัวอย่างเรียนรู้และทำความเข้าใจได้ง่ายและรวดเร็ว

ขั้นตอนการเขียนผังงานและขั้นตอนการสร้าง Storyboard ผู้วิจัยเขียนผังงานและขั้นตอนการทำงานของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้วิจัยสร้าง Storyboard ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นขั้นตอนโดยการเตรียมนำเสนอข้อความ ภาพ รวมทั้งสื่อในรูปแบบมัลติมีเดียต่างๆ ลงบนกระดาษ รวมไปถึงเขียนสคริปต์ เพื่อให้การนำเสนอข้อความและสื่อรูปแบบต่างๆ เหล่านี้เป็นไปอย่างเหมาะสมบนหน้าจอคอมพิวเตอร์

ขั้นตอนการสร้าง/เขียนโปรแกรม ผู้วิจัยได้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยผู้วิจัยได้นำกรอบที่เขียนไว้แล้วมาสร้างเป็นวีดิทัศน์ของแต่ละเรื่องในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน โดยเนื้อหาแบ่งออกเป็น 3 บทเรียน ดังนี้

บทเรียนที่ 1 การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งแร่ธาตุ

บทเรียนที่ 2 การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งโปรตีน

บทเรียนที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งพลังงาน

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ ที่สร้างขึ้นได้ผ่านการตรวจสอบความถูกต้อง และความเหมาะสม โดยผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ โดยผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

นอกจากนี้แบบทดสอบเพื่อวัดประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ ได้ผ่านการตรวจสอบจากผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วมและผู้ทรงคุณวุฒิด้านความสอดคล้องของเนื้อหา อีกทั้งยังผ่านการทดลองใช้กับนักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 ทำให้ได้แบบทดสอบที่มีคุณภาพ

ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของผจงจิตร ชิวพัฒน์พิบูลย์ (2544 : 56-59) ได้ทำการวิจัยเรื่องบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง “ไม้ดอกที่สำคัญบางชนิด” สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่ามีประสิทธิภาพ 84.33/80.83 ตามเกณฑ์มาตรฐาน เษชัญ มะลิซ้อน (2545 : 49-53) ได้ทำการทดลองหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาการผลิตพันธุ์ไม้ เรื่องการทาบกิ่งแบบเสียบข้างแปลง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้ค่าประสิทธิภาพ 82.14/81.19 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ณัฐวรรณ ชั้นอินทร์งาม (2545 : 69-72) ได้ทำวิจัยเรื่องการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พืชสมุนไพรบางชนิดที่มีสรรพคุณทางยา ได้นำไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่ามีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (86.25/81.66 และ80/80 ตามลำดับ) ธนาวุฒิ ประกอบผล (2547 : 57) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ มีประสิทธิภาพ 81.89/88.75 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ปราณิสา อ่ำทอง (2548 : 73-78) ได้ทำการวิจัยเรื่องบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อทบทวน เรื่องเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับพืช ผลการวิจัยพบว่า มีประสิทธิภาพ 80.13/82.67 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ พรทิพย์ เทศแจ่ม (2548 : 55-60) ได้ทำวิจัยเรื่องการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการวินิจฉัยโรคในอู่น ผลการวิจัยครั้งนี้สรุปว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการวินิจฉัยโรคในอู่นที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ เท่ากับ 82.17 : 81.67 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการวินิจฉัยโรคในอู่นนั้น สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้

1. อาจารย์ผู้สอนสามารถนำบทเรียนคอมพิวเตอร์เพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ ให้นักศึกษาไปศึกษาด้วยตนเองเพื่อทบทวนความรู้ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยเมื่อนักศึกษาได้เรียน เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ในห้องเรียนปกติแล้ว นักศึกษาสามารถเข้ามาทบทวนความรู้ที่ได้เรียนมาด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อทบทวนด้วยตนเองไม่จำกัดเวลา และสถานที่ เพื่อช่วยให้นักศึกษาเข้าใจบทเรียนได้ดียิ่งขึ้นซึ่งจะช่วยให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
2. สำหรับผู้ที่สนใจ หรือผู้ที่ทำงานเกี่ยวข้องทางด้านนี้สามารถนำบทเรียนคอมพิวเตอร์เพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ มาศึกษาหรือนำมาประกอบการทำงานให้มีประสิทธิภาพให้ดียิ่งขึ้น

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อทำการวิจัยต่อไป

1. ด้านเนื้อหา เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ อาจมีการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน โดยเพิ่มเติมในเรื่องของเนื้อหาให้มากขึ้น เช่น เพิ่มในเรื่องของการตรวจสอบปลอมปนของวัตถุดิบอาหารสัตว์
2. ควรส่งเสริมให้มีการวิจัยและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ให้ครบทุกเรื่อง
3. ควรทำการวิจัยเกี่ยวกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ในเนื้อหาวิชาอื่นๆ ในระดับปริญญาตรี เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพ
4. ในขั้นตอนการออกแบบบทเรียน อาจพัฒนาเทคนิคการถ่ายภาพและการนำเสนอ น่าสนใจมากขึ้น เช่น จากภาพที่ปกติ ค่อยๆขยายขึ้นจนเห็นความชัดเจนมากที่สุด โดยใช้กำลังขยายต่างๆ กัน

บรรณานุกรม

- ชนินฐา ชานนท์. 2532. “เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์กับการเรียนการสอน.” เทคโนโลยีทางการศึกษา. 1(1) : 8.
- ชัยขงศ์ พรหมวงศ์ และคณะ. 2521. การออกแบบโปรแกรม. กรุงเทพฯ : ยูไนเต็ค โปรดักชั่น.
- ณัฐวรรณ ชันอินทร์งาม. 2545. “การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พืชสมุนไพรบางชนิด ที่มีสรรพคุณทางยา.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์เกษตร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ถนอมพร เลาหจรัสแสง. 2541. คอมพิวเตอร์ช่วยสอน. กรุงเทพฯ : วงกลม โปรดักชั่น.
- ถนอมพร เลาหจรัสแสง. 2541. คอมพิวเตอร์ช่วยสอน. กรุงเทพฯ : ภาควิชาโสตทัศนศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธนาวุฒิ ประกอบผล. 2547. “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและ โครงสร้างคอมพิวเตอร์ สำหรับ นักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- บุญเกื้อ ควรรหาเวช. 2542. นวัตกรรมทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บุญชู ใจซื่อกุล. 2543. “เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การผลิตสื่อการสอน วิทยาศาสตร์สุขภาพ.” ฉะเชิงเทรา : สำนักงานสามัญศึกษาจังหวัดฉะเชิงเทรา. เอกสารอัดสำเนา.
- บุรณะ สมชัย. 2541. การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์เม็ดทราย.
- ปราณิสา อ้าทอง. 2548. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่าน เครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อทบทวน เรื่อง เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับพืช.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ผจงจิตร ชีวพัฒน์พิบูลย์. 2544. “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง “ไม้ดอกที่สำคัญ บางชนิด” สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์เกษตร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง.
- ผาสุก บุญเพชร. 2547. “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อสอนเสริมวิชาเกษตรสำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น “เรื่อง การปลูกผัก”.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์เกษตร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง.

- เผชิญ มะลิซ้อน. 2545. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาการผลิตพันธุ์ไม้ เรื่องการทาบกิ่งแบบ
เสียบข้างแปลง.” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยี
การศึกษาทางการอาชีวะและเทคนิคศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- พรทิพย์ เทศแจ่ม. 2547. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การวินิจฉัยโรคในอู่น.”
วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทาง
การอาชีวะและเทคนิคศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง.
- พร้อมพรรณ อุดมสิน. 2538. การวัดและการประเมินผลระดับอุดมศึกษา. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์
จุฬาลงกรณ์มหา วิทยาลัย.
- ไพศาล หวังพานิช. 2543. การวัดและการประเมินผลระดับอุดมศึกษา. กรุงเทพฯ : ชวนพิมพ์.
- ภัทรา นิคมานนท์. 2532. การประเมินผลและการสร้างแบบทดสอบ. กรุงเทพฯ : อัยราพิพัฒน์.
- มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาราช. 2537. การวิจัยทางการศึกษา. เอกสารการสอนชุดวิชา
เทคโนโลยีการศึกษา. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาราช.
- ปิ่น ภู่วรรณ. 2531. “การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการเรียนการสอน.” *ไมโครคอมพิวเตอร์*.
3(36) : 121.
- วสันต์ อติศัพท์. 2530. “คอมพิวเตอร์ช่วยสอน.” *วารสารศึกษาศาสตร์*. 1(18) : 17.
- ศักดิ์สิทธิ์ วงศ์ตรง. 2544. *เรียนลัด Macromedia Authorware ครอบคลุมเวอร์ชัน 5.2*.
กรุงเทพฯ : เอช เอ็น กรุป.
- สิริพร ทิพย์คง. 2537. *แนวโน้มการสอนคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุกัญญา จิตตพรพงษ์. 2539. การตรวจสอบคุณภาพวัดคุณิอาหารสัตว์. นครปฐม :
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.
- สุดา คำรงโกภรณ์. 2543. “ผลของการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและการสอนตามคู่มือ
ครู ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
เรื่องกลไกมนุษย์ หน่วยย่อย การหมุนเวียนเลือดและก๊าซ.” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์
อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สุธีร์ กิจฉวี และ อรุณฯ อุทานนท์. 2541. *คู่มือการใช้ Authorware 4 ด้วยตนเอง*. กรุงเทพฯ :
ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- สุนิต ฤทธิ์ประเสริฐ. 2540. “การพัฒนาวัสดุมีเดียเพื่อช่วยสอนวิชาฟิสิกส์เรื่อง ฟิสิกส์นิวเคลียร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.” วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา,
มหาวิทยาลัยนเรศวร.

- สุเมธ แซ่เอี้ยว. 2547. “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาการวิเคราะห์ ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ เรื่องการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง สำหรับนักศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- อารีย์ มีมุงกิจ. 2541. “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนซ่อมเสริมวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เศษส่วน สำหรับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.” วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิจัยและ ประเมินผลการศึกษา) บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Cooperative Extension Service, Iowa State University of Science and Technology. 1993.
- How a Corn Plant Develops.** [Online]. Availble
http://maize.agron.iastate.edu/corn_grows.html.
- Pawanama. 2001. **ผลกระทบของเทคโนโลยี.** [Online]. Availble
<http://members.mweb.co.th/pawanama/social.htm>.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

เนื้อหาวิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพ
วัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์

บทเรียนที่ 1

การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งแร่ธาตุ

1. ไดแคลเซียมฟอสเฟต (Dicalciumphosphate)

ไดแคลเซียมฟอสเฟตมี 2 ชนิด คือ ไดแคลเซียมฟอสเฟตที่ทำจากกระดูกสัตว์และทำจากหินฟอสเฟต

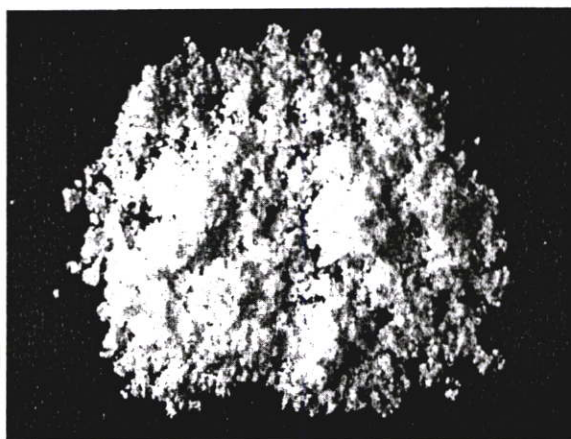
1.1 ลักษณะที่มองเห็นด้วยตาเปล่า

1. สี ไดแคลเซียมฟอสเฟตชนิดที่ผลิตจากกระดูกสัตว์ มีสีขาวขุ่น ส่วนชนิดที่ผลิตจากหินฟอสเฟตมีตั้งแต่สีขาวขุ่น สีขาวออกน้ำตาลอ่อน สีน้ำตาลออกสีปูนแห้ง

2. กลิ่น ไดแคลเซียมฟอสเฟตที่ผลิตจากหินฟอสเฟตจะไม่มีกลิ่น ส่วนไดแคลเซียมฟอสเฟตที่ทำจากกระดูกสัตว์ก็จะมีกลิ่นเหมือนกระดูกป่น

3. ใช้นิ้วมือสัมผัสผิวดูเนื้อวัตถุดิบ เมื่อใช้นิ้วบีบจะรู้สึกสากมือ

4. เปรียบเทียบน้ำหนักไดแคลเซียมฟอสเฟตที่มีฟอสฟอรัสในระดับสูงจะมีน้ำหนักค่อนข้างเบา แต่เมื่อระดับฟอสฟอรัสลดลง น้ำหนักค่อยๆ เพิ่มขึ้น



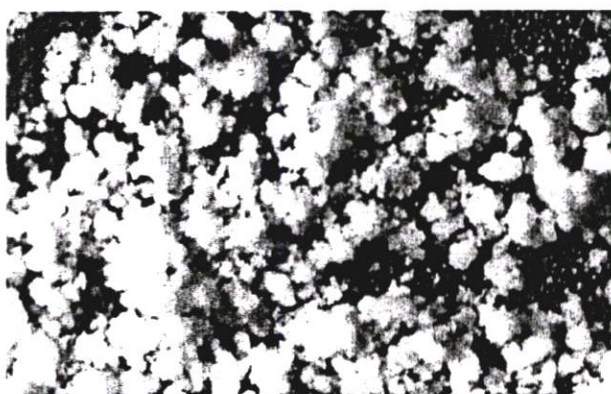
รูปที่ ก.1 ไดแคลเซียมฟอสเฟตจากกระดูกสัตว์เมื่อมองด้วยตาเปล่า



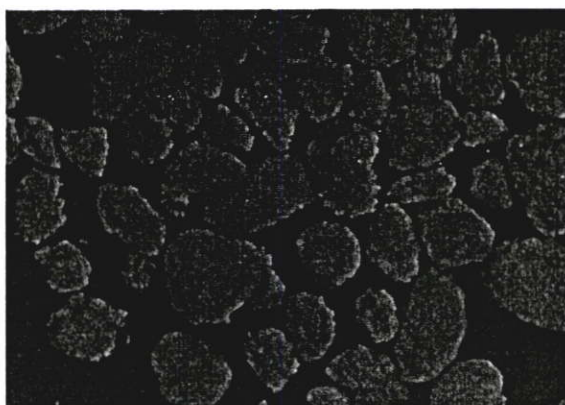
รูปที่ ก.2 ไคแคลเซียมฟอสเฟตจากหินฟอสเฟตเมื่อมองด้วยตาเปล่า

1.2 ไคแคลเซียมฟอสเฟตภายใต้กล้องจุลทรรศน์

1. ไคแคลเซียมฟอสเฟตที่ทำจากกระดูกสัตว์ จะมีสีขาวขุ่นทึบแสง มีลักษณะเป็นก้อนขนาดเล็ก ผิวขรุขระ เกาะตัวกันอย่างหลวมๆ ขนาดของเม็ดค่อนข้างสม่ำเสมอ

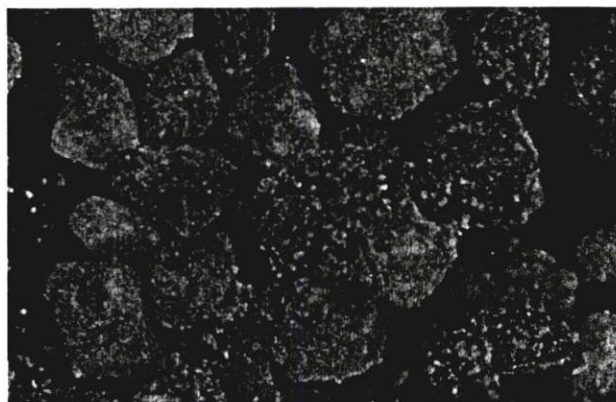


รูปที่ ก.3 ไคแคลเซียมฟอสเฟตจากกระดูกสัตว์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์



รูปที่ ก.4 ไคแคลเซียมฟอสเฟตจากกระดูกสัตว์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์(ใช้แสงสีเหลือง)

2. ไคแคลเซียมฟอสเฟตที่ทำจากหินฟอสเฟต มีสีขาวนวล ทึบแสง เมื่อส่องดูจะเห็นว่า เป็นเม็ดผิวขรุขระมักมีผงละเอียดสีดำกระจายอยู่ทั่วไป ถ้าเป็นชนิดที่มีฟอสฟอรัสต่ำๆ มักมีสีเนื้อเข้มจนออกน้ำตาลอ่อน-เทา เม็ดขนาดไม่แน่นอน ผิวขรุขระ



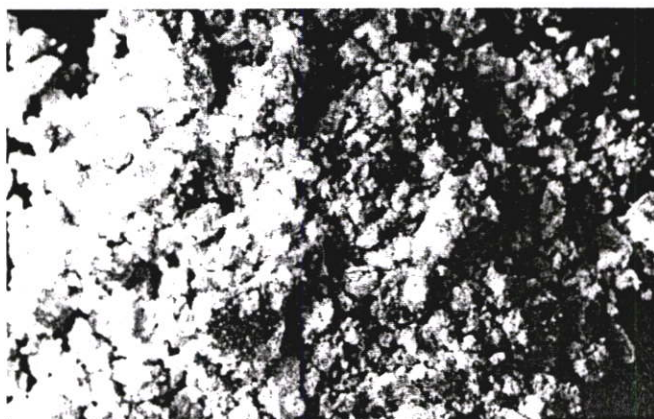
รูปที่ ก.5 ไคแคลเซียมฟอสเฟตจากหินฟอสเฟตภายใต้กล้องจุลทรรศน์

2. หินปูน-หินปูน (Limestone)

หินปูนหรือหินปูนเป็นสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) เป็นวัตถุดิบที่เป็นแหล่งแคลเซียมโดยให้ธาตุ 33-38 %

2.1 ลักษณะหินปูนที่มองเห็นด้วยตาเปล่า

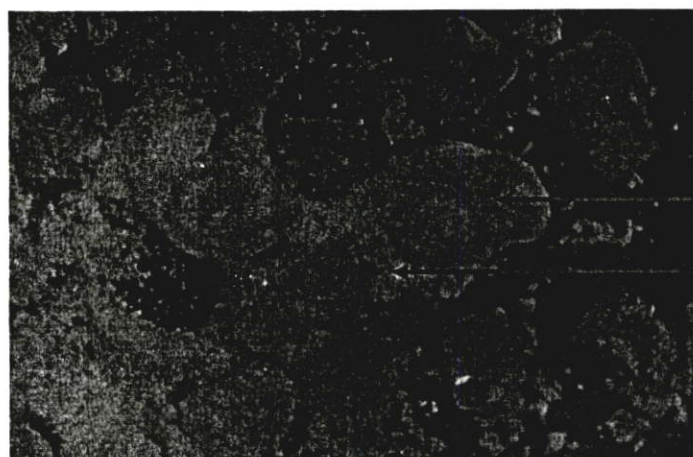
1. สี สีขาวจนถึงสีเทา
2. กลิ่น หินปูนไม่มีกลิ่น
3. ใช้นิ้วมือสัมผัส หินปูนจะลื่นมือ
4. รูปร่าง ลักษณะเป็นฝุ่น



รูปที่ ก.6 หินปูนเมื่อมองด้วยตาเปล่า

2.2 ลักษณะหินฝุ่นภายใต้กล้องจุลทรรศน์

มีลักษณะเป็นก้อนสีขาวขุ่น มีรูปร่างเป็นเหลี่ยมไม่แน่นอน และมีลักษณะเป็นผงละเอียดอยู่ทั่วไป



ลักษณะก้อนขาวขุ่น

ลักษณะผงละเอียด

รูปที่ ก.7 หินฝุ่นเมื่อมองภายใต้กล้องจุลทรรศน์

3. เกลือแกง

เป็นสารประกอบพวกโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เป็นแหล่งของธาตุโซเดียมและธาตุคลอรีน จะมีโซเดียมประมาณ 33 % และธาตุคลอรีนประมาณ 65 % เกลือแกงที่ใช้ผสมในอาหารสัตว์จะอยู่ในรูปของเกลือบ่น

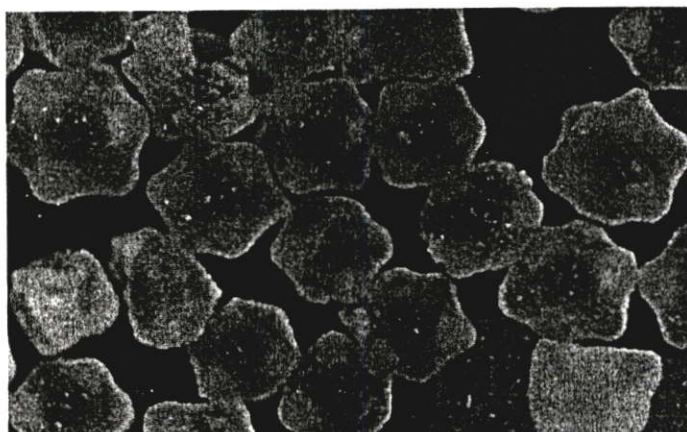


รูปที่ ก.8 เกลือแกงเมื่อมองด้วยตาเปล่า

3.1 ลักษณะเกลือบ่นภายใต้กล้องจุลทรรศน์

1. หากดูจากกำลังขยาย 8 เท่า จะเห็นเกาะกันเป็นกลุ่มมีสีขาวขุ่น ต้องทำให้แตกออก และดูจากกำลังขยาย 15-20 เท่า จึงจะเห็นเป็นผลึกใสสะท้อนแสงได้อย่างชัดเจน

2. มีรูปร่างไม่แน่นอน อาจเป็นรูปเหลี่ยมหรือมีขอบขรุขระ



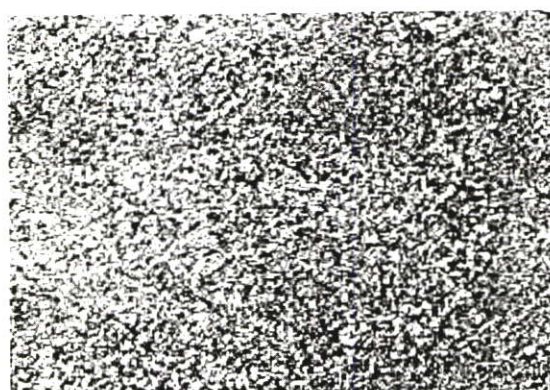
รูปที่ ก.9 เกลีสแกงภายใต้กล้องจุลทรรศน์

4. กระจุกป็น

กระจุกป็นทำจากกระจุกสัตว์ซึ่งเป็นผลผลิตพลอยได้จากโรงฆ่าสัตว์ กระจุกสัตว์นำมาต้มหรือนึ่งฆ่าเชื้อโรคเสียก่อน ในขณะที่เดียวกันความร้อนจากการนึ่งทำให้ไขมันส่วนใหญ่ในกระจุกละลายออกมา จากนั้นจึงอบหรือผึ่งกระจุกให้แห้ง

4.1 ลักษณะที่มองเห็นด้วยตาเปล่า

1. สี กระจุกป็นทั่วไปมีสีขาวขุ่น บางก้อนอาจมีสีขาวอมเหลืองหรือน้ำตาลอ่อน
2. กลิ่น กระจุกป็น มีกลิ่นเหม็นเหมือนกระจุกสัตว์ที่แห้ง
3. รูปร่าง ลักษณะเป็นผงหยาบสีเทาอ่อน

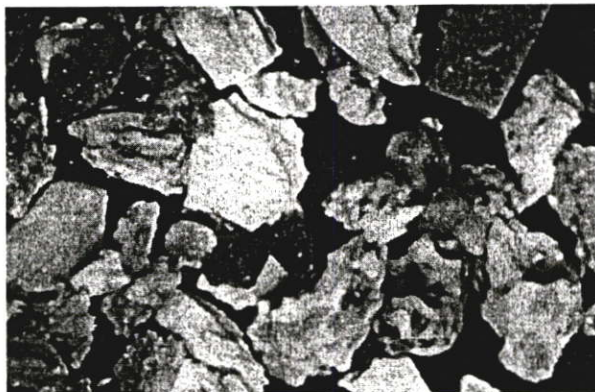


รูปที่ ก.10 กระจุกป็นเมื่อมองด้วยตาเปล่า

ที่มา : สุกัญญา จัตตุพรพงษ์. 2539 : 190.

4.2 กระจุกป่นภายใต้กล้องจุลทรรศน์

ส่วนที่ละเอียดเป็นผงสีขาว แต่ชิ้นส่วนที่ใหญ่จะเห็นก้อนสีขาวถึงสีเทา ผิวจะมีทั้งเรียบและขรุขระคล้ายชอล์ค แต่แข็งไม่สามารถบิบให้แตกด้วยคีมได้



รูปที่ ก.11 กระจุกป่นภายใต้กล้องจุลทรรศน์

5. เปลือกหอยป่น

เปลือกหอยใช้เป็นแหล่งแร่ธาตุแคลเซียมในอาหารสัตว์

5.1 ลักษณะของเปลือกหอยเมื่อดูด้วยตาเปล่า

เปลือกหอยมีสีขาวนวล เป็นแผ่นหรือเกล็ดเล็กๆ กลิ่นไม่เหม็น



รูปที่ ก.12 เปลือกหอยป่นเมื่อมองด้วยตาเปล่า

ที่มา : สุภัญญา จัตตุพรพงษ์. 2539 : 189.

5.2 ลักษณะของเปลือกหอยป่นภายใต้กล้องจุลทรรศน์

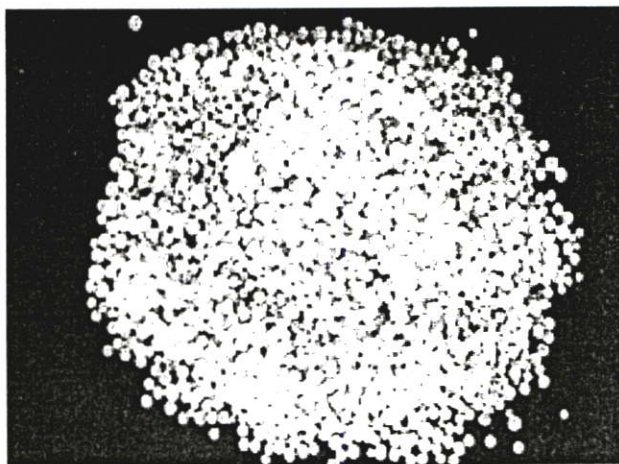
1. มีสีขาวนวล อาจมีเทาหรือสีดำปนอยู่บ้างเล็กน้อย ขึ้นอยู่กับชนิดของหอยที่ใช้ทำเปลือกหอยป่น หากมีสีขาว แสงผ่านได้เล็กน้อย แต่ถ้าเป็นสีอื่นจะทึบแสง
2. เป็นแผ่นบางหรือหนา ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของหอยที่ใช้ทำเปลือกหอยป่น
3. ส่วนใหญ่มีขอบงอโค้ง เนื่องจากการแตกหัก
4. บนเปลือกหอยจะมีร่องหรือเส้น หรือมีขอบด้านหนึ่งหยักคล้ายฟันปลา หรือที่ขอบมีช่อง



รูปที่ ก.13 เปลือกหอยป่นภายใต้กล้องจุลทรรศน์

6. ยูเรีย

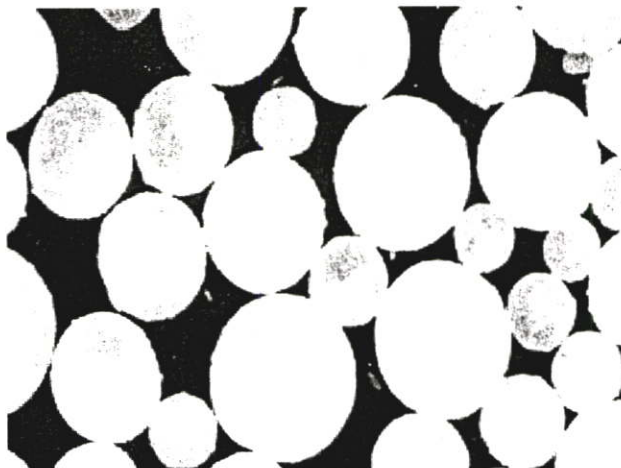
ยูเรียเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดที่นิยมนำมาผสมอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง เพื่อเป็นแหล่งไนโตรเจนในการนำไปสร้างเป็นโปรตีนสำหรับร่างกายต่อไป แต่ในอาหารสำหรับสัตว์กระเพาะเคี้ยวไม่นิยมนำวัตถุดิบตัวนี้มาใช้ผสมอาหารเพราะไม่มีประโยชน์



รูปที่ ก.14 ยูเรียเมื่อมองด้วยตาเปล่า

6.1 ลักษณะของยูเรียเมื่อมองภายใต้กล้องจุลทรรศน์

เป็นผลึกกลมสีขาวเป็นมันจะคล้ายตาปลาแต่แตกต่างกันที่ตาปลาอาจจะมีสีดำหรือลายแต่ยูเรียจะเป็นสีขาวบริสุทธิ์ซึ่งคล้ายปลาป่นมาก รูปร่างแน่นอน



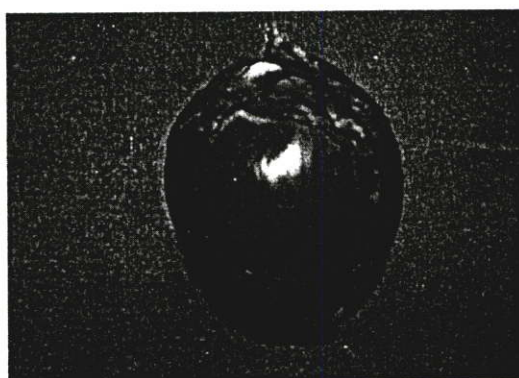
รูปที่ ก.15 ยูเรียภายใต้กล้องจุลทรรศน์

บทเรียนที่ 2

การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งโปรตีน

1. กากปาล์มน้ำมัน

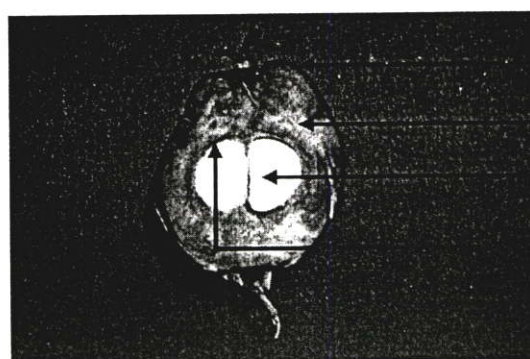
ผลปาล์มน้ำมันมีลักษณะรูปร่างกลมรีที่ขั้วเมล็ดมีสีน้ำตาลส่วนปลายอีกด้านหนึ่งเป็นสีเข้ม เปลือกหนา ผิวเป็นมันและมีส่วนประกอบดังนี้



รูปที่ ก.16 ผลปาล์มน้ำมัน

1.1 ส่วนประกอบของผลปาล์มน้ำมัน

1. เปลือกชั้นนอก (Exocarp) มีลักษณะบางและมีสีตามพันธุ์ เมื่อแก่จะมีสีเข้มกว่าเปลือก ชั้นอื่นๆ
2. เปลือกชั้นกลาง (Mesocarp) มีความหนามากขึ้น จะมีน้ำมันอยู่ในชั้นนี้มาก
3. กะลา (Endocarp) เป็นเปลือกชั้นในสุดมีลักษณะแข็งและหนามีลักษณะเหมือนกะลามาพร้าว
4. เนื้อในปาล์ม (Endosperm) หมายถึงปาล์มที่อยู่ในกะลาถูกหุ้มด้วยเปลือก
5. หุ้มเมล็ด (Testa) ซึ่งจะติดแน่นอยู่ที่ผิวของเนื้อแต่อยู่ในใต้กะลา เนื้อในปาล์มจะเป็นส่วนที่มีน้ำมันอยู่เช่นกัน



Exocarp
Mesocarp
Endocarp
Endosperm

รูปที่ ก.17 ส่วนประกอบของผลปาล์มน้ำมันตามแนวตัดขวาง

1.2 ส่วนประกอบของกากปาล์มภายใต้กล้องจุลทรรศน์

กากปาล์มทั้งหมด

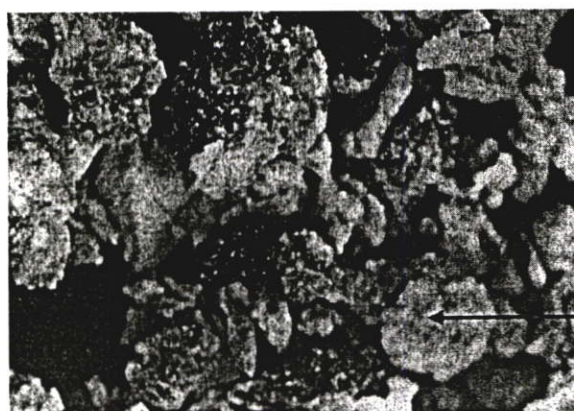
1. เส้นใย เป็นเส้นกลมค่อนข้างใหญ่ หนาและยาวกว่าปลาป่นแต่ขนาดของเส้นอาจเล็กใหญ่ สั้นยาวแตกต่างกันไปบ้าง
2. กะลา มีสีดำ เป็นแผ่นหรือก้อนขนาดต่างๆกันหนาและแข็งมากใช้คีมบีบไม่แตกออก
3. เชื้อหุ้มเนื้อในเมล็ด เป็นแผ่นบางมาก ติดอยู่กับส่วนของเนื้อในจึงเห็นสีดำกระจายอยู่ทั่วไป
4. เนื้อในเมล็ด เป็นก้อนผิวขรุขระ ขนาดเล็กบ้างใหญ่บ้าง สีเหลืองอ่อน หรือ สีขาว ชุ่มไปด้วยน้ำมัน แต่เนื้อในเมล็ดนี้จะมีค่อนข้างน้อยมากเมื่อเทียบกับส่วนอื่นๆ



รูปที่ ก.18 กากปาล์มทั้งหมดภายใต้กล้องจุลทรรศน์

กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม

กากเนื้อในปาล์มชนิดสกัดน้ำมัน มีเฉพาะส่วนของเนื้อในเมล็ด ไม่มีเส้นใยและกะลาปาล์มปนมาเลย โดยส่วนเนื้อนี้มีสีครีม ลักษณะแห้งและฟามมาก ใช้คีมบีบจะรู้สึกนิ่มและยุบตัวได้คล้ายฟองน้ำ



รูปที่ ก.19 กากเนื้อในเมล็ดปาล์มภายใต้กล้องจุลทรรศน์

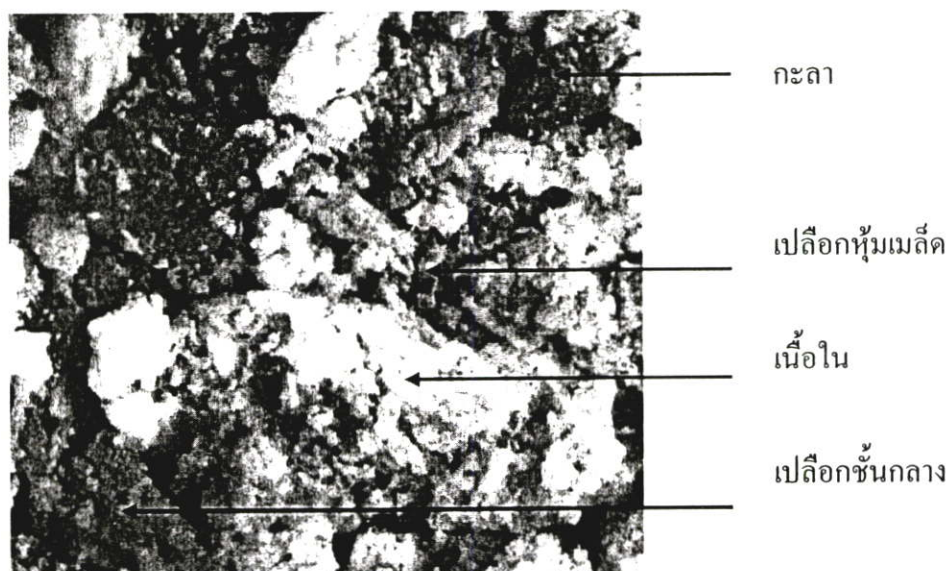
1.3 ลักษณะของกากเนื้อในปาล์มและกากปาล์มทั้งผลภายใต้กล้องจุลทรรศน์

1. เปลือกหุ้มเมล็ด มีสีน้ำตาลแดงติดอยู่กับเนื้อใน มีลักษณะบาง
2. เนื้อใน มีสีขาวขุ่น หรือสีครีม จนกระทั่งสีเหลืองทอง แสงผ่านได้เล็กน้อย

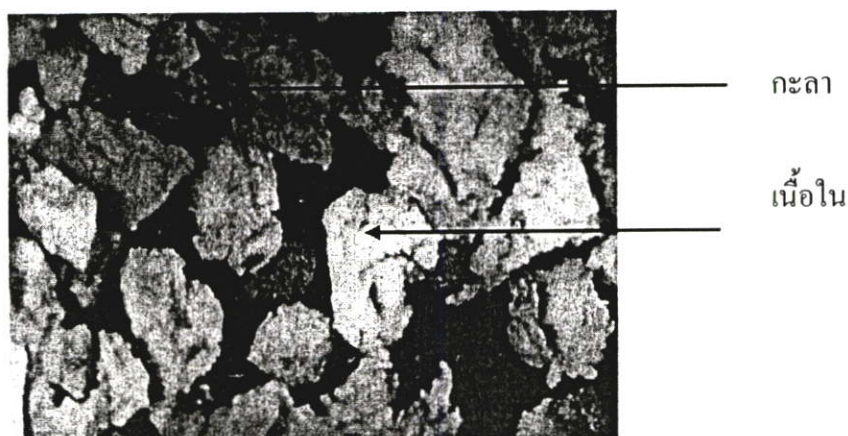
มีความแข็งและเหนียว

3. เปลือกชั้นกลาง หรือกาก มีลักษณะเป็นเยื่อในไม้ มีความเหนียวเหมือนกาวมะพร้าว เป็นเส้นยาวหนา สีเหลืองทอง แสงผ่านได้ มีลายเส้นตามยาวบางๆ ถ้าเป็นกากปาล์มทั้งผล จะพบกากนี้มากและอาจฝังอยู่ในเนื้อปาล์ม ถ้าเป็นกากเนื้อในเมล็ดปาล์มอาจพบกากได้บ้างแต่น้อยมาก

4. กะลา พบในกากปาล์มทั้งผล ส่วนในกากเนื้อในปาล์มมีบ้างเล็กน้อย มีลักษณะเป็นก้อนแข็งสีดำๆ และดำสนิททั่วทั้งก้อน ที่ผิวกะลาจะมีลายเป็นร่องเล็กๆ



รูปที่ ก.20 กากปาล์มภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 1



รูปที่ ก.21 กากปาล์มภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 2

2. ถั่วลิสง

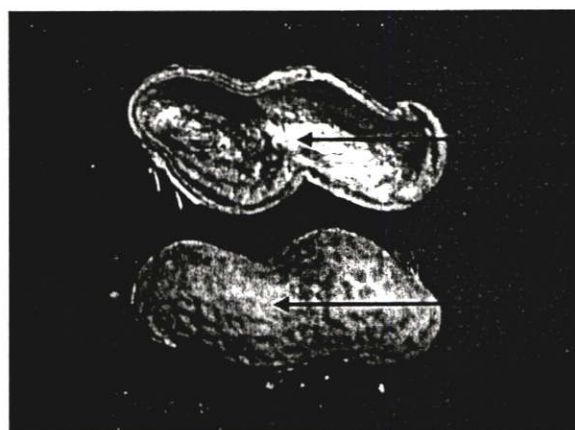
ถั่วลิสง เป็นพืชอาหารสัตว์ที่สำคัญเมล็ด นอกจากใช้สกัดน้ำมันบริโภคแล้ว ยังใช้รับประทานเป็นอาหารประจำวันได้หลายอย่าง ผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมันก็ใช้เป็นอาหารสัตว์ได้



รูปที่ ก.22 เมล็ดถั่วลิสง

2.1 ลักษณะและส่วนประกอบของเมล็ดถั่วลิสง

2.1.1 เปลือก (Pericap หรือ hull) เปลือกถั่วลิสงปกคลุมหุ้มเมล็ดอ่อนคล้ายสีของฟางข้าวเปลือกแข็งแต่เปราะสามารถบิบให้แตกได้โดยง่าย เปลือกถั่วลิสงด้านนอกจะเห็นลักษณะที่เป็นร่องลึกและมีสัน ส่วนเปลือกด้านในมีเชื้อขาวบางๆ เป็นเงาสระท่อนแสงอยู่ลักษณะของเชื้อไม่เรียบ



เปลือกด้านใน

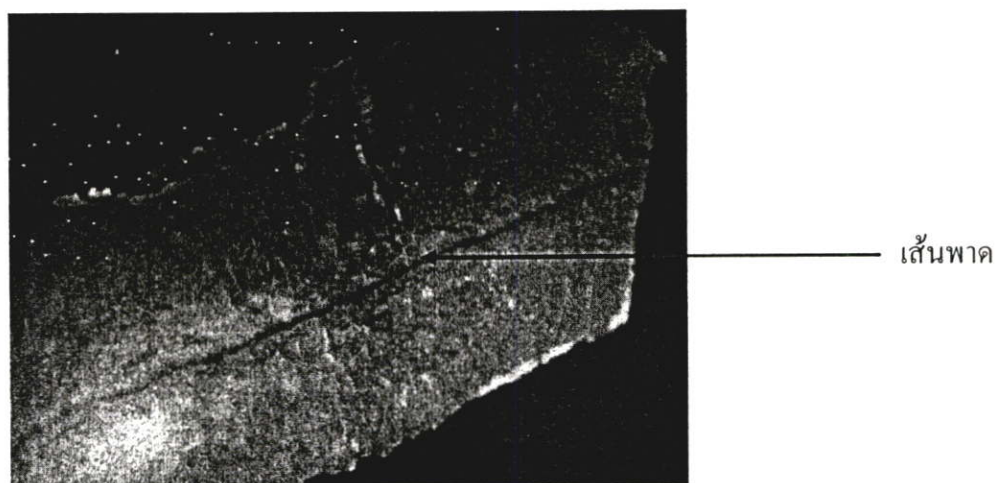
เปลือกด้านนอก

รูปที่ ก.23 เปลือกถั่วลิสง

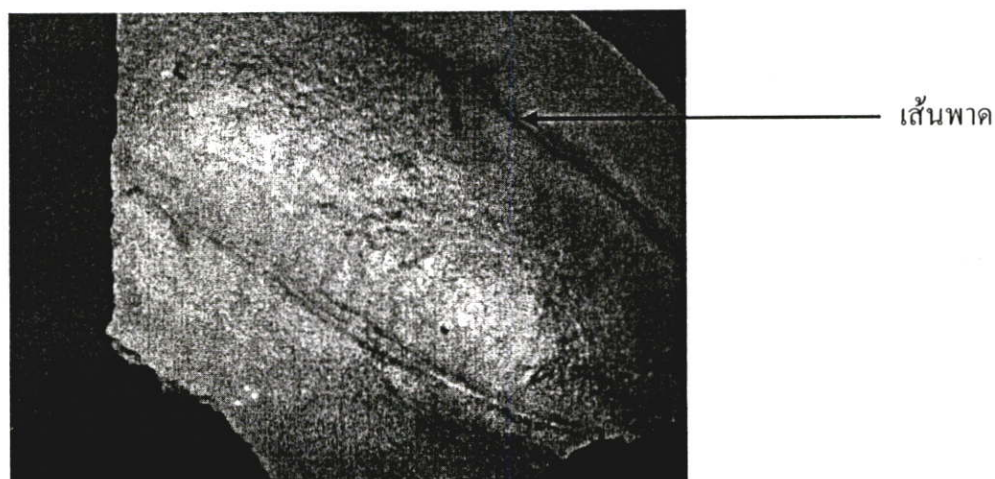
2.1.2 เมล็ดถั่วลิสง เมล็ดถั่วลิสงมีขนาดใหญ่กว่าเมล็ดถั่วเหลือง เมล็ดถั่วลิสงมีส่วนประกอบใหญ่ๆ อยู่ 2 ชนิด

1. เชื้อหุ้มเมล็ดถั่วลิสง (Seed coat หรือ testa) เป็นเชื้อหุ้มบางๆ ที่หุ้มเมล็ดด้านในไว้มีสีตั้งแต่ชมพูอ่อน สีแดง ถึงสีแดงปนม่วง เมื่อมองดูโดยใช้กล้องจุลทรรศน์เชื้อหุ้มเมล็ด

ด้านนอกจะมีเส้นขนยาวพาดไปตามความยาวของเมล็ดถั่ว ส่วนเชื้อหุ้ม ด้านในมีสีอ่อนกว่า ด้านนอกสามารถมองเห็นเส้นพาดนี้ได้

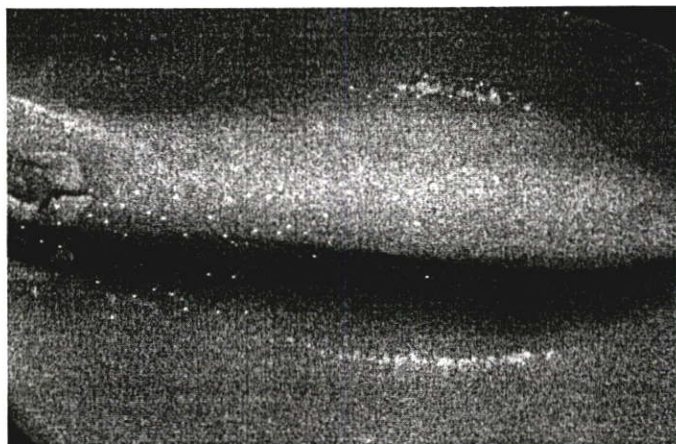


รูปที่ ก.24 เชื้อหุ้มเมล็ดถั่วลิสงด้านนอกภายใต้กล้องจุลทรรศน์



รูปที่ ก.25 เชื้อหุ้มเมล็ดถั่วลิสงด้านในภายใต้กล้องจุลทรรศน์

2. เนื้อของเมล็ดถั่วลิสงมีลักษณะมัน และมีสีครีมอ่อนไปจนถึงสีน้ำตาล



รูปที่ ก.26 เนื้อเมล็ดถั่วลิสงภายใต้กล้องจุลทรรศน์

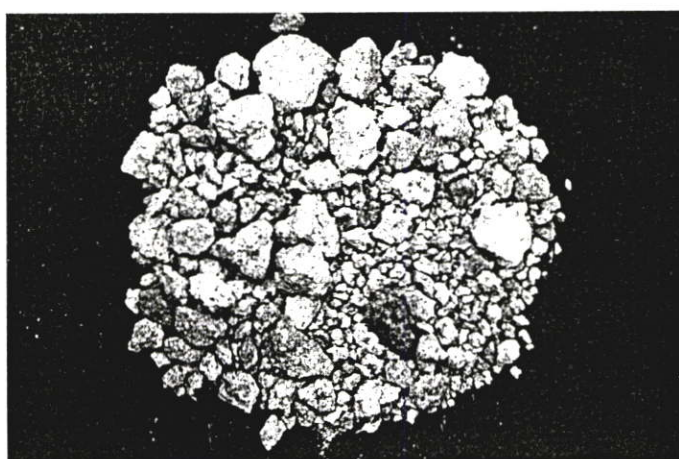
2.2 กากถั่วลิสง

กากถั่วลิสง เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากขบวนการอัดน้ำมันหรือสกัดน้ำมันจากเมล็ดถั่วลิสง ใช้เป็นแหล่งอาหาร โปรตีนสำหรับสัตว์

2.2.1 ลักษณะที่มองเห็นด้วยตาเปล่า

1. สี กากถั่วลิสงมีสีน้ำตาลอ่อนจนถึงสีน้ำตาลเกือบเข้มเป็นมันขึ้นอยู่กับ
ขบวนการผลิต

2. กลิ่น กากถั่วลิสงที่ดี ควรมีกลิ่นหอม ไม่ควรมีกลิ่นอับชื้นของเชื้อรา



รูปที่ ก.27 กากถั่วลิสงเมื่อมองด้วยตาเปล่า

2.2.2 ลักษณะของกากถั่วลิสงเมื่อมองด้วยกล้องจุลทรรศน์

เนื้อของกากถั่วลิสงส่วนใหญ่มีสีน้ำตาลอ่อนจนถึงน้ำตาลเข้ม จะเห็นจุดสีแดงซีดๆ ฝังตัวกระจัดกระจายอยู่ที่ส่วนของผิวของเนื้อถั่ว จุดสีแดงซีดๆ เกิดจากเชื้อหุ้มเมล็ดถั่วที่ถูกอัดเข้าไปติดกับเนื้อถั่ว นอกจากนี้ยังพบลักษณะของเปลือกที่เป็นร่องอยู่ที่เนื้อชุยเกิดจากมีการอัดเปลือกกับเมล็ดไปพร้อมๆ กันในขบวนการอัดน้ำมันทำให้ส่วนเปลือกติดอยู่กับเนื้อได้



รูปที่ ก.28 กากถั่วลิสงภายใต้กล้องจุลทรรศน์

2.3 กากถั่วลิสงอัดน้ำมัน

เนื้อในเมล็ดถั่วลิสง และเยื่อต่างๆที่หุ้มเนื้อในเมล็ดอยู่จะอัดตัวรวมกันแน่นจนแยกไม่ออกมองเห็นเป็นก้อนผิวขรุขระลักษณะชุ่มไปด้วยน้ำมัน



รูปที่ ก.29 กากถั่วลิสงอัดน้ำมัน

2.4 กากถั่วลิสงสกัดน้ำมัน

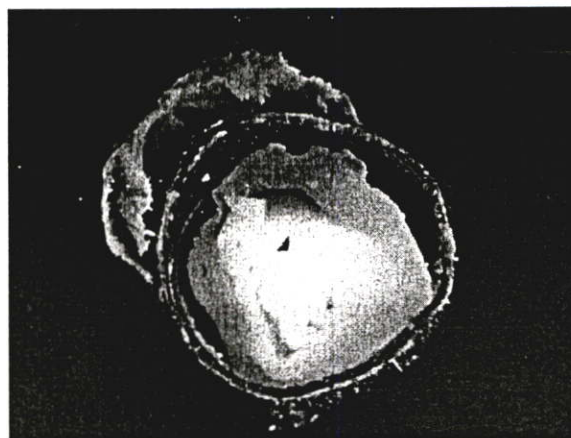
หากนำมาอ่อนเพื่อแยกส่วน จะพบว่าส่วนหยาบมีลักษณะเนื้อกากถั่วลิสงที่เป็นก้อนขนาดใหญ่ผิวขรุขระ สีขาวนวล ที่ก้อนเนื้อถั่วจะมีเชื้อหุ้มสีแดงขึ้นเล็กๆ ติดอยู่เสมอ อาจพบส่วนเปลือกของถั่วลิสง สีเนื้อ น้ำตาลอ่อน ผิวนอกมีลายเป็นร่างแห แต่ด้านในเปลือกจะมีชั้นฟองน้ำบางๆ สีขาวอยู่



รูปที่ ก.30 กากถั่วลิสงสกัดน้ำมันภายใต้กล้องจุลทรรศน์

3. นุ่น

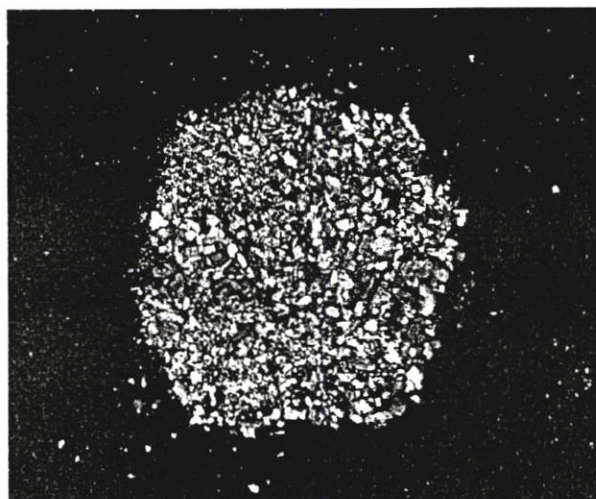
เมล็ดนุ่น มีรูปร่างเป็นเมล็ดกลมขนาดเล็กมีสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำ ปลายเมล็ดจะแหลมเล็กน้อย ผิวนอกขรุขระเล็กน้อย เมื่อผ่าเมล็ดออกดูภายใน จะเห็นเป็นชั้นๆ ชัดเจน เนื้อในจะมีสีขาวจนถึงสีครีม ขั้วเมล็ดจะเล็กยากแก่การสังเกตจะซ่อนอยู่ใต้เปลือก



รูปที่ ก.31 เมล็ดนุ่น

3.1 กากเมล็ดนุ่นเมื่อมองเห็นด้วยตาเปล่า

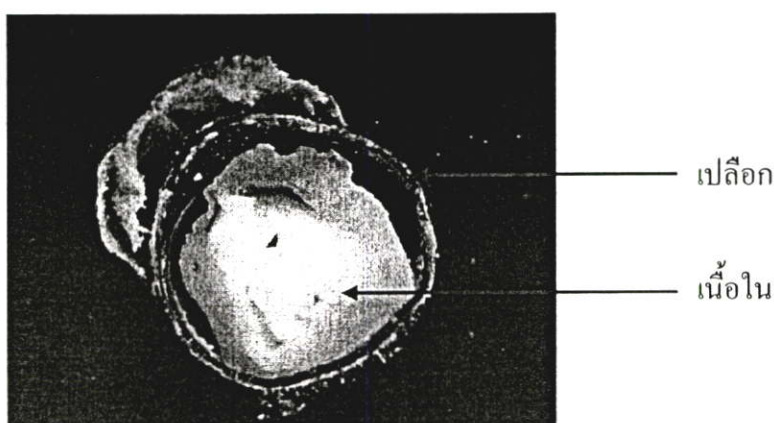
1. สี กากเมล็ดนุ่นมีสีน้ำตาลจนกระทั่งสีดำ มีจุดสีขาวเล็กๆ อยู่ประปราย
2. รูปร่าง ลักษณะเป็นผงละเอียดค่อนข้างสม่ำเสมอ และแห้งร่วนซุย ถ้าเก็บจะมีกลิ่นอับหรือกลิ่นหืน



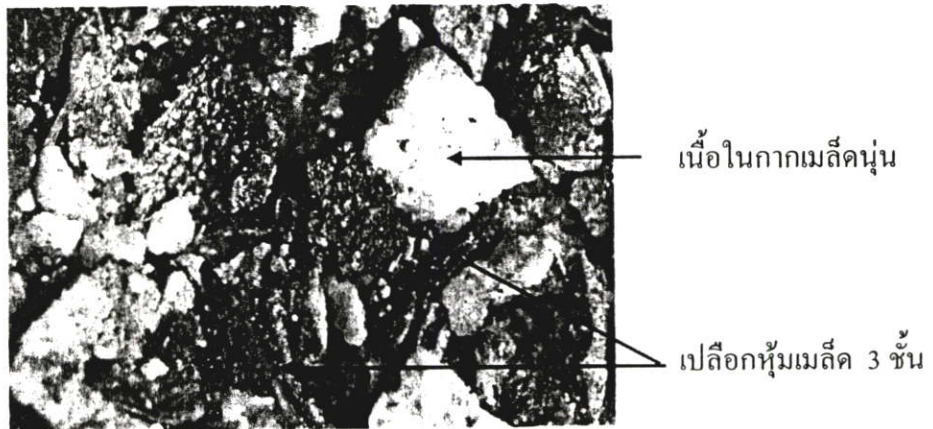
รูปที่ ก.32 กากเมล็ดนุ่นเมื่อมองเห็นด้วยตาเปล่า

3.2 ส่วนประกอบกากเมล็ดนุ่น(ภายใต้กล้องจุลทรรศน์)

1. เปลือกหุ้มเมล็ด (Hull หรือ Seedcoat) ลักษณะผิวไม่สม่ำเสมอผิวด้านนอกมีสีน้ำตาลอ่อนน้ำตาลเข้ม จนกระทั่งถึงสีดำ ผิวขรุขระคล้ายมะกรูด ลักษณะเด่นที่ใช้ในการจำแนกชนิด คือ ชั้นของเปลือกเห็นเป็น 3 ชั้น ได้ชัดเจน ชั้นนอกสุดสีน้ำตาล ชั้นกลางมีสีเข้มกว่าเป็นสีน้ำตาลจนถึงดำ ชั้นในสุดสีค่อนข้างจางเป็นสีน้ำตาลอ่อนจนถึงสีทองแดง
2. เนื้อใน (Coryledon หรือ Kernel) มีสีขาวจนถึงครีมเป็นมัน ค่อนข้างนุ่ม เนื้อในมีปริมาณน้อยกว่าเปลือก



รูปที่ ก.33 ส่วนประกอบของเมล็ดนุ่นภายใต้กล้องจุลทรรศน์



รูปที่ ก.34 ส่วนประกอบของกากเมล็ดนุ่นภายใต้กล้องจุลทรรศน์

3.3 กากเมล็ดนุ่นภายใต้กล้องจุลทรรศน์

ส่วนหยาบเกือบทั้งหมดเป็นเปลือกหุ้มเมล็ด ซึ่งด้านนอกมีสีน้ำตาลเข้มกว่าด้านใน และผิวด้านในของเมล็ดนุ่นมีลักษณะคล้ายผิวหนังซึ่งถูกความร้อนแล้วพองขึ้นบางส่วน ส่วนเนื้อในเมล็ดสีออกขาวขุ่นเป็นก้อนผิวขรุขระ ไม่มีจุดสารพิษเหมือนอย่าง quep ในกากเมล็ดฝ้าย



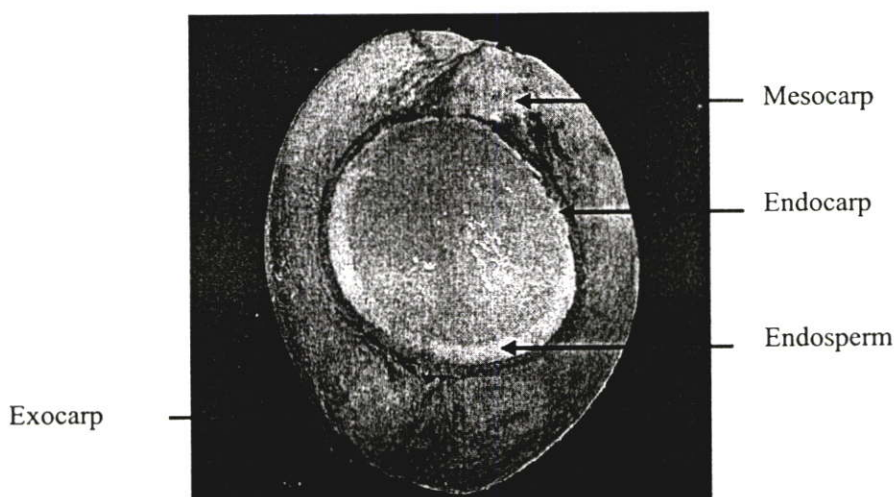
รูปที่ ก.35 กากเมล็ดนุ่นภายใต้กล้องจุลทรรศน์

4. กากมะพร้าว

4.1 มะพร้าว

มะพร้าวเป็นพืชที่สำคัญที่สุดในตระกูลปาล์ม เพราะทุกส่วนของต้นมะพร้าวมีประโยชน์ ผลมะพร้าวประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

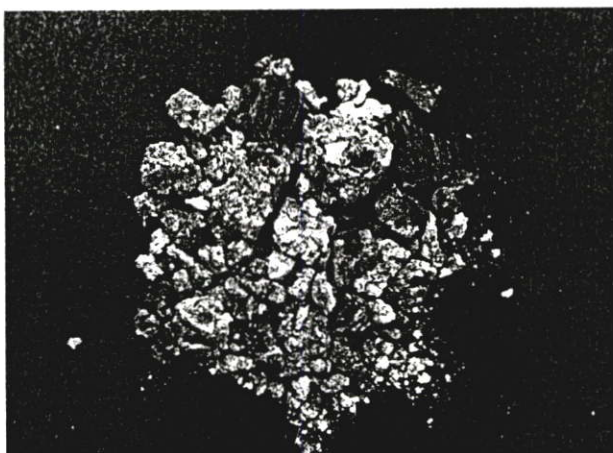
1. เปลือกชั้นนอกสุด (Exocarp) ประกอบด้วยเส้นใยที่เหนียวและแข็งแต่บางกว่าชั้นอื่นๆ
2. เปลือกชั้นกลาง (Mesocarp) เป็นชั้นที่หนาที่สุด เมื่อผลแก่จะเป็นเส้นใยที่เหนียว เรียกว่า กากมะพร้าว
3. เปลือกชั้นใน (Endocarp) อยู่ชั้นในสุด เมื่อผลแก่มีลักษณะแข็งมาก เรียกว่า กะลา (shell)



รูปที่ ก.36 ส่วนประกอบของผลมะพร้าว

4.2 ลักษณะกากมะพร้าวเมื่อมองด้วยตาเปล่า

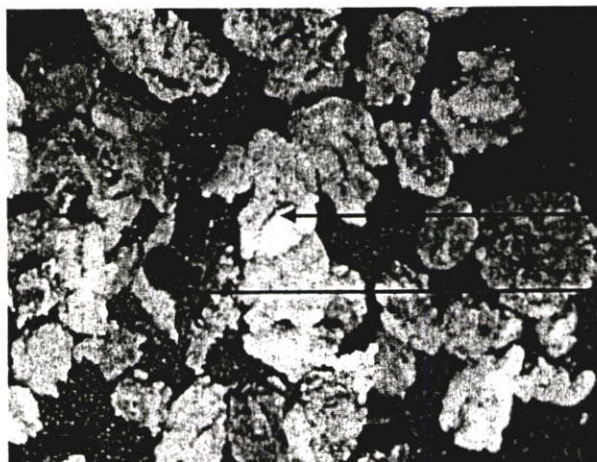
1. กลิ่น มีกลิ่นเฉพาะตัว คือกลิ่นมะพร้าว
2. รูปร่าง ถ้าเป็นแบบสกัดน้ำมันจะมีลักษณะเป็นผงละเอียด แบบอัดน้ำมันจะมีลักษณะเป็นแผ่น
3. สี กากมะพร้าวชนิดอัดน้ำมันมีสีน้ำตาลค่อนข้างเข้ม ส่วนชนิดสกัดน้ำมันจะมีสีน้ำตาลอ่อนกว่า



รูปที่ ก.37 กากมะพร้าวเมื่อมองด้วยตาเปล่า

4.3 ลักษณะของกากมะพร้าวภายใต้กล้องจุลทรรศน์

กากมะพร้าวส่วนมากจะไม่มีเปลือกหรือกาบ มีเฉพาะเนื้อมะพร้าว จึงมีลักษณะเป็นเกล็ดสีขาวยๆ หรือสีครีม รูปร่างไม่แน่นอน อาจเห็นติดอยู่กับเปลือกหุ้มเมล็ดเป็นแผ่นบางๆ สีดำๆ บ้างเล็กน้อย ลักษณะของเนื้อจะนุ่มและยืดหยุ่น หรือมองคล้ายเส้นใยขาวๆ อยู่ข้างในคล้ายขนอ้อย



เนื้อมะพร้าว
เปลือกหุ้มเมล็ด

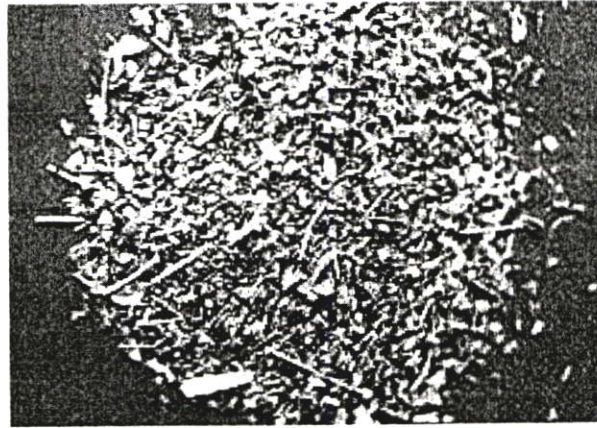
รูปที่ ก.38 กากมะพร้าวภายใต้กล้องจุลทรรศน์

5. ไบโกระถินป่น

ไบโกระถินป่น หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำไบโกระถินไปตากแดดให้แห้งแล้วป่นละเอียดคุณภาพที่ดีควรมีสีเขียวสด มีไบมากกว่ากึ่งก้าน ไบโกระถินมีสารพิษไมโมซิน และแทนนิน ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการเลี้ยงสัตว์

5.1 ลักษณะทางกายภาพโดยทั่วไปของใบกระถินป่น

1. สี ใบกระถินป่นมีสีแตกต่างกันไป ตั้งแต่สีเขียวแก่ สีเหลือง ไปจนกระทั่งเป็นสีน้ำตาล
2. รูปร่าง ถ้าเป็นใบกระถิน จะมีรูปร่างเป็นผองละเอียด ถ้ามีก้านปนจะเป็นท่อนแข็งเล็กๆ
3. กลิ่น ใบกระถินที่ดีและใหม่ จะมีกลิ่นฉุนของใบไม้แห้ง ถ้าเก็บไว้นานกลิ่นจะจางลงไม่ฉุน



รูปที่ ก.39 กระถินป่นเมื่อมองด้วยตาเปล่า

5.2 ลักษณะของใบกระถินป่นภายใต้กล้องจุลทรรศน์

รูปร่างของส่วนที่เป็นใบ จะมีลักษณะเป็นแผ่นสีเขียวบางๆ รูปร่างไม่สม่ำเสมอ อาจเป็นรูปหลายเหลี่ยมมีมุมแหลม ถ้าบีบจะเปราะแตกหักง่ายแต่ถ้าเป็นก้านใบหรือกิ่งใบหรือกิ่งก้าน จะมีลักษณะแข็งคล้ายท่อนไม้



รูปที่ ก.40 กระถินป่นภายใต้กล้องจุลทรรศน์



รูปที่ ก.41 ส่วนของใบกระถินปนภายใต้กล้องจุลทรรศน์



รูปที่ ก.42 ส่วนของก้านกระถินปนภายใต้กล้องจุลทรรศน์

6. กากเมล็ดทานตะวัน

6.1 เมล็ดทานตะวัน

มีรูปร่างเรียวยาวคล้ายลูกแพร์ เปลือกเมล็ดเรียบเป็นมันและมีตั้งแต่สีเทาอ่อนไปจนขาว และมีลาย เปลือกมีลักษณะแข็ง เมื่อกระเทาะเปลือกออกจะเห็นเนื้อในสีขาวถึง สีครีม เนื้อมีลักษณะค่อนข้างเป็นมัน เพราะเป็นเมล็ดพืชน้ำมัน



รูปที่ ก.43 เมล็ดทานตะวันสีเทา-ดำ



รูปที่ ก.44 เมล็ดทานตะวันสีครีมหรือสีเนื้อ

6.2 กากเมล็ดทานตะวัน

กากเมล็ดทานตะวันได้จากการอัดหรือสกัดน้ำมันจากเมล็ดทานตะวัน

6.2.1 ลักษณะกากเมล็ดทานตะวันที่มองเห็นด้วยตาเปล่า

1. สี กากเมล็ดทานตะวันสีเนื้อหรือสีครีมส่วนใหญ่เป็นชนิดสกัดน้ำมัน เปลือกและเนื้อมีสีครีมจับตัวเป็นก้อน ส่วนกากเมล็ดทานตะวัน สีเทา-ดำ ชนิดอัดน้ำมัน สังเกตดูใกล้ๆ จะเห็นเปลือกฝักซึ่งถูกบดละเอียดจนเห็นเป็นเส้นละเอียดสีเนื้อ ซึ่งเป็นสีด้านในของเปลือกฝักกระจายอยู่ทั่วไป

2. กลิ่น กากเมล็ดทานตะวันชนิดอัดน้ำมันจะมีกลิ่นของน้ำมันเช่นเดียวกับกากถั่วลิสง แต่กลิ่นจะไม่แรงเท่า ส่วนชนิดสกัดน้ำมันจะไม่ค่อยมีกลิ่น

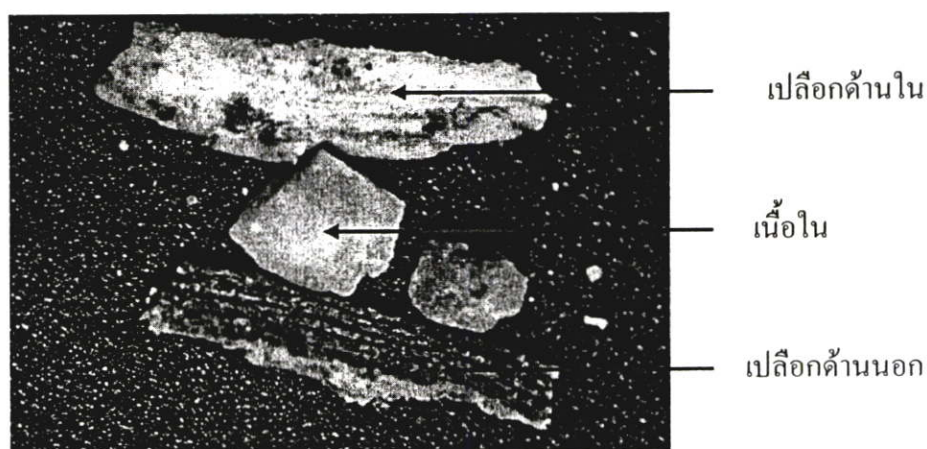
3. รูปร่าง มีลักษณะหยาบ



รูปที่ ก.45 กากเมล็ดทานตะวันเมื่อมองด้วยตาเปล่า

6.2.2 กากเมล็ดทานตะวันภายใต้กล้องจุลทรรศน์

เมื่อส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ จะเห็นเปลือกของเมล็ดทานตะวันที่มีลายซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวส่วนสีของเปลือกมักจะเป็นสีขาว-เทา-ดำ ส่วนเนื้อในของเมล็ดทานตะวัน เมื่อเป็นกากทานตะวันแล้วก็ยังคงเดิมอยู่บ้าง คือ มีลักษณะเป็นก้อนสีขาว-ครีม เหลือง และเป็นมัน และยังคงสภาพน้ำมันหลงเหลืออยู่



รูปที่ ก.46 ส่วนประกอบของกากเมล็ดทานตะวันภายใต้กล้องจุลทรรศน์



รูปที่ ก.47 กากเมล็ดทานตะวันภายใต้กล้องจุลทรรศน์

7. กากเมล็ดฝ้าย

เมล็ดฝ้ายจะอยู่ในผลหรือสมอ เมื่อสมอแตกจะเห็นปุยฝ้ายติดอยู่ที่เมล็ด มี 2 ชนิดคือ ปุยขาวและปุยสั้น เมื่อดึงปุยขาวออกจากเมล็ดหมดแล้ว จะพบปุยสั้นๆอยู่กับเมล็ด ซึ่งเมล็ดนี้อาจนำมากระเทาะเปลือกออกแล้วนำไปสกัดน้ำมัน ส่วนที่เหลือคือกากเมล็ดฝ้าย ซึ่งนำไปเลี้ยงสัตว์ได้

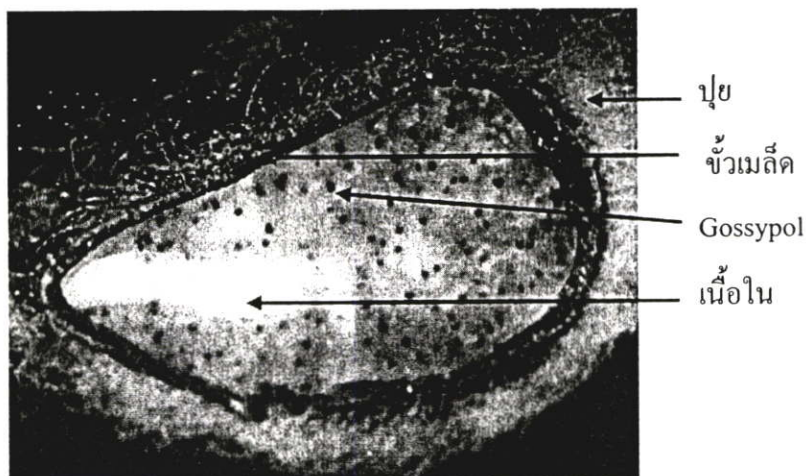


รูปที่ ก.48 เมล็ดฝ้าย

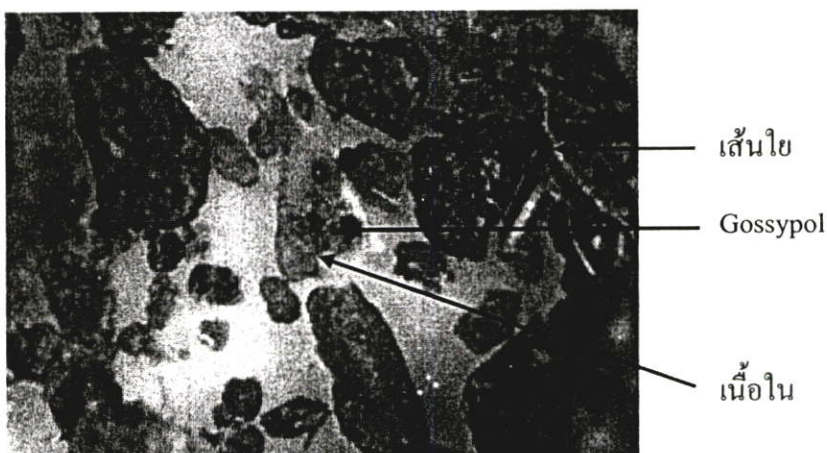
7.1 ส่วนประกอบของเมล็ดฝ้าย

1. เมล็ดฝ้าย มีลักษณะกลมขาว ประกอบด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาล มีลักษณะหนาและแข็งมีปุย ซึ่งเป็นปุยสั้น มีลักษณะเป็นเส้นใยสีขาวของใยฝ้ายที่อัดกันแน่น บิดเป็นเกลียว จะติดแน่นกับเปลือกหุ้มเมล็ด ภายในจะมีเนื้อใน เป็นสีขาว เมื่อผ่าพบจุดสีดำปนแดงเล็กๆ กระจายอยู่ทั่วไป ซึ่งก็คือต่อมสีที่มี Gossypol

2. ขั้วเมล็ด (Hilum) เมื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์จะเห็นมีลักษณะเฉพาะตัวคือ ตรงกลางเป็นจุดสีดำ วงแรกเป็นสีเหลือง วงต่อไปเป็นสีน้ำตาลเข้ม และวงรอบต่อไปจะเป็นสีน้ำตาลตลอดทั้งเปลือก



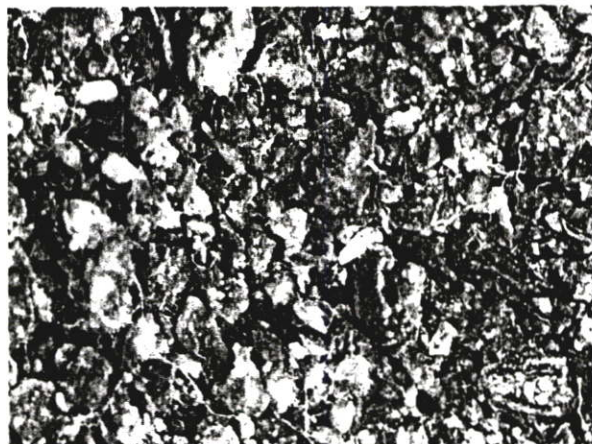
รูปที่ ก.49 เมล็ดฝ้ายผ่าตามแนวตัดขวางภายใต้กล้องจุลทรรศน์



รูปที่ ก.50 ต่อมสี Gossypol ของกากเมล็ดฝ้ายสกัดน้ำมันภายใต้กล้องจุลทรรศน์

7.2 กากเมล็ดฝ้ายเมื่อมองด้วยตาเปล่า

กากเมล็ดฝ้ายเมื่อมองด้วยตาเปล่า มีสีน้ำตาลออกเหลือง หรือสีเหลืองเข้ม จะมีลักษณะเป็นผงละเอียด มีปุ๋ยคล้ายขุขี้มีลักษณะฟู เนื่องจากเส้นใยฝ้ายปะปนอยู่ด้วย

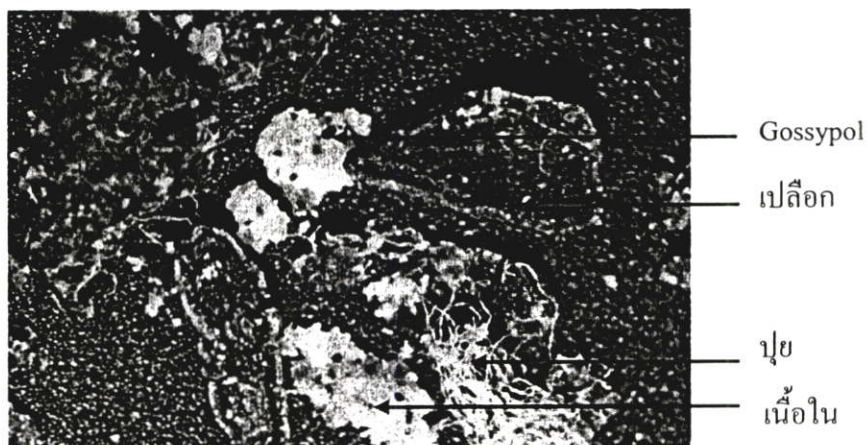


รูปที่ ก.51 กากเมล็ดฝ้ายเมื่อมองด้วยตาเปล่า

7.3 ลักษณะของกากเมล็ดฝ้ายจากกล้องจุลทรรศน์

1. เปลือก (Hull) ด้านนอกของเปลือกมีสีน้ำตาลเข้มเกือบดำ ทึบแสงผิวไม่เรียบ มีลักษณะโค้งเล็กน้อย หรือขอบม้วนหรือโค้งงอขึ้น อาจพบเส้นใยของฝ้ายติดอยู่ ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นใยสีขาวๆ เป็นเงา ขนาดเล็ก เพราะเส้นใยเอาออกจากเปลือกยาก ลักษณะนี้ถือว่าเป็นลักษณะเฉพาะตัวของกากเมล็ดฝ้าย ส่วนเปลือกด้านในจะมีสีน้ำตาลอ่อนกว่าด้านนอก ผิวไม่เรียบมีลักษณะเป็นรอยย่นๆ บนเปลือกอาจพบขี้เมล็ด

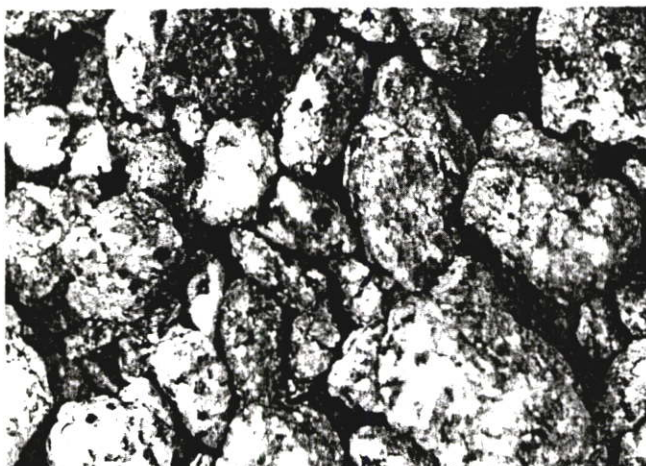
2. เนื้อใน (Kemel) เนื้อในของเมล็ดฝ้ายมีสีเหลืองถึงค่อนข้างไปทางสีน้ำตาล อาจเป็นแผ่นหรือก้อนในเนื้อในจะพบจุดเล็กๆ สีดำปนแดงกระจายอยู่ทั่วๆ ไปของต่อมสีซึ่งมีGossypol เป็นลักษณะเฉพาะตัว อาจพบเส้นใยสีขาวฝังตัวอยู่กับเนื้อ



รูปที่ ก.52 กากเมล็ดฝ้ายภายใต้กล้องจุลทรรศน์

8. กากเรปซีด

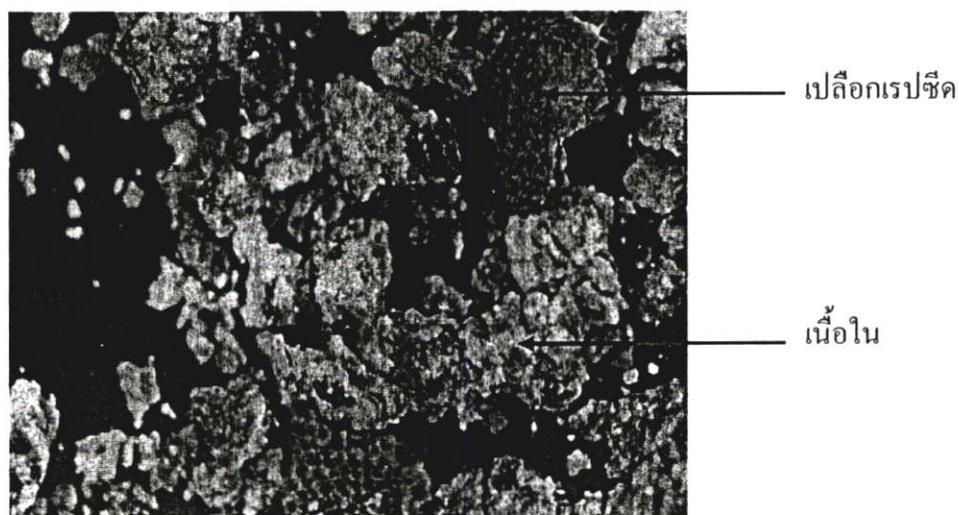
กากเรปซีดส่วนใหญ่ที่ใช้กันเป็นชนิดสกัดน้ำมัน ลักษณะเป็นก้อนค่อนข้างกลมขนาดต่างๆ กันผิวไม่เรียบ มีเปลือกกระจายติดอยู่กับเนื้อใน



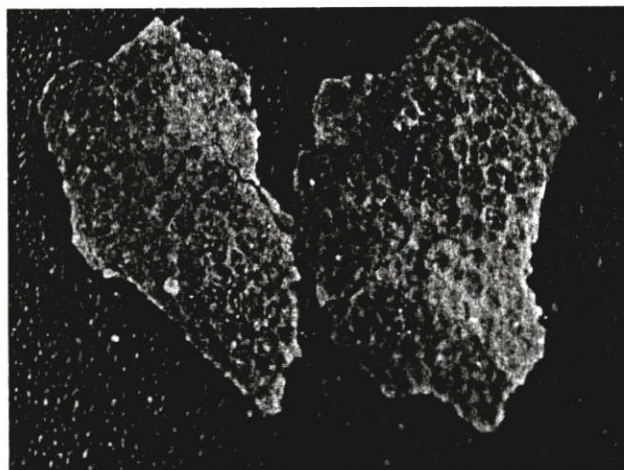
รูปที่ ก.53 กากเรปซีดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 1

8.1 กากเรปซีดภายใต้กล้องจุลทรรศน์

เมื่อนำกากเรปซีดไปบดแล้วนำมาร้อนแยกส่วน ส่วนหยาบมักเป็นส่วนที่เป็นเปลือกหุ้มเมล็ดอาจมีเนื้อติดปนมาบ้าง แผ่นเปลือกด้านนอกจะเห็นเป็นแอ่งตื้นๆ ค่อนข้างกลมติดต่อกันแบบรังผึ้งซึ่งเป็นลักษณะเด่นชัดของกากเรปซีด



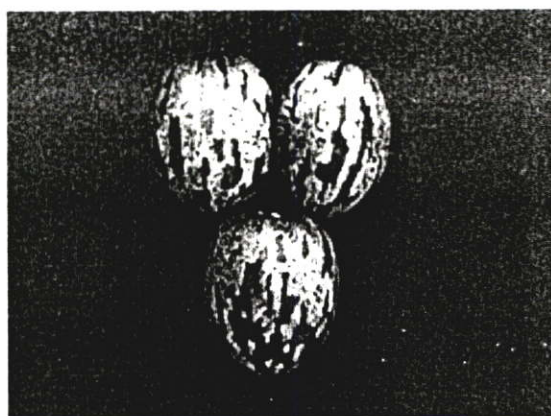
รูปที่ ก.54 กากเรปซีดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 2



รูปที่ ก.55 เปลือกเรพชืด้านนอก ลักษณะเป็นแอ่งตื้นๆ ติดต่อกันแบบรังผึ้งภายใต้กล้องจุลทรรศน์

9. กากเมล็ดยางพารา

ยางพาราเป็นพืชที่ใช้ผลิตยางธรรมชาติ ส่วนของเมล็ดที่นำมาใช้เลี้ยงสัตว์จะอยู่ในผลซึ่งเป็นแบบแคปซูลเมื่อแก่จัดผลจะแตกออกได้เมล็ดหลุดออกมา ในหนึ่งผลอาจมีเมล็ด 3-5 เมล็ด เมล็ดยางพารามีรูปร่างค่อนข้างแบน แต่เป็นรูปสี่เหลี่ยม มีเปลือกหนาและแข็ง มีลวดลายสีต่างๆ อาจมีลายดำขาว น้ำตาลขาว หรือสีอื่นๆ ภายในเมล็ดมีเนื้อใน เป็นสีครีมและกัพะวะในเนื้อในชุ่มไปด้วยน้ำมัน มีน้ำมัน 40.48% โปรตีน 18.63%



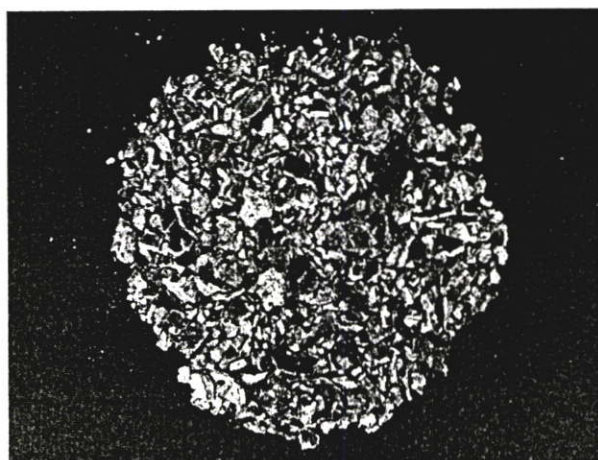
รูปที่ ก.56 เมล็ดยางพารา

9.1 กากเมล็ดยางพารา

กากเมล็ดยางพาราเป็นผลพลอยได้จากการบีบหรือสกัดน้ำมันในเมล็ดยางพารา กากเมล็ดยางพารามีลักษณะเป็นแผ่น และลักษณะบดละเอียด

9.2 ลักษณะที่มองเห็นด้วยตาเปล่า

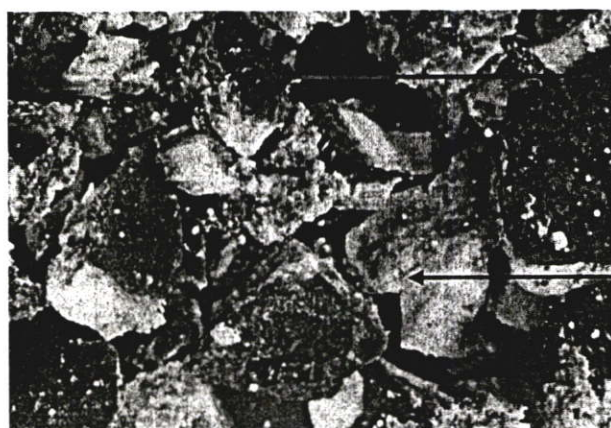
1. สี สีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำ ถ้าเป็นชนิดกระเทาะเปลือกออก มีลักษณะเป็นก้อนของเนื้อในสีเหลืองทอง จนถึงสีน้ำตาลอ่อนๆ ซึ่งไม่มีเปลือกหุ้มเมล็ดหรือข้าวเมล็ด
2. กลิ่น มีกลิ่นเฉพาะตัวคือ กลิ่นน้ำมันขาง
3. รูปร่าง มีลักษณะร่วนซุย มีความเป็นฝุ่นมาก



รูปที่ ก.57 กากเมล็ดขางพาราเมื่อมองด้วยตาเปล่า

9.3 กากเมล็ดขางพาราภายใต้กล้องจุลทรรศน์

1. เปลือกหุ้มเมล็ด เป็นลักษณะเฉพาะตัว มีความแข็ง เปลือกขางพาราจะมีสีดำตรงด้านนอกแล้วค่อยๆ จางลงด้านใน มีความหนาน้อยกว่าปาล์ม
2. เนื้อใน มักเป็นก้อนสีเหลืองทอง จนถึงสีน้ำตาลอ่อนๆ ค่อนข้างทึบแสง เนื้อแข็ง แต่เมื่อกดหรือบีบจะแตกง่าย



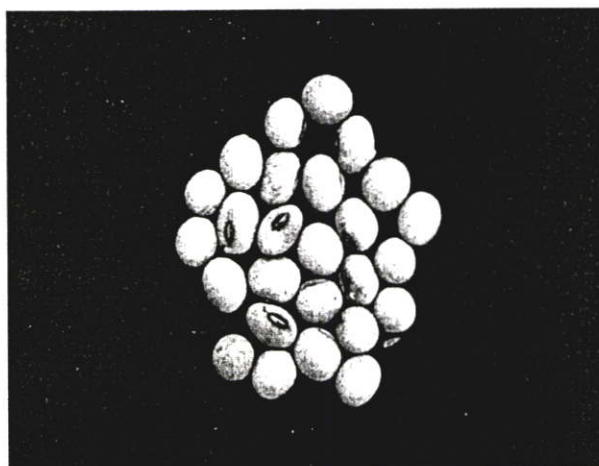
เปลือกหุ้มเมล็ด

เนื้อใน

รูปที่ ก.58 กากเมล็ดขางพาราภายใต้กล้องจุลทรรศน์

10. ถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองเป็นพืชล้มลุก ปลูกเพื่อใช้เมล็ดเป็นอาหารและสกัดน้ำมันบริโภค ลำต้นใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง ส่วนกากที่ได้จากการสกัดน้ำมันมักใช้เป็นวัตถุดิบแหล่งโปรตีนเพื่อเลี้ยงสัตว์



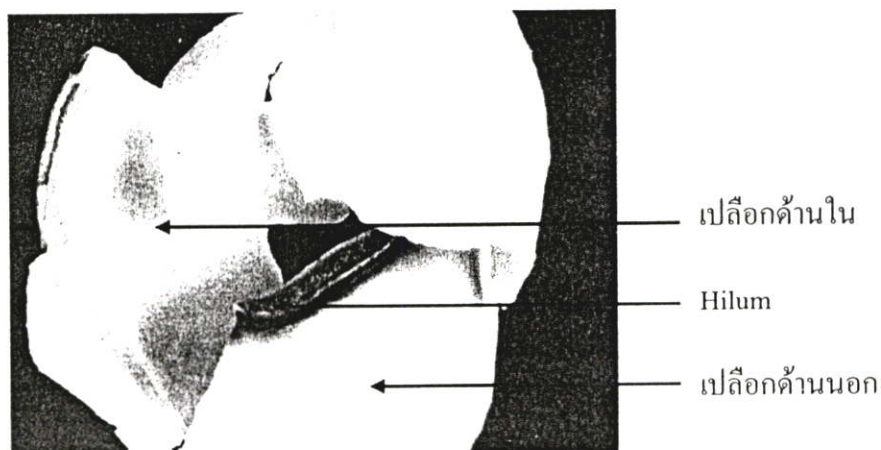
รูปที่ ก.59 เมล็ดถั่วเหลือง

10.1 ลักษณะและส่วนประกอบของเมล็ดถั่วเหลือง

เมล็ดถั่วเหลือง ได้จากการสีออกจากฝัก(ผล) ในแต่ละฝักจะมีเมล็ด 2-3 เมล็ด

เมล็ดถั่วเหลืองมีส่วนประกอบ คือ

1. เปลือกหุ้มเมล็ด (Seedcoatหรือ testa หรือ hull) เป็นเปลือกห่อหุ้มเมล็ดไว้ ซึ่งจะพบส่วนประกอบดังนี้



รูปที่ ก.60 ส่วนประกอบของเปลือกหุ้มเมล็ดของถั่วเหลือง

- หัวเมล็ด (Hilum) เป็นจุดที่เมล็ดติดกับฝัก มีสีแตกต่างกันไปตามพันธุ์ ส่วนมากเป็นวงรีสีน้ำตาลเข้ม
- คลาลาซา (Chalaza) เป็นร่องเล็กๆ ที่ผ่านกลางหัวเมล็ด เป็นจุดที่เปลือกหุ้มเมล็ดติดกับไข่หรือต้นอ่อน (Ovule or Embryo)



รูปที่ ก.61 ส่วนประกอบของ Hilum ของเมล็ดถั่วเหลือง

- ไมโครพาย (Micropyle) เป็นรูเล็กๆ อยู่อีกปลายข้างหนึ่งของหัวเมล็ด
2. ต้นอ่อน (Embryo) ประกอบด้วย
- ต้นอ่อน ซึ่งประกอบด้วย ส่วนที่อยู่เหนือใบเลี้ยงขึ้นไปเรียก epicotyl ส่วนขอดส่วนนี้ เรียก hypocotyl และส่วนที่เป็นรากเรียกว่า radicle
 - ใบเลี้ยง (Cotyledon) คือส่วนประกอบส่วนใหญ่ที่มีสองซีกประกบกันเป็นเมล็ด ทำหน้าที่สะสมอาหาร

10.2 กากถั่วเหลือง

กากถั่วเหลืองอัดน้ำมัน ได้รับความร้อนที่เกิดจากการเสียดสีในขบวนการบีบน้ำมันเป็น ความร้อนแห่งปริมาณความร้อนไม่เพียงพอที่จะทำลายฤทธิ์ของตัวยับยั้งทริปซินได้ มีไขมันอยู่ 4% จึงไม่สามารถเก็บไว้ได้นาน

กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน ได้รับความร้อนที่ใช้ในขบวนการสกัดน้ำมัน ส่วนใหญ่เป็น ความร้อนชื้น และได้รับปริมาณมากพอที่จะทำลายตัวยับยั้งทริปซินได้มีไขมันเหลือน้อย สามารถเก็บไว้ได้นาน

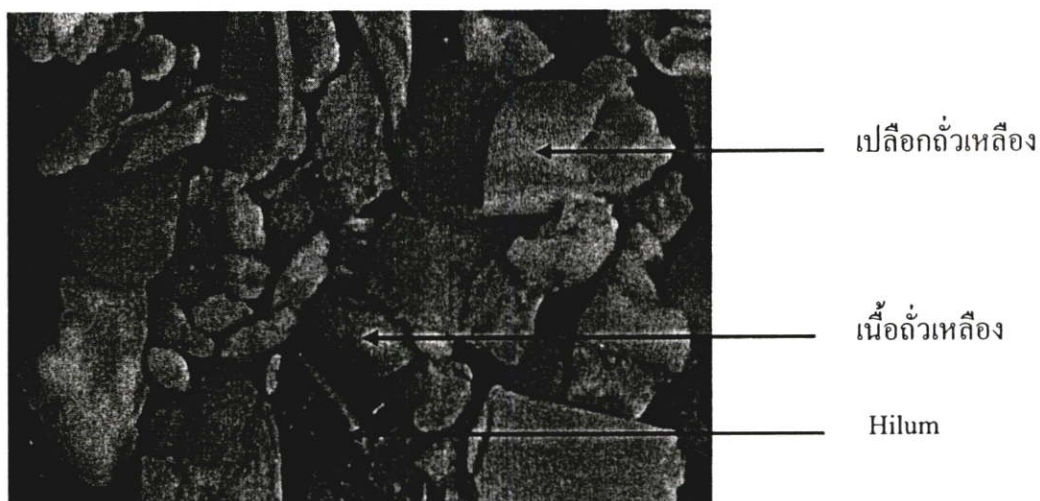
10.2.1 ลักษณะของกากถั่วเหลืองภายใต้กล้องจุลทรรศน์

1. กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน เปลือกเมล็ดจะหลุดออกจากเนื้อใน กากถั่วเหลืองที่ได้จึงสามารถสังเกตลักษณะเปลือกและเนื้อถั่วเหลืองแยกตัวกันได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะส่วนของ Hilum

- ลักษณะเปลือก เปลือกถั่วเหลือง มีสีเหลือง น้ำตาล เขียวอ่อน จนถึงสีดำ เปลือกค่อนข้างบางเปราะ เปลือกด้านนอกมีความมันเมื่อเปรียบเทียบกับเปลือกด้านในบนผิวของเปลือกด้านนอกมีรอยกดลึกเป็นรูปคล้ายผิวส้ม(เมื่อสด)ถ้าแห้งอาจจะเห็นทั้งสองด้าน

เปลือกด้านในสีค่อนข้างซีดกว่าด้านนอก ลักษณะเป็นลายเส้นละเอียดขนานกันอยู่มากขั้วเมล็ด (Hilum)เป็นรูปยาวรี สีเหลือง น้ำตาล หรือดำ มีร่องเล็กๆ

- ลักษณะของเนื้อถั่วเหลือง มีสีเหลืองจนถึงน้ำตาลเข้ม ทึบแสง เนื้อถั่วค่อนข้างเรียบ

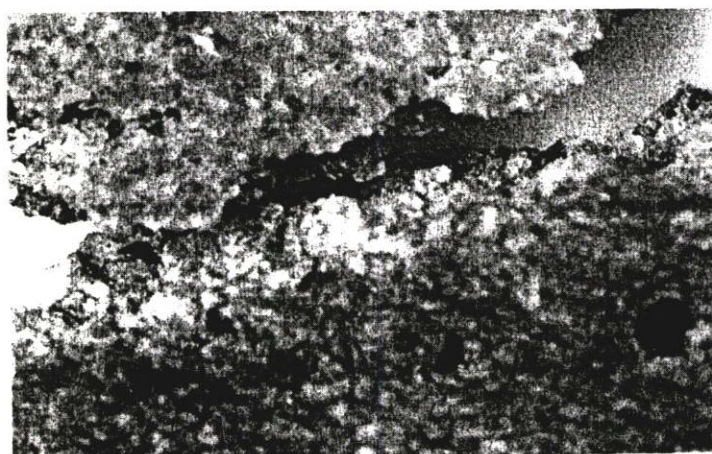


รูปที่ ก.62 กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันภายใต้กล้องจุลทรรศน์

2. กากถั่วเหลืองอัดน้ำมัน มีลักษณะเนื้อแน่นมาก ส่วนของเปลือกถั่วเหลืองรวมตัวกับส่วนเนื้อถั่วเหลืองอย่างแน่นหนาจนแทบจะไม่มีส่วนเปลือกหลุดหรือแยกออกมาให้เห็นได้อย่างชัดเจน ลักษณะที่เห็นได้จากกล้องจึงเป็นก้อนสีเหลืองทอง ผิวขรุขระรูปร่างและขนาดไม่แน่นอน ส่วนที่บ่งชี้ว่าเป็นกากถั่วเหลือง คือส่วนของ Hilum ซึ่งอยู่ติดกับเปลือกฝัก ส่วนของ Hilum มีลักษณะเป็นวงรีมีรอยผ่าครึ่งตรงกลาง ปลายด้านหนึ่งมีรูขนาดเล็ก มีสีออกดำหรือน้ำตาลดำ



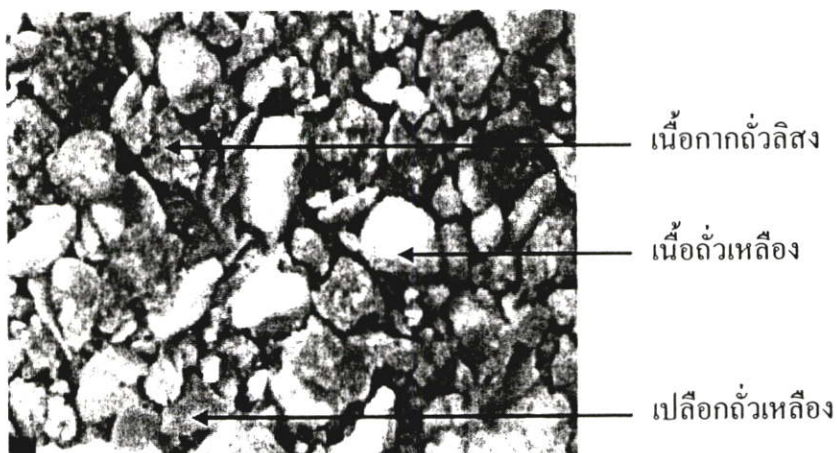
รูปที่ ก.63 กากถั่วเหลืองอัดน้ำมันเมื่อมองด้วยตาเปล่า



รูปที่ ก.64 กากถั่วเหลืองอัดน้ำมันภายใต้กล้องจุลทรรศน์

10.2.2 การตรวจสอบการปลอมปนกากถั่วเหลือง

การปลอมปนด้วยกากถั่วลิสง จะเห็นกากถั่วลิสงจะมีลักษณะเป็นก้อนมากกว่าเป็นแผ่นแบบกากถั่วเหลือง นอกจากนี้เนื้อถั่วลิสงจะมีเศษชิ้นส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ด ซึ่งมีสีม่วง-ม่วงแดง-น้ำตาล นอกจากนี้ถั่วลิสงที่นำมาปน มีส่วนของเปลือกฝักสีเนื้อ-น้ำตาลอ่อน ผิวนอกมีลายเส้นเป็นร่างแหปนมากก็จะเป็นเครื่องช่วยบ่งชี้ให้ชัดเจน



รูปที่ ก.65 กากถั่วเหลืองปนกากถั่วลิสง

11. ปลาป่น

ปลาป่นที่ใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์มีหลายชนิดซึ่งแต่ละชนิดมีความแตกต่าง ปลาป่นที่ขายและใช้สำหรับเลี้ยงสัตว์มีอยู่หลายชนิดดังนี้คือ

1. ปลาป่นคิบ ได้จากการนำปลามาดองเกลือและนำไปตากให้แห้งแล้วป่น ปลาป่นชนิดนี้ มีกลิ่นเหม็นมาก เก็บได้ไม่นาน
2. ปลาป่นกร่อย กรรมวิธีผลิตคล้ายกับวิธีแรกแต่ใส่เกลือน้อยกว่า
3. ปลาป่นจืดไม่อัดน้ำมัน ปลาป่นชนิดนี้ได้มาจากโรงงานผลิตปลาป่นซึ่งปลาที่ได้มาจะถูกนำไปทำให้สุกและทำให้แห้ง ปลาสดที่ได้ไม่ต้องนำมาดองเกลือทำให้ปลาป่นที่ได้ไม่เหม็น
4. ปลาป่นจืดอัดน้ำมัน ปลาป่นชนิดนี้คล้ายปลาป่นชนิดที่ 3 แตกต่างกันตรงที่ได้มีการอัดน้ำมันออกทำให้ปลาป่นที่ได้มีคุณภาพสูงขึ้นคือมีโปรตีนสูงขึ้น ไขมันน้อยลงทำให้เก็บได้นานขึ้น

11.1 ลักษณะของปลาป่นที่มองเห็นด้วยตาเปล่า

1. สี สีของปลาป่นจะมีตั้งแต่สีเหลือง สีน้ำตาล สีดำ ในกรณีที่มีเปลือกหอย กระจกปน จะเห็นแผ่น สีขาวๆ ของเปลือกหอยแผ่นสีขาวๆ ของเปลือกหอย และแผ่นสีส้มๆ ของกระจกปน กระจายอยู่ทั่วไป

2. เนื้อของปลาป่น ลักษณะเนื้อของปลาป่นจะเกาะกันอยู่อย่างหลวมๆ
3. กลิ่น ปลาป่นที่ดีจะมีกลิ่นหอม หอมแบบกลิ่นคาวปลา



รูปที่ ก.66 ปลาปนที่มองเห็นด้วยตาเปล่า

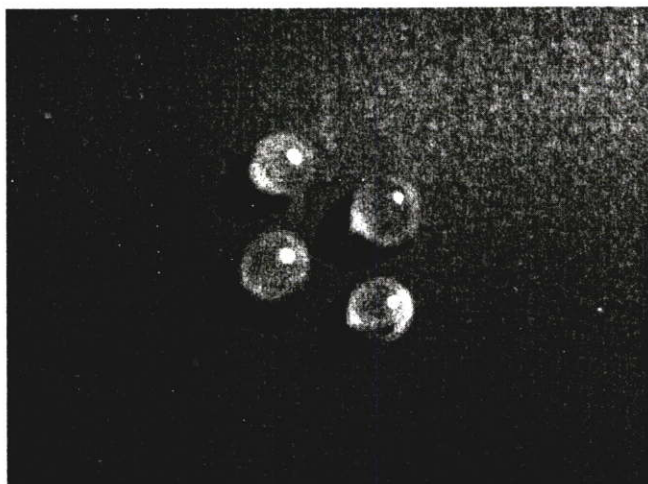
11.2 ส่วนประกอบปลาปนภายใต้กล้องจุลทรรศน์

1. เนื้อปลา เนื้อปลามีลักษณะเป็นเส้นๆ สีเหลืองหรือน้ำตาลจนถึงดำ บางครั้งเห็นเป็นแผ่นสีเหลือง ซึ่งถ้าใช้คีมบีบให้แตกออกเป็นเส้นๆ มีความนุ่ม โครงสร้างของเนื้อปลาจะมีขอบเรียบ ลักษณะของเนื้อปลาชุ่มทึบแสง



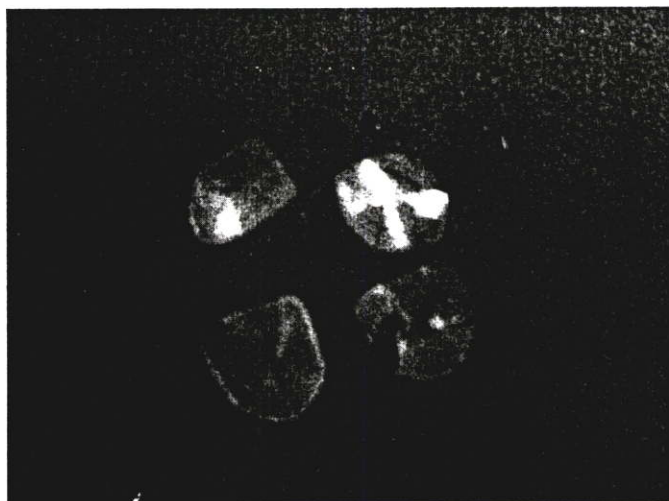
รูปที่ ก.67 เนื้อปลาปนภายใต้กล้องจุลทรรศน์

2. ตาปลา มีลักษณะเป็นก้อนกลมแข็ง อาจมีสีขาวย หรือสีเหลือง ก็ได้ ลูกตาปลาที่แตกหักส่วนใหญ่มักรูปโค้ง ตาปลาที่มีลักษณะกลมบางครั้งอาจมองคล้ายผลึกยูเรีย



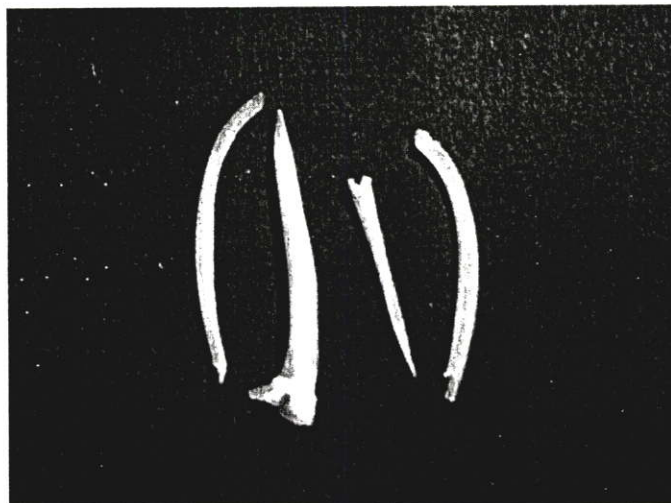
รูปที่ ก.68 ตาปลา

3. เกล็ดปลา เกล็ดปลาส่วนใหญ่จะเป็นแผ่นบางโปร่งแสงสีขาวจนถึงไม่มีสี รูปร่างไม่แน่นอน



รูปที่ ก.69 เกล็ดปลา

4. ก้างปลา มีโครงสร้างแบน สีขาวจนถึงไม่มีสียอมให้แสงผ่านอาจพบรอยแตกในกระดูก ถ้าเป็นแกนสันหลังของปลาจะพบว่ามียอดต่อกัน



รูปที่ ก.70 ก้างปลา

11.3 ปลาปนภายใต้กล้องจุลทรรศน์

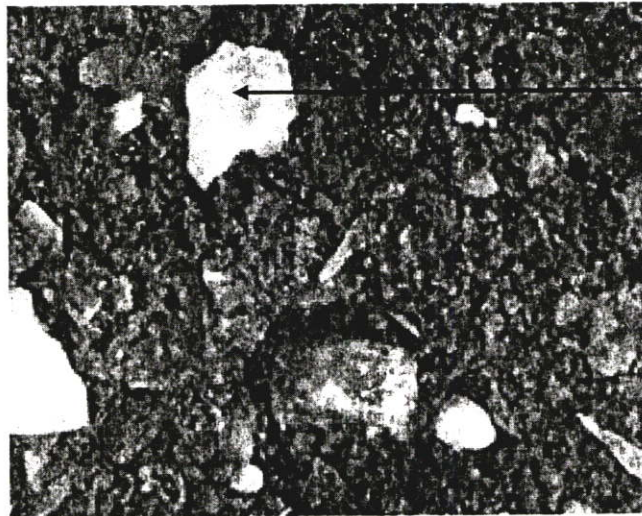
ปลาปนที่ดีในส่วนของหางจะพบส่วนกระดูกปลารูปร่างต่างๆ กัน มีทั้งเป็นแท่งและเป็นแผ่นบางๆ มีสีขาวใสคล้ายกระดูกฝ้าย อาจพบเกล็ดปลาเป็นแผ่นแบบสะท้อนแสงเล็กน้อยและมีลายที่ผิวเป็นวงๆ อาจมีขอบหยักบ้าง นอกจากนี้อาจพบกระดูกตาและลูกตาปลา มีสีขาวหรือสีเหลือง สำหรับส่วนละเอียดจะเป็นส่วนเนื้อปลาซึ่งลักษณะเป็นเส้นมีความยาวไม่มากนัก ลักษณะเส้นเนื้อปลาไม่จับตัวกันสีน้ำตาลอ่อนออกเหลือง เนื้อปลาไม่ควรออกน้ำตาลเข้มหรือสีเทาออกดำเพราะอาจผลิตจากปลาที่ไม่สดหรือกรรมวิธีการผลิต



รูปที่ ก.71 ปลาปนภายใต้กล้องจุลทรรศน์

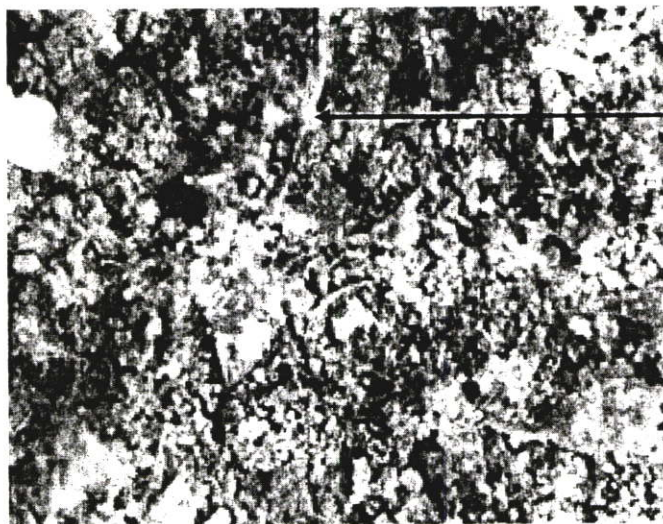
11.4 สิ่งปลอมปนในปลาป่น

ยูเรีย ขนไก่ป่น แกลบกึ่ง ทรายละเอียด เปลือกหอยป่นหรือเศษเปลือกหอยผุ (กาซ้า) กาก วุ้นเส้น เศษหนัง ขนแห้งบดละเอียด เนื้อป่น เนื้อและกระดูกป่น เลือดป่น กากน้ำมันหมู เศษหัวและไส้ ปลาจากโรงงานปลากระป๋อง



เปลือกหอย

รูปที่ ก.72 การปลอมปนเปลือกหอยในปลาป่น



ขนไก่ป่น

รูปที่ ก.73 การปลอมปนขนไก่ป่นในปลาป่น

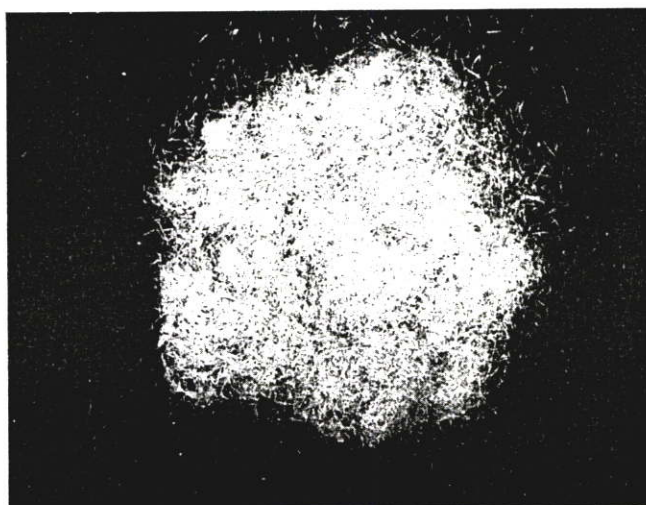
12. ขนไก่ป่น

ขนไก่ป่นมีโปรตีนสูง 85-90 % ถ้าหากเป็นขนไก่ดิบไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นก่อนนำขนไก่มาใช้เป็นอาหารสัตว์ จึงต้องทำให้ขนไก่ดิบสลายตัวก่อน วิธีการย่อยสลายขนไก่มี 2 วิธีดังนี้

1. หนึ่งที่อุณหภูมิ 130 °C นาน 3 ชั่วโมง 30 นาที หรือหนึ่งที่อุณหภูมิ 145 °C นาน 30 นาที จากนั้นจึงอบขนไก่ให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 °C แล้วบดให้ละเอียด
2. ต้มขนไก่ด้วยสารละลายโซเดียมซัลไฟที่ผสมแอลกอฮอล์อย่างละ 50 จากนั้นกรองเอาสารละลายออกพร้อมทั้งล้างขนไก่ที่ย่อยสลายแล้ว อบขนไก่ให้แห้ง แล้วบดละเอียด

12.1 ลักษณะขนไก่ป่นเมื่อมองด้วยตาเปล่า

1. สี สีของขนไก่จะแตกต่างกันไปเนื่องจากขบวนการผลิต สีที่พบบมีตั้งแต่สีเหลืองน้ำตาลจนถึงน้ำตาลเข้ม
2. ลักษณะ ขนไก่ป่นส่วนใหญ่จะละเอียด ผงเกาะกันอยู่อย่างหลวมๆ ถ้าสังเกตดีๆ จะพบลักษณะที่เป็นเส้นเล็กๆ เป็นเงาสะท้อนแสงกระจายอยู่ทั่วไป

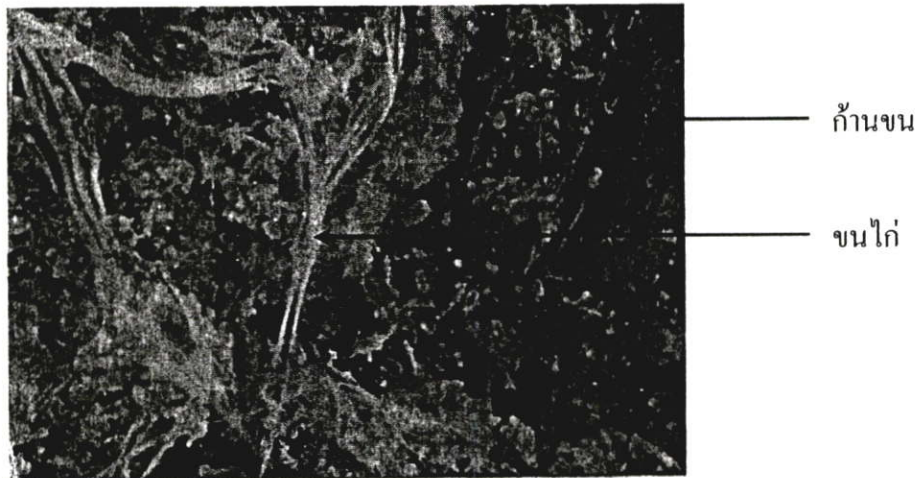


รูปที่ ก.74 ขนไก่ที่ผ่านการย่อยสลายแล้ว

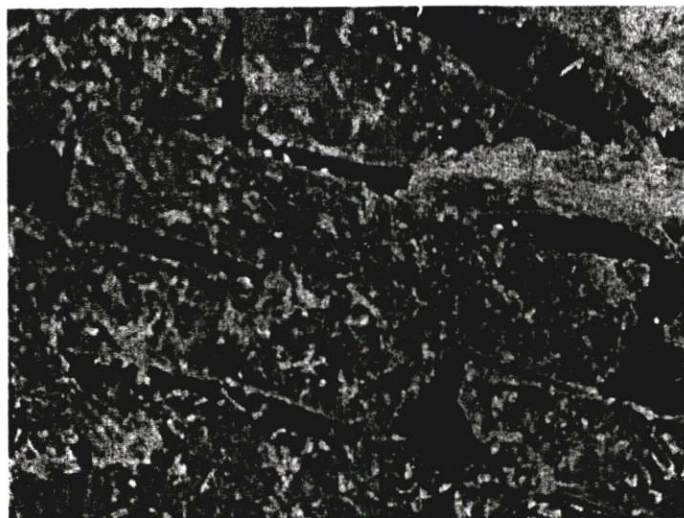
12.2 ลักษณะของขนไก่ภายใต้กล้องจุลทรรศน์

1. สีขนไก่ป่นอาจเป็นสีเหลือง สีน้ำตาล สีดำแต่จะใสสะท้อนแสง
2. ความแข็ง ขนไก่ป่นมีความแข็งมากโดยเฉพาะก้านขน
3. รูปร่าง รูปร่างของขนไก่ไม่แน่นอนมีตั้งแต่
 - เป็นเส้นขนาดเล็ก สีขาวสะท้อนแสง
 - เป็นเส้นขนาดใหญ่ รูปท่อนยาว (ก้านขน)อาจมีร่องตรงกลางและอาจมีขาแทงออกมาโปร่งใสบางครั้งเป็นท่อนมีรอยหยัก
 - เป็นแผ่นบางๆ แข็งสีค่อนข้างเหลืองใส
 - ลักษณะเป็นก้อนกลมผิวขรุขระ เนื้อไม่สม่ำเสมอเนื่องจากเป็นเศษขนที่มาหลอมรวมกัน

- ลักษณะขนไก่เมื่อใช้กล้องกำลังขยายสูงจะเป็นลักษณะเป็นข้อๆ ปลายๆ



รูปที่ ก.75 ขนไก่ป่นภายใต้กล้องจุลทรรศน์

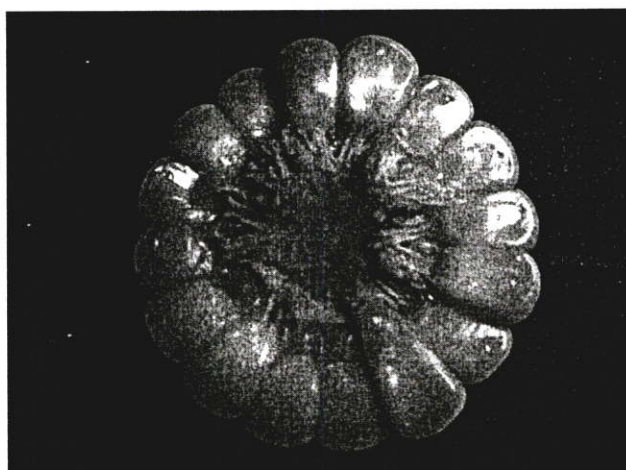


รูปที่ ก.76 แสดงก้านขนไก่ป่นภายใต้กล้องจุลทรรศน์

บทเรียนที่ 1

การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งพลังงาน

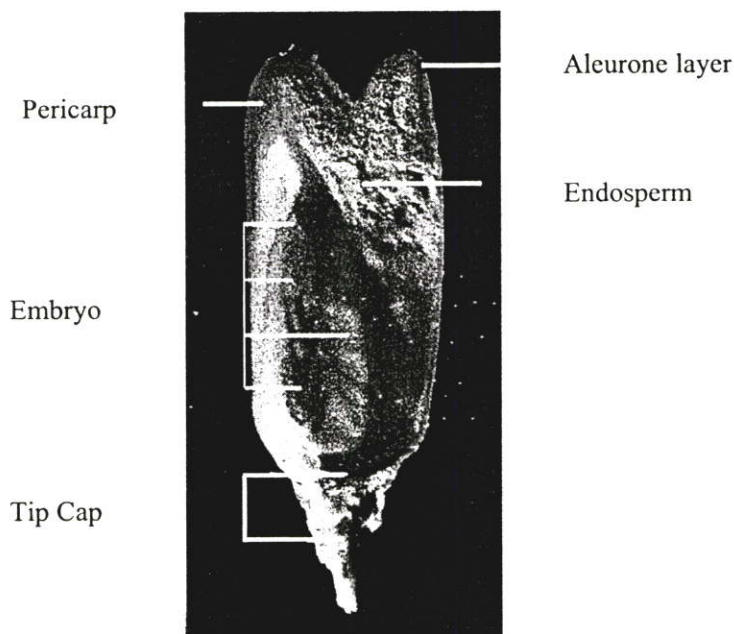
1. ข้าวโพด



รูปที่ ก.77 ข้าวโพดทั้งฝักผ่าตามขวาง

1.1 ส่วนประกอบของเมล็ดข้าวโพด

1. เยื่อหุ้มเมล็ด (Pericarp) เป็นเยื่อบางๆ ที่ปกคลุมเมล็ดข้าวโพด มีตั้งแต่ไม่มีสีจนกระทั่งมี สีเหลืองหรือสีแดง อาจเรียกว่าแบรนโค้ท (Bran coat)
2. อลูโรนเลเยอร์ (Aleurone layer) เป็นเยื่อบางๆ เป็นชั้นที่ถัดมาและติดแน่นกับแบรนโค้ท เป็นส่วนที่มีโปรตีนสูง ส่วนใหญ่ไม่มีสี
3. เอนโดสเปิร์ม (Endosperm) เป็นส่วนใหญ่ของเมล็ด เป็นที่สะสมอาหารพวกแป้งเป็นส่วนมาก ประกอบด้วย แป้งอ่อน
4. คัพพะ (Germ หรือ Embryo) คือต้นอ่อนของข้าวโพด มีลักษณะเป็นมันและน้ำมันอยู่ด้านหน้าของเมล็ดสีครีม มีขนาดประมาณหนึ่งในสอง หรือสองในสามของความยาวของเมล็ด
5. ทิปแคป (Tip Cap) คือส่วนล่างสุดที่ติดซึ่ง ปกติเมื่อกระเทาะเมล็ดออก ส่วนนี้จะติดอยู่กับเมล็ด และอาจมีส่วนของกลุมซึ่งเป็นส่วนของเล็มมา (Lemma) และพาเลีย (Palea) ติดออกมาด้วย



รูปที่ ก.78 ส่วนประกอบของเมล็ดข้าวโพดภายใต้กล้องจุลทรรศน์

ที่มา : Cooperative Extension Service, Iowa State University of Science and Technology. 1993 : 3.

1.2 ลักษณะข้าวโพดเมื่อมองด้วยตาเปล่า

1. รูปร่าง ควรมีเมล็ดค่อนข้างใหญ่ ขนาดสม่ำเสมอ
2. สี ควรมีสีเหลืองอมส้ม ถ้าเป็นข้าวโพดใหม่ผิวเมล็ดจะสดใส ถ้าเก็บไว้นานๆ ผิวจะแห้งด้านเหมือนมีฝุ่นจับไม่เป็นมันเงา
3. ความชื้น ในกรณีของข้าวโพดเมล็ดใช้มือกำจะรู้สึกเหนียวมือ เมื่อใช้เล็บจิกบริเวณด้านอ่อน ถ้าหยิกไม่เข้าแสดงว่าเมล็ดแห้งดี แต่ถ้ากดเข้าเนื้อ ได้แสดงว่ายังไม่แห้งพอ
4. กลิ่น ข้าวโพดที่มีกลิ่นเหม็นอับ เหม็นเปรี้ยวแสดงว่ามีความชื้นสูงและมีเชื้อราขึ้น

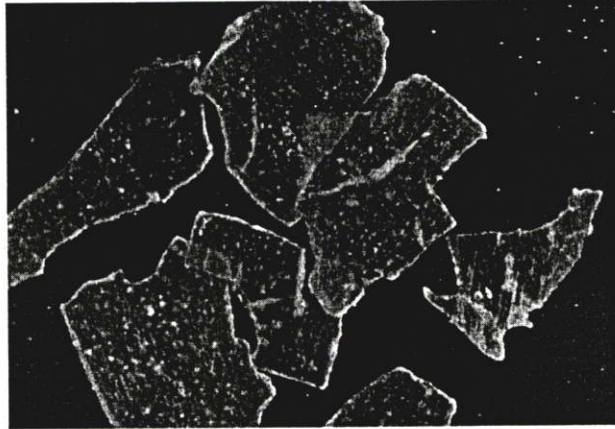


รูปที่ ก.79 เมล็ดข้าวโพด

ที่มา : สุกัญญา จิตคุพรพงษ์. 2539 : 166.

1.3 ส่วนประกอบของข้าวโพดบดภายใต้กล้องจุลทรรศน์

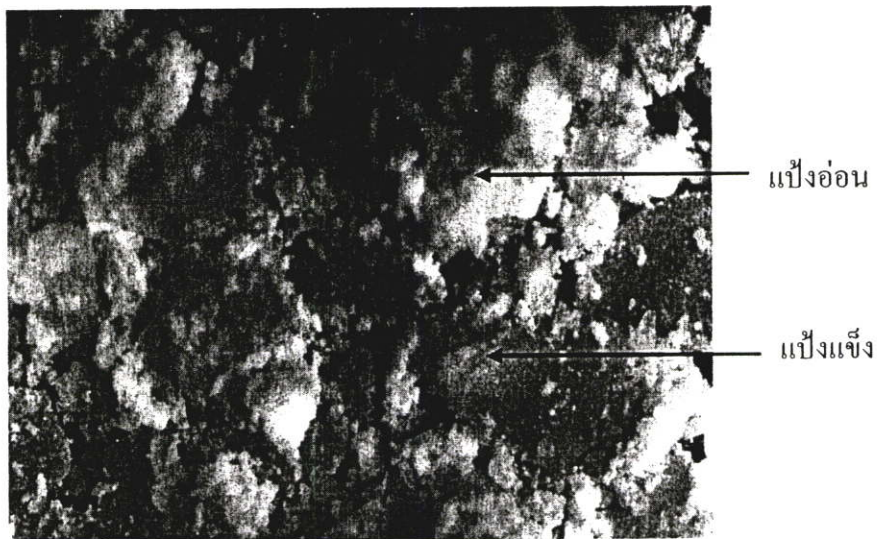
1. เยื่อหุ้มเมล็ดข้าวโพด(Pericap) อาจจะหลุดออกมาเป็นแผ่น ไม่มีส่วนของแป้งแข็งติดมาซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัว เยื่อหุ้มส่วนใหญ่มีสีขาว อาจพบสีชมพูอ่อนหรือสีเหลืองได้ ลักษณะมัน เป็นเงาค่อนข้างโปร่งแสง เป็นแผ่นเรียบหรืออเล็กน้อย มีหลายเส้นขนานทั้งแผ่น สะท้อนแสงมาก



รูปที่ ก.80 เยื่อหุ้มเมล็ดข้าวโพดภายใต้กล้องจุลทรรศน์

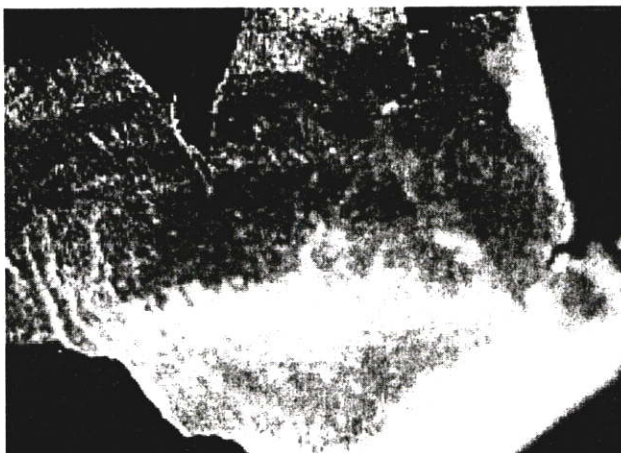
2. แป้งแข็ง มีสีเหลืองใส ผิวนอกโปร่งใสเล็กน้อย ลักษณะเป็นเสี้ยวรูปร่างไม่แน่นอน ขนาดเล็กใหญ่ขึ้นอยู่กับการบด

3. แป้งอ่อน สีขาวขุ่นหรือขาวอมเหลืองเล็กน้อย เป็นผงละเอียดเกาะตัวกันอยู่หลวมๆ



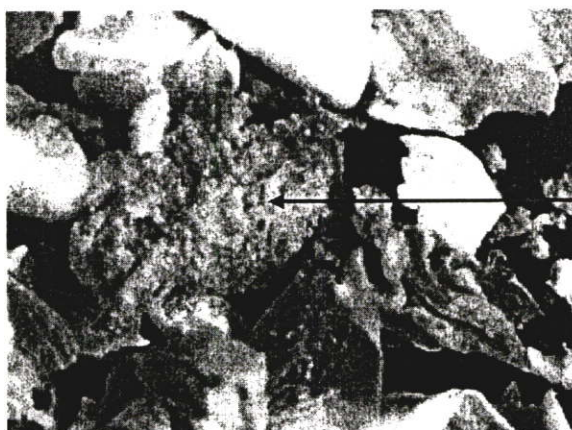
รูปที่ ก.81 แป้งแข็งและแป้งอ่อนของข้าวโพดบดภายใต้กล้องจุลทรรศน์

4. Glume เป็นแผ่นบางมากสีขาวใสมีเส้นเวน (Vein) อยู่ภายในแผ่นจะบางกว่าเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวโพด



รูปที่ ก.82 Glume ของข้าวโพดภายใต้กล้องจุลทรรศน์

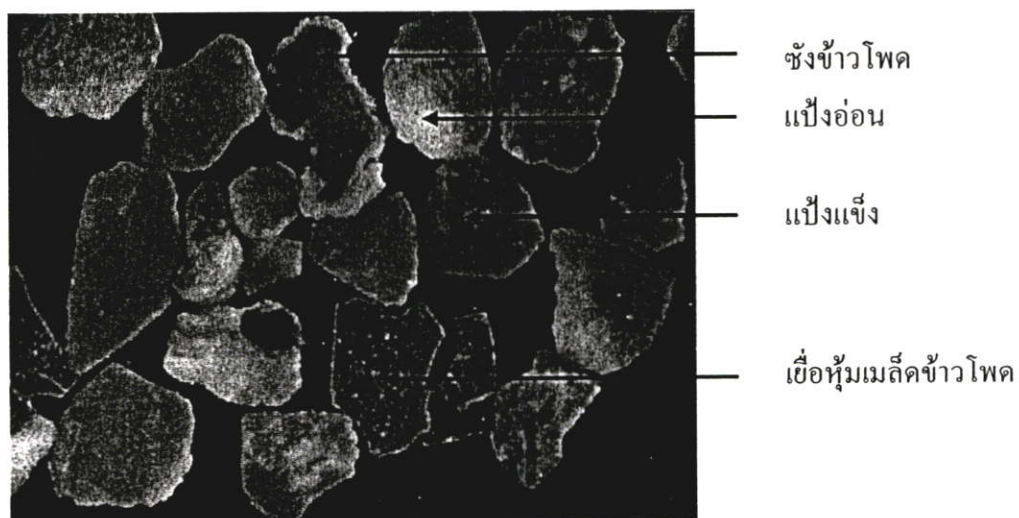
5. Tip caps เป็นเยื่อแข็งคล้ายไม้มีลักษณะเป็นรูปกรวย



รูปที่ ก.83 Tip caps ของข้าวโพดภายใต้กล้องจุลทรรศน์

1.4 ลักษณะของข้าวโพดบดภายใต้กล้องจุลทรรศน์

จะพบเยื่อหุ้มเม็กลัดข้าวโพด (Pericap) อาจจะหลุดออกมาเป็นแผ่น มีสีขาว อาจพบสีชมพูอ่อนหรือ สีเหลืองได้ แป้งแข็งสีเหลืองใส ส่วนแป้งอ่อนขาวขุ่นติดกับแป้งแข็ง และอาจพบซังข้าวโพดติดมาด้วย



รูปที่ ก.84 ข้าวโพดบดภายใต้กล้องจุลทรรศน์

2. ข้าว

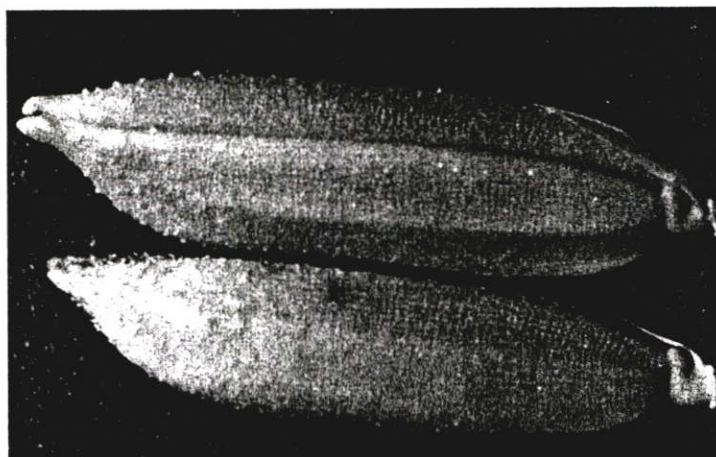
ข้าว เมื่อสีและขัดข้าว จะได้ ข้าวสาร 50 % ปลายข้าว 16% รำ 9% แกลบ 25%

2.1 ข้าวเปลือก



รูปที่ ก.85 เมล็ดข้าวเปลือก 1

ลักษณะและส่วนประกอบของข้าวเปลือก

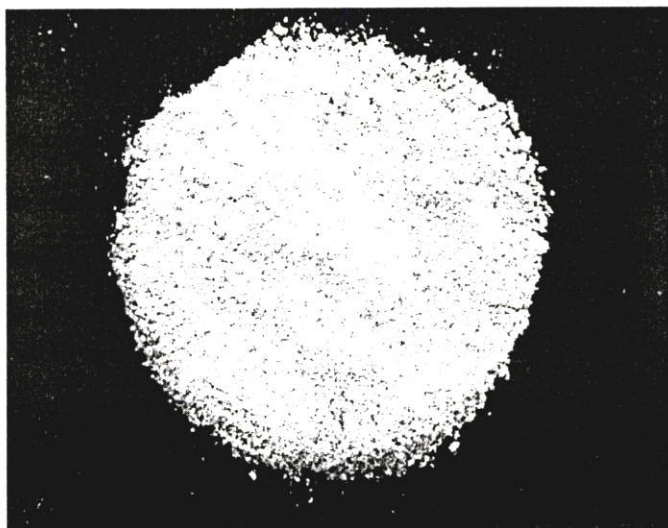


รูปที่ ก.86 เมล็ดข้าวเปลือก 2

1. Hull เป็นส่วนที่หุ้มผลข้าวเปลือกอยู่อย่างหลวมๆ ประกอบด้วย Lemma และ Palea เมื่อสีออกจากเมล็ดข้าวแล้วเรียกว่า แกลบ
2. Pericarp เป็นส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ด ซึ่งจะติดแน่นกับชั้น Testa และ Aleurone layer จนแยกออกจากกันไม่ได้
3. Testa เป็นชั้นที่ถัดมาจากชั้นของ Pericarp และหุ้มชั้นของ Aleurone layer อยู่ ข้าวบางพันธุ์อาจมี Testa เป็นสีแดงหรือชมพู
4. Aleurone layer เป็นชั้นบางๆ หุ้ม Endosperm อยู่
5. Endosperm เป็นที่สะสมแป้ง ซึ่งมีสีขาวและแข็งเป็นมัน มีลักษณะโปร่งแสงไปจนถึงทึบแสง
6. Embryo เป็นส่วนต้นอ่อนของผลข้าว มีลักษณะเป็นสีขาวขุ่น หรือสีครีม บางครั้งเรียกว่า จมูกข้าว ซึ่งจะอยู่บริเวณส่วนหัวของเมล็ดข้าวสาร

2.2 รำข้าว (Rice bran)

รำข้าว (Rice bran) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสีข้าวในคอนขัดสีข้าวกล้อง สีน้ำตาล จะมีส่วนที่เป็นเยื่อหุ้มเมล็ดหรือเพอริคาร์พหลุดออกมา รวมทั้งชั้นอลูโรนเลเซอร์ บางครั้งอาจพบส่วนของจมูกข้าวและ เม็ดแป้งที่แตกหักออกมา และส่วนของเปลือก (แกลบ) เล็กน้อย



รูปที่ ก.87 รำข้าวเมื่อมองด้วยตาเปล่า

2.2.1 รำสกัดน้ำมัน (Extracted rice bran)

รำสกัดเป็นรำที่นำมาสกัดเอาน้ำมันออก โดยใช้สารละลาย

ลักษณะของรำสกัดน้ำมันภายใต้กล้องจุลทรรศน์

ปุยของรำจะไม่ฟูเท่ารำละเอียดเชื่อมหุ้มเมล็ด จะเห็นเป็นแผ่นบางๆ ค่อนข้างชัดเจน ลักษณะเบาและแห้ง ไม่ชุ่มไปด้วยน้ำมันเหมือนรำละเอียดปลายข้าวและแกลบ จะแยกตัว เห็นค่อนข้างชัด มีคราบสีขาวติดอยู่ที่เม็ดและตามร่องตารางของชั้นแกลบ



แกลบ

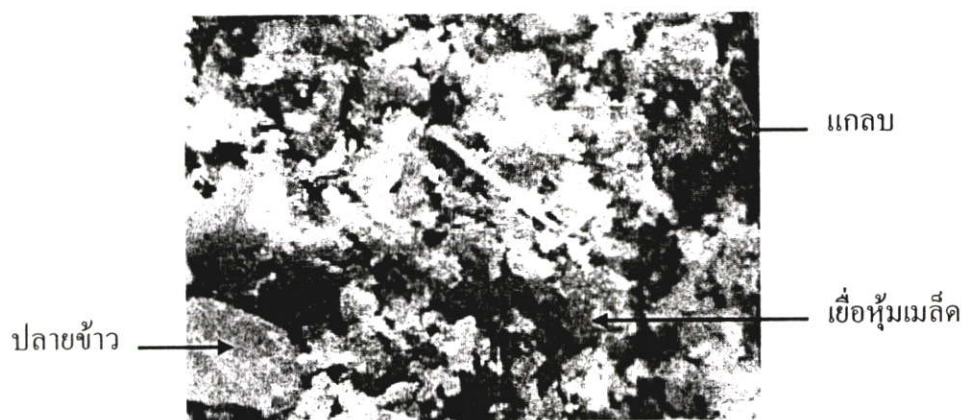
รูปที่ ก.88 รำสกัดน้ำมันภายใต้กล้องจุลทรรศน์

ที่มา : สุกัญญา จิตสุพรพงษ์. 2539 : 174.

2.2.2 รำละเอียด (Rice Bran)

รำละเอียดประกอบด้วย เชื้อหุ้มเมล็ดข้าว ปลายข้าว และแกลบ
ลักษณะของรำละเอียดภายใต้กล้องจุลทรรศน์

รำละเอียดจะพบเชื้อหุ้มเมล็ดข้าวรูปร่างไม่แน่นอน มีสีขาวออกเหลือง ปลายข้าว
ที่หัก ลักษณะเหมือนปลายข้าวทั่วไปแต่ขนาดค่อนข้างเล็กกว่า ส่วนของแกลบเป็น สีเหลืองทอง
ผิวนอกหยาบขรุขระมีลักษณะคล้ายตะแกรงก็มีเส้นขาว และขวางตัดกัน มีจุดเล็กๆ อยู่บนผิว



รูปที่ ก.89 รำละเอียดภายใต้กล้องจุลทรรศน์

ที่มา : สุกัญญา จัตตุพรพงษ์. 2539 : 174.



รูปที่ ก.90 ชั้นแกลบภายใต้กล้องจุลทรรศน์

2.2.3 รำหยาบ

รำหยาบประกอบด้วยแกลบเป็นส่วนใหญ่ ปลายข้าว เชื้อหุ้มเมล็ด

ลักษณะของรำหยาบภายใต้กล้องจุลทรรศน์

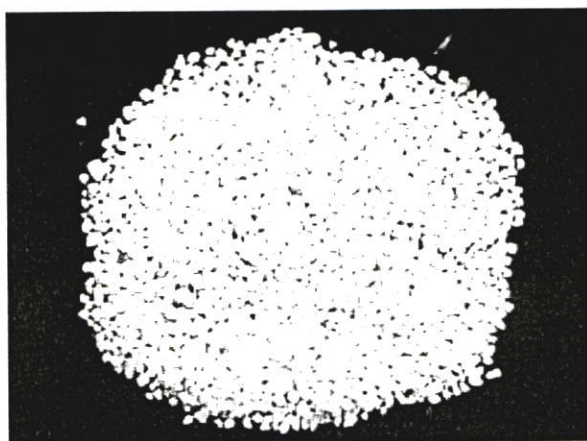
สิ่งที่พบส่วนใหญ่ คือ แกลบ ซึ่งพบมากกว่ารำละเอียด รำหยาบจะมีส่วนของเชื้อหุ้มเมล็ดน้อยลงมาก แต่ปริมาณของแกลบจะเพิ่มขึ้นมาก ส่วนปริมาณปลายข้าวก็ไม่แตกต่างจากรำละเอียดมากนัก



รูปที่ ก.91 รำหยาบภายใต้กล้องจุลทรรศน์

2.3 ปลายข้าว

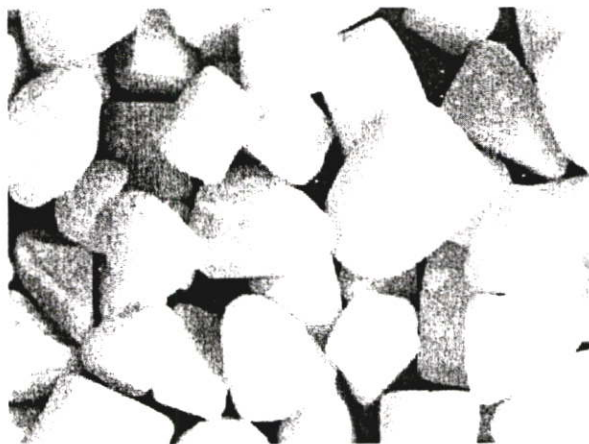
ปลายข้าวคือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการขัดข้าวกล้อง ประกอบด้วย ส่วนที่แตกหักออกมาจากเมล็ดข้าวสารสีข้าว ส่วนใหญ่คือ แป้ง หรือเอนโดสเปอรัม อาจมีจมูกข้าวหลุดติดออกมาด้วย



รูปที่ ก.92 ปลายข้าวเมื่อมองด้วยตาเปล่า

ปลายข้าวภายใต้กล้องจุลทรรศน์

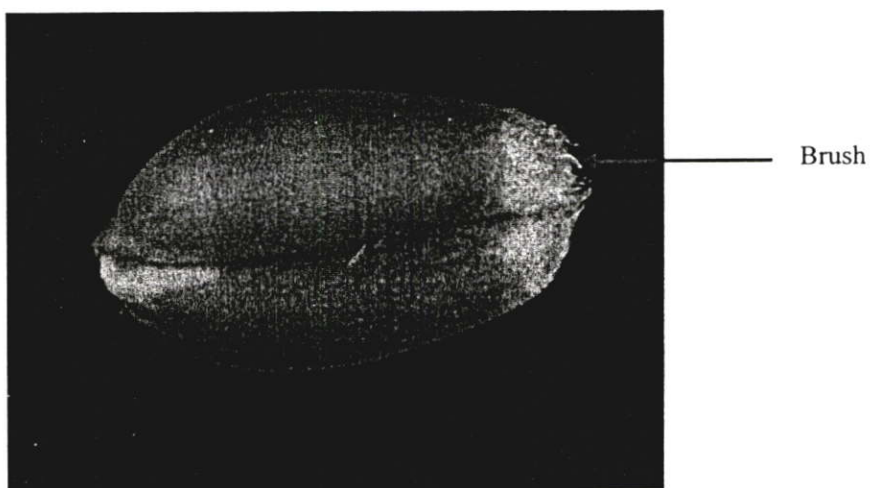
เป็นแป้งสีขาว เป็นมัน ที่ผิวนอกจะโปร่งแสงไปจนถึงทึบแสงในเนื้อข้าวที่อยู่ลึกลงไป เป็นรูปแท่งรูปทรงกระบอกยาว มีเส้นขนานจากหัวไปท้าย เนื้อแข็งไม่แตกหักง่าย



รูปที่ ก.93 ปลายข้าวภายใต้กล้องจุลทรรศน์

3. ข้าวสาลี

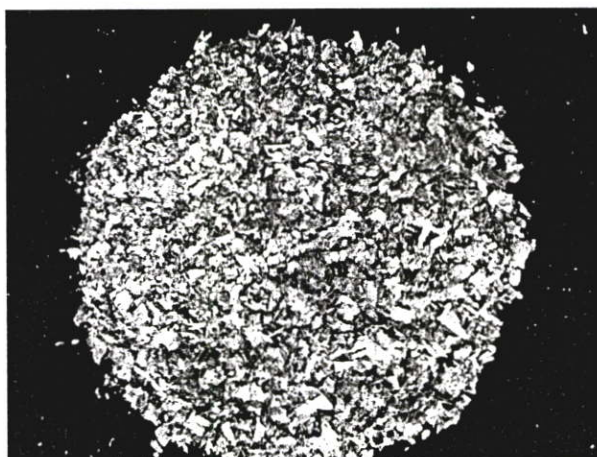
ข้าวสาลี มีสีเหลืองจนถึงน้ำตาล รูปร่างของ เมล็ดข้าวสาลีคือเรียวยาว ด้านหนึ่งของเมล็ด จะมีร่องลึกไปตามยาวของเมล็ด ที่ปลายด้านหนึ่งของข้าวสาลีจะมีขนเกาะเป็นกระจุกเรียกว่า Brush



รูปที่ ก.94 เมล็ดข้าวสาลี

3.1 ลักษณะรำข้าวสาลีเมื่อมองด้วยตาเปล่า

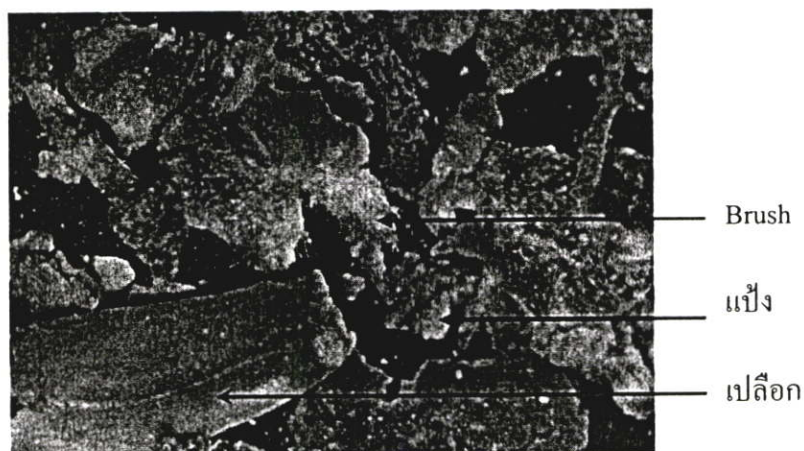
1. รูปร่าง รำข้าวสาลีมีลักษณะเป็นแผ่นบางเบา สีเหนือน้ำตาลอ่อน
2. ใช้มือสัมผัส เมื่อใช้มือกำดูจะรู้สึกแห้ง ร่วน ไม่เกาะตัว
3. กลิ่น รำข้าวสาลีมีกลิ่นน้อยกว่า เมื่อเทียบกับรำละเอียดใหม่ๆ เนื่องจากรำข้าวสาลีมีไขมันต่ำกว่า



รูปที่ ก.95 รำข้าวสาลีเมื่อมองด้วยตาเปล่า

3.2 ข้าวสาลีภายใต้กล้องจุลทรรศน์

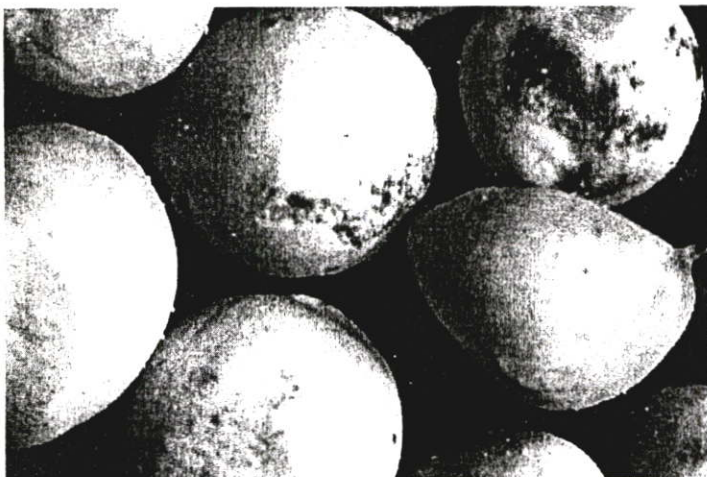
เปลือกหรือผิวหนังนอกของเมล็ดข้าวสาลีจะมีสีเหลืองออกน้ำตาลคล้ายฟางข้าว มีลายเส้นขนานตามความยาวของเมล็ดข้าวสาลีและวาวสะท้อนแสง ปลายด้านหนึ่งจะมีขนยาวเป็นกระจุก ผิวด้านในของเมล็ดมีสีเนื้อออกชมพูและมีเศษแป้งเป็นผงละเอียดเล็กๆ เกาะติดอยู่เต็มทั้งแผ่นในส่วนละเอียดส่วนใหญ่เป็นเศษแป้งที่ร่วงหล่นมาจากผิวหนังใน รวมทั้งขนบางส่วนที่หลุดออกจากเปลือกด้วย



รูปที่ ก.96 รำข้าวสาลีภายใต้กล้องจุลทรรศน์

4. ข้าวฟ่าง

ข้าวฟ่างที่ปลูกเพื่อใช้ประโยชน์จากเมล็ดซึ่งนำมาเป็นอาหารสัตว์เรียกว่า Grain sorghum มีหลายพันธุ์ คุณค่าทางอาหารจะต่ำกว่าข้าวโพดเล็กน้อย เพราะมีสารพิษแทนนิน (Tannin)



รูปที่ ก.97 เมล็ดข้าวฟ่างขาว

4.1 เมล็ดข้าวฟ่างเมื่อมองด้วยตาเปล่า

1. รูปร่าง เมล็ดมีตั้งแต่รูปไข่ไปจนถึงกลมหรืออาจจะแบนข้างหนึ่งเหมือนหลังเต่าที่ฐานของเมล็ดด้านหนึ่งมีดิ่งเรียกว่า Embryonic mark ยาวประมาณหนึ่งในสามของความยาวเมล็ด ซึ่งคือ คัพภะ ส่วนอีกด้านหนึ่งเป็นจุดดำ เรียกว่า ไฮลัม (Hilum)

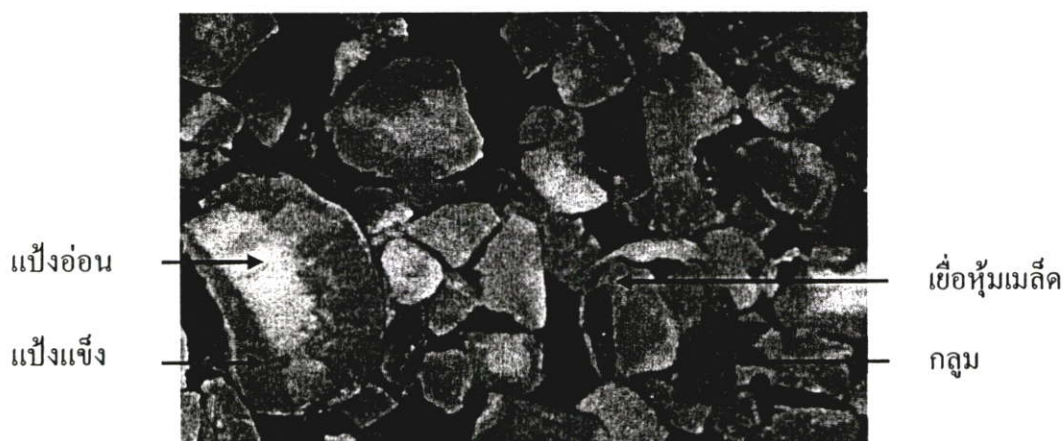
2. สี สีผิวมีตั้งแต่สีน้ำตาล น้ำตาลแดง ขาว เหลือง



รูปที่ ก.98 เมล็ดข้าวฟ่างแดง

4.2 ส่วนประกอบของข้างฟางบดภายใต้กล้องจุลทรรศน์

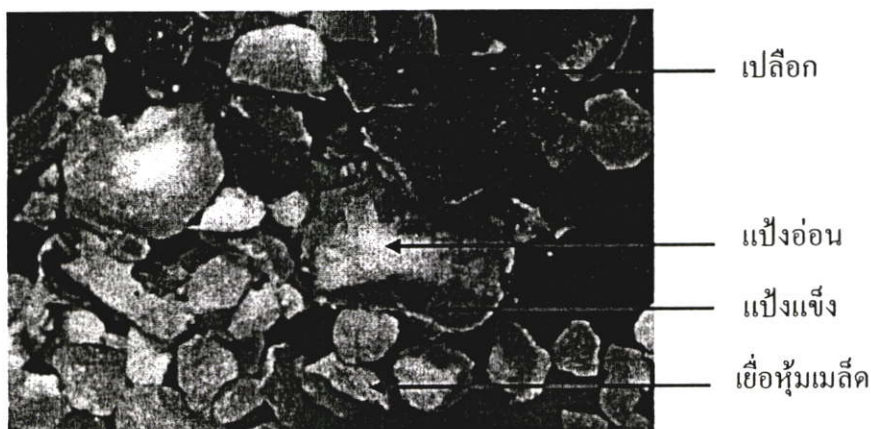
1. เยื่อหุ้มเมล็ด มักติดแน่นอยู่กับเม็ดแป้งแข็ง ซึ่งไม่มีสีหรือสีขาวขุ่นหรือสีเหลืองอ่อนๆ จึงเห็นสีของเยื่อหุ้มเมล็ดหรือชั้นทดสอบด้านสะท้อนเหลืองออกมาที่แป้งแข็ง ลักษณะเฉพาะตัว
2. แป้งอ่อน เป็นผงละเอียด มีสีขาวขุ่นคล้ายแป้งอ่อน ของข้าวโพด แต่สะท้อนแสงแวววาวกว่า
3. แป้งแข็ง อยู่ตรงกลางของเมล็ด มีสีใส
4. กลุม ถ้ามีกลุมปะปนอยู่ จะมีลักษณะทึบแสง และมีสีเข้มซึ่งแตกต่างกันออกไป



รูปที่ ก.99 เมล็ดข้าวฟางบดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 1

4.3 ข้าวฟางบดภายใต้กล้องจุลทรรศน์

เมล็ดที่บดแล้วมักแตกเป็นรูปเสี้ยว และมองเห็นส่วนของ Hilum ในสภาพที่ค่อนข้างสมบูรณ์ ส่วนของเปลือกนอก (Hull) กับส่วนของรำ (Bran) มักไม่แยกตัวออกจากกัน แต่จะติดกับผิวด้านในของ Hull และบางส่วนเนื้อใน (Kemel) จะติดอยู่กับเปลือกนอก ทำให้มองเห็นทั้งส่วนแป้งสีขาว และสีน้ำตาลของเปลือก หรือบางครั้งมีสีดำของคอกติดไปด้วย ลักษณะของแป้งมีทั้งแข็งและอ่อน พวกที่นุ่มจะมีสีจางและใส ส่วนของแป้งบริเวณคัพจะใสกว่าส่วนเนื้อในที่อยู่บริเวณอื่น

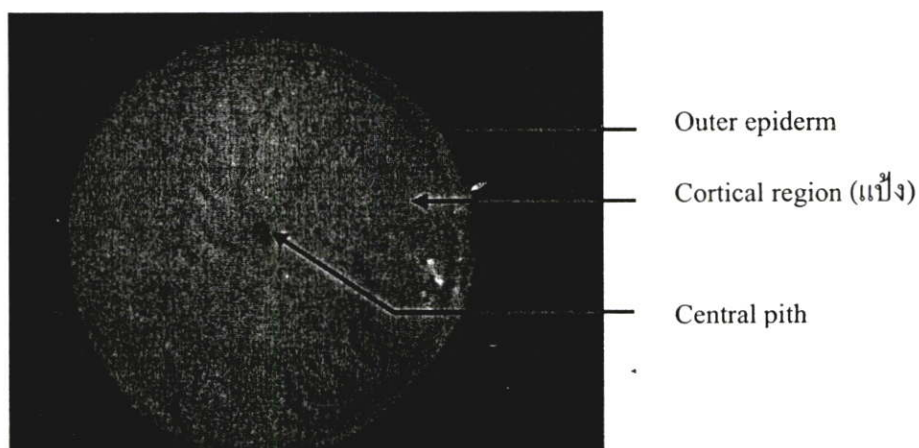


รูปที่ ก.100 เมล็ดข้าวฟางบดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 2

5. มันสำปะหลัง (Cassava)

5.1 ลักษณะและส่วนประกอบของหัวมันสำปะหลัง

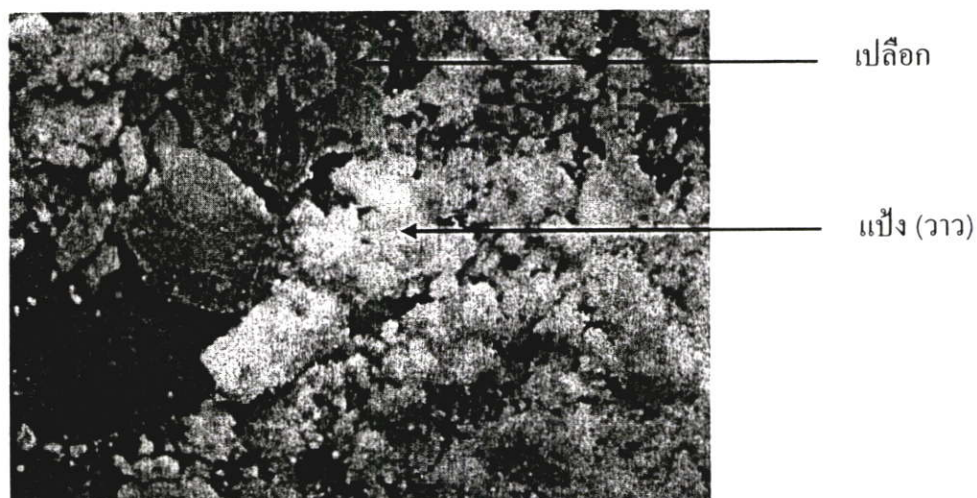
1. Outer epiderm ผิวด้านนอกค่อนข้างหยาบสีน้ำตาล
2. Cortical region เป็นส่วนที่เป็นแป้ง เนื้อแป้งจะเกาะกันอย่างหลวมๆ และสะท้อนแสงแวววาวมาก โดยทั่วไปมีสีขาว
3. Central pith เป็นค้ำในสุดเป็นแป้งผสมเส้นใยมีสีขาวและมีรูพรุนคล้ายฟองน้ำ



รูปที่ ก.101 รูปตัดของหัวมันสำปะหลังเมื่อมองด้วยตาเปล่า

5.2 ลักษณะของมันสำปะหลังเมื่อมองภายใต้กล้องจุลทรรศน์

เมื่อมองภายใต้กล้องจุลทรรศน์จะเห็นแป้งเป็นส่วนใหญ่ แป้งของมันสำปะหลังจะมีลักษณะพิเศษกว่าแป้งชนิดอื่นๆ คือ แป้งของมันสำปะหลังจะสะท้อนแสงแวววาวมากคล้ายประกายของเพชร



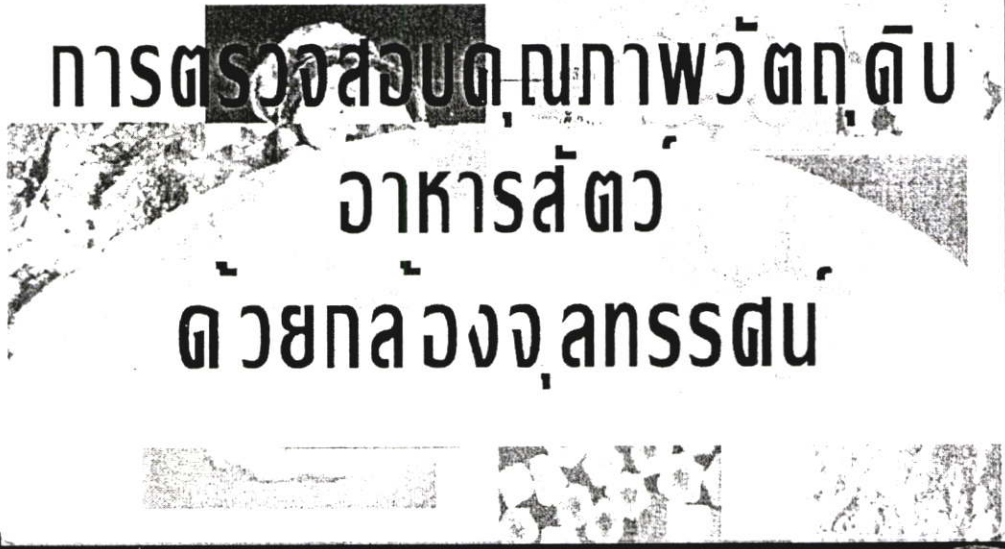
รูปที่ ก.102 มันสำปะหลังบดเมื่อมองด้วยกล้องจุลทรรศน์

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชา
เทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบ
อาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์

การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบ อาหารสัตว์ ด้วยกล้องจุลทรรศน์

บทเรียน
ทดสอบ
ผู้จัดทำ
ออก



การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์

แระราต ▶

โปรตีน ▶

พลังงาน ▶

หน้าหลัก ▶








Collecting Value With Simplified Solutions

ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์

นางสาวสุวรรณี คำขมภู

สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ เอกวิษยศาสตร์ทั่วไป ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง




Collecting Value With Simplified Solutions

ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

ผศ.ดร.วิไลพร วรจิตตานนท์

ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



Delivering Value With
Simplified Solutions

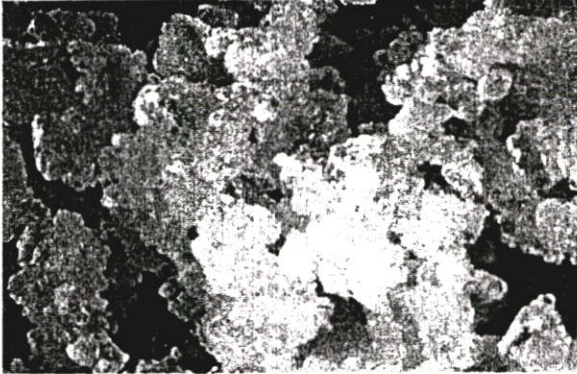
ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

รศ.ดร.กัญญา ตันติวิสุทธิกุล

ภาควิชาเคมีเกษตร คณะเกษตรศาสตร์อุดรธานี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เกลือแกง


เป็นสารประกอบพวกโซเดียมคลอไรด์(NaCl) เป็นแหล่งของธาตุโซเดียมและธาตุคลอรีน
จะมีโซเดียมประมาณ 33% และธาตุคลอรีนประมาณ 65% เกลือแกงที่ใช้ผสมในอาหารสัตว์จะ
อยู่ในรูปของเกลือป่น



ภาพที่ 1 เกลือแกงเมื่อมองด้วยตาเปล่า

ถั่วเหลือง

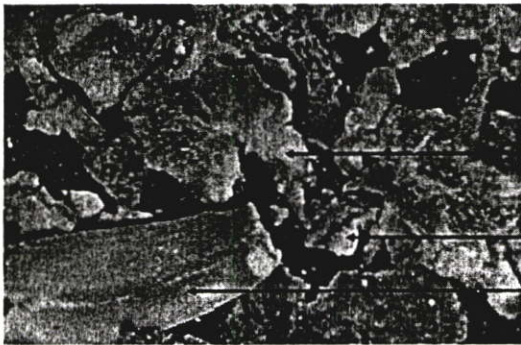
ถั่วเหลือง เป็นพืชล้มลุก ปลูกเพื่อใช้เมล็ดเป็นอาหารและสกัดน้ำมันบริโภค ถ้าคั้นใช้
เป็นอาหารสัตว์ก็ขี้เือง ส่วนกากที่ได้จากการสกัดน้ำมันมักใช้เป็นวัตถุดิบแหล่งโปรตีนเพื่อ
เลี้ยงสัตว์



ภาพที่ 1 เมล็ดถั่วเหลือง

ข้าวสาลีภายใต้กล้องจุลทรรศน์

เปลือกหรือผิวหนังนอกของเมล็ดข้าวสาลีจะมีสีเหลืองออกน้ำตาลคล้ายฟางข้าว มีลักษณะ
ขนานตามความยาวของเมล็ดข้าวสาลีและยาวระนาบแสง ปลายด้านหนึ่งจะมีขนยาวเป็นกระจุก
ผิวหนังของเมล็ดมีสีเนื้อออกชมพูและมีเศษแป้งเป็นผงละเอียดเล็กๆ เกาะติดอยู่เต็มทั้งแผ่น ในส่วน
ละเอียดส่วนใหญ่เป็นเศษแป้งที่หลุดมาจากผิวหนัง ในส่วนที่หลุดออกจากรูปคือ



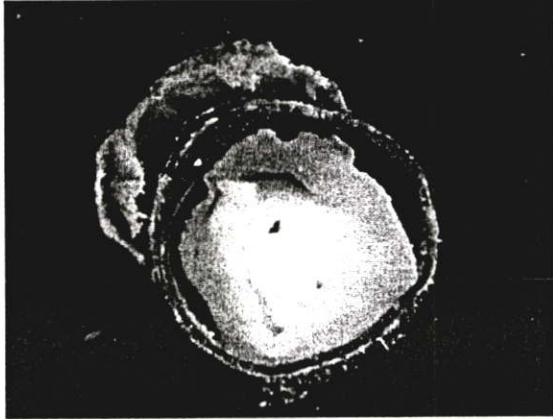
ภาพที่ 3 ข้าวสาลีภายใต้กล้องจุลทรรศน์

ภาคผนวก ค

แบบทดสอบเพื่อวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของ
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยี
อาหารสัตว์ เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วย
กล้องจุลทรรศน์

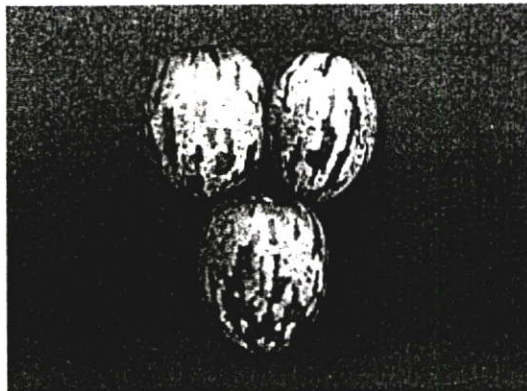
แบบทดสอบเพื่อวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน
วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์

1. ภาพนี้คือวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดใด



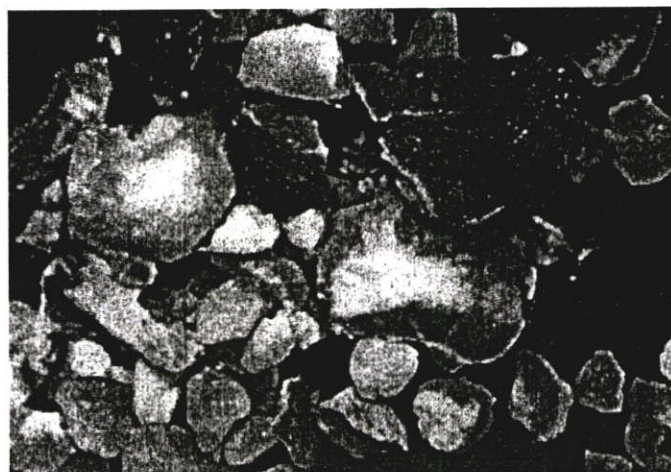
- ก. เมล็ดค่างพารา
- ข. เมล็ดฝ้าย
- ค. เมล็ดนุ่น
- ง. เมล็ดปาล์ม

2. ภาพนี้คือวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดใด



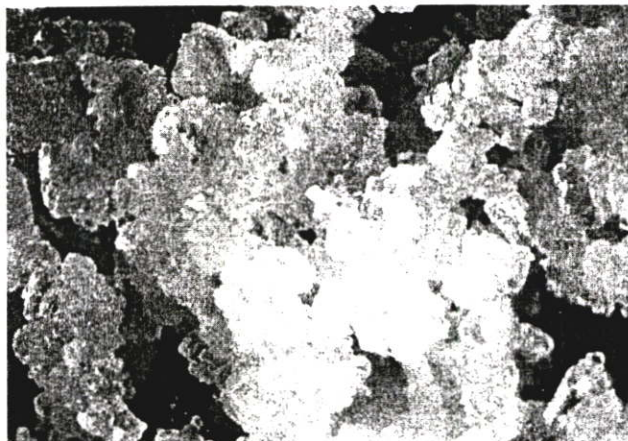
- ก. เมล็ดฝ้าย
- ข. เมล็ดค่างพารา
- ค. ปาล์มน้ำมัน
- ง. มะพร้าว

3. ภาพนี้คือวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดใด



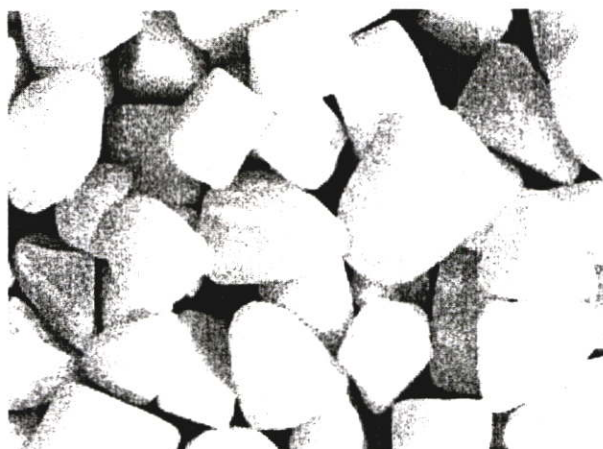
- ก. ปลายข้าว
- ข. ข้าวโพค
- ค. ข้าวฟ่าง
- ง. ข้าวสาลี

4. ภาพนี้คือวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดใด



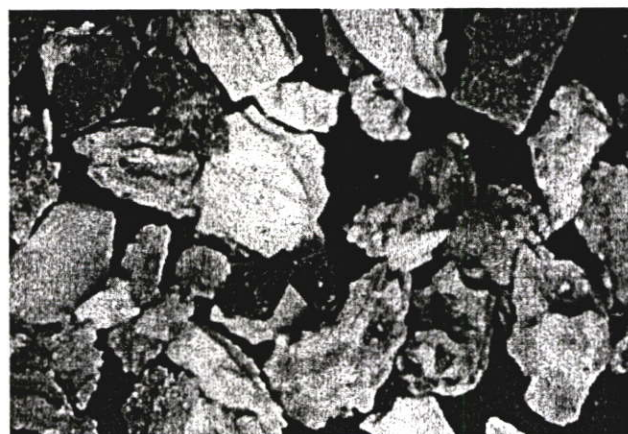
- ก. ยูเรีย
- ข. เกลือแกง
- ค. หินฟูน
- ง. ไคแคลเซียมฟอสเฟต

5. ภาพนี้คือวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดใด



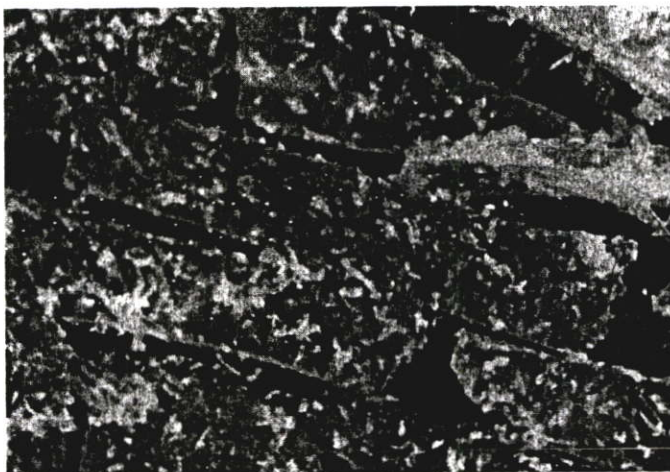
- ก. ยูเรีย
- ข. ไคแคลเซียมฟอสเฟตจากกระดูกสัตว์
- ค. ปลายข้าว
- ง. เกลือแกง

6. ภาพนี้คือวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดใด



- ก. เปลือกหอยป่น
- ข. กระดูกป่น
- ค. ไคแคลเซียมฟอสเฟต
- ง. ขนไก่ป่น

7. รูปภาพนี้คือวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดใด



- ก. กระจอกป่น
- ข. ปลาป่น
- ค. กากถั่วเหลือง
- ง. ขนไก่ป่น

8. ภาพนี้คือวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดใด



- ก. กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน
- ข. กากเรปซีด
- ค. กากถั่วลิสง
- ง. ข้าวโพด

9. ภาพนี้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดใด



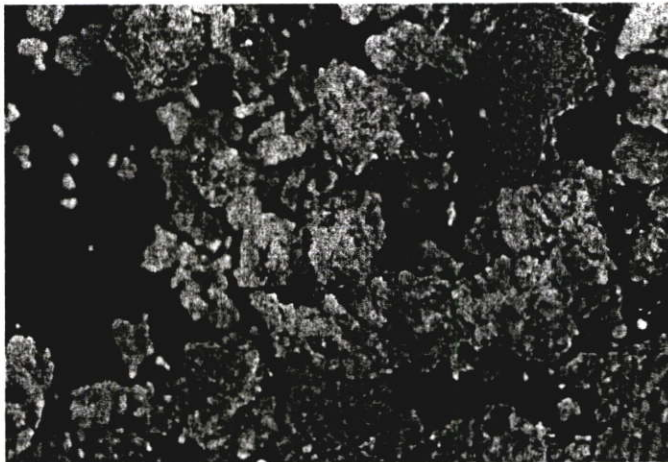
- ก. ไดแคลเซียมฟอสเฟต
- ข. หินฝุ่น-หินปูน
- ค. เปลือกหอย
- ง. กระจอกป่น

10. ภาพนี้เป็นวัตถุอาหารชนิดใด



- ก. รำละเอียด
- ข. ข้าวโพดบด
- ค. ข้าวฟ่าง
- ง. มันสำปะหลัง

11. ภาพนี้คือวัตถุอาหารสัตว์ชนิดใด



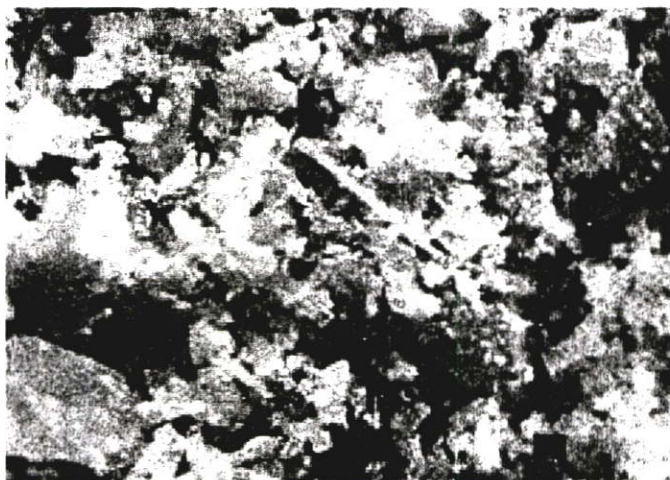
- ก. กากเมล็ดฝ้าย
- ข. กากปาล์ม
- ค. กากมะพร้าว
- ง. กากเรปซีด

12. ภาพนี้คือวัตถุอาหารสัตว์ชนิดใด



- ก. กากเรปซีด
- ข. กากขางพาราชนิดสกัดน้ำมัน
- ค. กากเมล็ดนุ่นสกัดน้ำมัน
- ง. กากเมล็ดทานตะวัน

13. ภาพนี้เป็นวัตถุคิบอาหารชนิดใด



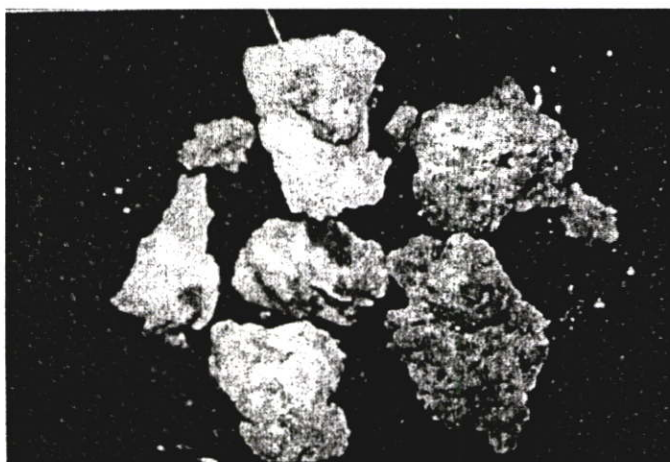
- ก. ร้าหยาบ
- ข. ร้าละเอียด
- ค. แกลบ
- ง. ปลายข้าว

14. ภาพนี้คือวัตถุคิบอาหารสัตว์ชนิดใด



- ก. กากเมล็ดนุ่น
- ข. กากปาล์ม
- ค. กากเมล็ดฝ้าย
- ง. กากเมล็ดคางพารา

15. ภาพนี้คือวัตถุคิบอาหารสัตว์ชนิดใด



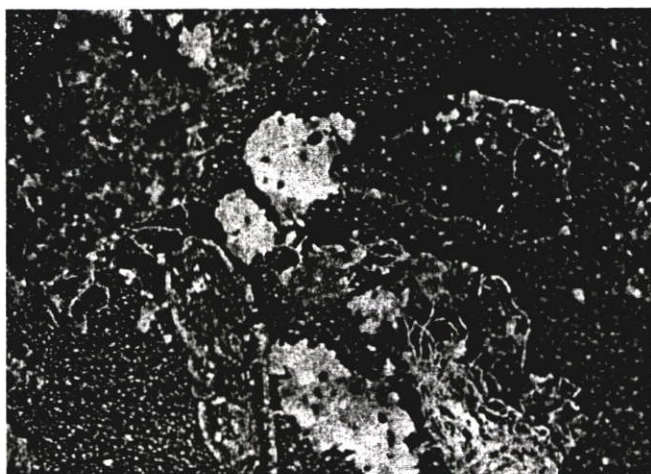
- ก. กากถั่วเหลือง
- ข. กากเรปซีด
- ค. กากถั่วลิสง
- ง. กากเมล็ดคางพารา

16. ภาพนี้คือวัตถุอาหารสัตว์ชนิดใด



- ก. กากเมล็ดทานตะวัน
- ข. ข้าวโพด
- ค. ข้าวสาลี
- ง. กระจินป่น

17. ภาพนี้คือวัตถุอาหารสัตว์ชนิดใด



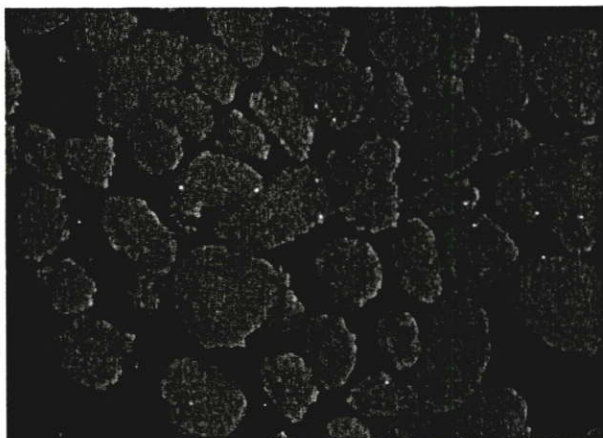
- ก. กากเมล็ดฝ้าย
- ข. กากเนื้อในปาล์ม
- ค. กากเมล็ดขางพารา
- ง. กากเมล็ดคูนุ่น

18. ภาพนี้คือวัตถุอาหารสัตว์ชนิดใด



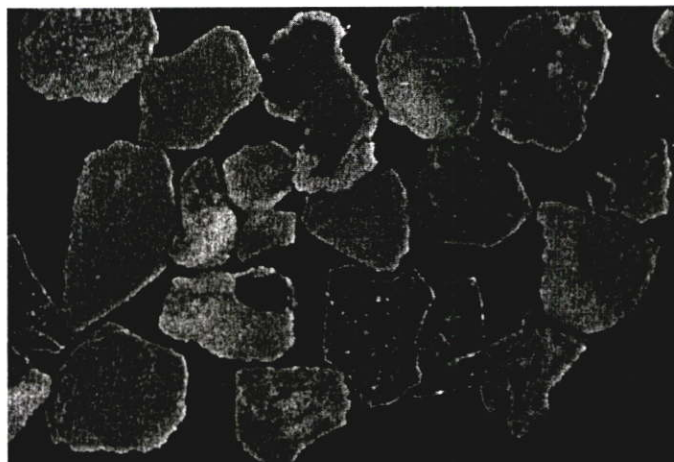
- ก. ขนไก่ป่น
- ข. ปลาป่น
- ค. กากปาล์ม
- ง. กระจอกป่น

19. ภาพนี้คือวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดใด



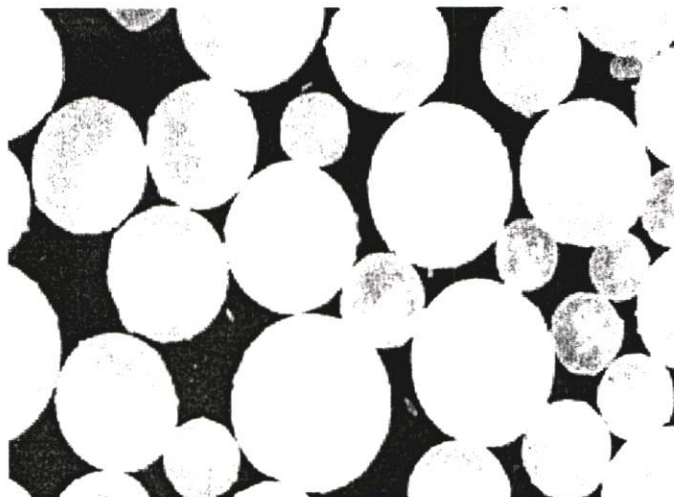
- ก. ไคเตรียมฟอสเฟตที่ทำจากกระดูกสัตว์
- ข. ไคเตรียมฟอสเฟตที่ทำจากหินฟอสเฟต
- ค. เกลือแกง
- ง. หินฝุ่น

20. ภาพนี้คือวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดใด



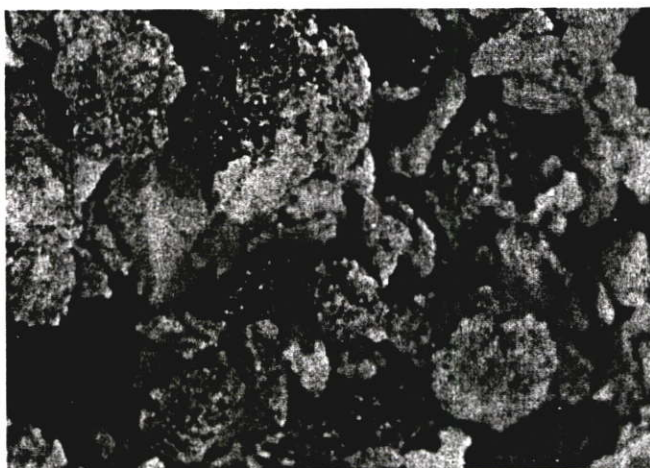
- ก. กากถั่วเหลือง
- ข. ข้าวโพดบด
- ค. มันสำปะหลังบด
- ง. ข้าวฟ่าง

21. ภาพนี้คือวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดใด



- ก. ไคเตรียมฟอสเฟต
- ข. เกลือแกง
- ค. ตาปลา
- ง. ยูเรีย

22. ภาพนี้คือวัตถุบิอาหารสัตว์ชนิดใด



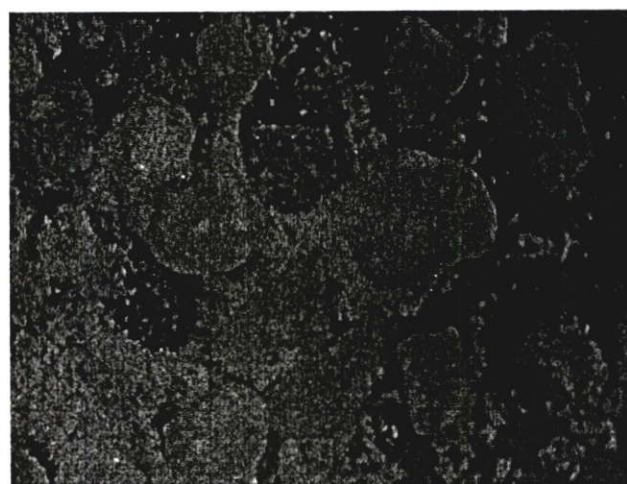
- ก. กากเนื้อในปาล์ม
- ข. กากมะพร้าวสกัดน้ำมัน
- ค. กากเมล็ดทานตะวัน
- ง. กากเมล็ดขางพารา

23. ภาพนี้คือวัตถุบิอาหารสัตว์ชนิดใด



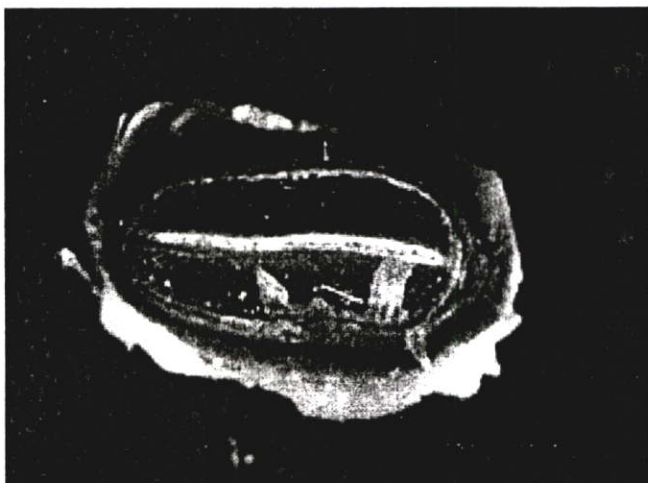
- ก. รำสกัดน้ำมัน
- ข. รำละเอียด
- ค. รำข้าวสาลี
- ง. รำหยาบ

24. ภาพนี้คือวัตถุบิอาหารสัตว์ชนิดใด



- ก. ไคเตรเซี่ยมฟอสเฟตจากกระดูกสัตว์
- ข. ยูเรีย
- ค. เกลือแกง
- ง. หินฟูน

25. ภาพที่ท่านเห็นคืออะไร



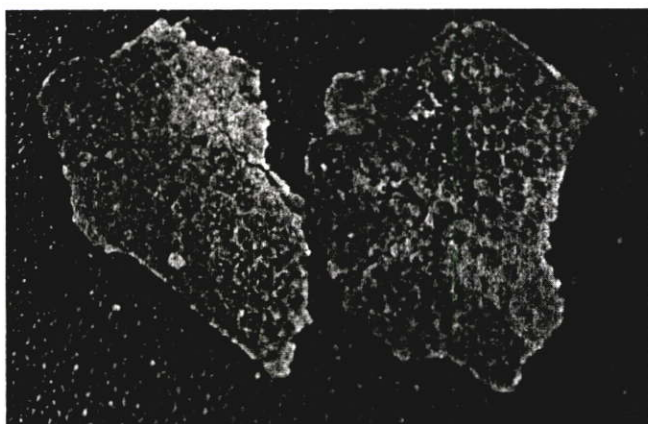
ก. Seed coat

ข. Embryo

ค. Hilum

ง. Radicle

26. ภาพที่ท่านเห็นคืออะไร



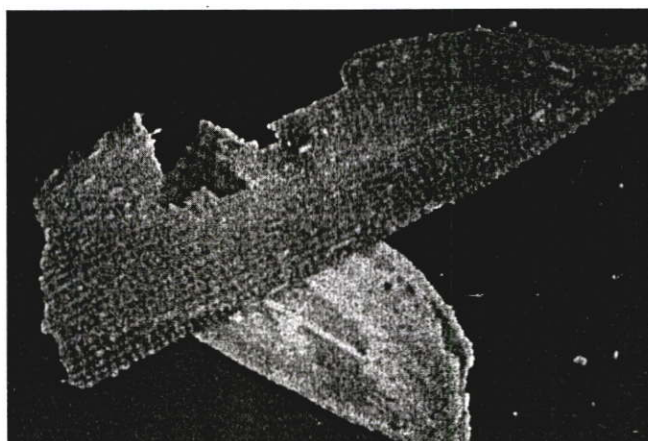
ก. เนื้อใน

ข. เยื่อหุ้มเมล็ด

ค. เปลือกเรเปซิด

ง. กะลา

27. ภาพที่ท่านเห็นคืออะไร



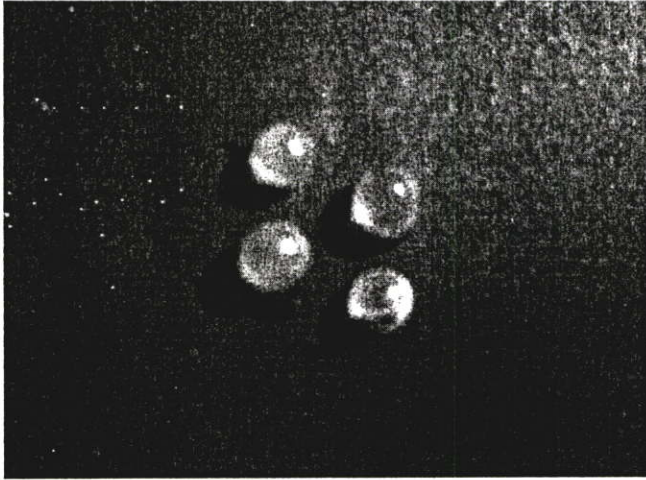
ก. แกลบ

ข. เยื่อหุ้มเมล็ด

ค. Testa

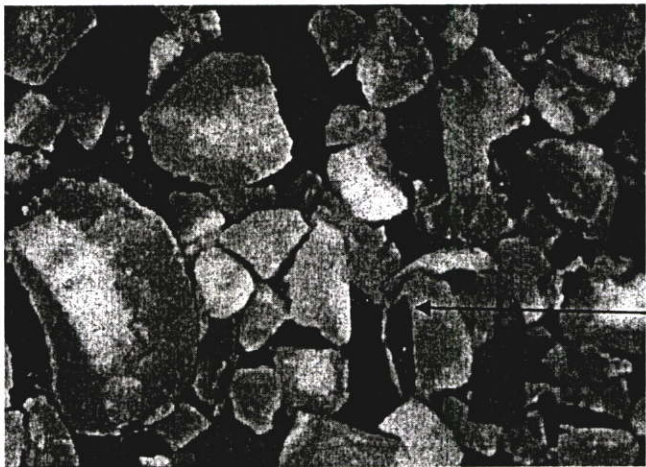
ง. Aleurone layer

28. ภาพที่ท่านเห็นคืออะไร



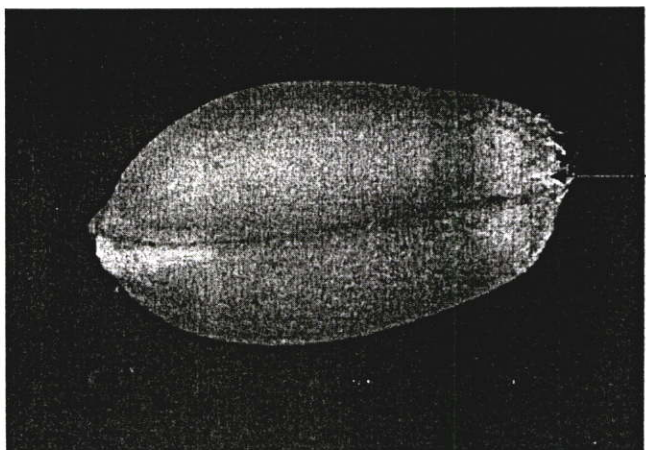
- ก. ยูเรีย
- ข. เกล็ดแกง
- ค. ตาปลา
- ง. ไดแคลเซียมฟอสเฟต

29. ส่วนที่ถูกครีในภาพคือส่วนใดของข้าวฟ่าง



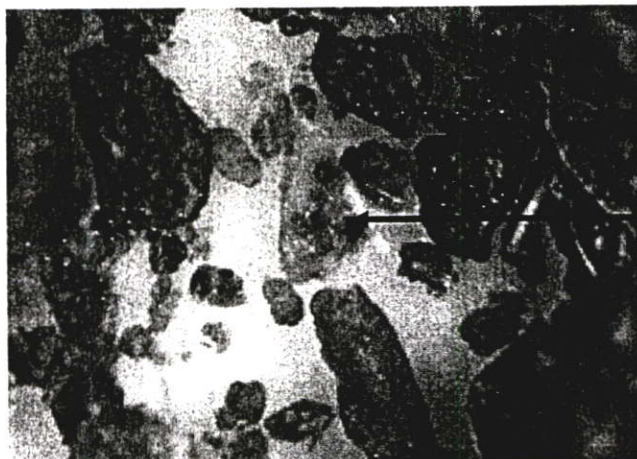
- ก. แป้งแข็ง
- ข. แป้งอ่อน
- ค. เยื่อหุ้มเมล็ด
- ง. เปลือก

30. ส่วนที่ถูกครีในภาพคือส่วนใดของข้าวสาลี



- ก. เยื่อหุ้มเมล็ด
- ข. Bruch
- ค. เปลือก
- ง. ชัง

31. ส่วนที่ถูกสรชี้ในภาพคือจุดสีดำของกากเมล็ดฝ้ายคืออะไร



?

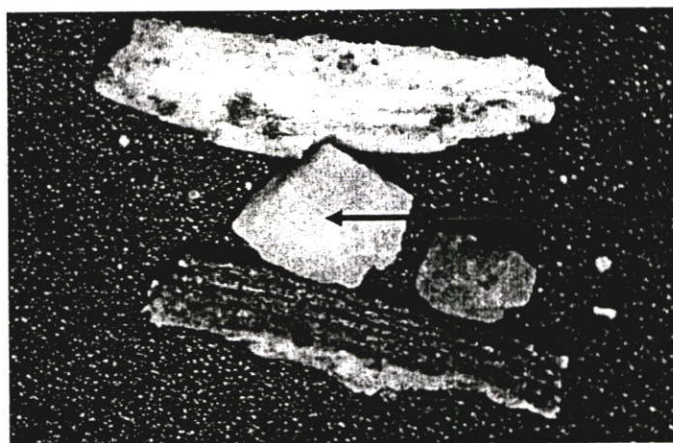
ก. Gossypol

ข. Tannin

ค. Mymocin

ง. Aflatoxin

32. ส่วนที่ถูกสรชี้ในภาพคือส่วนใดของกากเมล็ดทานตะวัน



?

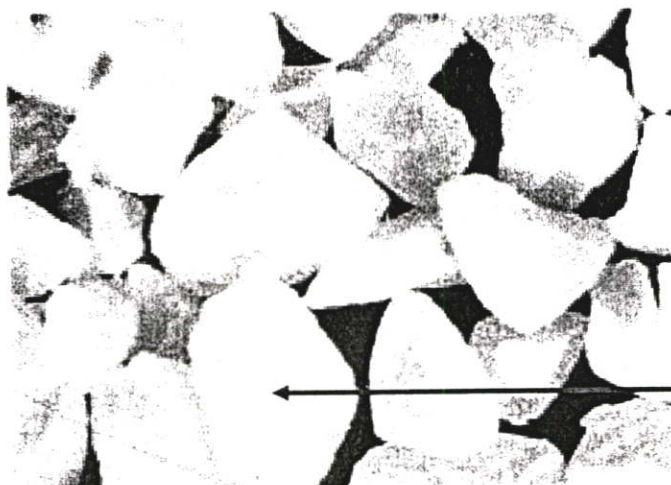
ก. เนื้อใน

ข. เปลือก

ค. ผิวด้านนอก

ง. ผิวด้านใน

33. รูปภานี้ตามที่ถูกรชี้คือส่วนใดของข้าวโพด



?

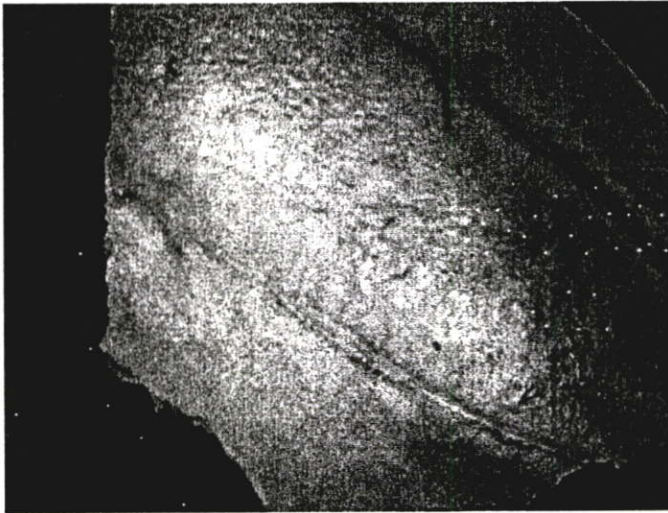
ก. Glume

ข. Pericap

ค. แป้งแข็ง

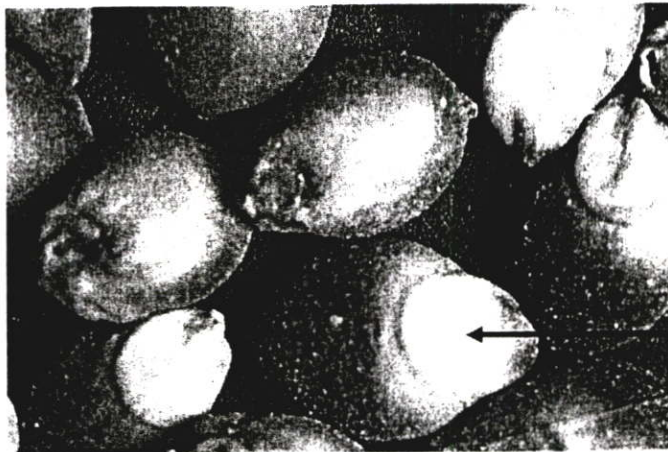
ง. แป้งอ่อน

34. รูปภาพที่เห็นคือส่วนใดของถั่วลิสง



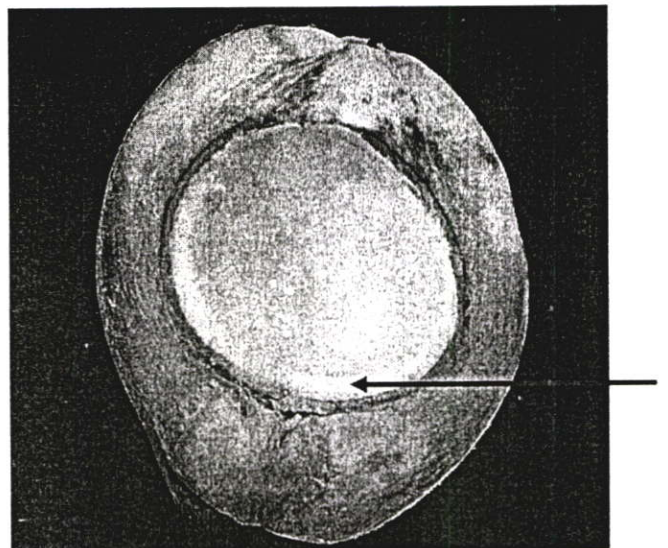
- ก. เยื่อหุ้มเมล็ด
- ข. เปลือก
- ค. กะลา
- ง. ชั้

35. ส่วนที่ลูกศรชี้ในภาพคือส่วนใดของข้าวฟ่าง



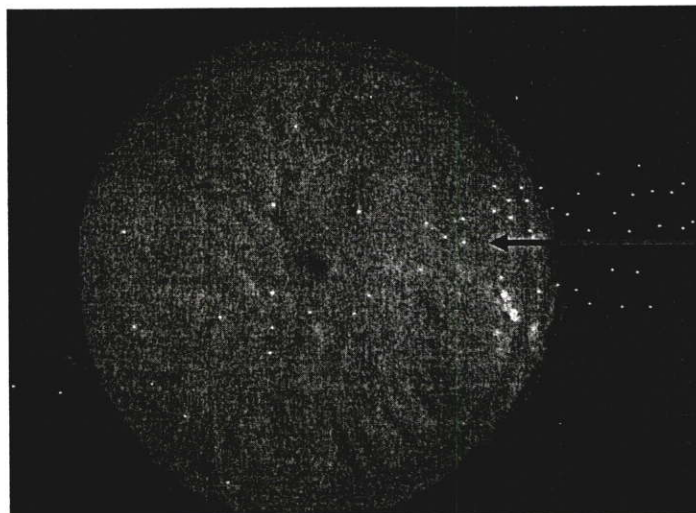
- ก. Embryonic mark
- ข. Hilum
- ค. Kernel
- ง. Brush

36. ส่วนที่ลูกศรชี้ในภาพคือส่วนใดของมะพร้าว



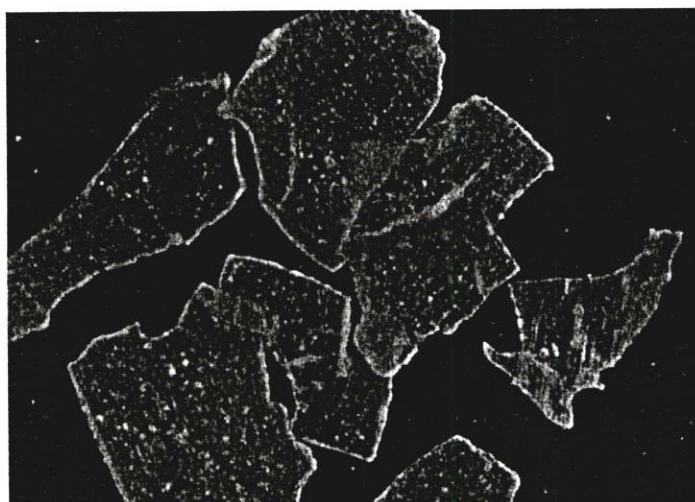
- ก. Mesocarp
- ข. Endocarp
- ค. Endosperm
- ง. Exocarp

37. ส่วนที่ลูกศรชี้ในภาพคือส่วนของมันสำปะหลัง



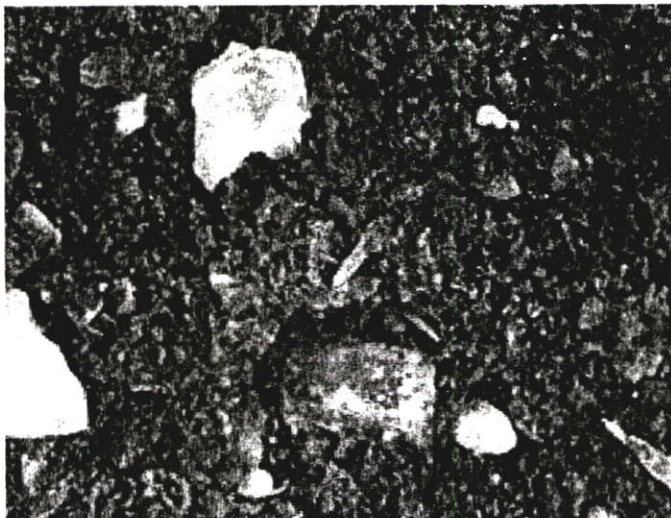
- ก. Outer epiderm
- ข. Cortical region
- ค. Central pith
- ง. Pericarp

38. ภาพที่เห็นคือส่วนของข้าวโพด



- ก. เชื้อหุ้มเมล็ด
- ข. Glume
- ค. Tip caps
- ง. Endosperm

39. ภาพนี้ปลาป่นมีการปลอมปนด้วยวัตถุอาหารสัตว์ชนิดใด



- ก. เปลือกหอย
- ข. ตาปลา
- ค. เปลือกแกง
- ง. ขนไก่ป่น

40. รูปร่างของยูเรียและเกลือป่นแตกต่างกันอย่างไร

- ก. เกลือมีสีขาวนวล ทึบแสง มักมีผลละเอียดสีดำแต่ยูเรียสีขาวขุ่นทึบแสง มีลักษณะเป็นก้อนขนาดเล็กผิวขรุขระ
- ข. เกลือมีสีขาวขุ่นทึบแสง มีลักษณะเป็นก้อนขนาดเล็กผิวขรุขระ แต่ยูเรีย มีสีขาวนวล ทึบแสง มักมีผลละเอียดสีดำ
- ค. เกลือมีรูปร่างแน่นอนกลมสีขาวเป็นมันแต่ยูเรียมีรูปร่างไม่แน่นอน มีรูปเหลี่ยมหรือมีขอบขรุขระ
- ง. เกลือมีรูปร่างไม่แน่นอน คือมีรูปเหลี่ยมหรือมีขอบขรุขระแต่ยูเรียมีรูปร่างแน่นอน เป็นผลึกกลมสีขาวเป็นมัน

ภาคผนวก ง

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของกระบวนการและผลลัพธ์ของ
กลุ่มตัวอย่าง ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน
วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบ
อาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์

ตารางที่ ง.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของกระบวนการและผลลัพธ์ของกลุ่มตัวอย่างของ
 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์
 เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์

คนที่	คะแนนแบบทดสอบระหว่างเรียน บทที่			รวม (คะแนนเต็ม 20)	คะแนนแบบทดสอบ วัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (คะแนนเต็ม 40)
	1 (คะแนนเต็ม 7)	2 (คะแนนเต็ม 10)	3 (คะแนนเต็ม 3)		
1	6	9	1	16	37
2	7	10	2	19	34
3	5	10	1	16	35
4	7	9	3	19	33
5	6	9	3	18	34
6	2	8	3	13	36
7	7	10	3	20	37
8	6	8	3	17	35
9	5	9	2	16	34
10	5	9	3	17	31

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวสุวภรณ์ คำชมภู
วัน เดือน ปี เกิด	21 กรกฎาคม 2519
สถานที่เกิด	อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	194 หมู่ 7 ต.บ้านช่อง อ.พนมสารคาม จ.ฉะเชิงเทรา 24120
ประวัติการศึกษา	2538 สำเร็จการศึกษา มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ ฉะเชิงเทรา 2542 สำเร็จการศึกษา วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ภาควิชาการผลิตสัตว์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2549 สำเร็จการศึกษา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ เอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง